

# L'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone pourrait modifier le pouvoir allergisant du pollen

Période : novembre 2014 - mars 2015

Nicolas VISEZ | [nicolas.visez@univ-lille1.fr](mailto:nicolas.visez@univ-lille1.fr)

Université de Lille – Physico-chimie des processus de combustion et de l'atmosphère PC2A – UMR CNRS 8522 – Villeneuve-d'Ascq – France

Mots clés : **aérobiologie, allergie, changement climatique, dioxyde de carbone, pollen, pollinose**

La rhinite allergique liée au pollen toucherait plus de 10% de la population française, et la prévalence des pathologies allergiques respiratoires aurait doublé en France depuis les années 80 [1,2]. Parmi les facteurs expliquant cette hausse, il est désormais établi que les polluants atmosphériques (ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, particules) agissent sur le pollen avec une tendance à l'augmentation de son pouvoir allergisant [3]. L'effet du dioxyde de carbone sur le pollen est quant à lui moins bien connu [4], alors que la concentration en CO<sub>2</sub> pourrait plus que doubler d'ici 2100. Les deux articles sélectionnés pour cette note s'intéressent aux effets sur le pollen d'une exposition au CO<sub>2</sub> *in vivo* et *in vitro*. L'étude d'Albertine *et al.* (2014) traite des effets sur la quantité de grains de pollen et d'allergènes d'une exposition *in vivo* du pollen de fléole des prés au CO<sub>2</sub> et à l'ozone (O<sub>3</sub>). L'étude de Silva *et al.* (2014) documente les effets d'une exposition *in vitro* du pollen d'érable Negundo sur la germination, le contenu protéinique, les carbohydrates (fructose, sucrose et glucose) et les propriétés allergisantes du pollen.

## Augmentation de la quantité de grains de pollen et de l'exposition aux allergènes avec les niveaux de dioxyde de carbone attendus et ce, malgré une augmentation des niveaux d'ozone

Albertine JM, Manning WJ, DaCosta M, Stinson KA, Muilenberg ML, Rogers CA. Projected Carbon Dioxide to Increase Grass Pollen and Allergen Exposure Despite Higher Ozone Levels. *PLoS ONE* 2014;9 (11): e111712.

### Résumé

Des plants de *Phleum Pratense* L. ont été cultivés en serre avec une exposition à des concentrations élevées en CO<sub>2</sub> et en O<sub>3</sub> afin de déterminer les effets de ces deux gaz, d'une part, sur la production de pollen et, d'autre part, sur la quantité de l'allergène Phl p 5<sup>1</sup> par grain de pollen. Les plantes ont été traitées à deux niveaux de CO<sub>2</sub> : à 400 ppm pour reproduire la concentration atmosphérique moyenne actuelle, et à 800 ppm pour simuler la concentration attendue d'ici 2100. De façon similaire, les niveaux d'ozone ont été fixés à 30 ppb (niveau actuel) et 80 ppb (niveau futur). Les grains de pollen ont été récoltés pendant la déhiscence<sup>2</sup> puis comptés par méthode optique afin d'obtenir la quantité de grains produits par inflorescence. L'allergène Phl p 5 a été dosé par méthode ELISA<sup>3</sup>.

Avec une concentration élevée en CO<sub>2</sub>, les inflorescences ont produit plus de pollen (+50 %) sans que leur taille augmente. L'ozone est resté globalement sans effet sur le nombre de grains de pollen produits.

La quantité moyenne d'allergène Phl p 5 par grain n'a pas été modifiée par une forte dose de CO<sub>2</sub>. Les auteurs précisent que cette absence de stimulation de la production d'allergènes va à l'encontre des résultats d'autres études sur l'ambrosie, mais pourrait être expliquée par un apport en azote modéré dans leurs expériences, la production de l'allergène Phl p 5 pouvant être limitée par la disponibilité de l'azote. Le niveau élevé d'ozone a réduit la concentration moyenne par grain en Phl p 5.

En conclusion, les auteurs avancent qu'une élévation de la concentration en CO<sub>2</sub> aura pour effet d'augmenter l'exposition de la population générale aux allergènes. Sous une atmosphère plus riche en CO<sub>2</sub>, les plantes devraient produire plus de grains de pollen avec une quantité moyenne d'allergènes par grain constante. Les auteurs précisent que les effets de l'augmentation de la concentration en ozone sur l'allergie au pollen sont plus complexes à interpréter : une augmentation des niveaux d'ozone pourra avoir des effets négatifs directs sur l'appareil respiratoire, tout en engendrant une diminution de la production d'allergènes par les plantes. La conclusion générale est en faveur d'un impact significatif de l'augmentation des concentrations en CO<sub>2</sub> et en O<sub>3</sub> sur la santé humaine.

### Commentaire

Cette étude présente deux points forts : l'exposition *in vivo* et l'exposition simultanée à deux gaz. La culture des plantes en serre instrumentée et l'exposition à des gaz polluants *in vivo* est lourde à mettre en place expérimentalement, mais

elle permet d'étudier les effets des polluants sur l'intégralité du système plante-pollen.

Les expositions simultanées à deux polluants sont assez peu documentées dans le domaine pollen-pollution. Cette étude illustre parfaitement les effets antagonistes entre l'ozone, inhibiteur de la production d'allergènes, et le CO<sub>2</sub>, stimulateur de la croissance végétale et de la production d'allergènes (suite à l'augmentation du nombre de grains de pollen produits).

Les auteurs mettent en avant la complexité du système étudié : les polluants peuvent agir sur les plantes, sur le pollen, mais également sur la personne allergique. Ils concluent sur une augmentation prévisible de l'exposition entre 165 et 202 %, mais en postulant un nombre de plantes identiques de nos jours à 2100. L'incidence du changement climatique sur la répartition de *Phleum Pratense* est également à prendre en compte.

Il aurait été intéressant de comparer les durées de croissance jusqu'à la déhiscence afin de comparer les effets des traitements aux polluants sur la plante. Enfin, ces résultats ont été obtenus avec une variété commerciale de *Phleum Pratense*, il est légitime de se questionner sur l'extrapolation des conclusions de l'article aux autres variétés de cette plante.

### Effets du CO<sub>2</sub> sur la fertilité, le contenu protéinique, les propriétés allergisantes et les carbohydrates du pollen d'*Acer negundo*

Silva M, Ribeiro H, Abreu I, Cruz A, Esteves da Silva JCG. Effects of CO<sub>2</sub> on *Acer negundo* Pollen Fertility, Protein Content, Allergenic Properties, and Carbohydrates. *Environmental Science and Pollution Research* 2014;DOI 10.1007/s11356-014-3896-2

#### Résumé

Du pollen d'érable negundo a été collecté directement à partir des anthères<sup>4</sup> puis exposé *in vitro* à des niveaux de CO<sub>2</sub> de 500, 1000 et 3000 ppm pendant des durées de 6 et 24h. Cette exposition a pour but de simuler les effets du CO<sub>2</sub> sur le grain de pollen lors du transport atmosphérique durant la période de pollinisation. L'exposition au CO<sub>2</sub> a entraîné une diminution de la viabilité du pollen et de son taux de germination. Une diminution de la teneur en fructose a été observée avec l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> et celle de la durée d'exposition. Aucune tendance significative n'a pu être dégagée quant à l'évolution des teneurs en glucose et sucrose. Le contenu total en protéines solubles n'a été modifié qu'avec la plus forte concentration (3000 ppm) et uniquement pour six heures d'exposition. Aucun changement n'a toutefois été détecté sur le profil protéinique par SDS-PAGE<sup>5</sup>. La réactivité IgE<sup>6</sup> obtenue à partir de sérum de patients allergiques a augmenté avec la dose de CO<sub>2</sub> subie par le pollen.

Les auteurs concluent que l'augmentation des concentrations atmosphériques en CO<sub>2</sub> pourrait entraîner des effets sur le pollen de l'érable negundo en modifiant les capacités de reproduction de l'espèce et en aggravant les allergies respiratoires liées à ce pollen.

#### Commentaire

Les auteurs utilisent un dispositif très pertinent pour l'exposition du pollen au CO<sub>2</sub> : une chambre expérimentale avec un système de mise en suspension du pollen par un flux d'air. La concentration en CO<sub>2</sub> semble toutefois ne pas être stable à l'intérieur du dispositif, surtout pour les valeurs élevées d'exposition (2502 ± 926 ppm). Le CO<sub>2</sub> étant injecté périodiquement, le pollen est sans doute soumis à des pics de concentration en dioxyde de carbone.

Il aurait été pertinent de comparer les effets de l'exposition au CO<sub>2</sub> à du pollen placé dans la chambre dans les mêmes conditions mais sans dioxyde de carbone. La différence d'exposition entre 6h à 500 ppm et 24h à 3000 ppm est d'un facteur 24 ; les différences observées entre ces traitements ne sont pourtant pas très marquées pour les tests IgE et sont difficiles à expliquer pour les protéines totales (augmentation à 6h puis décroissance à 24h pour la plus forte concentration).

Il est surprenant de constater qu'un traitement au CO<sub>2</sub> pendant 6h à seulement 1000 ppm peut engendrer des modifications sur le grain de pollen par rapport à un traitement de 6h à 500 ppm (baisse du fructose de 12 %, augmentation de la réactivité IgE, diminution de près de 20 % de la germination). Ces effets montrent une réelle sensibilité du pollen à ce gaz, même s'il est difficile de conclure quant à la future évolution de l'allergie au pollen avec l'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone sur la base de ces seuls résultats.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

La littérature concernant les effets du dioxyde de carbone sur le pollen est assez éparse [5–13]. Les travaux publiés sur l'ambroisie [5–8,13] montrent une possible augmentation de la quantité d'allergènes par grain de pollen et/ou de la quantité de pollen avec une augmentation des teneurs atmosphériques en CO<sub>2</sub>. Les deux études sélectionnées pour cette note présentent l'intérêt d'étendre ces conclusions à d'autres espèces végétales, alors qu'elles sont très différentes entre elles en termes expérimentaux. Alors qu'Albertine *et al.* (2014) utilisent du pollen de graminée traité au CO<sub>2</sub> et à O<sub>3</sub> *in vivo*, Silva *et al.* (2014) ont traité *in vitro* du pollen d'arbre. Les analyses effectuées sont également différentes entre les deux études et, cependant, les conclusions convergent. Un doublement de la concentration en CO<sub>2</sub> à l'horizon 2100 pourra engendrer des modifications chimiques et biologiques du grain de pollen, une augmentation de l'exposition aux allergènes de pollen et/ou une exacerbation des symptômes. L'allergie au pollen devrait être exacerbée d'une part par les effets du CO<sub>2</sub> sur la plante et le pollen, et d'autre part par la hausse de concentration de l'ozone.

Pour une analyse complète des effets du changement climatique sur l'allergie, de nombreux paramètres et interactions sont à prendre en compte : effets des polluants sur la plante, le pollen et la santé humaine (dont les effets synergétiques ou antagonistes entre polluants), modification de la répartition des espèces végétales et impact des changements climatiques sur la phénologie de la plante et de la pollinisation.

## GENERAL CONCLUSION

*As described in earlier published works (mainly on ragweed), a rise in CO<sub>2</sub> concentration should increase the quantity of allergens per pollen grain and the number of pollen grains produced. These two different papers extend these conclusions to other vegetal species. Albertine et al.(2014) treated timothy grass with CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> whereas Silva et al.(2014) exposed Acer Negundo pollen directly to CO<sub>2</sub>. Despite these different protocols, conclusions are similar: carbon dioxide has modified pollen grains and increased the allergenic potential of the pollen.*

*A CO<sub>2</sub> concentration rise to the predicted level for about 2100 may increase the allergens exposure and/or exacerbate allergic symptoms compared to the present situation. Pollinosis may be aggravated by the CO<sub>2</sub> effects on plant and pollen and by effects of pollutants on human health.*

*Understanding the effects of climate change on allergy is a complex task requiring the consideration of several interactions: effects of pollutants on plants, pollen and human health (including synergistic or antagonist effects of several pollutants), modification of the plant regional distribution and impact of climate changes on plant phenology and pollination.*

## Lexique

- (1) Phl p 5 : Allergène majeur du pollen de fléole des prés
- (2) Déhiscence : Propriété d'organes clos de s'ouvrir naturellement à maturité
- (3) Anthère : Partie terminale de l'étamine, organe mâle de la fleur, qui produit et renferme le pollen
- (4) ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Assay : technique biochimique utilisant des anticorps pour détecter et quantifier des antigènes (dont des protéines)
- (5) (IgE) Immunoglobuline E : Classe d'anticorps associée aux maladies atopiques
- (6) SDS-PAGE : Sodium Dodecyl Sulfate PolyAcrylamide Gel Electrophoresis : Technique de séparation des protéines selon une migration dans un champ électrique

## Publications de référence

- (1) Bousquet P-J, Leynaert B, Neukirch F, *et al.* Geographical distribution of atopic rhinitis in the European Community Respiratory Health Survey. *Allergy* 2008;**63**:1301-9.
- (2) Emanuel M. Hay fever, a post industrial revolution epidemic: a history of its growth during the 19th century. *Clin & Exp Allergy* 1988;**18** (3):295-304.

- (3) **Huang SK, Zhang Q, Qiu Z, Chung KF.** Mechanistic impact of outdoor air pollution on asthma and allergic diseases. *J Thorac Dis* 2015;**7** (1):23-33.
- (4) **Todea DA, Suatean I, Coman AC, Rosca LE.** The effect of climate change and air pollution on allergenic potential of pollens. *Not Bot Horti Agrobo* 2013;**41** (2):646-50.
- (5) **Wayne P, Foster S, Connolly J, et al.** Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2002;**88**:279-82.
- (6) **Rogers CA, Wayne P, Macklin E, et al.** Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen production. *Environ Health Persp* 2006;**114** (6):865-9.
- (7) **Stinson KA, Bazzaz, FA.** CO<sub>2</sub> Enrichment reduces reproductive dominance in competing stands of *Ambrosia artemisiifolia* (common ragweed). *Oecologia* 2006;**147** (1):155-63.
- (8) **Singer BD, Ziska LH, Frenz DA, et al.** Increasing Amb a 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO<sub>2</sub> concentration. *Func Plant Biol* 2005;**32** (7):667-70.
- (9) **Koti S, Reddy KR, Reddy VR, et al.** Interactive effects of carbon dioxide, temperature, and ultraviolet-B radiation on soybean (*Glycine max* L.) flower and pollen morphology, pollen production, germination, and tube lengths. *J Exp Bot* 2005;**56** (412):725-36.
- (10) **Darbah JNT, Kubiske ME, Nelson N, et al.** Impacts of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> on paper birch (*Betula papyrifera*): reproductive fitness. *Sci World J* 2007;**7**:240-6.
- (11) **Darbah JNT, Kubiske ME, Nelson N, et al.** Effects of decadal exposure to interacting elevated CO<sub>2</sub> and/or O<sub>3</sub> on paper birch (*Betula papyrifera*) reproduction. *Environ Pollut* 2008;**155**:446-52.
- (12) **Morales S, Castro AJ, Rodriguez-Garcia MI, et al.** Involvement of climatic factors in the allergen expression in olive pollen. *Current insight in pollen allergy* 2012.
- (13) **Ziska LH, Caulfield FA.** Rising CO<sub>2</sub> and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Func Plant Biol* 2000;**27** (10):893-8.

### Autres publications identifiées

**Ørby PV, Peel RG, Skjøth C, et al.** An assessment of the potential for co-exposure to allergenic pollen and air pollution in Copenhagen, Denmark. *Urban Clim* Published Online First: 2015.

*Analyse de la coïncidence entre les pics de pollen (herbes et bouleau) et les pics de polluants (SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> et particules). La concentration en ozone a tendance à être plus importante les jours de pollinisation créant des conditions favorables pour une co-exposition avec les allergènes de pollen.*

**Kelish AE, Zhao F, Heller W, et al.** Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen allergenicity: SuperSAGE transcriptomic analysis upon elevated CO<sub>2</sub> and drought stress. *BMC Plant Biology* 2014;**14**:176.

*De l'ambrosie est cultivée sous des concentrations en CO<sub>2</sub> de 380 et 700 ppm. Observations de modifications du pollen et de son pouvoir allergisant.*

**Lu S, Ren J, Hao X, et al.** Characterization of protein expression of *Platanus* pollen following exposure to gaseous pollutants and vehicle exhaust particles. *Aerobiologia* 2014;**30**:281-91.

*Exposition de pollen de platane à des polluants (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> et particules) et observations des effets sur la morphologie du pollen, les protéines (SDS-PAGE) et sur l'allergène Pla a1. Le pouvoir allergisant du pollen est augmenté par l'exposition aux polluants.*

### Conflits d'intérêts :

Les auteurs déclarent :

- n'avoir aucun conflit d'intérêt  
 avoir un ou plusieurs conflits d'intérêt