



HAL
open science

Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France

Patrick Gilliéron

► **To cite this version:**

Patrick Gilliéron. Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France . 2016. hal-01573051

HAL Id: hal-01573051

<https://hal.science/hal-01573051>

Submitted on 17 Sep 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France

par Patrick Gilliéron, membre du Groupe 3AF Ile-de-France

L'accord [1] signé le 11 décembre 2015 au terme de 12 jours de négociations par la 21^{ème} Conférence des Parties (COP21) en réunissant 195 pays a donné lieu à un accord international pour tenter de limiter le réchauffement climatique entre 1,5°C et 2°C d'ici 2100. Cet accord montre une prise de conscience planétaire des conséquences climatiques liées aux activités anthropiques. Pour la première fois, des valeurs chiffrées pour les Contributions Prévues Déterminées au niveau National (CPDN¹) en vue de réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES²) sont proposées. Compilées au niveau mondial, ces contributions permettent de positionner le niveau des engagements par rapport à l'objectif des 2°C et de quantifier les efforts restant à fournir pour l'atteindre.

Cet article propose de rappeler les idées ayant servi à élaborer les modèles de calcul, les hypothèses retenues pour ces calculs et les résultats exprimés sous forme de prévision par la communauté scientifique. Les points forts et points faibles de l'accord sont ensuite relevés et son contenu positionné par rapport à l'objectif des 2°C. Les conséquences du réchauffement sur les transports, la faune, le patrimoine, l'eau, les cultures et la forêt en Ile-de-France suggérées par la communauté scientifique sont enfin évoquées.

PRÉVISION NUMÉRIQUE DU CLIMAT - Comme dans de nombreuses disciplines scientifiques, la simulation numérique a pris une grande importance car elle peut fournir une prévision rationnelle de l'évolution d'un système complexe, ici le climat terrestre. Elle a été rendue possible par la croissance continue de la puissance de traitement des ordinateurs. Il convient de distinguer les modèles, c'est-à-dire la description mathématique des phénomènes physicochimiques à prendre en compte, généralement par le biais d'équations aux dérivées partielles, et le traitement de ces équations par des méthodes numériques.

Pour l'évolution du climat, les phénomènes varient dans le temps et suivant les trois variables d'espace. De façon classique, la description utilise un maillage tridimensionnel [2] et les inconnues sont les valeurs moyennes dans chaque maille des grandeurs à suivre, soit pour l'atmosphère la température, la pression, les concentrations, le vent et la nébulosité et pour l'océan, la température, la salinité et les courants. Les effets du sol et de l'espace³ constituent les frontières du domaine et sont modélisés par leurs échanges de chaleur avec l'atmosphère. Des raffinements de maillage sont alors quelquefois nécessaires pour améliorer la représentativité des calculs, par exemple en altitude pour l'atmosphère et suivant la latitude pour l'océan. Certains phénomènes à petite échelle, tels que la physique de la glace ou l'influence des nuages⁴ [3], doivent faire l'objet d'une modélisation spécifique ; des moyens d'observation, notamment satellitaires, sont d'une aide précieuse pour affiner ces modèles.

Il est ainsi possible de prévoir l'évolution du climat sur une longue période en utilisant des pas de temps de 20 à 30 mi-



COP21— Un appel des consciences pour le climat, photo Gouvernement.fr

nutes [4]. L'état initial de référence pour les projections dans l'avenir est celui de 2005. Compte tenu des incertitudes affectant cet état de référence, des calculs paramétriques sont réalisés. En tenant compte des données historiques disponibles depuis 1850, il a été en outre vérifié que l'évolution entre 1850 et 2005 de quelques grandeurs essentielles (forçage radiatif, température moyenne de surface) était bien reproduite par le calcul.

De nouveaux phénomènes sont constamment introduits pour augmenter la représentativité de la description du système climatique. Il en va ainsi du cycle du carbone, de la végétation (cinq types de végétation), des aérosols non sulfatés et de la chimie atmosphérique détaillée. Les principaux résultats de calcul portent sur les températures et en particulier la température moyenne de surface qui est affectée par l'effet de serre (forçage radiatif), les précipitations et les phénomènes extrêmes. Une autre partie des travaux du GIEC porte sur l'impact des changements prévus sur les systèmes naturels et socio-économiques, ainsi que sur les solutions possibles de mitigation.

La simulation numérique du système climatique est donc un outil précieux, en constant perfectionnement, qui soutient toute réflexion raisonnée sur le futur de notre planète. Une vingtaine de groupes scientifiques dans le monde, en constante interaction, ont développé de tels outils numériques. Ce travail est conduit en France par l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) de l'Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines [5] et le Centre National de Recherche Météorologique (CNRM) de Toulouse associé au Cerfacs [6].

1. CPDN : en anglais INDC pour Intended Nationally Determined Contributions.

2. GES : GHG pour GreenHouse Gas en anglais.

3. Espace : la frontière entre l'atmosphère et l'espace est approximativement située à 100 kilomètres du sol.

4. Nuages : des instruments mesurent le rayonnement émis, réfléchi et diffusé par les nuages et la surface terrestre. Les relevés permettent d'établir des modèles pour les transferts radiatifs.

Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France

LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE - Jusqu'en 2007, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat élaborait ses prévisions sur des scénarios socio-économiques désignés SRES⁵ préalablement établis. Ces scénarios étaient basés sur des prévisions d'évolution des économies nationales, des offres technologiques, des choix énergétiques et prenaient en compte l'évolution démographique et des comportements des populations. Traduits en concentrations de gaz à effet de serre, ceux-ci étaient distribués en quatre familles désignées A1, A2, B1 et B2 pour être ensuite introduits dans les modèles climatiques.

Depuis 2007 et les travaux de Moss *et al* [7], la communauté scientifique a adopté 4 scénarios d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre. Les 4 scénarios désignés RCP⁶ 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5 sont définis pour la période 2006-2300 et les évaluations des émissions futures et leurs conséquences sur le climat sont conduites en parallèle, voir la figure 1.

Les résultats de la figure 1 montrent qu'il reste possible de limiter la hausse de température en dessous de 2°C à l'horizon 2100 par rapport à l'ère préindustrielle pour le scénario RCP 2.6 à la seule condition de stopper la croissance des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 et de réduire cette concentration à partir de techniques de captage et de stockage⁷ [10].



Mer de glace : entre 1905 et 2005, la longueur de la mer de glace s'est réduite de 960 mètres et son épaisseur au niveau des rochers des Mottets (partie basse du glacier) a diminué de 170 mètres [D], photo PG.

LES CONSTATS ET RÉSULTATS DES SCIENTIFIQUES DU CLIMAT - Le Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) indique dans son cinquième rapport publié en 2013 et 2014 que [10] :

- la concentration en gaz carbonique (principal gaz à effet de serre d'origine anthropique avec le méthane et la vapeur d'eau) a augmenté de 20% depuis 1958 et de 40% depuis 1750, période du début de l'ère industrielle,

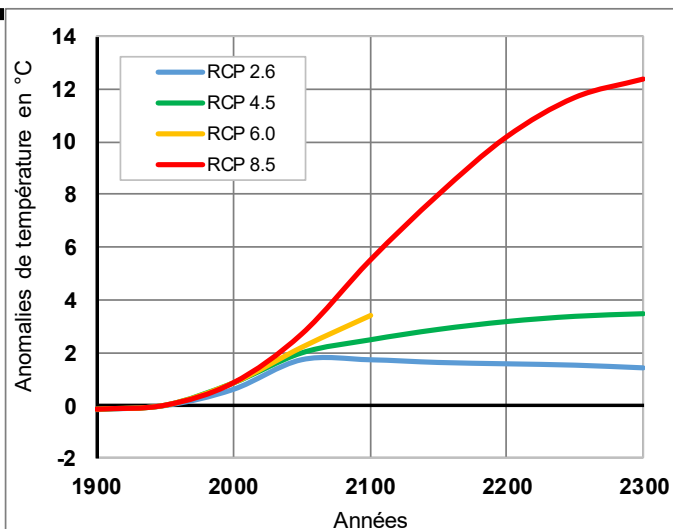


Fig. 1 - Évolution de 1900 à 2300 de la température annuelle moyenne à la surface de la Terre par rapport à la température moyenne de la période 1901-2000 prise comme référence, mesurée (courbe noire) et calculée par le modèle de l'IPSL pour les quatre scénarios RCP (2.6, 4.5, 6.0 et 8.5). D'après IPSL/CNRM/CERFACS [8-9].

faisant ainsi apparaître la responsabilité des activités anthropiques ;

- la fonte des glaciers est significative depuis 1950 (fonte journalière moyenne des glaciers de montagne supérieure à 750 millions de tonnes depuis 1994 soit plus de 8 millions de litres d'eau par seconde, fonte journalière moyenne des glaciers du Groenland et de l'Antarctique proche de 900 millions de tonnes depuis 10 ans soit plus de 10 millions de litres d'eau par seconde) ;
- le niveau moyen de la mer s'est élevé de 20 cm depuis 1900 ;
- la température moyenne de la terre relevée chaque décennie depuis 30 ans est toujours supérieure à la température de la décennie précédente ;
- la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté de 0,85°C entre 1880 et 2012 ;
- le réchauffement climatique aura vraisemblablement des conséquences sur les extrêmes climatiques (tempêtes, durées et fréquences des canicules, inondations...), les écosystèmes, l'énergie, l'alimentation et la santé.

5. SRES pour Special Report on Emissions Scenarios (rapport spécial sur les scénarios d'émission).

6. RCP pour Radiative Concentration Pathways (projections de forçage radiatif). Le scénario RCP2.6 correspond à un forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et émise) de +2,6 W/m², +4,5 W/m², +6,0 W/m² et +8,5 W/m² pour les scénarios RCP4.5, RCP6.0 et RCP 8.5. Un forçage radiatif positif (resp. négatif) tend à réchauffer (resp. refroidir) le système.

7. Techniques qui consistent à capter puis comprimer pour enfouir dans le sous-sol le dioxyde de carbone contenu dans l'atmosphère ou émis par les systèmes énergétiques qui brûlent des énergies fossiles (solides, liquides ou gaz).

Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France

LES POINTS FORTS ET LES POINTS FAIBLES DE L'ACCORD

Les points forts et les points faibles de l'accord sont identifiés en référence aux informations contenues dans la Convention Cadre [1].

Les points forts de l'accord

- L'accord suit les recommandations du GIEC en espérant limiter le réchauffement climatique à 2°C au-dessus de la température moyenne du début de l'ère industrielle et, à la demande des pays insulaires menacés de submersion, de tout mettre en œuvre pour ne pas dépasser 1.5°C ([1] page 2/39).
- Les objectifs nationaux des pays signataires seront revus à la hausse dès 2020 puis tous les 5 ans au-delà de 2020 et un bilan mondial quinquennal sera organisé en 2023 ([1] Ch. III, § 23 et 24, pages 4 et 5/39 - Annexe, article 14 page 35/39).

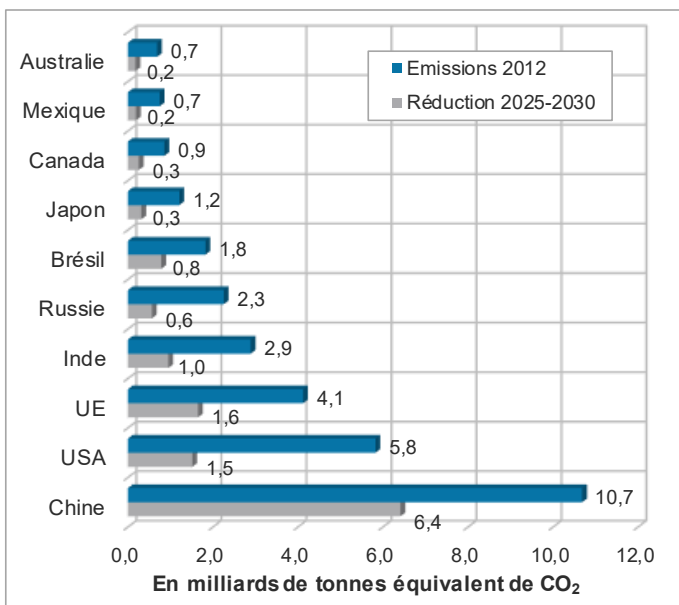


Fig. 2 - Émissions et objectifs de réduction en milliards de tonnes équivalentes de CO₂ pour les principaux pays responsables du réchauffement climatique [11]. Source, World Resources Institute, 2012.

- Les pays s'engagent, sans amende ou sanction, à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre suivant un programme révisable tous les 5 ans à partir de 2025, à communiquer en toute transparence sur le niveau de leurs émissions et à les diminuer pour que les émissions mondiales soient totalement compensées par l'absorption naturelle (forêts, océans) ou artificielle (techniques de captage et de stockage) des gaz à effet de serre à partir de 2050 ([1] Ch. III, § 24 et 25, page 5/39).
- Les pays industrialisés reconnaissent aux pays en développement leur seul devoir d'atténuation des émissions selon le principe de responsabilités différenciées et verseront une aide financière annuelle de 100 milliards de dollars (91 milliards d'Euros) aux pays en développe-

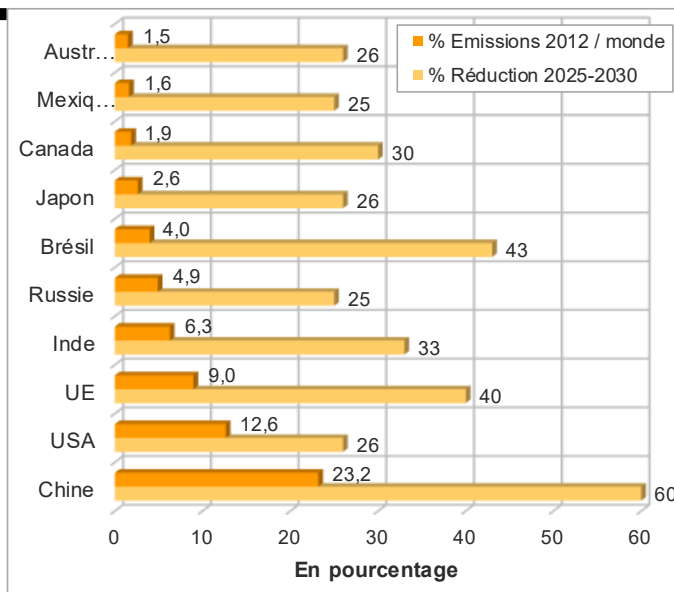


Fig. 3 - Émissions et objectifs⁸ de réduction en pourcentages pour les principaux pays responsables du réchauffement climatique.

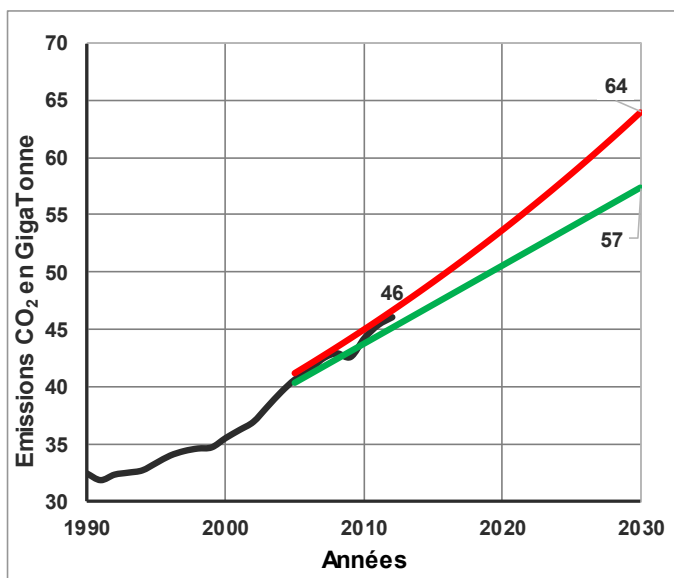


Fig. 4 - Projections des émissions de gaz à effet de serre en équivalent de CO₂. Les évolutions haute et basse (resp. les courbes de couleurs rouge et verte) sont des valeurs extrapolées à partir des données relevées entre 1990 et 2012, d'après les données extraites de World Resources Institute.

- ment pour minimiser leurs émissions. Le montant de cette aide sera révisable en 2025 ([1] Ch. III, § 54, p 9).
- En supposant que chaque pays signataire respecte ses engagements, la somme des émissions annuelles de gaz à effet de serre, ramenée en somme équivalente de CO₂, est estimée à 55 milliards de tonnes équivalentes de CO₂ à l'horizon 2030 ([1] Ch. II, §17, p 4). Cette va-

8. Seules les valeurs minimales de réduction sont retenues ici.

Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France

leur est à comparer aux 57 à 64⁹ milliards de tonnes qui seraient émises en 2030 en l'absence d'accord, fig. 4.

Les points faibles de l'accord

- Les engagements des pays sont exprimés sans cahier des charges. Les gaz à effet de serre¹⁰ dont les émissions sont à réduire ne sont pas précisés et les objectifs de réduction mentionnés sont exprimés par rapport aux années 1990, 2005 ou 2010 et à l'horizon 2025 ou 2030 [11]. Comme pour l'Inde, certains objectifs peuvent être conditionnés à l'obtention d'aides financières internationales.
- L'UE, la Chine et la Russie ont inclus l'influence des forêts dans le calcul de leurs émissions, ce qui réduit la signification de leurs efforts.
- La Chine, le pays le plus émetteur de GES, tentera (futur) de réduire ses émissions de GES et s'est engagée à atteindre son maximum d'émission en 2030.
- L'augmentation de la population mondiale et de ses besoins n'a pas été abordée.
- Aucune mention n'est faite quant aux efforts à réaliser dans les transports routiers, maritimes et aériens¹¹.

POSITIONNEMENT DE L'ACCORD PAR RAPPORT À L'OBJECTIF DES 2°C - Le 5^{ème} rapport du GIEC¹² sur le réchauffement climatique [12] montre la nécessité de ne pas dépasser les 35 (40 selon [1]) milliards de tonnes équivalentes de CO₂ en 2030 pour limiter l'élévation de température à 2°C (RCP 2.6, figure 1). D'après ce qui précède, les mesures proposées par les différents pays présents à la COP21 apparaissent ainsi insuffisantes pour maintenir le réchauffement climatique sous la limite des 2°C à la fin du siècle. Dans l'état actuel des engagements, la hausse des températures à la fin du siècle serait de 3°C contre 4 à 5°C si rien n'était fait [12].

Ces résultats suggèrent de revoir à la hausse et très rapidement les objectifs mondiaux de réduction, d'accroître ces réductions entre 2030 et 2050 et de généraliser les techniques de captation faisant actuellement l'objet d'expérimentations par certaines compagnies¹³ [13].

IMPACTS POTENTIELS SUR LA RÉGION ILE-DE-FRANCE - Depuis plusieurs années, le réchauffement est manifeste. Le mois de décembre 2015 a été le plus chaud enregistré depuis 1900 et la température moyenne sur la France de l'hiver 2015-2016 a dépassé la normale de près de 2.5°C [14]. Sur l'Europe et la France, les températures moyennes vont poursuivre leur progression, les précipitations augmenteront en hiver, diminueront en été tandis que le nombre et la durée des canicules augmenteront. Ces évolutions climatiques auront des impacts forts sur les transports, la santé, la faune, le

patrimoine, l'eau, les cultures et les forêts [15].

Impact sur les transports : sur les réseaux ferrés, l'augmentation de température engendrera des arrêts plus fréquents liés aux déformations des rails et des caténaires ainsi qu'aux surchauffes des transformateurs. Sur le réseau routier, les températures caniculaires pourraient rendre certaines chaussées bitumées impraticables. Des études et des actions sont cependant déjà entreprises pour adapter les matériels et matériaux à ces évolutions.

Impact sur la santé : les virus de la dengue, du chikungunya¹⁴ et du zika¹⁵ véhiculés par le moustique tigre, initialement localisés aux régions tropicales, remontent vers le nord. La dengue, aujourd'hui la maladie virale la plus répandue à l'échelle du globe, est apparue dans la région parisienne en 2014.

Impact sur la faune : le réchauffement climatique favorise les espèces capables de s'adapter aux écarts de température et/ou de modifier leur régime alimentaire. Ainsi le pigeon ramier qui migrait auparavant vers l'Espagne se sédentarise et la perruche à collier, originaire d'Inde, s'implante en Europe tandis que la mésange boréale quitte l'Ile-de-France. La chenille processionnaire anciennement localisée dans le bassin méditerranéen est déjà présente en Ile-de-France [16].

Impact sur le patrimoine : l'augmentation des températures associée à une augmentation des concentrations de gaz carbonique engendre une augmentation de l'acidité des eaux de pluie qui peuvent attaquer plus facile-

« Les mesures ... apparaissent déjà insuffisantes pour maintenir le réchauffement climatique sous la limite des 2°C ... »

9. Extrapolation linéaire et en puissance à partir des données [11] relevées entre 1990 et 2012 (1 milliard de tonnes = 1 Gigatonne, symbole Gt).

10. Dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), protoxyde d'azote (N₂O) et gaz fluorés.

11. Le nombre de passagers transportés en avion a augmenté de 6.2% entre 2003 et 2013, source OACI. Estimé à 1,125 milliard en 1991, ce chiffre pourrait dépasser les 3 milliards en 2030, source SÉNAT, juin 2013.

12. Rapport élaboré sur la base de données et d'articles publiés jusqu'en 2012.

13. Dans la mer du nord, du CO₂ issu de l'extraction du gaz naturel est injecté dans un aquifère salin à 1000 mètres de profondeur.

14. Virus identifié pour la première fois en Tanzanie en 1952.

15. Virus identifié pour la première fois en Ouganda chez des singes en 1947 puis chez l'homme en 1952.

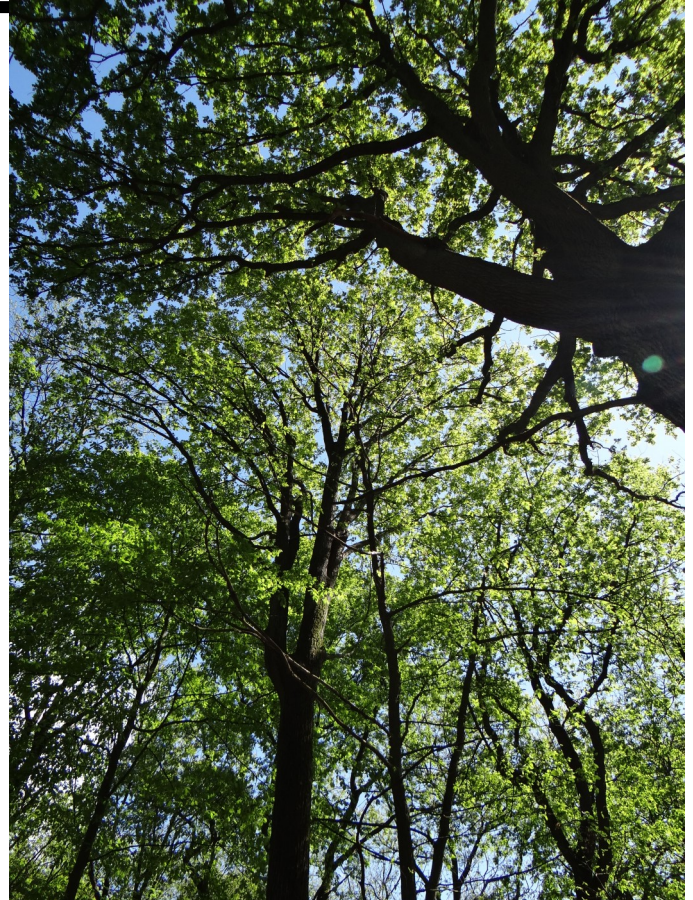
Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France

ment et rapidement les façades calcaires des édifices anciens. En parallèle, l'augmentation des températures engendrera un accroissement de l'intensité des tempêtes [17] avec des conséquences sur les biens et le montant des assurances (tempête de décembre 1999 sur l'Ile-de-France, tempête Xynthia de 2010 en Vendée).

Impact sur l'eau : l'augmentation des températures associée aux longues périodes de canicules va engendrer une réduction du débit de la Seine qui pourrait baisser de 10 à 50% entraînant ainsi des pénuries d'autant plus critiques que la région Ile-de-France concentre à elle seule près de 19% de la population métropolitaine.

Impact sur les cultures : l'analyse des pratiques de culture effectuées depuis plus de 30 ans par l'INRA fait apparaître des variations de 2 à 3 semaines dans les cycles de développement du maïs et du blé avec des conséquences négatives sur les rendements, qui augmentent avec l'accroissement des températures et la durée des périodes de sécheresse. Les modèles de simulation montrent qu'une augmentation des périodes de canicule, de sécheresse et des précipitations pourrait fortement dégrader les rendements après 2050 [18].

Impact sur les forêts : En hiver, l'augmentation des précipitations engendrera une altération de la flore microbienne (champignons et bactéries) à la source des nutriments tandis que les arbres des régions inondées, privés d'oxygène, périront. À l'opposé, les périodes de sécheresse augmenteront le risque d'incendie¹⁶ et le stress hydrique. Les feuilles des arbres transpireront davantage, les arbres les plus fragiles seront soumis à des embolies gazeuses¹⁷ qui conduiront les plus fragiles au dessèchement. Les études conduites par Choat *et al* [19] montrent que 70% des espèces testées, principalement des feuillus, disposent d'une marge de sécurité très faible devant ce stress hydrique. Ces arbres disposent d'une capacité naturelle à s'adapter en augmentant leur enracinement et en fermant leurs stomates mais la rapidité du réchauffement (au moins 3 degrés d'ici 2100 dans l'état actuel des prévisions) est trop importante pour que cette adaptation puisse s'effectuer naturellement. De plus, la rapidité de l'évolution des températures ne permettra ni l'adaptation par sélection naturelle, ni le déplacement naturel vers le nord des populations menacées [20]. Les chênes, les hêtres et les bouleaux disparaîtront ainsi progressivement pour laisser place à des arbres mieux adaptés aux longues périodes de sécheresse comme le chêne vert ou les pins méditerranéens. Les feuilles des arbres seront attaquées par le mildiou¹⁸ et les conifères devenant plus nombreux seront soumis aux agressions des chenilles processionnaires et de divers coléoptères qui attaqueront respectivement les pins et les écorces.



Les chênes disparaîtront des forêts franciliennes pour s'implanter au mieux au nord et nord-est de l'Europe [20].

Ces évolutions confirment l'importance de revoir très rapidement les objectifs mondiaux de réduction des gaz à effet de serre et par suite l'ensemble de nos modes de consommation, d'utiliser et d'améliorer les techniques de captation du gaz carbonique ainsi que de privilégier le recours aux énergies non émettrices de gaz à effet de serre.

Depuis la Conférence des Parties de décembre 2015, 175 pays ont signé l'accord de Paris le 22 avril 2016 à New York lors d'une cérémonie officielle qui s'est tenue au siège des Nations Unies de New York. Pour la France, l'accord a été officiellement adopté par l'Assemblée nationale et le Sénat les 17 mai et 8 juin derniers [21].

16. Voir l'incendie qui a ravagé plus de 200000 hectares de forêt au Canada dans la province de l'Alberta au début du mois de mai 2016 et celui d'août dernier où 140000 hectares ont brûlé dans 8 États de l'Ouest des États-Unis. Voir également les incendies 2016 de Russie (Sibérie), d'Australie et du Portugal.

17. Bulles d'air dans les canaux d'alimentation de l'arbre qui stoppent la circulation de la sève vers les feuilles.

18. Mildiou, nom générique d'une série de maladies fongiques (dues à des champignons).

Une lecture du dérèglement climatique et de ses conséquences en Ile-de-France

LES SIGLES ET APPELLATIONS

Le GIEC : le Groupement d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat créé en 1988 est un organisme intergouvernemental ouvert à tous les membres de l'Organisation des Nations Unies (ONU). Sa mission consiste à identifier de manière scientifique les mécanismes du réchauffement climatique pour en évaluer les conséquences et suggérer des recommandations d'atténuation et d'adaptation. Ses évaluations et ses recommandations sont élaborées à partir d'articles publiés par la communauté scientifique internationale [22, A].

La CCNUCC : la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique [23, B] est la convention adoptée le 9 mai 1992 au Sommet de la Terre de Rio de Janeiro par la communauté Européenne et 154 autres états. Ratifiée en 2015 par 195 pays, cette convention est entrée en vigueur le 21 mars 1994.

Le Protocole de Kyoto : le Protocole de Kyoto est un accord adopté le 11 décembre 1997 et entrée en vigueur le 16 février 2005 dont l'objet est de réunir les 192 parties (pays et région économique) adhérentes pour tendre vers une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cet accord vient en complément de la CCNUCC. Les réunions sont annuelles depuis 1995 [24, C].

La COP : la CONvention cadre des Parties [25] est un organisme chargé d'établir des conventions internationales basées sur des déclarations formelles qui doivent être ratifiées par les états signataires pour devenir des traités internationaux ayant force de loi.

La COP21 : la COP21 désigne la 21ème Conférence des Parties [26] à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et la 11ème conférence des parties au protocole de Kyoto (CMP-11). Les objectifs étaient de contraindre les pays industrialisés à agir pour limiter l'élévation de température moyenne à 2°C au-dessus de celle relevée en 1850 et à aider financièrement les pays émergents qui en subissent les premiers effets.

LA COP 22

La COP22 qui s'est tenue à Marrakech (Maroc) du 7 au 18 novembre a donné lieu à plusieurs avancées :

- la date d'adoption des modalités d'application de l'Accord de Paris (COP21 en 2015) est avancée de deux ans (2018 au lieu de 2020) ;
- le Canada, l'Allemagne, le Mexique et les États-Unis ont présenté leur plan stratégique pour atteindre le "Zéro émission net" en 2050 ; une quinzaine d'autres états dont la France travaillent encore sur l'élaboration de ce plan ;
- 48 pays ont fait le "serment" de produire uniquement et le plus rapidement possible des énergies renouvelables ;
- 11 États supplémentaires dont l'Australie, l'Italie, le Japon, le Pakistan, la Malaisie et le Royaume-Uni ont ratifié l'accord de Paris ;
- 83 milliards de Dollars ont été accordés au Fond pour l'adaptation créée dans le cadre du protocole de Kyoto.

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Conf%C3%A9rence_de_Marrakech#



RÉFÉRENCES

- [1] FCCC, Convention cadre sur les changements climatiques, Conférence des Parties, 21ème session, du 30 novembre au 11 décembre 2015, Paris (http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/9240.php)
- [2] <http://www.climat-en-questions.fr/reponse/evolution-future/moyens-calcul-par-marie-alice-foujols-eric-maisonnavé>
- [3] http://www.upmc.fr/fr/recherche/actualites_de_la_recherche/dossiers_thematiques/les_sciences_du_climat_a_l_upmc/dans_les_airs/les_nuages_quel_role_jouent_ils_dans_le_climat.html
- [4] Delbecq D. ; une meilleure modélisation du climat, *La Recherche*, n° 472, 2013, pages 40 à 43.
- [5] <https://www.ipsl.fr/Organisation/A-propos-de-l-IPSL>
- [6] <http://www.cnrm.meteo.fr/spip.php?rubrique69>
- [7] Moss *et al* ; the next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-756, 2010.
- [8] <http://www.insu.cnrs.fr/environnement/climat-changement-climatique/une-nouvelle-approche-pour-les-simulations-du-climat-futu>
- [9] <http://www.insu.cnrs.fr/environnement/climat-changement-climatique/les-resultats-les-temperatures>
- [10] Panorama énergies-climat - Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, n°3, édition 2015.
- [11] CAIT, Climate Data Explorer, Total GHG Emissions Including Land-Use Change and Forestry - 2012 (MtCO₂e), World Resources Institute.
- [12] Changements climatiques 2013, les éléments scientifiques, résumé à l'intention des décideurs, résumé technique et foire aux questions, extraits de la contribution du groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, ISBN 978-92-9169-238-5, 2013. <http://leclimatchange.fr/>
- [13] Carbon Dioxide Capture and Storage, Special Report, Cambridge University Press, UK, 2005.
- [14] [http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2015/\[bilan-climatique-de-l-annee-2015#](http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2015/[bilan-climatique-de-l-annee-2015#)
- [15] Nouyrigat V *et al* ; Climat, le tour de France des régions, *Sciences & Vie*, n° 1178, pages 52 à 61, novembre 2015.
- [16] [http://www.inra.fr/Grand-public/Sante-des-plantes/Tous-les-dossiers/Processionnaire-du-pin-une-chenille-sous-haute-surveillance/L-inexorable-avancee-de-la-chenille-processionnaire/\(key\)/2](http://www.inra.fr/Grand-public/Sante-des-plantes/Tous-les-dossiers/Processionnaire-du-pin-une-chenille-sous-haute-surveillance/L-inexorable-avancee-de-la-chenille-processionnaire/(key)/2)
- [17] Wasko, C. and A. Sharma ; steeper temporal distribution of rain intensity at higher temperatures within Australian storms, *Nature Geoscience*, 8, 527-529, doi:10.1038/ngeo2456, 2015.
- [18] [http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Le-climat-change-la-nature-et-l-agriculture-aussi/Impacts-sur-les-grandes-cultures/\(key\)/0](http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Le-climat-change-la-nature-et-l-agriculture-aussi/Impacts-sur-les-grandes-cultures/(key)/0)
- [19] Choat Brendan *et al.*; global convergence in the vulnerability of forests to drought », *revue Nature*, 491, pp. 752-755, 29 November 2012.
- [20] Scotti I.; réchauffement climatique : peut-on sauver nos forêts ? *La Recherche*, n°503, pages 48 à 52, septembre 2015.
- [21] 6 mois après l'Accord de Paris, LA COP EN ACTIONS, Ségolène Royal, Ministre de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, en charge des relations internationales sur le climat et présidente de la COP21, juin 2016. Voir le site : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/16087-3_COP-en-action_12p_V5_light.pdf
- [22] http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml
- [23] http://unfccc.int/portal_francofone/essential_background/convention/items/3270.php
- [24] http://unfccc.int/portal_francofone/essential_background/kyoto_protocol/items/3274.php
- [25] http://unfccc.int/portal_francofone/essential_background/convention/convention_bodies/items/3280.php
- [26] <http://www.cop21.gouv.fr/comprendre/cest-quoi-la-cop21/>

POUR EN SAVOIR PLUS

- [A] Changements climatiques 2013, les éléments scientifiques, résumé à l'intention des décideurs, résumé technique et foire aux questions, extraits de la contribution du groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, ISBN 978-92-9169-238-5, 2013.
- [B] Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Nations Unies, 1992, FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62221 (F) 180705 260705
- [C] Protocole de Kyoto à la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques, Nations Unies, 1998, FCCC/INFORMAL/83, GE.05-61647 (F) 070605 090605.
- [D] Christian Vincent. L'impact des changements climatiques sur les glaciers alpins. *Sciences de la Terre*. Université de Grenoble, pages 100 et 103, 2010.
- [E] Observatoire savoyard de l'environnement n°18, Conseil Général de Savoie, page 30, décembre 2011.