

Projet Atmosphère Canada



MODULE

14

Les pluies acides

Manuel du maître



Canadian Meteorological
and Oceanographic
Society

La Société Canadienne
de Météorologie et
d'Océanographie



Environnement
Canada

Environment
Canada

Canada

Projet Atmosphère Canada

Né d'une initiative et de la collaboration entre Environnement Canada et la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie (SCMO), le « Projet Atmosphère Canada (PAC) » s'adresse aux enseignants du niveau primaire et secondaire partout au Canada. Ce projet est conçu pour stimuler l'intérêt des jeunes en regard de la météorologie ainsi que pour favoriser et encourager l'enseignement des sciences de l'atmosphère et de celles qui s'y rattachent, au niveau primaire et secondaire, au Canada.

Toute matière adaptée ou reproduite du « Project ATMOSPHERE teacher's guides », est présentée avec l'autorisation de la « American Meteorological Society (AMS) »

Remerciements

Le Service météorologique du Canada, avec la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie, expriment leur gratitude à l'« American Meteorological Society » pour le soutien et l'aide reçus dans la préparation de cet ouvrage.

Un projet tel que le PAC ne se réalise pas du jour au lendemain. Depuis la transcription électronique à partir des exemplaires de l'AMS en passant par la révision, rédaction, examen critique, traduction, conception graphique et enfin par la mise en page définitive, il aura fallu des jours, des semaines, voir même des mois d'un effort soutenu pour en arriver au produit final. Je voudrais souligner la contribution importante apportée tant par le personnel d'Environnement Canada que par les membres de la SCMO d'un bout à l'autre du pays, ainsi que par le milieu scientifique global qui a autorisé l'utilisation de ses travaux dans le PAC, « manuels du maître ».

Au nom d'Environnement Canada et de la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie :
Eldon J. Oja
Chef de projet - Projet Atmosphère Canada

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système de recherche informatique ou transmise, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit (électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou autre), sans l'assentiment écrit préalable de l'éditeur. L'autorisation est donnée, par les présentes, de reproduire, sans la modifier, la matière contenue dans cette publication, à des fins pédagogiques non commerciales, à condition que la source de la matière soit indiquée. Cette autorisation ne s'applique pas aux transmissions par voie électronique.

Publié par Environnement Canada
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001

Number de cat. : En56-172/2001F
ISBN 0-660-96643-3

Also available under the title: Project Atmosphere Canada - Teacher's Guide



Imprimé au Canada

Table des matières

Introduction	2
Notions élémentaires	3
Activités	9
Solutions	14
Glossaire	15

MODULE 14

Les pluies acides

Introduction Page 2	Notions élémentaires Page 3	Activités Page 9	Solutions Page 14	Glossaire Page 15
------------------------	--------------------------------	---------------------	----------------------	----------------------

INTRODUCTION

Pour comprendre les pluies acides, il est nécessaire de connaître le cycle de vie des polluants atmosphériques. Ce cycle comprend trois grandes phases : a) l'émission, b) le transport et la transformation, et c) le dépôt.

Les émissions sont issues de sources naturelles et anthropiques (activités humaines) variées.

Le transport et la transformation incluent tout ce qui peut arriver aux polluants durant leur séjour dans l'atmosphère : dispersion, diffusion, transport, et transformations physiques et chimiques. En d'autres mots, l'atmosphère est le milieu de réaction et le système de " livraison " des polluants.

La phase de dépôt comprend l'enlèvement des polluants par voie sèche et par voie humide, ainsi que les effets des polluants dans les milieux aquatiques et terrestres et sur la santé humaine.

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES

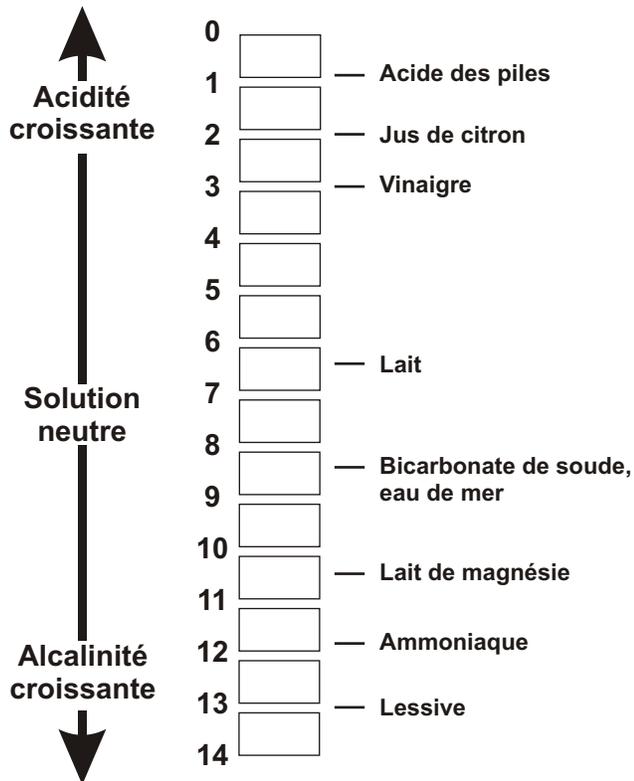


Figure 1 - Échelle de pH

pH ET PLUIES ACIDES

1. L'échelle de pH est couramment utilisée par les chimistes pour indiquer la "force" d'un acide (ou d'un alcali ou base, chimiquement opposé à l'acide).
2. Une diminution du pH signifie une augmentation de l'acidité, mais suivant une relation non linéaire (c'est à dire logarithmique). Par exemple, un pH de 4 est 10 fois plus acide qu'un pH de 5 et 100 fois plus acide qu'un pH de 6.
3. Une eau totalement pure présente un pH de 7 (neutre). Cependant, une eau qui repose depuis longtemps et qui est en contact avec de l'air non pollué devient légèrement acide, avec un pH de près de 5,6. Cette acidité est due à l'absorption de dioxyde de carbone présent dans l'air, ce qui produit un acide faible nommé acide carbonique.

4. Même dans des régions éloignées de l'hémisphère Sud, les précipitations ont un pH d'environ 5 à cause de la présence dans l'atmosphère de substances acidifiantes (telles que l'acide sulfurique) qui proviennent de sources anthropiques et naturelles (comme les volcans).
5. Lorsqu'on parle de "pluies" acides, on fait référence à toutes précipitations - liquides, verglaçantes ou solides — dont le pH est inférieur à 5 approximativement. Dans l'est du Canada, la pluie présente un pH moyen d'environ 4,5. Les pluies les plus acides affichent un pH de seulement 3.

L'ORIGINE DES PLUIES ACIDES

6. Les produits chimiques acidifiants les plus souvent présents dans les précipitations acides sont l'acide sulfurique (H_2SO_4) et l'acide nitrique (HNO_3). Ils sont formés respectivement à partir du dioxyde de soufre (SO_2) et d'oxydes d'azote ($NO_x = NO$ et NO_2) émis dans l'atmosphère depuis des sources anthropiques comme des centrales électriques, des fonderies et des véhicules.
7. Ces substances se dispersent dans l'atmosphère et sont transportées dans la direction du vent sur des centaines ou des milliers de kilomètres tout en étant transformées en acides par des processus chimiques. Elles finissent par retomber à la surface de la terre sous forme de dépôts humides dans les précipitations ou sous forme de dépôts secs (particules ou gaz); elles peuvent alors causer des dommages aux écosystèmes sensibles.
8. Les régions qui reçoivent des pluies acides sont les zones industrialisées et celles situées sous le vent par rapport à des zones industrialisées (est de l'Amérique du Nord, ouest de l'Europe, Japon).

9. Les pluies acides constituent un problème dans les provinces de l'Atlantique, dans d'autres régions de l'est du Canada et dans le nord-est des États-Unis en raison de facteurs associés aux trois phases du cycle de la pollution de l'air :
- Premièrement, les principales sources de SO_2 et de NO_x sont situées dans l'est des États-Unis et dans le sud de l'Ontario et du Québec. Deuxièmement, les systèmes météorologiques (vents dominants) transportent cette pollution vers le Canada atlantique. Troisièmement, une grande part de l'est du Canada, incluant les provinces atlantiques, est très sensible aux apports d'acidité.
10. Il peut se produire une neutralisation (atténuation, amortissement) dans les sols et les eaux du milieu récepteur si celui-ci possède une capacité d'amortissement qui dépend de la présence de matières comme le calcaire. La roche-mère des milieux sensibles aux dépôts acides est composée de granit, de quartzite et de schiste, et les sols sus-jacents sont habituellement peu profonds et pauvres en substances chimiques pouvant neutraliser l'acidité.
11. La charge critique correspond au niveau de pollution qu'un écosystème peut tolérer; en d'autres mots, c'est le seuil au dessus duquel la charge de polluants (dépôts acides dans le cas qui nous occupe) endommage l'écosystème. Les écosystèmes qui sont résistants aux polluants acides ont des charges critiques élevées, alors que les écosystèmes sensibles ont des charges critiques faibles.
12. Au Canada, les charges critiques varient d'une région à l'autre, selon la capacité de chaque écosystème à neutraliser les acides. En ce qui concerne l'acidité, les scientifiques définissent la charge critique des écosystèmes aquatiques comme la quantité maximale de dépôts humides de sulfate (à l'origine de l'acide sulfurique) qui ne fera pas descendre le pH en dessous de 6 dans au moins 95 % des lacs d'une région.
13. Une bonne part du Canada atlantique et certaines parties du Québec et de l'Ontario ont des charges critiques de moins de 8 kilogrammes de dépôts humides de sulfate par hectare par année (kg/ha/an ; $100 \text{ ha} = 1 \text{ km}^2$). Malheureusement, les quantités mesurées dans une grande partie de cette région dépassent la charge critique et causent des dommages à l'environnement.

LES IMPACTS SUR LES ÉCOSYSTÈMES

14. Quels sont les impacts de ces dépôts excessifs d'acide? Beaucoup d'organismes aquatiques sont très sensibles aux eaux acides; c'est pourquoi les milieux aquatiques ont été les premiers à présenter des signes perceptibles de l'impact des pluies acides.
15. Beaucoup d'espèces d'amphibiens sont très sensibles aux eaux acides, qui causent une forte mortalité des œufs. Les effets néfastes se font sentir à un pH de moins de 6,5.
16. Beaucoup d'espèces de poissons commencent à disparaître lorsque le pH est inférieur à 6. On observe des changements dans la chimie sanguine des poissons, de même qu'un retard dans le développement des œufs.
17. Le saumon atlantique est une espèce qui est menacée par les pluies acides. La plupart des saumons ne peuvent survivre lorsque le pH de l'eau descend à 5. S'il baisse à approximativement 4,7, les saumons disparaissent du cours d'eau. Cette situation s'est produite dans 14 cours d'eau du sud de la Nouvelle Écosse. De plus, les pluies acides ont affecté 35 autres cours d'eau dans cette région.
18. Les études démontrent que les pluies acides ont un impact direct et indirect sur les forêts. La plus grande préoccupation est l'impact indirect qu'elles exercent en modifiant la chimie des sols forestiers, causant à la fois leur appauvrissement en éléments nutritifs et une augmentation des concentrations de métaux qui sont toxiques pour les racines (voir 23 et 24). Dans ce processus, les pluies acides

lessivent des éléments nutritifs essentiels (p. ex. le calcium et le magnésium), causant ainsi des carences nutritionnelles et des déséquilibres dans les forêts.

19. Certaines espèces d'arbres sont moins tolérantes que d'autres. Par exemple, comme les érables à sucre ont besoin de plus de calcium que la plupart des espèces d'arbres, ils sont parmi les premiers à être affectés.
20. Les pluies acides ont aussi un impact direct sur la forêt; notamment, elles affectent la cuticule (couche cireuse de la face supérieure des feuilles). Les dommages causés à la cuticule accélèrent le processus naturel de vieillissement des feuilles, ce qui réduit la capacité de l'arbre à faire face à d'autres stress, comme les autres polluants, la sécheresse, les infestations d'insectes, les maladies et l'augmentation du rayonnement ultraviolet dû à l'appauvrissement de la couche d'ozone.
21. Jusqu'à récemment, c'est l'acide sulfurique qui était l'objet premier des inquiétudes concernant l'acidification. L'impact de l'acide nitrique est important aussi, mais il est considéré comme un problème moindre car l'azote agit à titre de fertilisant et est absorbé par les végétaux, ne se retrouvant pas dans les sols et les eaux de surface sous forme d'acide.
22. Cependant, une surabondance de composés atmosphériques azotés peut donner lieu à une saturation en azote et causer une libération subséquente d'acide nitrique dans les eaux de surface. Une acidification causée par des composés azotés a été observée dans un grand nombre de lacs du centre sud de l'Ontario et du sud ouest du Québec.
23. Les sources qui émettent du soufre et d'autres substances acidifiantes émettent aussi des métaux toxiques à l'état de trace. De plus, les pluies acides ont elles mêmes un impact sur les systèmes édaphiques (sols) et aquatiques qui est lié à l'effet qu'elles exercent sur les

métaux : la solubilité des métaux-traces, venant des émissions ou déjà présents dans les écosystèmes terrestres ou aquatiques, augmente avec l'accroissement de l'acidité.

LES EFFETS SUR LA SANTÉ ET AUTRES IMPACTS

24. Les métaux dissous sont non seulement toxiques pour les poissons, les arbres et autres organismes, mais les métaux comme l'aluminium, présents dans l'eau de boisson présentent un grave danger pour la santé humaine si leurs concentrations sont trop élevées. Les concentrations de cadmium ont déjà atteint des niveaux dangereux chez certains animaux sauvages des zones sensibles à l'acidité, ce qui a nécessité l'interdiction de la consommation de leurs abats dans certaines régions.
25. Un autre aspect du phénomène des pluies acides associé à des problèmes de santé est celui des aérosols acides, fines particules atmosphériques solides ou liquides à acidité élevée. Dans les régions où de telles particules sont inhalées, on peut constater une augmentation des hospitalisations, des maladies respiratoires (bronchite, asthme et emphysème) et des décès prématurés.

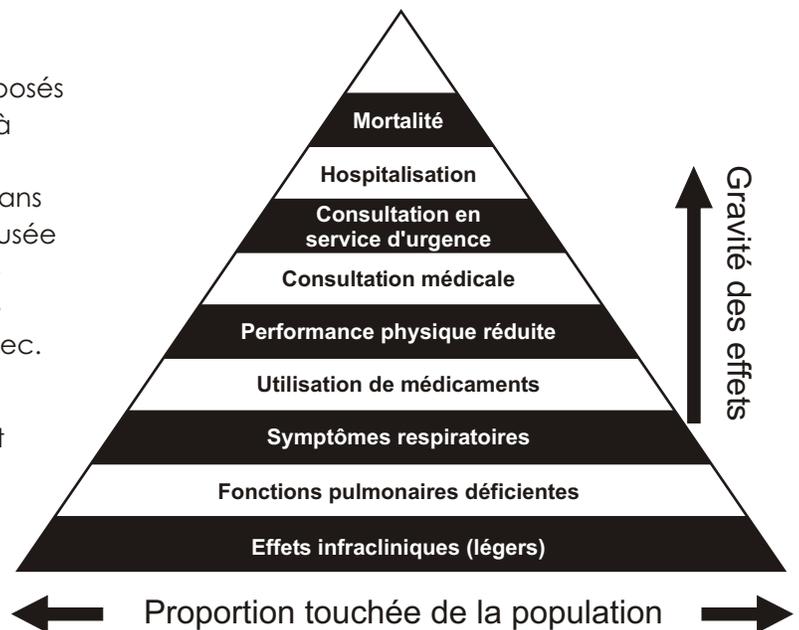


Figure 2 - Pyramide des effets de la pollution de l'air sur la santé

26. Un autre problème associé aux pluies acides est la réduction de la visibilité dans l'est de l'Amérique du Nord, causée par les aérosols sulfatés. La réduction de la visibilité constitue un problème de sécurité aérienne aux abords des aéroports et peut également nuire au tourisme.
27. De plus, les pluies acides et les polluants acidifiants peuvent accélérer la corrosion de matériaux de construction comme la pierre, la brique, le béton et le métal.

LA LUTTE CONTRE LES ÉMISSIONS

28. En 1985, les gouvernements du Canada et des sept provinces de l'est du pays ont uni leur efforts afin de prendre des mesures de réduction des émissions de dioxyde de soufre, principal responsable des pluies acides. Ils ont lancé un programme visant à obtenir, avant 1994, une réduction de moitié des émissions de dioxyde de soufre dans les provinces de l'est; ce programme fut une éclatante réussite. En 1994, les émissions de dioxyde de soufre dans l'est du Canada étaient de 54 % inférieures à celles de 1980.
29. Comme environ la moitié des pluies acides reçues dans l'est du Canada proviennent de sources américaines, la coopération du gouvernement américain s'avérait aussi nécessaire. En 1990, les États-Unis ont apporté des modifications à leur Clean Air Act, et, en 1991, ont signé l'Accord Canada États Unis sur la qualité de l'air.
30. En 1996, aux États Unis, les émissions de dioxyde de soufre étaient de 27 % inférieures à celles de 1980 et, en 2010, elles devraient atteindre avoir connu une réduction totale de 40 %. La réduction des émissions a entraîné une diminution des pluies acides.

PRÉOCCUPATIONS MAJEURES

31. Malgré ces progrès, une évaluation scientifique des pluies acides effectuée au milieu des années 1990 a démontré que des problèmes majeurs demeuraient. Des mesures supplémentaires étaient nécessaires afin d'assurer une protection adéquate des écosystèmes canadiens.
32. Si les objectifs de réduction fixés dans l'Accord Canada États-Unis de 1991 n'étaient pas améliorés, les scientifiques ont estimé qu'un territoire de quelque 800 000 kilomètres carrés, s'étendant du centre de l'Ontario jusqu'au sud du Québec et une grande partie du Canada atlantique, pourrait encore recevoir plus de sulfate que ne peuvent tolérer les écosystèmes naturels.

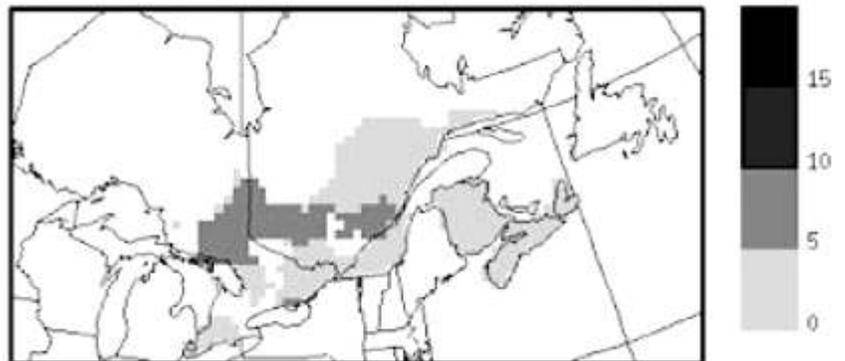


Figure 3 - Prévision de l'excédent de dépôts humides de sulfate par rapport aux charges critiques pour 2010 en l'absence de mesures supplémentaires (en kg/ha/an)

33. La modélisation atmosphérique effectuée dans le cadre de l'évaluation scientifique a montré qu'une réduction supplémentaire de 75 % (s'ajoutant aux objectifs actuels) des émissions de dioxyde de soufre dans les régions ciblées de l'est du Canada et des États-Unis serait nécessaire pour protéger l'ensemble des 95 000 lacs de cette région.
34. Certains lacs acidifiés ont présenté des signes de rétablissement, mais ce n'a pas été le cas pour beaucoup d'autres. Les plus grandes améliorations ont été observées dans la région de Sudbury, où les lacs avaient subi de graves dommages. Dans cette région, les populations de poissons ont remonté et celles

d'oiseaux piscivores, comme les plongeurs, ont augmenté.

35. Cependant, aucune amélioration substantielle n'a été observée chez la faune en dehors de la région de Sudbury. Les améliorations les moins importantes ont été constatées au Canada atlantique, quoique les lacs de cette région n'avaient jamais été aussi acidifiés que ceux de certaines parties de l'Ontario et du Québec.
36. Aujourd'hui, la réduction des oxydes d'azote s'avère de plus en plus nécessaire, car si les dépôts azotés continuent à augmenter au rythme actuel, leur action acidifiante va finir par éroder les gains que la réduction des émissions de dioxyde de soufre a permis de réaliser.
37. Étant donné que les oxydes d'azote entrent aussi dans la production de l'ozone troposphérique (c. à d. au niveau du sol), ingrédient principal du smog, réduire leurs émissions contribuerait aussi à améliorer la qualité de l'air.

ENGAGEMENTS FUTURS

38. Le 19 octobre 1998, les ministres fédéraux, provinciaux et territoriaux de l'Environnement et de l'Énergie ont signé la Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes après l'an 2000. Cette stratégie établit le cadre de gestion des pluies acides que le Canada suivra dans le futur. Son principal objectif à long terme est d'empêcher tout dépassement des charges critiques (niveau seuil) pour les dépôts acides dans tout le Canada.
39. Les priorités actuelles de la Stratégie incluent l'établissement de nouveaux objectifs de réduction des émissions dans l'est du Canada par l'entremise d'accords fédéraux provinciaux, l'obtention de nouveaux engagements en matière de réduction des émissions de la part des États-Unis, et la réalisation d'études scientifiques additionnelles sur le rôle de l'azote dans l'acidification.

CE QUE VOUS POUVEZ FAIRE

40. Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote sont les principaux polluants causant les pluies acides. L'émission de ces polluants est due en grande partie à l'utilisation des combustibles fossiles. Ainsi, en réduisant l'utilisation de ces combustibles, notamment par une baisse de la consommation d'électricité produite par les centrales alimentées au mazout et au charbon, on contribue à diminuer les émissions responsables des pluies acides.
41. Pour des conseils précis sur ce que vous, en tant qu'individu, pouvez faire, veuillez consulter le site :
<http://www.ec.gc.ca/pluiesacides/done-you.html>

En voici quelques exemples :

À la maison

- Installez une pomme de douche à débit réduit.
- Mettez le lave-vaisselle ou le lave linge en marche seulement lorsqu'ils sont chargés à pleine capacité.
- Suspendez le linge pour le faire sécher.
- Achetez des appareils électroménagers à faible consommation d'énergie.

Transports

- Marchez, pédalez ou prenez les transports en commun pour aller au travail.
- Faites effectuer la mise au point du moteur de votre automobile à tous les 6 mois.
- Vérifiez régulièrement la pression des pneus de votre automobile.
- Roulez à vitesse modérée.

