



LES MASQUES, CO₂ ET TOXICITÉ

Par **Dr. Damien Lafont**, Docteur en physique de l'atmosphère
Temps de lecture : 7 minutes

Le fait de porter un masque plus de huit heures par jour et depuis plus de neuf mois est-il dangereux pour la santé ? Au-delà de la question de l'efficacité et l'utilité des masques dans la situation actuelle, la question de leur innocuité a été rarement soulevée, en particulier en France où le port du masque est désormais obligatoire dans de nombreux lieux. Cependant, les preuves scientifiques des effets toxiques sur la santé d'un excès de dioxyde de carbone (CO₂) sont déjà largement suffisantes pour stopper le port systématique du masque, en particulier dans les écoles et pour les personnes âgées.

Le CO₂, poison pour notre santé

Une étude menée par trois universités américaines (Northwestern University–Chicago, University of Michigan–Ann Arbor, et University of Wisconsin–Madison) publiée en 2019 dans la revue *Nature sustainability* [1] a montré que la présence de dioxyde de carbone dans l'air que nous respirons peut avoir des conséquences importantes et nocives sur notre santé.

Cette étude passe en revue les observations concernant le risque sur la santé d'une exposition aiguë ou chronique à des concentrations élevées de CO₂. Les conclusions scientifiques montrent un risque sur la santé pour des expositions supérieures ou égales à 1000 ppm (parties par million) en particulier les inflammations, la diminution des capacités cognitives, la décalcification des os, la calcification des reins, et le stress oxydant. Un document du **Bureau de la qualité de l'eau et de l'air Santé Canadien (2020)** expose lui aussi en détail les études épidémiologiques, toxicologiques et d'exposition portant sur le CO₂. Ce document propose lui aussi une limite d'exposition de longue durée de **1000 ppm** pour protéger contre le risque accru de symptômes tels que l'irritation des yeux, la rhinite, le mal de tête et la fatigue, ainsi que la baisse de performance cognitive [2].

Respiration et CO₂

L'atmosphère terrestre est composée d'en moyenne 400 ppm de CO₂. Le CO₂ pénètre depuis l'atmosphère dans l'organisme par les poumons au cours de la respiration externe. Il est également produit par les cellules suite à la respiration interne ou cellulaire. Des concentrations de CO₂ entre 400 et 800 ppm et de façon générale inférieures à 1000 ppm sont considérées normales.



Le problème des masques

Sous un masque, une simple mesure de concentration du CO₂ montre des taux compris entre 2000 ppm et 10000 ppm [3, 4, 5] soit 2 à 10 fois la limite d'exposition recommandée et 1 à 5 fois le taux inacceptable pour la santé. Un taux excessif de CO₂ dans le sang constitue une **hypercapnie**. La concentration de CO₂ dans le sang augmente avec la durée de l'exposition. Les réponses physiologiques de l'organisme à une **hypercapnie** dépendent de la durée de l'exposition au CO₂ et de sa concentration.

D'après une étude publiée en 2020 dans le journal Aerosol and Air Quality Research [6], lors du port d'un masque facial, des taux de CO₂ allant de 2150 à 2875 ppm ont été enregistrés dans la zone respiratoire en fonction de l'activité réalisée, contre seulement 500 à 900 ppm sans le port d'un masque. Ainsi, ceci correspond à une augmentation moyenne de 1650 ppm de CO₂ entre le non-port du masque et le port d'un masque (suivant le type de masque porté). Toujours selon cet auteur, les masques sont à classer ainsi suivant un taux de rétention de CO₂ croissant :

- 2051 ± 238 ppm pour les masques en tissu
- 2107 ± 168 ppm pour les masques chirurgicaux
- 2293 ± 169 ppm pour les masques FFP2

Bien que cette étude ne soit réalisée que sur un seul volontaire pendant une très courte période (aucune exposition chronique n'est exposée), l'augmentation de CO₂ dans l'air exhalé est significative lors des activités de marche du quotidien, mais aucune différence significative ne peut être interprétée entre les différents masques [6].

Effets physiologiques du CO₂ et effets sur la santé

Voici les principaux effets sur la santé de l'inhalation de CO₂ chez l'Homme. Les résultats suivants sont d'autant plus pertinents car ils proviennent d'études qui ont aussi examiné les effets de concentrations plus élevées de CO₂ causées par des scénarios d'exposition atypiques ; le port prolongé du masque étant bien sûr une situation pour le moins atypique. Ces données sont tirées d'une vaste revue reprenant de nombreuses ressources bibliographiques [2].

Modification du rythme respiratoire

L'augmentation de la concentration de CO₂ dans le sang provoque des effets notables à court terme sur la régulation respiratoire en particulier une augmentation de la profondeur des mouvements et du rythme respiratoire.

Effets sur la chimie du sang

Lorsque nous respirons un air qui est plus chargé en CO₂, pour maintenir notre équilibre, nous augmentons notre concentration de **bicarbonate** dans le sang et dans l'ensemble de l'organisme. Augmenter cette concentration de bicarbonate modifie l'équilibre acido-basique



et modifie donc un certain nombre d'équilibres, notamment au niveau **rénal et neurologique**. Il est possible d'observer une baisse du pH sanguin (acidose) chez les sujets exposés de façon continue à des concentrations élevées de CO₂ (c.-à-d. de 7000 à 15 000 ppm pendant au moins 20 jours).

Effets sur les reins

Lorsque l'organisme est incapable d'éliminer le surplus de CO₂, ce surplus diminue le pH de l'organisme, ce qui peut entraîner une **acidose aiguë ou chronique** (c.-à-d. pH inférieur à 7,35). Ce surplus d'acidité peut être neutralisé non seulement par la régulation respiratoire abordée précédemment, mais également par une compensation des reins (pendant trois à cinq jours) qui est très active à partir de concentrations de CO₂ dans l'air supérieure à 30 000ppm. Pour une exposition chronique à des concentrations de CO₂ inférieures à 30 000ppm, comme celles mesurées sous les masques, la régulation rénale du pH sanguin est lente et peu efficace, et les tampons osseux constituent alors le principal système de régulation.

Long terme : Un risque pour les os

Lorsque la concentration de CO₂ est **inférieure à un taux de 30 000 ppm** pendant une longue période (comme c'est le cas depuis le début du port obligatoire du masque), la régulation rénale de l'acidité créée par le CO₂ est peu efficace. Dans ce cas, le principal mécanisme de compensation se situe au niveau des os. Les effets de l'exposition prolongée à des concentrations élevées en CO₂ conduisent à une baisse du taux de calcium dans le sang et des biomarqueurs de la formation osseuse ainsi qu'à une légère résorption osseuse.

Effets respiratoires : le masque accroît le risque de symptômes type COVID-19

Les symptômes des voies respiratoires (irritation des yeux, maux de gorge, sécheresse de la gorge, congestion ou écoulement nasal, éternuements et toux) apparaissent plus souvent chez les personnes exposées à des concentrations de CO₂ supérieures à 800 ppm. Des concentrations de CO₂ supérieures à **1000 ppm** sont associées à un risque accru de rhinite (éternuements, ou congestion ou écoulement nasal).

De nombreuses études épidémiologiques (voir tableau 3 sur [2]) dans les écoles et les bureaux ont montré les liens entre les concentrations de CO₂ et des symptômes des voies respiratoires et des muqueuses. Les symptômes comprennent des atteintes oculaires, respiratoires (p. ex., irritation du nez ou de la gorge, rhinite et toux) et généraux (p. ex., fatigue et mal de tête) qui sont liés au **temps d'exposition**.

Ainsi, il peut être noté que :

- L'irritation des yeux, le mal de gorge, la sécheresse de la gorge, la congestion ou l'écoulement nasal, les éternuements et la toux sont observées chez des personnes exposées à des concentrations de CO₂ supérieures à 800 ppm.



- Une augmentation de 100 ppm de la concentration de CO₂ peut augmenter le risque de nombreux symptômes des voies respiratoires et des muqueuses (sécheresse des yeux, mal de gorge, symptômes du nez ou des sinus, oppression thoracique, éternuements, toux, sifflements et rhinite).

Effets neurologiques : le non-sens du port du masque dans les écoles

D'autres études réalisées dans des écoles ou des bureaux (voir tableau 3 sur [2]) ont démontré l'existence d'associations entre la prévalence accrue de symptômes neurophysiologiques et les concentrations élevées de CO₂.

Des dizaines d'études montrent le lien entre les concentrations de CO₂ supérieures ou égales à **1000 ppm** et une baisse de la **performance** à l'école ou au bureau (prise de décision, exécution de tâches et scores aux tests standardisés). Ainsi :

- En moyenne une augmentation de 400 ppm de la concentration de CO₂ (par rapport à une concentration normale) est associée à **une baisse de 21 % du score obtenu aux tests par les participants !**
- Les concentrations de CO₂ supérieures à 1000 ppm sont associées à un manque de **concentration**.
- Des concentrations élevées de CO₂ ont des impacts sur les performances cognitives et la productivité (avec des scores 50% inférieurs lorsque les sujets sont exposés à des concentrations de **1400 ppm** au lieu du taux de CO₂ normal pendant une journée de travail).
- Les concentrations de CO₂ supérieures à **1500 ppm** sont liées à une prévalence accrue de **maux de tête, d'étourdissements, de sensation de tête lourde et de fatigue**.
- Lors d'une exposition de seulement **2,5 heures** une diminution de la performance à la prise de décision, l'exécution des tâches et le niveau d'effort mental nécessaire à l'exécution d'une tâche ont été relevés à une concentration de **3000 ppm**.
- Des effets neurologiques (mal de tête, fatigue, déficience visuelle, difficulté de concentration et augmentation temporaire du débit sanguin cérébral) ont été relevés lors de l'exposition prolongée (**1 à 30 jours**) à des concentrations de CO₂ supérieures à **6000 ppm**.

Comme au niveau des symptômes respiratoires, le risque de symptômes neurophysiologiques croît avec chaque augmentation de **100 ppm** de la concentration de CO₂.

Effets cardio-vasculaires et respiratoires

Les effets cardio-vasculaires et respiratoires dus à l'exposition prolongée par inhalation à des concentrations élevées de CO₂ (supérieures à 7000 ppm pendant 23 jours) créent une diminution de la capacité de diffusion pulmonaire du monoxyde de carbone (CO) et du débit cardiaque, une augmentation de la ventilation et une augmentation temporaire des



fréquences cardiaque et respiratoire. Des risques significatifs de dyspnée sont également observés lors d'efforts légers [7].

Personnes vulnérables et sensibles

Les personnes souffrant déjà de certains problèmes de santé (allergies ou asthme) sont plus sensibles aux symptômes neurophysiologiques que celles n'en souffrant pas.

Le port systématique du masque à partir de l'âge de six ans projette chacun de nous dans la catégorie des personnes vulnérables et sensibles. Désormais les enfants sont considérés comme une population particulièrement vulnérable, exposés à des concentrations élevées de CO₂ lorsqu'ils sont à l'école. De plus, en raison de leur morphologie, les enfants inhalent plus d'air par rapport à leur poids corporel que les adultes. Ils peuvent également être plus sensibles que les adultes aux effets du CO₂ sur la santé en raison de leur différente capacité à métaboliser, détoxifier et excréter le CO₂ mais de leur croissance et de leur développement rapides.

Peur et panique aggravent les effets négatifs d'un excès de CO₂

Une augmentation de l'**anxiété** et de réactions types **crise de panique** est a pu être observée en présence du port d'un masque. Au moins six études montrent que les patients atteints de trouble panique sont plus sensibles aux **effets anxiogènes** du CO₂ que les sujets en bonne santé.

Conclusion

Ces études montrent que le port du masque prolongé n'est pas anodin pour la santé. L'augmentation du taux de CO₂ inhalé modifie l'équilibre acido-basique du corps qui déclenche alors différentes réactions visant à s'opposer à cette l'acidose induite par le port du masque. Il apparait alors important d'étudier la réelle balance bénéfice/risque liée à l'obligation du port du masque dans les activités quotidiennes.

À RETENIR

Des données indiquent que le port d'un masque respiratoire augmente la concentration en CO₂ de l'air inhalé, mais l'effet chronique du masque sur la concentration en CO₂ et son impact sur la santé des individus sont peu étudiées. Les effets délétères sont nombreux et sont plus ou moins graves en fonction de la concentration et de la durée d'exposition :

Exposition aiguë :

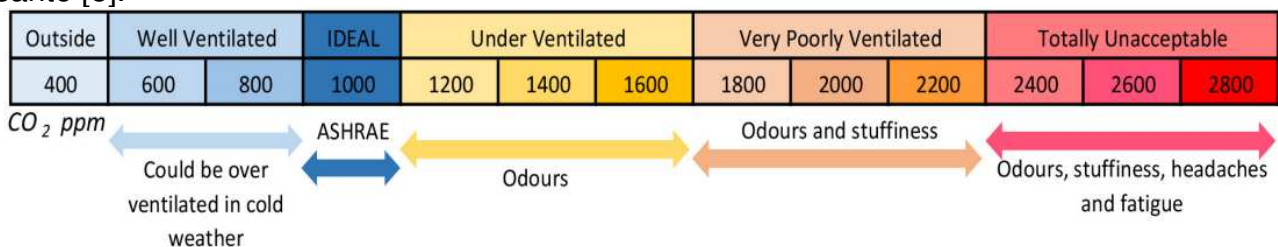
- Rétention du CO₂ (1000-5000 ppm), durée d'exposition inférieure à 4h
- Inflammation (2000-4000 ppm), durée d'exposition : 2h
- Effets cognitifs (1000-2700 ppm), durée d'exposition : 1h à 6h



Exposition chronique :

- Inflammation systémique chronique de bas niveau (3000 ppm), exposition de 13 jours
- Déminéralisation osseuse et calcification rénale (2000-3000 ppm), 60 à 90 jours
- Acidose respiratoire chronique de bas niveau, dizaine d'années d'exposition
- Changements de comportement et stress physiologique (700-3000 ppm), exposition de 13 à 15 jours
- Stress oxydant (3000-5000 ppm), 13 jours à 6 mois
- Effets cardio-respiratoires
- Effets neurologiques
- Effets rénaux

Pour toutes les raisons exposées précédemment, les normes au niveau international sont égales ou proche des 1000 ppm (France : 1000 ppm, Royaume-Uni : 1500 ppm). De façon générale, un niveau de 2000-2500 ppm en CO₂ est considéré comme inacceptables pour la santé [8].



RÉFÉRENCES

[1] T. A. Jacobson, J. S. Kler, M. T. Hernke, R. K. Braun, K. C. Meyer, et W. E. Funk, « Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide », Nature Sustainability, vol. 2, n° 8, Art. n° 8, août 2019, doi: [10.1038/s41893-019-0323-1](https://doi.org/10.1038/s41893-019-0323-1).

[2] Bureau de la qualité de l'eau et de l'air et Santé Canada, « Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel recommandées pour le CO₂ ». 2020, Consulté le: déc. 1, 2020. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/consultation-residential-indoor-air-quality-guidelines-carbon-dioxide/consultation-lignes-directrices-qualite-air-interieur-residentiel-dioxyde-carbone.pdf>.

[3] <https://thehighwire.com/mask-test-proves-toxic-for-children/>

[4] <https://www.youtube.com/watch?v=jmEt0UjrnfQ>

[5] référence [4] à télécharger ici si elle a été censurée.

<https://drive.google.com/file/d/1o5WUdKmpjmaVzTC-DgrPwHiNyZnGEnZI/view>



- [6] O. Geiss, « Effect of Wearing Face Masks on the Carbon Dioxide Concentration in the Breathing Zone », *Aerosol Air Qual. Res.*, vol. 20, oct. 2020, doi: [10.4209/aagr.2020.07.0403](https://doi.org/10.4209/aagr.2020.07.0403).
- [7] E. Person, C. Lemercier, A. Royer, et G. Reyckler, « Effet du port d'un masque de soins lors d'un test de marche de six minutes chez des sujets sains », *Revue des Maladies Respiratoires*, vol. 35, n° 3, p. 264-268, mars 2018, doi: [10.1016/j.rmr.2017.01.010](https://doi.org/10.1016/j.rmr.2017.01.010).
- [8] J. Y. S. Loh et M. M. Andamon, « A Review of IAQ Standards and Guidelines for Australian and New Zealand School Classrooms », p. 8.