

CHANGEMENT CLIMATIQUE ⇔ QUALITE DE L'AIR

Liens et conséquences pour la santé humaine et les écosystèmes



En quoi le changement climatique et la pollution atmosphérique sont-ils liés ?

Le changement climatique et la pollution atmosphérique présentent un point commun : ils sont principalement causés par les émissions polluantes naturelles et anthropiques. Mais le rapprochement ne s'arrête pas là car ces deux phénomènes sont en fait étroitement liés et exercent une influence l'un sur l'autre.



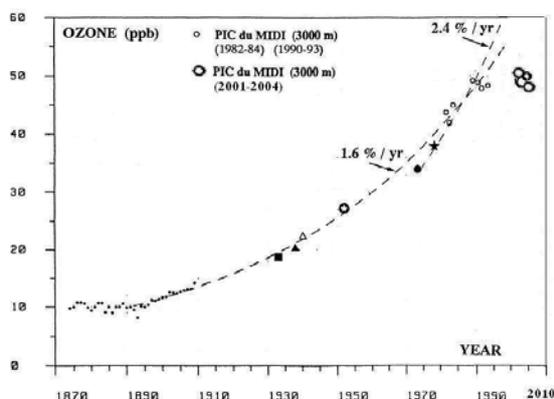
Quelques points clés concernant la pollution atmosphérique



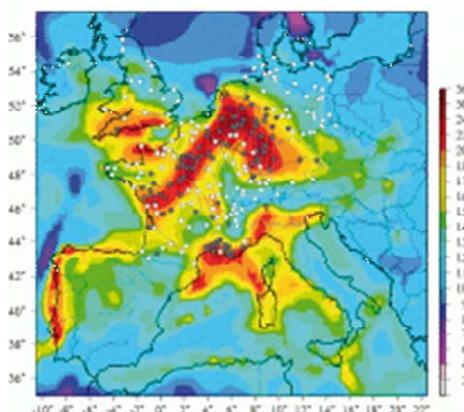
Les principaux éléments responsables de la pollution atmosphérique, issus d'émissions naturelles ou anthropiques et des transformations chimiques des composés ainsi émis, sont :

- Les oxydes de soufre
- Les oxydes d'azote
- Les composés organiques volatils ou COV (butane, propane, méthane, acétone...)
- Le monoxyde de carbone
- Les particules primaires et secondaires
- L'ozone

Sous l'effet du rayonnement UV, des réactions chimiques entre les **oxydes d'azote**, le **monoxyde de carbone**, le **méthane** et d'**autres composés organiques** entraînent la formation d'**ozone troposphérique**, à la fois gaz à effet de serre (responsable de 10% de l'effet de serre anthropique) et polluant dangereux pour la santé humaine et les écosystèmes.



Evolution de l'ozone troposphérique
(Source : courbe extraite de Marengo et al.,
complétée de valeurs actuelles de l'ozone au pic du Midi)



Episode de canicule : concentrations d'ozone (en µg/m3)
au niveau du sol le 8 août 2003, à 14 heures.
(Source : IPSL/CNRS)

Par ailleurs, les particules et l'ozone au sol forment le smog, une brume bleutée à roussâtre qui limite la visibilité dans l'atmosphère. Il peut être transporté sur des milliers de kilomètres par le vent et les courants atmosphériques.

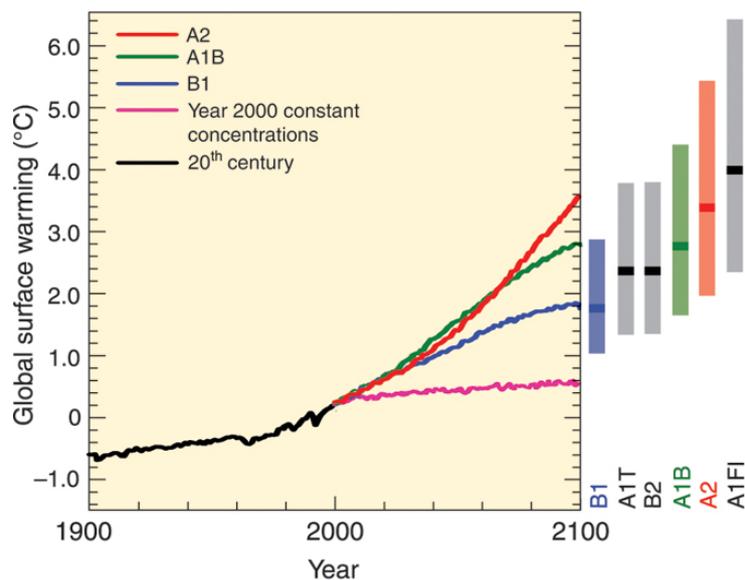


Quelques points clés concernant le changement climatique



Le changement climatique, « très probablement » causé par les activités humaines, et en particulier les émissions de gaz à effet de serre, va avoir dans les prochaines années de multiples conséquences, notamment :

- ♦ Une augmentation de la température moyenne du globe
- ♦ Une modification des régimes de précipitation : davantage de précipitations dans les hautes latitudes et moins de pluie dans la plupart des terres subtropicales
- ♦ Une augmentation de la fréquence des événements extrêmes (vagues de chaleur, températures extrêmes, sécheresses, fortes précipitations...)
- ♦ Une multiplication des feux de forêts dus aux sécheresses
- ♦ Des perturbations globales qui vont entraîner un changement de la composition atmosphérique



Prévisions d'évolution de la température moyenne de surface du globe selon plusieurs scénarios d'émission de gaz à effet de serre (Source : IPCC, 4^{ème} rapport d'évaluation, rapport de synthèse figure 3-2)

Ces données laissent apparaître les liens forts entre changement climatique et qualité de l'air, et les possibilités d'agir de manière synergique sur les deux phénomènes.

Pollution atmosphérique ⇌ Changement climatique

- Impacts de la formation d'**ozone** à partir des polluants atmosphériques :
 - ◆ Augmentation du niveau de fond en ozone  effet de serre
 - ◆ Perturbation de la productivité des végétaux  capacité d'absorption du CO2 effet de serre
- Impacts des **particules**
 - ◆ Sulfates, nitrates et particules organiques carbonées entraînent un forçage radiatif négatif direct ou indirect (développement de nuages formés de fines gouttelettes dont la durée de vie est plus élevée)  effet de serre
 - ◆ Les particules de suie causent un forçage radiatif positif  effet de serre
 - ◆ Les aérosols peuvent modifier localement le climat  modification de la structure des basses couches de l'atmosphère, fréquence accrue des épisodes de brouillard au sol

Changement climatique ⇌ Pollution atmosphérique

A l'échelle régionale

- Plusieurs phénomènes dus à l'augmentation de la **température moyenne et des pics de température extrême** vont accentuer la pollution atmosphérique par l'ozone et/ou les particules :
 - ◆ Augmentation de la fréquence des épisodes photochimiques
 - ◆ Augmentation des émissions biogéniques de composés organiques volatils
 - ◆ Utilisation massive d'appareils de refroidissement, nécessitant une utilisation accrue des centrales électriques ayant recours aux combustibles fossiles
 - ◆ Augmentation des durées polliniques
- L'augmentation de la fréquence des **épisodes de sécheresse** va multiplier les feux de forêts entraînant des émissions de particules de suie et d'oxydes d'azote  pollution atmosphérique
- La diminution des précipitations dans le Sud de l'Europe va entraîner une aridification créant des conditions plus favorables au soulèvement de poussières  pollution atmosphérique

A l'échelle globale

Plusieurs phénomènes vont entraîner des modifications de la dynamique et de la composition atmosphériques : augmentation de la vapeur d'eau, modification de la fréquence des éclairs, modification des échanges stratosphère-troposphère  modification de la concentration de fond des polluants

Les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé humaine

(Source : Les guides pratiques de l'ADEME)

Tout est une question de dose qui varie selon la concentration des polluants, le volume d'air inhalé et la durée d'exposition. Mais les effets dépendent aussi de la sensibilité personnelle de l'individu exposé (état de santé, tabagisme). Ils se manifestent principalement chez les personnes sensibles : enfants, personnes malades du cœur ou des poumons, asthmatiques. Pour eux, la pollution peut favoriser la survenue de maladies, en aggraver certaines et parfois même précipiter le décès.

♦ Le **dioxyde d'azote** (NO₂) est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il provoque une hyper réactivité bronchique chez les patients asthmatiques et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez les enfants.

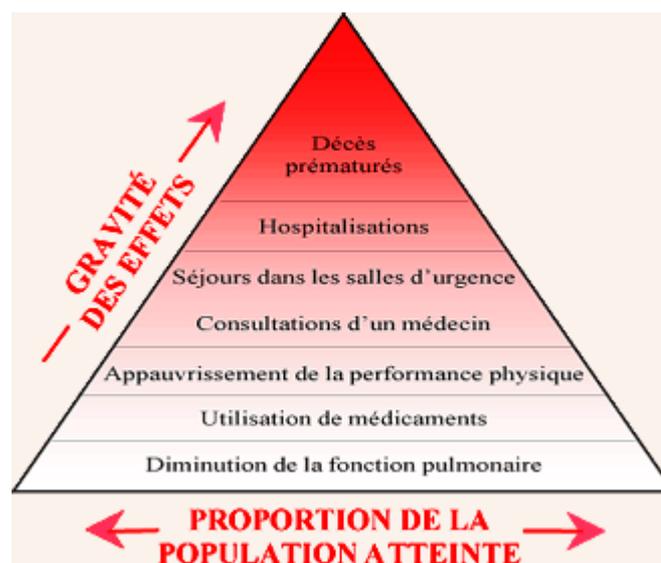
♦ Parmi les **composés organiques volatils** (COV), le **benzène** est particulièrement toxique et peut avoir des effets sur le système nerveux, les globules et plaquettes sanguines. C'est également un agent cancérogène, capable d'induire une leucémie.

A petites doses répétées, le **monoxyde de carbone** (CO) peut être responsable de maux de tête, vertiges, fatigues ou troubles sensoriels. En cas d'exposition très élevée et prolongée, il peut être mortel ou laisser des séquelles neuropsychiques irréversibles.

♦ L'**ozone** (O₃) provoque des irritations oculaires, de la toux et une altération de la fonction pulmonaire, surtout chez les enfants et les patients asthmatiques. Ses effets sont accentués par l'exercice physique.

♦ Le **dioxyde de soufre** (SO₂) est un gaz irritant. Il est associé à une altération de la fonction pulmonaire chez les enfants et à une exacerbation des symptômes respiratoires chez l'adulte (toux, gêne respiratoire). Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.

♦ Les **particules** peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines ont également des propriétés mutagènes et cancérogènes.



Pyramide des effets de la pollution sur la santé
(Source : Ressources Naturelles Canada, www.rncan.gc.ca)

Les impacts de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes

Les **polluants les plus oxydants** (ozone) réduisent l'activité de photosynthèse des plantes, ce qui se traduit de manière visible par l'apparition de taches (nécroses) sur la surface des feuilles des plantes les plus sensibles. Cela entraîne un ralentissement de la croissance chez les végétaux. Des réductions de rendement agricole ont même été observées.



Feuille de tabac nécrosée par l'ozone
Source : ANPCC

Les **oxydes d'azote** (NOx) et le **dioxyde de soufre** (SO₂) contribuent fortement au phénomène des pluies acides dont les conséquences sont :

- ♦ Une dégradation du milieu naturel. En Europe, les pluies acides sont responsables d'un dépérissement des forêts via deux phénomènes : la décomposition de la chlorophylle des feuilles et la perturbation de l'absorption par les arbres de sels minéraux du sol.
- ♦ L'acidification des lacs et des cours d'eau responsable d'une destruction, parfois irréversible, de la vie aquatique.



Forêt ravagée par les pluies acides

Par ailleurs, la modification des périodes de croissance des végétaux (début et durée) et l'affaiblissement de la disponibilité en eau, conséquences attendues du changement climatique, pourraient changer -probablement accentuer- la susceptibilité des végétaux aux dégâts causés par l'ozone et la sensibilité des écosystèmes aux pluies acides.

Des stratégies d'amélioration pas si évidentes à définir

En règle générale, en réduisant les émissions de gaz à effet de serre on réduit celles des polluants atmosphériques et réciproquement, c'est l'**effet « gagnant-gagnant »**. Cependant, **dans certaines situations**, les initiatives destinées à limiter le changement climatique peuvent être préjudiciables à la qualité de l'air, et les efforts pour limiter la pollution atmosphérique peuvent concourir au changement climatique. Quelques exemples illustrent ce problème complexe :

- ◆ L'utilisation de biomasse -en remplacement des énergies fossiles- pour réduire les émissions de gaz à effet de serre pourrait induire des émissions élevées de polluants atmosphériques (COV, particules et monoxyde de carbone) aux conséquences néfastes pour la santé humaine.
- ◆ Les voitures diesel, si elles consomment moins de carburant et émettent donc moins de CO₂, produisent plus de particules polluantes.
- ◆ Les oxydes de soufre sont dangereux pour la santé humaine, les écosystèmes végétaux et aquatiques, mais ils exercent un forçage radiatif négatif. Les efforts pour limiter leurs émissions permettront de protéger la santé humaine et l'environnement mais vont accentuer le forçage radiatif.
- ◆ Certaines mesures destinées à limiter la pollution atmosphérique nécessitent de l'énergie, et entraînent donc des émissions de gaz à effet de serre.

POUR ALLER PLUS LOIN

Publications majeures sur le sujet

Publications scientifiques

Impacts of climate change on tropospheric ozone and its global budget

G. Zeng et coll.; Atmospheric Chemistry and Physics Discussion; 7: 11141-11189; 2007
<http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/7/11141/2007/acpd-7-11141-2007-print.pdf>

Impact of Climate Change on the Future Chemical Composition of the Global Troposphere

Guy P. Brasseur et coll.; Journal of Climate : 19 : 3932-3851 ; Août 2006
<http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1175%2FJCLI3832.1&ct=1>

Utilisation d'un modèle de chimie-transport pour évaluer les effets des changements climatiques sur la composition chimique de la troposphère

From Dimming to Brightening: Decadal Changes in Solar Radiation at Earth's Surface

Wild et coll. ; Science ; 308 : 847-850 ; 6 mai 2005

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/308/5723/847>

Cet article décrit l'évolution du rayonnement solaire à la surface du globe entre 1950 et 1990 : diminution entre 1950 et 1980 en raison des fortes émissions polluantes (phénomène d'assombrissement global ou global dimming), augmentation depuis 1985 suite aux politiques de réduction de la pollution (phénomène d'éclaircissement global ou global brightening). Ces phénomènes pourraient avoir limité les impacts du changement climatique dans les années 1980.

A Good Climate for Clean Air: Linkages between Climate Change and Air Pollution

Swart et coll. ; Climatic Change ; 66 : 263-269 ; octobre 2004

<http://www.springerlink.com/content/q21j0qu332219627/fulltext.pdf>

Article de synthèse sur les liens entre changement climatique et pollution atmosphérique

Effect of Climate Change on Isoprene Emissions and Surface Ozone Levels

M.G. Sanderson et coll.; Geophysical Research Letters: 30(18); 2003

<http://www.agu.org/pubs/crossref/2003/2003GL017642.shtml>

Climate Effects of Black Carbon Aerosols in China and India

Menon et coll.; Science ; 297 : 2250-2253 ; 27 septembre 2002

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/297/5590/2250>

Cet article démontre, en comparant des résultats de modélisation aux données mesurées sur le terrain, comment la pollution par la suie a eu des impacts significatifs sur le climat régional en Chine et en Inde.

Rapports

Climate change 2007: the physical change basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the IPCC (Chapter 7)

Guy P. Brasseur et coll.

<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf>

Qualité de l'air et changement climatique : un même défi, une même urgence (2007)

Rapport de Philippe Richert, Sénateur et Vice-président du Conseil National de l'Air

<http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/074000137/0000.pdf>

Air Quality and Climate Change: a UK perspective (2007)

Air Quality Expert Group, Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK

<http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/publications/airqual-climatechange/>

Air quality and ancillary benefits of climate change policies

EEA (European Environment Agency); Technical Report n°4/2006

http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2006_4/en

Ce rapport analyse les modifications de la qualité de l'air prévues en Europe d'ici à 2030. Il explore les bénéfices potentiels de politiques climatiques sur la qualité de l'air et les impacts économiques d'un contrôle de la pollution atmosphérique.

Effects of Air Pollution Control on Climate (2005)

Ronald G. Prinn et coll.; Rapport n°18 du MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change; Janvier 2005

http://web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_Rpt118.pdf

Cet rapport, publié dans le cadre du « Joint program on the science and policy of global change » présente les résultats d'une simulation numérique dans laquelle sont pris en l'économie, la chimie atmosphérique, le climat et les écosystèmes pour estimer les effets sur le réchauffement climatique d'une politique isolée de réduction de la pollution atmosphérique.

Health and Climate Change: the now and how. A policy action guide (2005)

WHO Report; Copenhague

<http://www.euro.who.int/document/E87872.pdf>

Résumé des résultats d'un projet de recherche coordonné par l'Organisation Mondiale de la Santé : "Changement climatique et stratégies d'adaptation pour la santé humaine en Europe »

Modèles de chimie-transport français

CHIMERE : Modèle de chimie-transport de l'Institut Pierre Simon Laplace

<http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/>

MOCAGE : Modèle de chimie-transport de Météo France

<http://www.cnrm.meteo.fr/gmgec/mocage/mocage.html>

INCA : Modèle de chimie-aérosols du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

<http://www-lscea.inca.cea.fr/>

Projets de recherche nationaux et internationaux sur la qualité de l'air

Primequal Predit : programme français de recherche interorganisme pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale. Financement de projets de recherche interdisciplinaires sur la qualité de l'air et ses impacts.

<http://www.primequal.fr/>

ACCENT (Atmospheric composition change the European network of excellence) : Programme européen de recherche sur les aérosols, les interactions biosphère-atmosphère, le transport et la transformation des polluants

http://www.accent-network.org/farcry_accent/

EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) : Programme de coopération pour la surveillance continue et l'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe

<http://www.emep.int/>

CLRTAP (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution) : Convention de Genève (13/11/1979) pour la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance

<http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>

HTAP (Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution)

<http://www.htap.org/>

Ce groupe de travail a été créé dans le cadre de la convention LRTAP et doit mener des actions pour améliorer la compréhension du transport intercontinental des polluants atmosphériques dans l'Hémisphère Nord.

CAFE (Clean Air for Europe)

<http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/general/keydocs.htm>

Le programme « Air pur pour l'Europe » (2001-2005) avait pour mission d'établir une stratégie intégrée et à long terme de lutte contre la pollution atmosphérique et de protection de la santé humaine et de l'environnement face aux effets de celle-ci.

Surveillance de la qualité de l'air

Prev'air : Système de prévision de la qualité de l'air (ozone, oxyde d'azote, particule) à partir de simulations numériques à différentes échelles spatiales (France, Europe, Globe). Il fournit également des cartes d'observation établies à partir de mesures effectuées sur le terrain. Il s'adresse à toute personne ou organisme désireux d'appréhender à titre personnel ou professionnel, les évolutions et tendances à court et moyen terme du comportement des polluants atmosphériques au niveau du continent.

<http://www.prevoir.org/fr>

Buld'air : Bulletin de la Qualité de l'Air en France

Site web fournissant une synthèse (produite par l'ADEME) des données sur la qualité de l'air recueillies par les 40 associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA).

<http://www.buldair.org/>

Airparif : Association de surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France

<http://www.airparif.asso.fr/>

AirBase : Base de données européenne sur la qualité de l'air

<http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/airbase/index.html>