

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 140 (1989)

Heft: 7

Artikel: L'augmentation du gaz carbonique atmosphérique et ses effets sur la forêt

Autor: Haldimann, Frédéric

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764250>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'augmentation du gaz carbonique atmosphérique et ses effets sur la forêt

Par *Frédéric Haldimann*, CH-1206 Genève

Oxf.: 425.1: 161

1. Introduction

Il est généralement admis que le milieu atmosphérique subit actuellement des modifications de longue durée, notamment une augmentation de sa teneur en gaz carbonique (CO₂). L'effet de serre ainsi engendré conduirait à un réchauffement progressif de l'atmosphère que certains croient pouvoir déjà déceler.

Le plus récent rapport Sanasilva sur l'état de santé du massif forestier suisse fait apparaître un ralentissement des dégâts attribués à la pollution atmosphérique, qui se traduit par une diminution du nombre d'arbres atteints en toutes catégories. L'explication de cette amélioration met en évidence les meilleures conditions climatiques de la dernière période de végétation, notamment en ce qui concerne le régime des précipitations. Par ailleurs, la question de l'influence directe et indirecte que pourrait avoir l'augmentation progressive de gaz carbonique atmosphérique sur la vitalité des végétaux peut être posée.

Quel est l'état de nos connaissances à ce propos? Peut-on imaginer qu'une meilleure alimentation des arbres en carbone par voie atmosphérique liée à de meilleures conditions météorologiques telles qu'elles furent observées durant la dernière période de végétation permettrait d'amortir, dans une certaine mesure, la diminution de vitalité constatée précédemment?

Dans un rapport présenté lors de la dernière réunion de la Commission de météorologie agricole de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), M. *William E. Reifsnyder*, rapporteur de la Commission pour les forêts et les modifications du climat dues au dioxyde de carbone, a résumé les travaux publiés notamment aux Etats-Unis au sujet des effets directs et indirects de l'augmentation de la concentration d'acide carbonique atmosphérique.

2. Connaissances actuelles

Les exploitants de serres savent depuis longtemps que l'augmentation du gaz carbonique stimule la croissance des plantes. On est par contre beaucoup moins bien informé en ce qui concerne les effets de telles mesures hors des serres.

Il semble établi qu'une augmentation du CO_2 ait un effet d'une part sur la photosynthèse et d'autre part sur l'utilisation de l'eau par le végétal. Ainsi, l'augmentation du gaz carbonique ambiant provoque une augmentation du rythme de photosynthèse du maïs, du soja et du blé; cette augmentation a également été démontrée pour des plantes ligneuses, telles, entre autres, l'érable, le peuplier, le chêne et le frêne. Les changements observés sur des résineux par contre sont plus complexes (*Strain et Cure, 1985*).

Quant à l'effet sur l'utilisation de l'eau, rappelons que la transpiration des feuilles est déterminée par la différence de tension de vapeur d'eau entre les surfaces mouillées de ces feuilles et l'air ambiant, augmentée de la résistance au transport de vapeur entre la surface évaporante et l'air ambiant. Cette résistance dépend pour une bonne part du degré d'ouverture des stomates, lequel est, à son tour et en partie, fonction de la concentration de gaz carbonique. Ainsi, les fortes concentrations de gaz carbonique réduisent le degré d'ouverture des stomates, ce qui diminue le flux de vapeur d'eau à partir de la feuille. L'effet se complique par le fait que lorsque l'évaporation est réduite, la température de la feuille augmente. Quand la tension de vapeur à la surface évaporante augmente, le gradient de tension de vapeur entre la feuille et l'atmosphère augmente, ce qui compense dans une certaine mesure la résistance accrue à la diffusion.

Notons, toujours à propos des effets de l'augmentation du CO_2 par rapport aux feuilles, que l'efficacité de l'utilisation de l'eau, définie comme le rapport net entre l'échange de CO_2 et le taux de transpiration, augmente généralement avec la concentration du gaz carbonique. Ceci provient du rétrécissement des stomates qui diminue le flux de vapeur vers l'extérieur tout en maintenant le flux entrant de gaz carbonique, dont la pression partielle est plus élevée. Cette utilisation plus efficace de l'eau à la fois en raison de la transpiration diminuée et d'une photosynthèse accrue pourrait indiquer un élément de l'explication de l'amélioration constatée de la vitalité de nos forêts, pour autant bien entendu qu'il soit établi que les nouvelles concentrations constatées de CO_2 puissent être mises en cause.

La plupart des études sur les effets de l'augmentation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère à l'échelle de l'arbre individuel ont été effectuées sur de jeunes plantes. En 1972, *Tinus* a démontré qu'à une concentration de 1200 ppm de CO_2 , certaines espèces de pins et d'épicéas avaient un accroissement plus fort que dans des conditions normales.

A l'échelle des écosystèmes par contre, l'effet de l'augmentation de la concentration du CO₂ est pratiquement inconnu, notamment en ce qui concerne les peuplements, où il est difficile de procéder à des expériences.

3. Changement du climat

S'il est imaginable qu'une augmentation progressive de la concentration de gaz carbonique ait un effet sur la vitalité de nos forêts, cette même augmentation déclencherait, à long terme, des changements du climat dont les conséquences possibles méritent que l'on s'y arrête.

De nombreuses hypothèses et prévisions ont été émises dans les milieux météorologiques spécialisés au sujet de ces changements et il est intéressant d'examiner les effets d'une telle augmentation sur le climat général moyen et leurs répercussions sur la forêt.

Une étude parue en 1985 aux Etats-Unis fait le point de l'ensemble des éléments d'appréciation disponibles (*MacCracken et Luther, 1985*). Ces éléments sont des modélisations non vérifiées et peut-être non vérifiables qui, bien que fondés sur les lois physiques, comportent de nombreuses hypothèses et paramétrisations de toute évidence incomplètes.

3.1 Variation des estimations de température

La plupart des modèles climatiques utilisés actuellement prévoient qu'un doublement de la concentration du gaz carbonique actuelle résulterait en une augmentation de la température à l'échelle globale de l'ordre de 3 °C, avec une précision de plus ou moins 1,5 °C. Toujours selon ces modèles, les températures augmenteraient de manière inégale à l'échelle du globe avec une augmentation plus prononcée aux latitudes élevées que dans les régions subtropicales. Cependant, certains chercheurs, notamment *Idso (1984)*, pensent que l'augmentation de la température serait inférieure d'un ordre de grandeur, soit environ d'un quart de degré seulement.

3.2 Fiabilité des estimations

En termes d'aménagements forestiers et du territoire, il est intéressant de disposer d'éléments permettant d'estimer la fiabilité de telles prévisions ou la «vraisemblance» de telles modifications du climat. Il est également important de pouvoir les situer par rapport aux fluctuations climatiques normales. Admettre, comme le proposent la plupart des modèles de prévision utilisés, que la

température moyenne augmentera de 3 °C en un laps de temps de cent ans — qui correspond à la période durant laquelle la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère aurait doublé — revient à postuler une augmentation annuelle de la température moyenne de 0,03 °C. Or, un tel changement est comparable aux fluctuations interannuelles observées, qui sont d'un ordre de grandeur similaire, voire supérieur.

En plus des difficultés d'exprimer ces prévisions en termes quantitatifs, la fiabilité des prévisions de tendances climatiques fournies par les modèles mathématiques est plutôt limitée. Les modélisations ne permettant pas encore de prévoir les tendances du climat à courte échéance, il faut en conclure qu'ils ne prennent pas dûment en compte certains facteurs dynamiques importants.

4. Effets d'un changement du climat sur les forêts

Malgré les incertitudes manifestes des estimations des changements du climat imputables à l'augmentation de la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère, il est intéressant de recenser et d'examiner les incidences que ces changements pourraient avoir sur les forêts.

4.1 Répartition de la forêt

Des études effectuées pour les Etats-Unis (Idso et *Quinn*, 1983; *Solomon et al.*, 1984) démontrent que de profonds changements interviendraient dans la distribution des différents systèmes écologiques et notamment de la forêt. Au vu de l'importance de l'effet qu'exerce le relief sur le découpage du microclimat, qui à son tour est un des facteurs déterminants de la répartition des forêts dans notre pays, il est imaginable que ces changements ne seraient guère moindres chez nous. Il convient cependant de se souvenir que l'on a utilisé un processus faisant appel à un état stationnaire qui ne tient pas compte des réactions des complexes végétatifs aux changements séculaires du climat et ne fournit donc pas d'informations sur la nature et la durée de la succession écologique qui pourrait se produire.

4.2 Productivité

Un climat plus chaud et plus humide devrait avoir pour conséquence une plus grande productivité des forêts dans le monde, notamment si ces changements sont plus importants pour les hautes latitudes.

4.3 Limites naturelles des forêts

L'élévation des températures moyennes pourrait faire progresser la limite naturelle des forêts vers le nord et en altitude.

4.4 Mortalité des arbres

Il est probable que les changements climatiques lents résultant d'une augmentation progressive de la concentration du gaz carbonique n'auraient que peu d'effets directs sur la mortalité des arbres. Toutefois, les insectes et les maladies réagissent directement aux événements météorologiques. Des modifications des extrêmes auraient un effet de déclenchement qui se traduirait par une augmentation ou une diminution des populations d'insectes et des maladies.

4.5 Survie des jeunes plants

Les jeunes plants étant plus sensibles aux extrêmes microclimatiques que les arbres adultes, ils seraient plus affectés par les changements du climat, car une augmentation séculaire lente de la température moyenne s'accompagnerait de nouveaux records de température, qui auraient d'inévitables effets sur la survie de certains jeunes plants plus que sur ceux d'autres espèces, et conduirait en dernier lieu à une lente modification de la répartition des espèces.

5. Effets directs

5.1 Photosynthèse

Comme indiqué précédemment, il semble probable que le principal effet direct de l'augmentation de la concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère s'exercera sur le rythme de la photosynthèse de nombreuses espèces d'essences forestières. Si cet effet a pu être démontré en laboratoire, sa démonstration sur le terrain reste à faire.

5.2 Accroissement

Si, ainsi qu'il est généralement admis, la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère a augmenté d'un quart au cours des cent dernières années, il semble probable que la croissance des arbres ait également progressé, bien que

d'un pourcentage inférieur. *LaMarche et al.* (1984) ont attribué l'augmentation de la largeur des cernes de pins non spécifiés mais provenant de stations d'altitude dans le sud-ouest des Etats-Unis à l'effet fertilisant de l'augmentation de la concentration de gaz carbonique. *Cooper* (1986) fait remarquer que la largeur des cernes dépend d'un trop grand nombre de facteurs pour permettre l'attribution de l'augmentation de leur largeur uniquement à l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique. Il semble cependant raisonnable de conclure que l'augmentation de la concentration de gaz carbonique atmosphérique s'accompagne d'une augmentation de la croissance; la quantification de cette augmentation reste cependant inconnue.

5.3 Utilisation de l'eau et transpiration

L'enrichissement de l'atmosphère en gaz carbonique a pour effet direct de diminuer la transpiration par unité de surface foliaire. La situation est moins claire lorsque l'on examine une unité de surface du sol. La diminution en question pourrait être compensée, du moins partiellement, par une augmentation de la surface foliaire consécutive à l'augmentation générale du taux de croissance. Par ailleurs, un climat plus chaud devrait conduire à une augmentation de l'évapotranspiration suite à l'augmentation de la tension de vapeur d'eau des surfaces évaporantes. Les différents calculs des effets directs et indirects montrent soit une augmentation nette de l'évapotranspiration et une diminution de l'eau disponible dans le sol et des débits d'écoulement des rivières (*Revelle et Waggoner*, 1983), soit une diminution de l'évapotranspiration et une augmentation de l'eau disponible dans le sol et des débits d'écoulement des rivières (*Idso et Brazel*, 1984; *Aston*, 1984). Dans son rapport sur l'état actuel des connaissances cité plus haut, *Kimball* conclut qu'en l'état actuel, il semble impossible de prévoir ce que deviendra le débit des rivières, ainsi que cela a été tenté (*Strain et Cure*, 1985).

5.4 Température des feuilles

La température de la feuille dépend des flux d'énergie que reçoit et émet sa surface. On peut considérer que les flux d'énergie de rayonnement, soit l'énergie solaire directe et réfléchi plus les flux aux grandes longueurs d'onde provenant du ciel et du sol sont déterminants. En effet, une augmentation de la concentration de CO₂ de l'atmosphère devrait augmenter le flux du rayonnement aux grandes longueurs d'onde sur une feuille exposée au ciel. Il s'agit là, en fait, du principe de «l'effet de serre» dont on suppose qu'il est à l'origine du réchauffement général constaté. L'augmentation de l'apport d'énergie de rayonnement doit être équilibré au niveau de la feuille par une augmentation des émissions

d'énergie d'un même ordre de grandeur résultant d'une combinaison de divers éléments, tels qu'augmentation du rayonnement thermique, dissipation de chaleur par convection et/ou augmentation de l'évaporation. Etant donné que la réaction des stomates à des concentrations plus élevées de CO₂ entrave l'évaporation, la charge thermique accrue doit être dissipée par convection et réémission. Ces deux mécanismes impliquent une augmentation de température de la surface de la feuille. Or, cet effet n'a pas été démontré expérimentalement.

6. Conséquences pratiques

Il est évident que si tout ou partie des effets directs et indirects possibles se produisait, voire se produit actuellement, il en résulterait des conséquences pour la gestion des forêts.

Une première conséquence imaginable serait un ralentissement soutenu à long terme du dépérissement des forêts dans la mesure où les apports de polluants autres que le gaz carbonique pourraient être maîtrisés. Cette stabilisation serait le résultat direct d'une «offre» de gaz carbonique stimulateur de croissance doublée par rapport à l'offre actuelle en l'espace de cent ans, d'une meilleure résistance aux effets des sécheresses grâce à une meilleure utilisation de l'eau disponible et d'une prolongation de la période de végétation due à l'augmentation des températures moyennes.

L'action des agents pollueurs est cependant si complexe que les effets bénéfiques — s'ils existent — d'une augmentation de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère seraient probablement compensés par d'autres effets qui seraient, eux, nocifs.

Ainsi, le déclenchement incontrôlé de chaînes de succession inconnues, faisant intervenir des nouvelles constellations d'espèces, qui accompagnerait le réchauffement en tant que tel pourrait modifier si profondément la composition et la distribution des forêts à longue échéance que l'aspect de larges régions de notre pays en serait bouleversé.

Au delà de ces spéculations cependant, la question des effets possibles d'une augmentation continue — sinon accélérée — de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique sur nos forêts demeure posée.

Zusammenfassung

Die Erhöhung des Kohlendioxydgehalts in der Atmosphäre und deren Auswirkungen auf den Wald

Unter den möglichen Auswirkungen weiterhin zunehmender Konzentrationen von atmosphärischem Kohlendioxyd (CO₂) wird die Frage gestellt, ob durch diese verbesserte Versorgung des Waldes mit einem Grundnährstoff, verbunden mit der experimentell unter ähnlichen Bedingungen an Einzelpflanzen festgestellten verbesserten Nutzung des vorhandenen Wassers, längerfristig der Vitalitätsverlust vieler Waldbestände zum Teil aufgefangen werden könnte.

Da auf Grund von Modellen mit einer Verdoppelung der gegenwärtigen CO₂-Konzentration innerhalb hundert Jahren zu rechnen ist, dürfte die Erwärmung der Erdatmosphäre um etwa 3 °C (Treibhauseffekt), die sich aus dieser Tatsache ergibt, nicht ohne Folgen auf die Waldvegetation bleiben. Prof. W.E. Reifsnyder (USA) hat sich einen Überblick über diese Zusammenhänge verschafft; seine Ausführungen bilden die Grundlage dieser Darlegungen.

Bibliographie

- Aston, A.R., 1984: The effect of doubling of atmospheric carbon dioxide: A simulation. *J. of Hydrology*, 67: 273–280.
- Cooper, C.F., 1986: Carbondioxide enhancement of tree growth at high elevations. *Science*, 231: 859–860.
- Idso, S.B., 1984: The case for carbon dioxide. *J. Env. Sciences* 27 (3): 19–22.
- Idso, S.B., Brazel, A.J., 1984: Rising atmospheric carbon dioxide concentrations may increase stream flow. *Nature*, 312: 51–53.
- Idso, S.B., Quinn, J.A., 1983: Vegetation redistribution in Arizona and New Mexico in response to a doubling of the atmospheric CO₂ concentration. Scientific Paper No. 17, Laboratory of Climatology. Arizona State University, Tempe, Arizona.
- LaMarche, V.C., Graybill, D.A., Fritts, H.C., Rose, M.R., 1984: Increasing atmospheric carbon dioxide: tree ring evidence for growth enhancement in natural vegetation. *Science* 225: 1019–1021.
- MacCracken, M.C., Luther, F.M. (éditeurs), 1985: Projecting the climatic effects of increasing carbon dioxide. U.S. Dept. of Energy, DOE/ER-0237. 198 pp.
- Reifsnyder, W.E., 1986: Rapport sur les relations entre les forêts et les changements du climat dus au gaz carbonique. Rapport présenté lors de la neuvième session de la Commission de météorologie agricole de l'OMM.
- Revelle, R.R., Waggoner, P.E., 1983: Effects of carbon dioxide induced climate change on water supplies in the Western United States 419–432. Dans *Changing Climate*. Nat. Ac. Press. Washington.
- Solomon, A.M. et al., 1984: Response of unmanaged forest to CO₂-induced climate change. U.S. Dept. of Energy, DOE/NBB-0053. 102 pp.
- Strain, B.R., Cure, D.J., 1985: Direct effects of increasing carbondioxide on vegetation. U.S. Dept. of Energy DOE/ER-0238. 286 pp.
- Tinus, R. W., 1972: CO₂-enriched atmosphere speeds growth of ponderosa pine and blue spruce seedlings. *Tree Planters Notes*, Feb. 1972: 12 – 15.