

L'HYPOTHÈSE

**+4°C** **MONDE VIVANT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE  
À L'ISSUE DU RAPPORT DU GIEC  
2 AVRIL 2014**

Au vu de l'empressement des États à ne pas prendre de décision contraignante, l'hypothèse d'un réchauffement supérieur à 4 degrés Celsius d'ici une soixantaine d'années gagne en probabilité... Mais que sera le monde vivant, incluant les humains, avec un réchauffement moyen de la planète de 4 ° ?

Climatologues, écologues et économistes tenteront d'en dresser le tableau. Tenteront car au-delà de 3 degrés, s'il est possible de modéliser des états du climat, il est moins évident de prévoir l'évolution de la machine climatique et du monde vivant.

Les origines de ce réchauffement seront évoquées ainsi que les mesures à prendre pour que nos enfants et petits enfants n'aient pas à affronter une telle hypothèse : les jeunes de moins de 20 ans aujourd'hui seront encore vivants.

**INTERVENANTS**

GILLES BOEUF - HERVÉ LE TREUT - SYLVIE JOUSSAUME - JEAN FRANÇOIS SOUSSANA - NATHALIE FRASCARIA-LACOSTE - FRANCK LECOQC - DANIELLE NOCHER



Hors série réalisé avec le soutien de :



# SOMMAIRE

<b>+4°C: QUELLE INFLUENCE SUR LE VIVANT ?</b>	<b>3</b>
<b>Gilles BOEUF</b> Professeur au Collège de France, Président du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et Personnalité qualifiée d'ORÉE	<b>3</b>
<b>DONNER UN VISAGE CONCRET AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES: LES MOYENNES LATITUDES</b>	<b>4</b>
<b>Hervé LE TREUT</b> Directeur de l'Institut Pierre Simon Laplace et <i>Review editor</i> du rapport du Groupe 2 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)	<b>4</b>
<b>CHANGEMENT CLIMATIQUE, BIODIVERSITÉ ET AGRICULTURE</b>	<b>6</b>
<b>Jean-François SOUSSANA</b> Directeur scientifique environnement de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et <i>Lead author</i> du rapport du Groupe 2 du GIEC	<b>6</b>
<b>QUESTIONS-RÉPONSES</b>	<b>7</b>
<b>LA TERRE À +4°C: ZOOM SUR L'ARCTIQUE ET L'AFRIQUE DE L'OUEST</b>	<b>8</b>
<b>Sylvie JOUSSAUME</b> Directrice du GIS Climat Environnement Société, et <i>Review editor</i> du rapport du Groupe 1 et du rapport de synthèse du GIEC	<b>8</b>
<b>POURQUOI AGIR POUR ÉVITER UNE AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES DE +4°C ? UN POINT DE VUE ÉCONOMIQUE</b>	<b>9</b>
<b>Franck LECOQ</b> Économiste, Directeur du Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED) et <i>Lead author</i> du rapport du Groupe 3 du GIEC	<b>9</b>
<b>2070 ET +4°C</b>	<b>10</b>
<b>Nathalie FRASCARIA-LACOSTE</b> Professeur à AgroParisTech, Directrice-Adjointe de l'UMR 8079 Ecologie, Systématique et Evolution, et Personnalité qualifiée d'ORÉE	<b>10</b>
<b>DÉBAT AVEC LA SALLE</b>	<b>11</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>12</b>
<b>Gilles BOEUF</b>	<b>12</b>



## +4°C : QUELLE INFLUENCE SUR LE VIVANT ?

Gilles BOEUF

Professeur au Collège de France, Président du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et Personnalité qualifiée d'ORÉE



L'état des lieux du GIEC prévoit une augmentation de 4°C à l'échéance 2060-2100, c'est le thème dont traite ce colloque. Or, la température exerce une très grande influence sur le vivant. De l'origine de la vie jusqu'au Trias (200 millions d'années), les espèces ont la même température corporelle que celle du milieu extérieur, puis certaines espèces deviennent spontanément homéothermes c'est-à-dire qu'elles conservent une température corporelle constante, indépendamment de celle du milieu extérieur. Cependant, elles sont aussi très intimement dépendantes de la température. De même, l'humain est profondément thermorégulé. En effet, la vague de chaleur de 2003 a entraîné 15 000 morts en France, essentiellement dans le nord. Les médecins appellent l'intense détresse physique et mo-

rale des personnes qu'ils recevaient dans les hôpitaux. La vague de chaleur de 2009 a fait 100 000 morts en Russie, l'incendie des blés d'Ukraine entraînant des émeutes de la faim.

Les extrêmes thermiques naturels sur Terre s'étendent de -89°C dans les glaces de l'Antarctique et -1,86°C dans l'océan à une soixantaine de degrés dans l'air et 350°C dans les sources hydrothermales. Le vivant s'échelonne de -80°C à 150°C pour les bactéries extrêmophiles. Au sein des espèces thermorégulatrices, certains oiseaux survivent en groupe à -60°C dans des vents à 200 km/h dans l'Antarctique. Les organismes psychrophiles vivent de -50°C à 0°C en haute montagne ou dans des zones très froides. Les humains sont mésophiles : ils apprécient les températures moyennes de 0°C à 35°C. Les thermophiles vivent de 35° à 60° et les hyperthermophiles vont encore au-delà. La température est donc le facteur abiotique essentiel.

La Terre supporte la vie parce que sa masse et sa distance par rapport au Soleil permettent à l'eau d'être présente sous ses trois formes : glace, vapeur d'eau et eau liquide. En effet, toutes les formes de vie sont constituées d'eau. L'être humain en est par exemple composé aux deux tiers.

La température accélère également les réactions chimiques. Etant donnés ses besoins physiologiques,

un poisson rouge doit, pour respirer, passer sur sa branchie 1 litre par heure dans une eau à 5°C ; alors qu'il doit passer 1 litre par minute à 30°C... De même, la croissance des truites et leur comportement dépendent de la température de l'eau : elles vivent uniquement en rivière au sud de la Norvège alors qu'elles vont en mer au nord. La

température détermine alors la croissance et la carte de répartition de ces espèces non-thermorégulées : plus la chaleur est élevée, moins elles parcourent de distance. La température influe également sur le sex-ratio de certaines espèces comme les crocodiles.

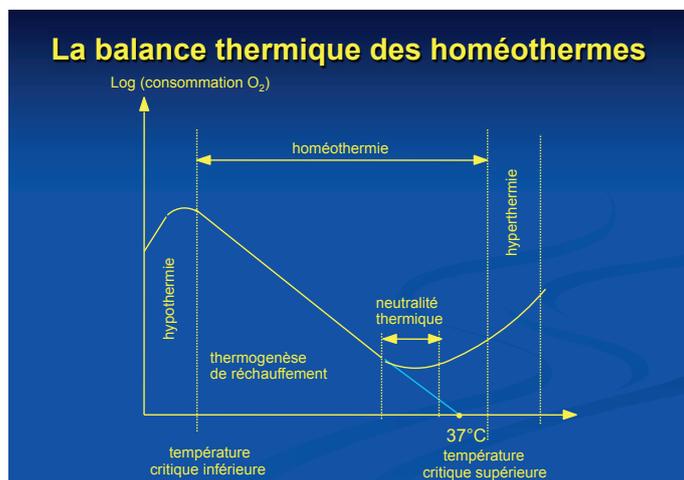
Comme tous les thermorégulateurs, l'être humain est limité dans sa capacité à maintenir une température constante. Cette capacité est asymétrique : l'homme résiste beaucoup mieux contre l'hypothermie que contre l'hyperthermie. Certaines espèces peuvent vivre à des températures proches du zéro absolu, mais le record de chaleur n'est que de 150°C pour les bactéries des sources hydrothermales.

La biodiversité se réduit pour des raisons multiples : la pollution, la destruction des écosystèmes, la dissémination d'espèces invasives, la surexploitation mais aussi le changement climatique.

Le changement de température actuel est trop rapide pour permettre aux espèces de s'adapter. Un très bel exemple de science participative a montré qu'en 18 ans, les papillons européens ont dû parcourir 114 kilomètres vers le nord et les oiseaux, 33 kilomètres. Si la température croît de 1°C, ils devront parcourir 250 kilomètres vers le nord pour suivre leur optimum de température (Nature Climat Change, janvier 2012).

Enfin, la fréquence du phénomène El Niño devrait connaître des variations importantes dues au changement des températures de surface dans l'océan Pacifique Sud et à l'inversion des vents. Il s'ensuivra un effondrement des stocks des espèces pélagiques dans les zones côtières, des oiseaux de mer qui les consomment et des pêcheurs qui les capturent.

Le vivant est donc extrêmement dépendant de la température, qu'il soit thermorégulé ou non. Beaucoup de maladies émergentes pourraient également être liées à ces changements particuliers.



Hermann et Cier, 1976



# DONNER UN VISAGE CONCRET AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES : LES MOYENNES LATITUDES

## Hervé LE TREUT

Directeur de l'Institut Pierre Simon Laplace et *Review editor* du rapport du Groupe 2 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)



J'ai évoqué lors de ma dernière discussion avec Jacques Weber la difficulté de faire des prévisions à l'échelle de 4°C. L'avenir est en effet pétri de risques plus que de phénomènes entièrement prévisibles. Le rapport du Groupe 2 du GIEC insiste sur la méthodologie pour appréhender ces impacts territoriaux et systémiques du changement climatique ainsi que la manière de s'en protéger. On appelle ainsi « adaptation » le développement d'une capacité à réduire notre dépendance vis-à-vis des aléas climatiques.

Cette adaptation a souvent été considérée comme un processus défensif dangereux à évoquer, parce que certains risqueraient d'y voir une alternative nous dispensant de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Mais elle devient nécessaire face au caractère inéluctable des changements, qui découlent inévitablement de la croissance continue des émissions de CO<sub>2</sub>, elle-même liée à l'augmentation de la population capable de produire ces émissions.

Bien sûr l'adaptation ne suffit pas : selon les résultats de modélisation présentés dans le dernier rapport du GIEC, limiter le réchauffement à 2°C implique de ne pas dépasser le niveau actuel d'émissions de gaz à effet de serre et même de les réduire par trois d'ici

à 2050, voire de passer en émissions négatives à partir de 2080.

Mais l'adaptation permet d'envisager les conséquences concrètes du réchauffement climatique à l'échelle d'un pays comme la France, ce qui fait l'objet de ma présentation - même si le passage d'un diagnostic global aux conséquences locales est difficile, car les incertitudes inhérentes aux différentes échelles d'espace se cumulent.

Tous les modèles s'accordent à projeter un réchauffement climatique qui sera présent partout, sauf peut-être dans la région du Gulf Stream. Les conséquences directes de ce réchauffement sont multiples (fonte des glaces, relèvement du niveau de la mer, impacts sur la végétation et le vivant) et correspondent à la part la plus prévisible des changements à venir. Elles sont d'autant plus prévisibles que les changements observés à l'heure actuelle confirment les prévisions des modèles depuis 50 ans. Il est par contre beaucoup plus difficile de prévoir des conséquences indirectes comme les précipitations locales, même si les modèles, qui sont en large désaccord sur les conséquences d'un réchauffement modéré de 2°C, convergent davantage dans le cas d'un réchauffement de 4°C.

Cela tient au fait que le changement climatique va perturber la variabilité naturelle du système climatique (et des circulations atmosphériques), créant des risques nouveaux qui se manifesteront souvent comme des événements surprises. C'est pourquoi le rapport du GIEC insiste sur la notion de vulnérabilité à des risques climatiques continentaux ou locaux, l'adaptation se définissant par rapport à des risques plutôt que des prévisions certaines.

J'ai choisi d'illustrer cette approche en évoquant rapidement un travail collectif

à l'échelle de l'Aquitaine, qui met en évidence une série de ces risques de manière concrète. Il existe par exemple des risques sanitaires, qui peuvent recréer et amplifier des situations connues dans un passé plus ou moins lointain : lors des canicules estivales, Bordeaux est souvent la région la plus chaude de France, par exemple. Une situation appelée à se répéter de manière fréquente. On ne peut oublier que les Landes ont connu le paludisme par le passé, et qu'un réchauffement peut recréer les conditions de maladies à vecteur. A l'échelle d'une région tous les risques sont interconnectés : les risques de santé, les risques hydriques recouvrant des problèmes économiques, de pollution, etc. Dans ce cadre, l'un des enjeux majeurs pour l'Aquitaine, outre la préservation d'un patrimoine agricole rare avec la vigne et la forêt, porte sur la protection de milieux fragiles comme la montagne et le littoral, dont l'évolution naturelle peut être modifiée de manière forte dans le cadre du changement climatique.

Pour le littoral par exemple, même s'il est difficile de détailler les changements de manière événementielle, s'adapter au changement climatique implique d'abord de mieux respecter les conditions naturelles, avec notamment des dunes préservées permettant de protéger les villes. Ainsi, Lacanau, conçue pour avoir les pieds dans l'eau, envisage aujourd'hui de reculer derrière un cordon dunaire. Le littoral illustre aussi les limites de l'adaptation : dans un monde 4°C plus chaud, beaucoup de zones basses en Aquitaine ou ailleurs, encourrent un risque réel de submersion. La construction de digues n'est alors souvent qu'une solution temporaire : la seule adaptation réelle consiste à reculer, une situation qui doit être anticipée le plus largement possible.

La montagne est aussi un milieu très fragile, qui pose de manière forte le problème

des atteintes au vivant, car l'étagement de la flore et de la faune se fait en fonction de la température. Des espèces nouvelles apparaissent alors que d'autres disparaissent, et cela posera des problèmes nouveaux. Un Parc naturel doit-il avoir pour but de conserver les espèces endémiques traditionnelles ou laisser venir les espèces venues d'ailleurs et s'implantant sur ce territoire pour survivre? La montagne est par ailleurs une

zone de transitions économiques, elles aussi sensibles au changement climatique.

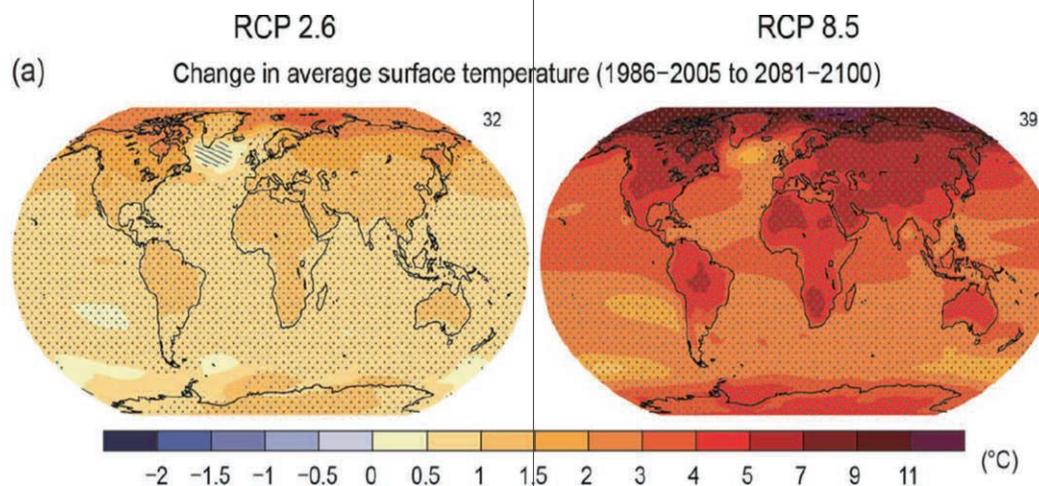
L'étude Aquitaine a montré que l'information sur les évolutions possibles à l'échelle de nos régions est abondante, mais qu'elle n'est encore que très partiellement utilisée par les pouvoirs publics. Les régions sont aussi des lieux permettant de mieux appréhender la nécessaire réduction des

émissions des gaz à effet de serre, qui requiert des économies d'énergie dans l'habitat, les transports et les politiques territoriales. Même si des politiques et des négociations globales sont indispensables, un enracinement territorial des regards et des actions est capital pour intéresser et motiver les citoyens face aux enjeux à venir.

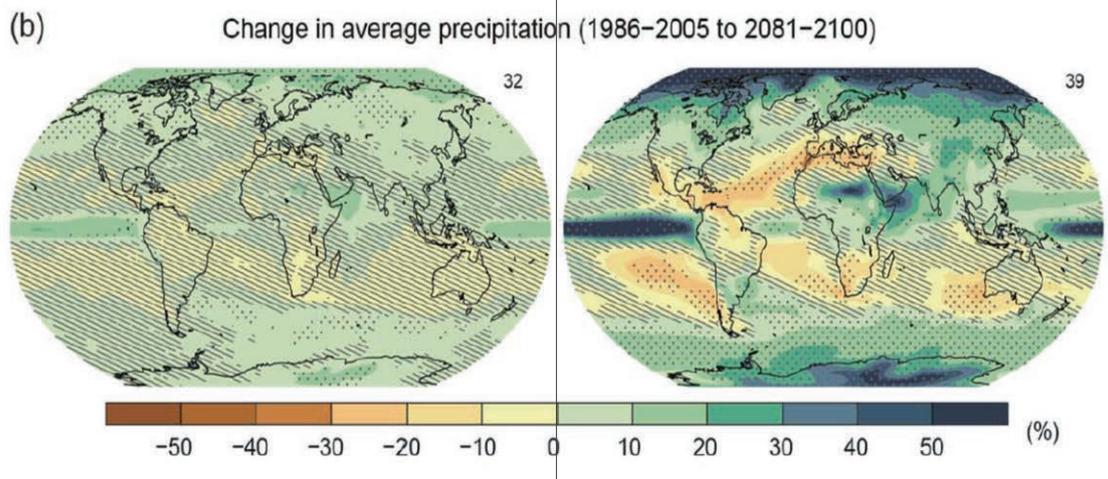
**Scénario à + 2°C**

**Scénario à + 4°C**

*Variation de la température moyenne de surface*



*Variation de la moyenne des précipitations*



Légende :

Les couleurs montrent la moyenne des modèles qui ont participé à l'exercice international CMIP5, repris dans le rapport du Groupe 1 du GIEC (2013).

Les petits points indiquent un accord entre modèles sur les changements locaux, les barres penchées un désaccord. Les prévisions des précipitations sont beaucoup plus difficiles.



# CHANGEMENT CLIMATIQUE, BIODIVERSITÉ ET AGRICULTURE

## Jean-François SOUSSANA

Directeur scientifique environnement de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et *Lead author* du rapport du Groupe 2 du GIEC



Le changement climatique se traduit non seulement par une augmentation de la température, mais aussi par une forte variabilité des températures et des précipitations. La planète a ainsi récemment connu des vagues de chaleur extrêmes en Europe de l'Ouest, en Russie ou aux Etats-Unis, entraînant des incendies et des pertes de récolte. Les inondations comme l'Angleterre en a connu très récemment menacent également les cultures.

Le changement climatique a réduit la progression des rendements du blé et du maïs en 30 ans. Il contribue à des tensions fortes sur les prix agricoles mondiaux, même si la fluctuation des prix du pétrole joue un rôle. Le changement climatique est également lié à des dépérissements forestiers, particulièrement en Europe. La vitesse du réchauffement dépasse les capacités de migration des espèces animales et surtout végétales, ce qui limite leur adaptation. Des variations dans la phénologie des plantes et le comportement d'espèces animales sont bien documentées. Elles se traduisent par une modification des pratiques agricoles : ainsi, les vendanges sont passées de la fin septembre à la fin août à Châteauneuf-du-Pape.

Le récent rapport du GIEC présente pour la première fois une consolidation des indi-

cateurs des changements observés pour l'ensemble des secteurs : systèmes physiques (neige et glaciers, eau, trait de côte), écosystèmes terrestres et marins, biodiversité, production alimentaire, modes de vie. En Europe, l'effet du changement climatique est confirmé sur les neiges et glaciers. Il est plus difficile à attribuer pour ce qui est des ressources en eau. Il est majeur pour les forêts et pêcheries et relativement mineur par rapport aux autres tendances pour l'agriculture.

Un scénario de +4°C se traduit pour l'Europe par une augmentation de la fréquence des canicules et des sécheresses d'ici à la fin du siècle. Les impacts sont très largement négatifs sur les rendements agricoles médians à la fin du siècle ; 40 % des études anticipent jusqu'à 25 % de réduction. Le réchauffement climatique freinera donc le progrès dû aux technologies et à la modernisation de l'agriculture. Les risques d'incendie se multiplient par rapport à la période actuelle, avec une remontée significative du risque vers le nord et l'est de l'Europe. Le changement climatique entraîne des variations importantes dans le potentiel de capture du poisson ainsi qu'une réduction de la taille des prises, y compris dans l'Atlantique. Les coraux subissent d'ores et déjà des impacts négatifs importants liés à l'acidification de l'océan et au réchauffement climatique. Les impacts devraient s'intensifier dans toutes les zones du monde à la fin du siècle.

Les impacts du réchauffement climatique sont donc complexes, en cascade et en interaction mutuelle. Par exemple, des modifications dans l'étendue de la couverture neigeuse et dans les espèces d'arbres, des risques d'incendie accrus, des rétroactions dans l'atmosphère en raison de l'émission accrue de méthane et de CO<sub>2</sub> ou un changement d'albédo. La complexité de ces interactions les rend difficiles à appréhender. D'autres changements majeurs concernent

les biomes, comme la réduction continue de la surface des forêts.

Trois risques majeurs ont été identifiés en Europe :

- les inondations, leurs impacts sur les infrastructures et les populations ;
- les restrictions en eau, les impacts sur l'agriculture et les écosystèmes ;
- la santé, en particulier pour ce qui est des vagues de chaleur.

L'adaptation implique de renforcer les trames « vertes » et « bleues » et d'investir dans la forêt pour sa biodiversité comme pour son rôle de puits de carbone. Beaucoup de solutions sont possibles pour adapter l'agriculture à court ou moyen terme. Certaines sont spontanées, menées par les agriculteurs, ou planifiées, demandant un effort de sélection. L'INRA mène ainsi des recherches sur l'adaptation variétale des grandes cultures ou la qualité des grains et des fruits. Le programme prioritaire de l'INRA s'articule en trois axes : la résilience de l'agriculture et de la forêt à la variabilité du climat, les projections climatiques sur le long terme et l'adaptation planifiée. Enfin, nous travaillons avec 21 pays européens sur la programmation de la recherche, de façon à renforcer la coordination et l'efficacité communes.

## QUESTIONS-RÉPONSES

**Emmanuel GARBOLINO**, Enseignant-chercheur à l'Ecole des Mines de Paris, Centre de recherche sur les Risques et les Crises de Sophia Antipolis

J'encadre un doctorant qui travaille sur la synergie entre l'utilisation du sol, notamment le développement urbain, et l'impact du changement climatique sur le territoire. Comment les politiques publiques peuvent-elles intégrer les résultats de la recherche ? Le droit, en particulier celui de l'environnement, peine à s'adapter à des phénomènes dynamiques.

**Hervé LE TREUT**

Il manque effectivement des lieux d'échanges entre scientifiques et représentants de la société civile pour partager le savoir technique. On en reste trop souvent aux généralités.

**Franck LECOQ**

La problématique est effectivement essentielle: les normes doivent être stables pour être prévisibles pour les acteurs mais aussi évoluer en fonction du climat.

**Marie-Christine CORMIER-SALEM**, Directrice de recherche à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

Il faut insister sur l'importance de conserver la diversité biologique et culturelle. Nous avons ainsi beaucoup à apprendre de la manière dont les paysans gèrent la sécheresse en Afrique, depuis la diversité génétique des variétés à celle des systèmes de cultures et d'activités.

**Emmanuel DELANNOY**, Directeur d'Inspire

Beaucoup de cartes sur le réchauffement climatique sont encore très globales et décrivent des phénomènes à l'échelle de régions très vastes. Or la réponse doit être extrêmement contextualisée en fonction des terroirs. Cela pose la question des pratiques agricoles locales, mais aussi des semences participatives, des espèces rares et traditionnelles, aussi bien pour les cultures que pour l'élevage.

**Jean-François SOUSSANA**

Je partage tout à fait les deux dernières interventions. Les savoirs traditionnels sont des facteurs de résilience. Beaucoup d'experts estiment que la diversité des cultures et des systèmes de production est une réponse face à une variabilité accrue du climat.

**Lionel LARQUÉ**, Secrétaire exécutif de l'Alliance sciences-société

Au-delà du partage des savoirs produits, il faut co-construire les programmes de recherche, c'est-à-dire faire participer des acteurs diversifiés à leur élaboration et à leur mise en œuvre.

**Hervé LE TREUT**

Je rejoins cette intervention, d'autant que tous les problèmes sont interconnectés. En revanche, la recherche interdisciplinaire est encore embryonnaire.

**Raymond ZAHARIAS**, Ancien Responsable de programme au Centre national d'études spatiales (CNES)

Diminuer les émissions de gaz à effet de serre est un bon objectif, mais il faut avant tout s'intéresser aux obstacles qui empêchent de réduire ces émissions. C'est le débat entre une science informative (*policy relevant*) et un monde scientifique qui deviendrait prescripteur de politique (*policy prescriptive*). Bruno Latour estime que le GIEC devrait devenir *policy prescriptive*. Sans aller jusque-là, force est de constater que les débats se font dans le cadre des règles actuelles. Qu'advient-il si l'on changeait ces règles ? Une modification du taux d'actualisation bouleverserait les perspectives de réduction des gaz à effet de serre.

**Franck LECOQ**

Les retours sur les politiques existantes de lutte contre le réchauffement climatique sont abondants et commencent à être analysés.

**Jean-François SOUSSANA**

Un autre exemple est celui des polices d'assurance des particuliers qui ont massivement augmenté aux Etats-Unis après de violentes tempêtes et inondations, avant de revenir à leur niveau antérieur quelques années plus tard. Il illustre la difficulté de penser sur le long terme.

**Hervé LE TREUT**

Le GIEC ne suffit effectivement pas, mais il importe également qu'il ne disparaisse pas. Ses rapports font désormais l'unanimité et sont considérés comme une brique de base du débat.

**Georges EMBLANC**, Consultant en éducation à l'environnement pour le WWF

La transmission des connaissances au grand public est un problème majeur. Seuls deux Parisiens sur 2,8 millions se sont par exemple déplacés pour un débat public Crue Seine Bassée.



# LA TERRE À +4°C : ZOOM SUR L'ARCTIQUE ET L'AFRIQUE DE L'OUEST

**Sylvie JOUSSAUME**

Directrice du GIS Climat Environnement Société, et *Review editor* du rapport du Groupe 1 et du rapport de synthèse du GIEC



Les modèles climatiques sont des modèles numériques qui permettent de mieux comprendre le fonctionnement du climat et d'en prévoir l'évolution possible sous différents scénarios. Ces modèles découpent la Terre en « boîtes » dans lesquelles ils résolvent numériquement les principes de base de la physique pour simuler les vents, les courants, les pluies ainsi que les échanges entre l'atmosphère, les océans et les continents. Ils permettent d'étudier l'impact des activités humaines comme l'émission de gaz à effet de serre. Afin de présenter les caractéristiques d'un climat à +4°C, je vais m'appuyer sur les simulations réalisées pour le GIEC correspondant au scénario le plus élevé, le RCP8.5, présenté dans le rapport du GIEC qui vient d'être publié.

Les résultats des modèles montrent que ce réchauffement n'est pas uniforme : il est plus marqué sur les continents que sur les océans, et plus fort dans l'Arctique où il atteint 8°C voire plus. En conséquence, toutes les simulations s'accordent à montrer une disparition de la glace de mer dans l'Arctique en été, entraînant un risque d'extinction des espèces très dépendantes de la banquise.

L'ours polaire en est devenu un symbole. D'autres y voient un élément positif : une mer libérée des glaces offrant de nouvelles routes maritimes.

Tous les modèles s'accordent également sur une diminution des pluies et une augmentation des sécheresses dans le bassin méditerranéen. La tendance n'est pas aussi claire pour l'Afrique sahélienne, avec une tendance à la diminution des pluies en Afrique de l'Ouest et plutôt une augmentation en Afrique centrale. Cependant, en Afrique sahélienne, les modèles ne s'accordent pas et il est encore difficile de prévoir la variation des pluies en Afrique, alors que cette région en dépend actuellement de manière critique. Il n'est donc pas si facile de déterminer ce que sera le monde à +4°C.

Néanmoins, dans un monde à +4°C, l'Afrique de l'Ouest connaîtra un réchauffement du même ordre de grandeur. Une étude, réalisée par un projet du GIS Climat ([www.gisclimat.fr](http://www.gisclimat.fr)), sur l'impact du réchauffement climatique sur l'agriculture en Afrique de l'Ouest, montre une baisse systématique des rendements agricoles due au réchauffement, une augmentation ou une diminution des pluies ne faisant qu'atténuer ou renforcer

cette baisse (de 10 % à 40 %). Il en ressort que le facteur déterminant pour la production agricole est la température. Les résultats montrent également que les perspectives futures sont sans commune mesure avec les modulations déjà connues dans le passé.

Au-delà des impacts du réchauffement du climat, il faut tenir compte de la capacité d'adaptation des sociétés. Jacques Weber aimait prendre l'exemple d'une population du nord-Cameroun, extrêmement adaptée à un milieu très aride. Lors d'une conférence du GIS Climat en mai 2010, Jacques estimait que cette population a peu de chances de résister au réchauffement climatique, même dans le cas de l'hypothèse la plus favorable du GIEC. Le changement climatique la poussera à descendre dans la plaine, entraînant des conflits d'accès aux ressources, des violences et des migrations lointaines.

L'ampleur du défi posé par le changement climatique tient moins à l'augmentation de température qu'à la vitesse de cette évolution. La Terre a déjà connu un changement de plus de 4°C au moment du Crétacé. A la fin de la dernière glaciation, la Terre s'est également réchauffée d'environ 4°C et si l'on compare ce réchauffement à celui prévu par

le scénario RCP8.5, on retrouve de nombreuses similarités. A une différence de taille cependant, le réchauffement à la sortie du dernier maximum glaciaire s'est produit sur plusieurs milliers d'années alors que le scénario RCP8.5 d'augmentation des gaz à effet de serre par les activités humaines estime une augmentation de 4°C en cent ans seulement ! Face à une telle rapidité de changement, la seule solution consiste à réduire de manière drastique les émissions de gaz à effet de serre.



*Village au nord-Cameroun*

# POURQUOI AGIR POUR ÉVITER UNE AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES DE +4°C ? UN POINT DE VUE ÉCONOMIQUE

Franck LECOQC

Économiste, Directeur du Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED) et *Lead author* du rapport du Groupe 3 du GIEC



Le rapport du GIEC étudie plusieurs scénarios possibles de réchauffement climatique à l'horizon 2100. Les températures moyennes annuelles à la surface du globe augmentent de 4°C sur la surface de la Terre à l'horizon 2100 dans le scénario RCP8.5, le plus intensif en émissions. Dans ce scénario, la progression est extrêmement rapide : l'augmentation est déjà de 2°C en 2060 et elle se poursuit au-delà de 2100. L'échéance peut sembler lointaine, mais mes enfants vieilliront dans ce contexte et mes petits-enfants le vivront. Dans ce scénario, le forçage climatique sera un facteur majeur de cette société future. Une telle augmentation de température dépasserait également les seuils de non-linéarité.

Quelles en seraient les conséquences économiques ? Le rapport du Groupe 2 du GIEC note qu'il existe peu d'études sur ce sujet. Dans le petit nombre qu'il recense néanmoins, la consommation moyenne par habitant serait en baisse de 1,5 % à 4,5 %, pour de telles augmentations de température, par rapport à un monde sans impact climatique. Laissons ici de côté les questions méthodologiques que posent ces chiffres, et acceptons-les tels quels pour le moment. Le point important est qu'ils peuvent paraître faibles face aux scénarios de croissance économique recensés par le Groupe 3, dans lesquels la consommation future moyenne par tête en 2100 est

entre 3 et 7-8 fois plus élevée qu'aujourd'hui. Même si la consommation ne faisait « que » tripler et que les dommages du changement climatique étaient de 10 %, nos descendants resteraient tout de même 2,7 fois plus riches que nous en moyenne. Dans ces conditions, ne faut-il pas plutôt investir dans des problématiques plus pressantes que le changement climatique ? Des économistes comme Thomas Schelling ont défendu cette position, qui me paraît dangereuse.

D'abord, serons-nous beaucoup plus riches en 2100 dans le scénario RCP8.5 ? Si la croissance économique est très élevée, entraînant beaucoup d'émissions de gaz à effet de serre, les ressources énergétiques fossiles s'épuiseront rapidement et leur coût augmentera, entraînant une pression accrue en faveur de l'efficacité énergétique. Il faut donc être très optimiste sur l'abondance de ressources fossiles à bas coût pour rendre cohérentes une croissance économique élevée et des émissions élevées. Or le scénario RCP8.5 peut également être atteint dans un monde avec une vaste population, une croissance économique beaucoup plus faible, très peu de progrès technique et une efficacité énergétique faible. Un monde à +4°C n'implique donc pas nécessairement une croissance élevée, au contraire.

En outre, l'opération consistant à utiliser un scénario de croissance sans impact du changement climatique, comme ceux recensés par le Groupe 3 du GIEC, puis y plaquer ensuite les impacts en 2100 recensés par le Groupe 2 présente des limites évidentes. On fait en effet comme si les deux processus étaient indépendants, alors que l'on sait que le changement climatique aura un impact continu sur le processus de croissance. La variabilité et les chocs climatiques jouent par exemple un rôle important, mais d'une manière qui n'est pas encore bien comprise (ce qui explique pourquoi les modèles recensés par le Groupe 3 travaillent prudemment sans impact). Si l'interaction entre croissance et

changement climatique était prise en compte, il est probable qu'elle déboucherait sur une croissance finale moins élevée que celle que projettent les scénarios du Groupe 3.

Ensuite, une baisse de -1,5 % à -4,5 % de la consommation est une moyenne qui recouvre des disparités considérables d'une région à l'autre. Il faut également rappeler que l'impact de la Deuxième Guerre mondiale sur la consommation mondiale a été de 5 %. En réalité, les changements entraînés par le changement climatique ne sont pas marginaux, mais structurels : des secteurs entiers peuvent disparaître, comme par exemple le tourisme de moyenne et haute montagne. Les trajectoires de développement de territoires entiers sont donc susceptibles d'évoluer fortement. Or l'histoire montre qu'il est difficile de gérer des transitions à l'échelle de territoires.

Enfin, anticiper les impacts a un coût bien moins élevé que de s'adapter de façon réactive, d'autant qu'il est des irréversibilités auxquelles nous ne pourrions nous adapter. Et s'adapter signifie réduire les risques pour un secteur ou un lieu donné, alors que réduire les émissions permet de réduire tous les risques, sur l'ensemble du territoire, dans tous les secteurs. La très forte asymétrie entre les deux pousse à travailler sur la réduction des gaz à effet de serre.

Pour conclure, même si les estimations des impacts économiques d'une augmentation de la température de 4°C peuvent paraître faibles en première analyse – et encore une fois ces travaux restent encore peu nombreux – l'analyse économique propose des arguments solides pour l'action, adaptation comme atténuation. Elle pointe aussi des trous importants dans la connaissance, en particulier sur les interactions entre changement climatique et croissance, d'une part, et sur les impacts systémiques du changement climatique, d'autre part.



## 2070 ET +4°C

## Nathalie FRASCARIA-LACOSTE

Professeur à AgroParisTech, Directrice-Adjointe de l'UMR 8079 Ecologie, Systématique et Evolution, et Personnalité qualifiée d'ORÉE



Nos conceptions actuelles de l'avenir sont fondées sur des projections très isolées, contrôlées et probablement dépassées. Les scientifiques travaillent en effet sur des contextes stables, or nous sommes confrontés à une dislocation complète de nos socles de référence. Il nous faut donc réinventer, redessiner et les recréer. Patrick Lagadec écrivait en 2008 : « *Les chocs qui iront de pair avec les nouveaux univers du risque exigeront des modes de fonctionnement qui ne pourront plus reposer sur nos visions d'un État apportant les solutions à des groupes humains inertes ou anesthésiés à coup de communication de crise médiatique.* »

Un changement de paradigme est nécessaire. Les groupes d'humains se doivent de trouver collectivement les réponses aux défis qu'ils vont traverser. Jacques Weber écrivait en 1993 : « *prévoir, c'est gouverner* ». Il fallait selon lui repenser les logiques de gouvernance pour une conduite collective des affaires humaines, réinventer la responsabilité des acteurs et le fonctionnement du leadership.

Cette conférence devait, selon Jacques, permettre d'élaborer collectivement des futurs probables ou des visions alternatives de l'avenir afin d'anticiper les mutations, prévoir leurs effets et les raconter sous forme

de récits. Einstein disait ainsi que dans les moments de crise, l'imagination importe plus que la connaissance.

Projetons-nous dans le temps pour faire l'exercice. Voici mon récit :

« *Nous sommes le 2 avril 2070. Le niveau de la mer a drastiquement augmenté partout dans le monde, entraînant de vastes migrations humaines. Les sept déserts du monde se sont étendus de 40 % et l'eau potable a drastiquement diminué, malgré les progrès de la désalinisation. L'utilisation du charbon, combinée à de mauvais espoirs et calculs dans l'enfouissement de carbone, a abouti à une concentration en CO<sub>2</sub> proche de 900 ppm. L'air est devenu irrespirable. Le prix du fioul a triplé. Les sources se sont taries. De dramatiques réductions dans l'utilisation de l'énergie nucléaire ont été enregistrées. Les dépôts de soufre et d'azote dans les forêts sont moins préoccupants que les métaux lourds. Les températures extrêmes provoquent des pics d'ozone quasi quotidiens. Les espèces invasives, les sécheresses plus fréquentes, l'explosion du besoin en bois de chauffe ont détruit les forêts. Nous vivons donc dans des conditions extrêmes, sans parler des guerres et de la montée de la pauvreté... »*

Je conclurai par ces lignes écrites par Jacques Weber en 1991 : « *Repenser le développement implique une réflexion sur les objectifs de très long terme assignés à la croissance, dès lors que ceux-ci ne sont plus donnés. Mais ces objectifs ne peuvent pas être quantitatifs (indétermination du futur, variabilité et incertitude). Ils doivent être formulés en termes de finalités, ils ne peuvent être que des choix éthiques. Ces choix doivent dire quelle planète nous souhaitons à très long terme ; et si l'environnement est bien ce qui n'est pas approprié mais que tout le monde utilise, les objectifs doivent dire pour qui nous voulons ce monde.* »

*C'est seulement à partir de tels choix que peuvent s'examiner les chemins à parcourir et les actions à entreprendre et la façon de les mettre en œuvre à court et moyen terme.*

*Une telle gestion, adaptative, passera par un effort important de compréhension de la variabilité des systèmes naturels d'une part, des mécanismes d'adaptation à cette variabilité élaborés par les sociétés au cours du temps d'autre part.*

*La science économique se doit donc de redevenir économie politique : étudiant les relations entre les hommes à propos des choses, elle contribuerait à qualifier ce par rapport à quoi elle prétend allouer de façon optimale et, pour cela, dialoguerait avec les autres sciences sociales.*

*Economie, droit, sociologie, sciences politiques sont également concernés. Une réflexion sur les finalités de la croissance qui ne soit pas pure conjecture amène à considérer les champs disciplinaires comme seconds : l'objet de la question est plus important que la question de l'objet. Les choix de très long terme doivent impérativement être faits ; ils le seront, dès lors que la croissance est désormais sans but.*

*Ou bien les sciences sociales y contribueront par des arguments étayés et réfutables, ou bien s'en chargeront les fanatismes en tous genres : fanatisme du profit comme fanatisme religieux.* »

## DÉBAT AVEC LA SALLE

**Christian VICENTY**, Chargé de mission Chine, Russie à la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS) du Ministère du Redressement Productif

Le GIEC a-t-il modélisé l'évolution du permafrost sibérien, qui dégage du méthane, facteur accélérateur du gaz à effet de serre ?

**Sylvie JOUSSAUME**

L'effet devrait rester limité. Toutefois, les modèles n'incluent pas le permafrost, que l'on cherche encore à comprendre et à représenter.

**Hervé LE TREUT**

Le GIEC ne mène pas de recherches par lui-même, mais réalise la synthèse de recherches existantes. En outre, le méthane est encore un sujet de recherche relativement récent.

**Muttiah YOGANANTHAN**, Co-gérant de la Société coopérative Métamorphose

Les économistes du GIEC partent toujours du principe que la croissance est la richesse. Or, comme le disait Jacques Weber, n'est-il pas fondamental de remettre l'économie dans l'environnement ?

**Franck LECOQ**

Le GIEC résulte de la recherche existante, dont une bonne partie continue d'utiliser des indicateurs classiques comme celui du PIB. Des études commencent à recourir à d'autres métriques pour évaluer les impacts, mais ce champ de recherche est là encore peu développé. Les travaux de modélisation intégrée visent notamment à mettre en cohérence les différents éléments de représentation du système économique et de fonctionnement du système technique. L'approche est très complexe, mais le changement climatique a été un aiguillon majeur pour le développement de ce type de recherche.

**Thierry DEDIEU**, Chargé du climat à la CFDT

J'ai été frappé par l'insistance sur le niveau local pour l'adaptation. L'adaptation est-elle obligatoire et dans l'affirmative, à quel scénario ? L'atténuation se fait-elle au niveau global ?

**Jean-François SOUSSANA**

Le caractère local de l'adaptation s'explique par la diversité des systèmes concernés, mais elle pose des questions globales, dans tous les secteurs et dans toutes les régions du monde. En outre, les efforts d'adaptation d'acteurs isolés comme les agriculteurs ne sont pas suffisants eu égard aux défis. Ils requièrent des efforts de recherche et développement, de gouvernance ou encore d'assurance. Toutes ces dimensions se superposent. L'atténuation nécessite quant à elle de parvenir à une concertation mondiale.

**Gilles BOEUF**

On s'adapte à un événement qui est déjà survenu. Il s'agirait plutôt ici de se « pré-adapter », c'est-à-dire de mettre en place les conditions nécessaires pour être capables de réagir en temps

utile. La question du temps est ici fondamentale. Un homme politique est élu pour quelques années, alors que la problématique concerne toute la planète pour une très longue durée.

**Hervé LE TREUT**

L'approche locale a pour vertu d'interpeller les citoyens et se trouve ainsi souvent confrontée aux difficultés de représentations : représenter les changements climatiques passe par des représentations concrètes. De plus, la prise de conscience de ces enjeux par chacun se conjugue mal avec des négociations internationales.

**Jean-François SOUSSANA**

Il faut savoir communiquer sur des incertitudes et des variabilités. La communauté scientifique devrait travailler sur les moyens de donner à la population une perception concrète de ces phénomènes. Dans notre domaine, l'agriculture, nous envisageons un portail sur l'adaptation permettant au public et aux professionnels d'appréhender de manière concrète les conséquences de mesures d'adaptation selon un scénario donné. Le terme de « pré-adaptation » ne doit pas occulter le fait que les changements sont d'ores et déjà à l'œuvre.

**Geneviève ANCEL**, Coordinatrice des Dialogues en humanité

Nous avons le sentiment que plus l'on monte dans les responsabilités institutionnelles, plus le déni s'accroît. Inversement, faisons-nous suffisamment confiance dans la capacité de nos concitoyens à rêver un avenir désirable ?

**Franck LECOQ**

Les corps intermédiaires portent une responsabilité en la matière. Ils peuvent jouer un rôle considérable non seulement pour la diffusion des informations, mais pour l'échange des idées et bonnes pratiques, la définition de stratégies communes. La communauté des forestiers s'est par exemple mobilisée très tôt, car elle vit dès à présent le changement climatique.

**Sandrine BRIGAULT**, Hydrogéologue, enseignante et médiatrice scientifique

Pourquoi le monde économique et industriel ne pourrait-il pas avoir des devoirs sur l'humanité territoriale ? Il nous faudrait des lois locales et adaptatives. Le monde scientifique, politique et citoyen ne doit pas laisser la place aux fanatismes. Comment faire en sorte que la transition se déroule de manière pacifique ? Pourquoi ne pas organiser des colloques où les citoyens et les élus pourraient faire part de leurs idées aux scientifiques ?

**Gilles BOEUF**

Les scientifiques vont au-devant des citoyens. Le Muséum lance par exemple des actions de science participative. Le problème est de toucher les personnes qui ne se rendent pas aux conférences et n'ouvrent jamais les pages environnement de leur journal. Par ailleurs, ces initiatives ne nous aident pas à améliorer nos relations avec le monde politique. L'entreprise privée et le monde associatif



doivent également contribuer à faire pression. Robert Barbault et Jacques Weber ont joué un rôle considérable en la matière.

**Nathalie FRASCARIA-LACOSTE**

Le scénario que j'ai présenté n'en est qu'un, parmi plusieurs. Il relevait plutôt de la provocation, en hommage à Jacques Weber.

Il est basé sur la co-construction qui consiste à associer scientifiques, gestionnaires, économistes, sociologues ou philosophes pour déceler de nouveaux champs de recherche à travailler. Les pays anglo-saxons la pratiquent beaucoup.

**Emmanuel DELANNOY**

Comme le disait Antonio Gramsci, « le pessimisme de la connaissance n'empêche pas l'optimisme de l'action ». La pauvreté intellectuelle actuelle est terrifiante. Nous devons nous retrousser les manches pour rendre des perspectives à tous.

**Lionel LARQUÉ**

Au-delà du dialogue interdisciplinaire, il faut rassembler toutes les forces sociales, intellectuelles, politiques et économiques pour répondre au défi posé. A la grande différence des siècles passés, l'immense majorité des acteurs sociaux et économiques agissent aujourd'hui avec raison, en se fondant sur des stratégies à caractère rationnel.

**Hervé LE TREUT**

Les constats effectués aujourd'hui reposent sur la continuité de

l'émission des gaz à effet de serre. Nous n'avons pas abordé les scénarios de transition ni l'espace des solutions, qui suscitent des dissensions assez fortes. Ils recouvrent en effet des blocages et des ignorances. Selon une enquête du CEVIPOF par exemple, 70 % à 80 % des personnes interrogées estiment que le réchauffement climatique est important, mais moins de 20 % identifient les gaz à effet de serre comme cause possible. Le grand public n'a donc pas conscience des remèdes envisageables.

**Jean-François SOUSSANA**

Nous nous sommes inscrits aujourd'hui dans la demande de Jacques Weber, celle du scénario à +4°C. Bien d'autres trajectoires sont envisageables. Des mesures sont à notre portée pour diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre ou préserver la biodiversité. Il est effectivement important de présenter aussi ces solutions.

**Hélène LERICHE, Responsable Biodiversité d'ORÉE**

Grâce aux intervenants que je remercie, le colloque a beaucoup parlé des citoyens, des scientifiques et des politiques. Les entreprises sont aussi des acteurs du débat. Il faut valoriser toutes les initiatives et les idées pour construire d'autres possibles.

**Claire TUTENUIT, Déléguée générale d'Entreprises pour l'Environnement**

Jacques se plaignait souvent que l'on ne parle pas assez de la biodiversité or la sensibilisation du grand public passe par la biodiversité. Ceux qui voient les oiseaux migrateurs revenir en janvier ne peuvent qu'en conclure à un vaste changement à l'œuvre.

**CONCLUSION**

**Gilles BOEUF**

Les chercheurs ont pour mission d'éclairer les grandes questions actuelles sur des bases scientifiques. Nos propos ne se veulent pas défaitistes, mais doivent inciter à se retrousser les manches. Il ne s'agit pas non plus d'accuser les générations passées : nous sommes tous la somme de l'histoire passée. Le monde scientifique se doit d'appuyer et d'étayer ses propos mais il ne peut pas toujours les garantir car des doutes existent souvent. Les sciences participatives responsabilisent et sensibilisent les citoyens en favorisant la collaboration entre les sphères scientifique et publique.

Inversement, chaque évolution écologique a des impacts sociaux. Les questions soulevées aujourd'hui sont pressantes : le changement a d'ores et déjà commencé. Cette accélération est la principale donnée du problème : le changement de température, l'acidité de l'océan, les ressources halieutiques, les rendements agricoles, les pathologies nouvelles sont autant de problèmes émergents. Ils doivent nous pousser à mieux réagir tous ensemble.

