

# Préface

Alain Fuchs, Président du CNRS

Au milieu des très nombreuses publications éditées à l'occasion de la COP21 qui se tient à Paris, cet ouvrage, fruit d'une collaboration entre le CNRS et le Comité 21, recueille les propositions des scientifiques sur la notion même de solutions pour le climat, en mettant également en avant la question des changements de comportements. Les travaux des chercheurs et des divers spécialistes mettent en évidence la complexité des problématiques associées aux impacts du réchauffement du climat. Si les chercheurs sont souvent critiques avec leurs propres propositions, ils mobilisent leurs compétences, issues de disciplines variées, pour placer les systèmes dynamiques au cœur de leur démarche scientifique.

Madame Ségolène Royal, ministre de l'Écologie, rappelait dans son discours lors de l'ouverture du colloque, « Our Common Future Under Climate Change », tenu en juillet 2015 à l'Unesco, que : « La question, désormais, n'est plus de savoir s'il faut agir mais comment agir. Quelles solutions concrètes et opérationnelles pour combattre efficacement le dérèglement climatique, ses conséquences immédiates et futures ? Quels bénéfices en tirer pour aujourd'hui et pour demain dans nos territoires et nos pays respectifs comme à l'échelle mondiale ? Comment faire le choix d'une économie et d'une société décarbonées non pas comme une contrainte à subir ou un objectif inaccessible mais comme une chance à saisir et un mouvement à accélérer ? »

## *Quelles solutions face au changement climatique ?*

L'objectif de cet ouvrage est d'offrir au lecteur, qu'il soit étudiant, ingénieur ou décideur, citoyen curieux ou gestionnaire, chercheur ou politique, une vision générale des apports de la Recherche et de son rôle dans la construction de la société de demain. Il vise aussi à remettre la Recherche dans le débat social, économique et politique.

Pour répondre aux mutations globales, les scientifiques élaborent des outils et des méthodes innovantes d'observation, d'expérimentation, de modélisation et de stockage de l'énergie. Il s'agit en effet de prévoir et de développer des stratégies visant d'une part, à limiter les sources de perturbation, que ce soit la production de gaz à effet de serre, les intrants chimiques dans les milieux ou les perturbateurs biologiques, à atténuer les effets des activités humaines sur le système global grâce au développement de technologies ingénieuses et innovantes, et d'autre part à diminuer la vulnérabilité des sociétés et des écosystèmes, à développer des systèmes de résilience, à préparer des périodes de transitions remettant en questions des systèmes parfois bien établis, à anticiper une trajectoire future au-delà des incertitudes.

Ainsi, tout en couvrant une partie du vaste spectre qu'offre le champ des solutions, cet ouvrage se fixe pour objectif de mettre en lumière la richesse et la diversité des connaissances développées par les scientifiques de notre pays. La diversité des disciplines mobilisées dans cet ouvrage montre que les chercheurs détiennent des compétences et des solutions majeures pour les décideurs en charge de construire la société de demain.

Dans cet exercice de vulgarisation, les chercheurs soulèvent non seulement des questions à travers des constats, mais ils proposent aussi des solutions innovantes sur lesquelles doivent s'appuyer les politiques pour construire un avenir soutenable, viable, équitable pour les sociétés actuelles et les générations futures.

# Préface

Gilles Berhault, Président du Comité 21

L'humanité a été bouleversée par de puissantes inventions, avec une caractéristique commune, celle de l'accélération globale. L'exemple des technologies de la communication est très frappant. S'il a fallu plus de trois mille ans pour bousculer une civilisation avec l'invention de l'écriture, trois cents ans avec l'imprimerie de Gutenberg, Internet aura changé notre monde en moins de trente ans.

Depuis dix ans, les populations du monde entier prennent conscience des impacts déjà présents des déséquilibres climatiques sur nos conditions de vie, et aussi des risques qui, de ce fait, pèsent sur les conditions même du développement et de notre qualité de vie. C'est d'une alliance nouvelle et globale pour le climat dont nous avons besoin pour changer d'échelle dans la lutte contre les changements climatiques. Il s'agit aussi de nous adapter au réchauffement global, y compris en renforçant la robustesse de nos infrastructures face aux aléas climatiques extrêmes.

Le Comité 21 a défini quatre priorités : faire connaître les solutions existantes pour que leur usage puisse se généraliser ; mettre en place des financements adéquats ; mobiliser les talents, tout en faisant évoluer les compétences ; rendre acceptables et même attractifs les changements de comportement.

De multiples « solutions climat » restent à inventer. Nous devons raccourcir l'espace temporel entre la conceptualisation des solutions

*Quelles solutions face au changement climatique ?*

et le déploiement de leurs usages, en passant par les étapes obligatoires que sont la recherche fondamentale et appliquée, et l'innovation. Nous avons besoin d'un esprit inédit de collaboration qui doit se renforcer avec l'ensemble des scientifiques. C'est aussi une approche multiacteurs, avec de nouveaux partenariats, qui va nous permettre d'agir efficacement, en prenant en compte la lutte contre toutes les précarités, le plus souvent aggravées par les dérèglements climatiques.

Cette ambition est celle qui fonde le dispositif Solutions COP21 qui prend sa place au Grand Palais du 4 au 10 décembre 2015. Lieu de toutes les expressions au service de la recherche et de l'innovation, de l'imagination et des technologies, il rassemble les acteurs des territoires et de l'économie, et aussi le grand public.

Merci à ceux qui se sont fortement impliqués dans la réalisation de ce livre important : Agathe Euzen, Stéphanie Thiébault, Bettina Laville, Catherine Decaux, Élise Attal... Elles ont témoigné d'une grande qualité d'écoute envers les auteurs, de rigueur, et ont revisité le concept un peu galvaudé de « solutions » avec une vision originale. Je me réjouis de cette collaboration entre le CNRS et le Comité 21 qui illustre, en lui-même, le message de l'alliance nécessaire pour le climat. Nous avons besoin de tous les talents, dans toutes les disciplines.

Avant-propos

## **L'effet Papillon**

Monique Barbut, Secrétaire exécutive de la Convention  
des Nations unies sur la lutte contre la désertification  
(CNULCD)

Dans un système complexe, même les changements mineurs peuvent mener à une grande confusion. L'effet d'un battement d'ailes de papillon est connu, métaphoriquement, dans le monde entier. Les effets des actions de l'Humanité sur la Terre et ses écosystèmes sur des centaines d'années sont bien plus puissants.

Tel que les scientifiques l'ont mis en évidence, nous savons qu'avec le changement climatique, nous verrons les niveaux marins monter et détruire les communautés côtières ou emporter les infrastructures. Les tempêtes provoqueront des inondations et de l'érosion, les vagues de chaleur annihilent les récoltes et les sécheresses prolongées ou de plus forte intensité transformeront les terres arables en terrains vagues et poussiéreux.

Les conflits pétroliers du passé préfigurent les conflits de l'avenir liés aux ressources en nourriture et en eau potable. Les réserves mondiales diminuent. Les projections de la demande pour les ressources cruciales, surtout les terres arables et l'eau, dépassent les scénarios pour la demande et l'approvisionnement futurs. Une pénurie totale d'eau peut survenir dans certaines régions et, de ce fait, les tensions géopolitiques semblent être inévitables, puisque les compromis d'usage sont difficilement obtenus. Nous verrons des émeutes plus régulières dues au manque de denrées alimentaires car nous parviendrons difficilement à nourrir nos familles, à cause de la baisse de la production agricole et l'augmentation des prix. En effet, les migrations forcées dues à la dégradation de l'environnement, ou la violence à l'égard des migrants, puisque l'ordre social se désintègre, pourraient

### *Quelles solutions face au changement climatique ?*

devenir ordinaires. Le scénario de l'effondrement d'États entiers est assez réaliste. Nous avons déjà un aperçu de ce qui est possible dans certains pays du Sud, du Darfour à la Ghouta de Damas. Cependant, dans un monde interconnecté où la population s'élèvera à presque 10 milliards de personnes, d'ici à 2050, à une période où le changement climatique sera déjà effréné, toutes les régions de la planète seront affectées.

Le changement climatique agirait en tant que « multiplicateur de menaces » ; un amplificateur de nos profondes faiblesses et vulnérabilités. Comme le changement climatique et la rareté des ressources convergent pour devenir une expérience humaine unique, nous devons nous préparer à ce que nos faiblesses et vulnérabilités soient de plus en plus exposées. C'est une menace à la sécurité qui est aussi réelle que ce que nous avons connu auparavant.

Cependant, comme vous verrez dans cette publication, les solutions pratiques existent. Les solutions les plus robustes combattront le changement climatique et combleront en même temps le manque en ressources. Ces solutions peuvent ne pas être capables d'arrêter entièrement la tempête, mais elles peuvent réduire radicalement son impact. Dans un système aussi complexe, même les changements les plus infimes contribuent à une amélioration. Une meilleure planification de nos paysages, une agriculture durable pour notre nourriture et une amélioration des chaînes de valeur peuvent promouvoir une conversion à la gestion durable des ressources naturelles de base et à la réhabilitation des écosystèmes dégradés.

Les solutions fondées sur la nature sont de plus en plus reconnues comme une façon rentable de séquestrer du carbone dans les sols et dans la végétation. En effet, celles-ci peuvent garantir l'adaptation aux changements climatiques pour le milliard de personnes les plus défavorisées de notre Humanité et peuvent aider à fournir les principes de vie fondamentaux pour tous. Si elles sont utilisées à une grande échelle, ces solutions pourraient aider à satisfaire la demande en nourriture, en eau et en énergie. La stabilité et l'accès à bien plus d'opportunités pourraient mieux être garantis.

C'est ainsi un grand honneur et un privilège de présenter cet important livre à un moment si critique pour l'humanité. Depuis plus

### *Avant-propos*

de soixante-dix ans, le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) a fait progresser notre connaissance et compréhension du monde au bénéfice de la société. En réunissant les acteurs pertinents du secteur privé à la société civile, des médias et des écoles d'enseignement supérieur, le Comité 21 a créé des partenariats durables pour garantir un développement équitable et durable en faveur du climat. Grâce à la clairvoyance et à la vision de ces institutions, des solutions répondant aux défis auxquels le monde doit faire face sont proposées dans cette publication. Ce n'est peut-être que tout juste le battement d'une aile de papillon, mais cet ouvrage fournit l'espoir et une voie claire vers un avenir mieux adapté au changement climatique.



# Introduction générale

Agathe Euzen, Stéphanie Thiébaud,  
Bettina Laville, Catherine Decaux, Elise Attal

Quelles solutions pour faire face au changement climatique ? Telle est la question que se posent nombre de politiques, gestionnaires, ingénieurs et entrepreneurs, mais aussi citoyens, usagers et consommateurs. Cette question est devenue prégnante pour tous ceux qui observent l'environnement et tous ceux qui constatent le recul des glaciers année après année, des périodes de sécheresses plus longues, des épisodes pluvieux inédits provoquant des inondations destructrices... Qu'il soit vécu ou perçu, le réchauffement climatique est observé, scruté et analysé par les scientifiques depuis plus de cinquante ans. La synthèse de leurs recherches publiée dans le 5<sup>e</sup> rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC<sup>1</sup>) a en effet démontré l'influence des activités humaines sur le réchauffement climatique de la planète. Or, si certains se raccrochent au fait que depuis la nuit des temps la Terre a connu des variations de température, c'est avec une vitesse et une ampleur sans précédent qu'elles se manifestent à partir du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle en lien avec le développement des activités humaines, notamment au moment de la révolution industrielle. Ainsi, le paramètre lié aux activités humaines s'ajoute au système global et dynamique que représente le système Terre où s'articulent, se forment et se transforment les éléments de la biosphère, que sont les ressources, l'eau, l'air, les sols, les océans et la biodiversité. Ces éléments qui se forment et se transforment au

---

1. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

### *Quelles solutions face au changement climatique ?*

rythme des cycles et des flux sont marqués par l'effet des activités humaines et viennent modifier le climat, les cycles de l'eau, du carbone... qui conditionnent le maintien et le développement du monde vivant, animal et végétal, sur Terre. Ainsi, face à cette réalité, désormais acquise, ayant fait l'objet de nombreux sommets internationaux, il est nécessaire d'agir pour limiter la progression du changement climatique et de proposer des solutions viables et aux bénéfices de tous. C'est ainsi que, dans la perspective de la 21<sup>e</sup> conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, plus communément appelée COP21, qui se tient à Paris du 30 novembre au 11 décembre 2015, le secrétaire général des Nations unies, Ban Ki-moon, a lancé l'« Agenda des solutions » lors du Sommet sur le climat, organisé en septembre 2014 à New York, à la veille de la COP20 qui s'est tenue à Lima. Intégré dans le « Plan d'action Lima-Paris », cet agenda des Solutions est devenu une sorte de fil rouge, dont se sont emparés tant les politiques que les différents acteurs de la société civile à l'échelle mondiale. En effet, la prise de conscience généralisée, de l'importance de l'enjeu qui va se jouer lors de la conférence de Paris, motive la volonté d'agir vite, et de sortir des simples intentions et des discours. Cela est même devenu une urgence, non seulement pour préserver la santé de la planète, mais aussi celle des sociétés qui l'habitent.

C'est alors que l'étendard des solutions est brandi pour sortir de l'impasse en proposant des issues et en offrant la perspective de possibles. Passer à l'action est aussi un moyen de se mettre en marche afin de sortir de l'immobilisme et du climato-fatalisme dans la perspective d'un développement soutenable. Il est cependant nécessaire de prendre le temps de penser avant d'agir afin de s'assurer de la pertinence et de la viabilité de l'action et éviter d'aggraver la situation. Il s'agit alors de s'interroger sur ces « solutions ». Elles sont mises en avant comme le moyen d'atténuer le changement climatique, de s'adapter en favorisant de nouvelles formes de gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes, ou encore en favorisant des sources d'énergies renouvelables par exemple.

## *Introduction générale*

Des solutions techniques aux solutions économiques en passant par les solutions juridiques ou environnementales, elles visent toutes un même objectif, commun, tout en servant des intérêts individuels divers et variés selon ceux qui les portent. Mais, il ne peut y avoir « La Solution », compte tenu de la complexité du système dans lequel nous vivons, de la diversité des besoins et des intérêts des sociétés, à différentes échelles de temps et d'espaces, d'un échiquier géopolitique mouvant et d'un monde économique dominant fragilisé.

Qu'elle émane d'une initiative locale ou soit plus globale, il s'agit de se poser la question de savoir si ce qui est avancé comme étant la solution pour l'un l'est effectivement pour l'autre, pour combien de temps et à quel prix. En effet, outre le fait qu'elle puisse ne pas être adaptée à la réalité que vivent les populations par exemple, une solution peut aussi avoir des incidences variées sur une communauté, la biodiversité et plus généralement sur l'environnement, et ce à court, moyen et long terme. Ainsi, dans le processus d'incitation à l'innovation et à l'émergence de solutions adaptées à la dynamique des sociétés, il est nécessaire d'intégrer aussi l'évaluation de leur empreinte écologique, économique et sociale sur les territoires. Mesurer comment elle participe à la lutte contre le réchauffement climatique, notamment, est un moyen de s'interroger sur la viabilité de chacune des solutions proposées, de son caractère équitable et soutenable pour les populations d'aujourd'hui et les générations futures, celles d'ici et d'ailleurs.

Comme cet ouvrage le propose, s'interroger sur les solutions est aussi un moyen de faire évoluer la façon de penser, la façon dont chacun habite la Terre et d'envisager un changement de paradigme progressif à l'échelle planétaire.

C'est à ce défi que vient contribuer cet ouvrage qui mobilise des chercheurs et spécialistes de ces questions, tous concernés par les enjeux soulevés par l'évolution du climat et de ses effets dans un contexte de changement global. Pour être à même de proposer des solutions, il est nécessaire de comprendre la société et son évolution, les systèmes qui la régissent et l'état de l'environnement dans lequel

### *Quelles solutions face au changement climatique ?*

elle évolue. Cela avant d'être à même de proposer des solutions innovantes permettant aux sociétés de mieux s'adapter à des situations parfois irréversibles, d'atténuer des phénomènes qui s'exacerbent, de préserver des milieux en sursis et de restaurer ceux qui sont dégradés. Cet ouvrage offre une vision globale des problématiques liées au changement climatique. Il s'inscrit dans une perspective originale associant une grande diversité de points de vue disciplinaires apportant, à travers l'analyse, des regards critiques et positifs nécessaires à la construction de solutions dont chacun doit s'emparer.

Ainsi, il s'agit d'abord de s'intéresser aux populations dans toutes leurs composantes car, en tant que consommateurs, citoyens, usagers, habitants... mais aussi gestionnaires, ingénieurs, décideurs, elles sont les premières concernées par les effets du changement climatique. Elles sont à la fois des « récepteurs », d'un point de vue sanitaire, dans leurs modes de vie et leur développement, et « émetteurs », *via* leurs comportements, leurs actions et leurs prises de décisions. La prise de conscience de leur vulnérabilité, potentielle ou avérée, à plus ou moins long terme, les rend actrices de leur devenir et à l'initiative de solutions multiples pour répondre à leurs besoins.

Il s'agit ensuite de voir comment les institutions, les dispositifs et outils économiques, financiers, réglementaires anticipent, soutiennent et encadrent les risques sociétaux. Il faut aussi étudier comment ils viennent en appui aux modes de gouvernance et aux initiatives locales et plus globales, à moyen et long terme. Cela pousse alors à trouver des solutions simples et incitatives faisant évoluer un modèle de surconsommation vers une plus grande responsabilisation des forces en présence et de chacun.

S'appuyer sur les capacités des écosystèmes et des milieux à s'adapter à des conditions extrêmes, à rendre des services... est alors essentiel. Cela implique de développer les connaissances pour mieux connaître encore la complexité des milieux vivants, afin de mettre en œuvre des actions qui limitent leur dégradation et permettent leur réhabilitation, leur restauration... *via* l'ingénierie écologique par exemple.

## *Introduction générale*

La préservation des milieux et des écosystèmes (mers et océans, eau, forêts...) et le maintien des équilibres et des interactions du système Terre (cycle de l'azote, cycle de l'eau...) sont la condition de leur survie et donc de la vie sur la Terre. Cela implique un nécessaire changement de modèle.

Il est aussi nécessaire de proposer des solutions techniques, s'appuyant sur les connaissances du passé et les innovations futures, pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre (produits par les transports, industries...), de favoriser les économies d'énergies dans l'ensemble des secteurs (informatique, transports, industries, agricultures...) et de revoir les modèles de gouvernance et de développement propres aux modes de production agricole, à l'exploitation des ressources par exemple.

Ainsi, pour apporter des solutions au changement climatique, cet ouvrage invite à « penser autrement » et à s'interroger sur le monde dans lequel nous vivons pour mieux agir, de façon raisonnée et intégrée. Il propose des solutions viables, équitables, acceptables et soutenables pour tous. L'approche globale alors permise par l'association, dans un même ouvrage, d'une grande diversité de compétences et de points de vue, vise à faire évoluer les modèles de représentations et de développement et incite ainsi à faire évoluer les modes de penser, allant jusqu'à changer de paradigme dans différents domaines économiques, environnementaux, techniques et politiques, condition parfois nécessaire pour être à la hauteur des enjeux liés à ce grand défi, qui concerne tous les habitants de la planète : le changement climatique.

Nous remercions chacun des auteurs d'avoir accepté de contribuer à ce défi et saluons la richesse de la collaboration étroite entre le CNRS et le Comité 21, qui a permis la réalisation de cet ouvrage, ainsi que la mobilisation du secrétariat exécutif de la Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification. Que toutes les personnes impliquées soient chaleureusement remerciées.