

Impact de la pollution atmosphérique sur la santé des Québécois et des Canadiens.

14 Janvier 2021

Dr François Reeves MD FRCPC
Cardiologue d'intervention, CHUM et CS Laval
Professeur agrégé de clinique, Faculté de médecine et
École de santé publique
Université de Montréal

Résumé

Ce rapport est destiné à exposer la somme des connaissances les plus récentes de l'impact des polluants atmosphériques sur la santé et ses coûts inhérents. Dans ce dossier précis (AQLPA vs VW), il sert à aider à établir un estimé aussi précis que possible des impacts causés par la pollution excédentaire aux normes de la part des véhicules VW au Québec (1er janvier 2009 au 21 septembre 2015). Les informations contenues au présent rapport constituent un des intrants destinés à l'autre expert dans le présent dossier, monsieur Sébastien Raymond, lesquelles lui ont été fournies afin qu'il puisse les utiliser en vue de quantifier les impacts sanitaires et autres de cette pollution excédentaire.

Plusieurs publications scientifiques ont été produites dans le passé sur ce sujet dont certaines avaient déjà été déposées au dossier de la cours avant que nos services soient retenus, avec divers autres éléments factuels plus généraux (notamment les rapports suivants : P3, P14 à P25, cf : références). Ces rapports et études sont crédibles et proviennent de chercheurs et institutions reconnus. Le présent rapport en a tenu compte et aussi est plus à jour en citant les études les plus récentes.

L'usage massif des combustibles fossiles a deux impacts sur la santé : par toxicité directe et par événements climatiques. L'impact environnemental sur notre santé est hautement significatif : la pollution de l'air est la première cause de mortalité au monde, causant annuellement plus de 8 millions de décès excédentaires (OMS, 2019) soit plus que le tabac (7 millions) ou la COVID-19 (1,000,000 à ce jour).

Au Québec, selon le Ministère de l'Environnement, les polluants sont très majoritairement issus des transports routiers : 62 % des polluants tels particules fines, SO₂, NO₂ et ozone proviennent du transport routier.

Au Canada (données de 2015, analysées et publiées en 2019), la pollution atmosphérique entraîne environ 15,000 décès excédentaires et des coûts en santé et invalidité de l'ordre de 114 milliards de dollars. Dans la même étude de Santé Canada,

on estime au Québec à 3,800 le nombre de décès en excès et à \$28 milliards les impacts sanitaires. Plus précisément, on y attribue 260 décès prématurés au NO₂, 2,600 aux particules fines et 910 à l'ozone, les trois émanant principalement des véhicules à combustion.

En diminuant les émanations fossiles, il est bien documenté que l'on contribuera à prévenir une partie très significative de ces millions de maladies et de décès excédentaires. Les recommandations du *2018 Report of the Lancet Count-down on Health and Climate Change* pressent le corps médical d'appuyer la lutte aux changements climatiques et prescrivent à nos gouvernements d'adopter des mesures réduisant tant les gaz à effet de serre que les polluants atmosphériques émis par les énergies fossiles.

Table des matières

Page	Section	Paragraphe
1	Résumé	
3	Introduction	
4	Toxicité humaine directe des combustibles fossiles	
	Données populationnelles	
	La pollution atmosphérique tue-t-elle?	
5		Comment la pollution tue-t-elle?
		Situation canadienne et québécoise
6		Étude CanCHEC extrait 1
7		Étude CanCHEC extrait 2
8		Étude CanCHEC extrait 3
9		Maladies cardiaques et pollution
		Pollution et facteurs de risques traditionnels
10		Atteintes cérébrales et pollution
		Environnement : cause de démence
		La pollution atrophie le cerveau
11		Développements des enfants
12		Carte des écoles de Barcelone et pollution locale
13		Développement de la mémoire de travail
14		Maladies chroniques, cancer et pollution
15	Effets indirects des changements climatiques sur la santé	
15	Rapport en santé publique des grands organismes internationaux	

		Bureau des Nations-Unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNISDR) OCDE
15		Banque d'Angleterre et Lloyd's
16		Ouranos 2007 L'année « Non el Nino ». 330 milliards en réclamation de dommages climatiques.
17		Zoonoses CO2 : acidification des océans; menace alimentaire
18		Pollution et alimentation industrielle
19		La tempête vasculaire parfaite : manger du fast-food dans un centre-ville pollué.
20		Développement de l'athérosclérose selon l'alimentation et la qualité de l'air.
21		Pollution atmosphérique : implication des sociétés médicales
22		Recommandations des sociétés médicales
23		Conclusion
24-33		Références
34-38	Annexe 1	Mandat du Dr François Reeves
38	Annexe 2	MiniBio Dr François Reeves

Joint au présent document : CV complet Dr François Reeves (52 pages)

Introduction

Nous avons reçu le mandat de la part de l'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA) de produire le présent rapport aux fins de son dépôt dans la cause AQLPA c. Groupe Volkswagen (VW) devant la Cour supérieure de Québec. Notre mandat consistait à fournir à l'autre expert au présent dossier, Monsieur Sébastien Raymond, à titre d'intrant, un rapport indiquant quels sont les impacts physiologiques et épidémiologiques de la pollution atmosphérique issue des combustibles fossiles sur la santé humaine et ses coûts inhérents, avec données quantitatives et sources. Nous avons ainsi fourni à Monsieur Raymond toutes les informations contenues au présent rapport afin que celui-ci puisse s'en servir durant la rédaction de son propre rapport en vue de quantifier les impacts sanitaires et autres de la pollution excédentaire aux normes de la part des véhicules VW au Québec (1er janvier 2009 au 21 septembre 2015). Voir notre mandat en annexe.

Le présent rapport est donc destiné à exposer la somme des connaissances les plus récentes de l'impact des polluants atmosphériques sur la santé en lien avec l'environnement et leurs coûts inhérents, en lien avec les enjeux de ce dossier. Ces deux piliers de notre société sont trop souvent considérés comme distincts alors qu'ils sont fondamentalement liés.

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et la *2015 Lancet Commission on Health and Climate Change* considèrent les changements climatiques comme la principale menace en santé publique du 21^e siècle. Ils prédisent que si la situation n'est pas corrigée, nous pourrions voir se perdre rapidement les gains en santé publique acquis dans les 50 dernières années.

Plusieurs grands organismes ont évalué l'impact de l'environnement sur la santé. Les rencontres internationales (OMS, Genève 2014, Paris 2016, Genève 2018; COP21, Paris 2015; ONU, New York 2015) et publications scientifiques faisant état des répercussions de la pollution et des changements climatiques sur la santé se sont récemment multipliées. Ce rapport se veut une synthèse des conclusions et recommandations des grands organismes de santé nationaux et internationaux.

L'altération de notre environnement par une consommation énergétique basée massivement sur les combustibles fossiles se distingue en deux grandes catégories.

- **Toxicité humaine directe** du milieu (air, eau et sol) par les métabolites des combustibles fossiles.
- **Effets sanitaires indirects** des changements climatiques sur le climat, les phénomènes météorologiques, l'atmosphère et les océans.

Toxicité humaine directe des combustibles fossiles

Données populationnelles

Les données qui vont suivre sont majeures mais trop peu connues, notamment des décideurs. Elles sont validées par les meilleurs groupes de recherche et d'experts et reconnues dans le monde de la finance et de l'assurance.

La pollution atmosphérique tue-t-elle ?

Oui, et elle est considérée comme le tueur numéro un de la planète, tuant chaque année plus d'humains que le sida, le Zika, l'Ebola, la malaria, la COVID-19 et toutes les guerres réunis. Dans le monde, en 2015, la *Lancet Commission on Pollution and Health* estime à 9 millions le nombre de décès excédentaires causes par la pollution aérienne (Landrigan *et al.*, 2018). Par décès excédentaire ou prématué, on parle de morts qui ne seraient pas survenues si la pollution atmosphérique n'existe pas. Pour fin de comparaison, l'OMS estime à 6 millions par année les décès excédentaires dus au tabac (OMS, 2014) et à 700,000 le nombre de décès dus à la COVID-19 (juillet 2020).

En Europe, l'European Environment Agency estimait en 2018 à 500,000 les décès excédentaires annuels causés par la pollution (EEA, 2018). Une mise à jour publiée dans l'European Heart Journal porte ce nombre à 790,000 (EHJ, 2019). En France, la Santé Publique publiait en 2016 que chaque année, la pollution atmosphérique provoque 48,000 décès et coûte 145 milliards d'euros en santé et invalidité à la société française (Santé publique France, 2016). Ce nombre est maintenant estimé à 105,000 (EHJ, 2019). Le rapport Chanel (2017) de Santé publique France estime que la France pourrait économiser 53 milliards d'euros par an en soins de santé et invalidité en respectant les valeurs guides de qualité de l'air de l'OMS (Gomez, 2017).

Aux États-Unis, les décès dus à la pollution aérienne sont estimés à près de 300,000 par année selon l'Environmental Protection Agency. Au Canada, Santé Canada estime que ce nombre de décès annuels est inclus dans une fourchette de 7 000 à 21 000 selon les études (Association médicale canadienne, INSPQ, Santé Canada, Université Fraser, Boyd et Genuis). Au Québec, la mortalité excédentaires était initialement estimée à 2000 par an selon une étude de 2007 utilisant le modèle de simulation Air Quality Assessment Tool (AQBAT) développé à Harvard et publié par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (Bouchard et Smargiassi, 2008).

Dans son rapport de 2019, Santé Canada publie que la mortalité excédentaire due à la pollution atmosphérique au Québec (2015) est de l'ordre de 3,800 décès par an et les frais de santé/invalidité inhérents sont de l'ordre de 28 milliards de dollars.

Comment la pollution tue-t-elle ?

La mortalité due à la pollution découle de 65 à 80 % de maladies cardio-vasculaires, soient événements cardiaques ou accidents vasculaires cérébraux (AVC) (OMS, 2014). Deux mises à jour (*statements*) ont été publiées par l'American Heart Association en 2004 et 2010. Elles établissent clairement la pollution aérienne comme facteur de risque et cause d'infarctus et d'AVC (Brook *et al.*, 2010). Nous présenterons plus loin les mécanismes physiologiques par lesquels la pollution cause l'athérosclérose (obstruction artérielle) en plus d'autres maladies. Les deux concepts clés sont : le stress oxydatif et l'inflammation systémique, deux facteurs qui altèrent tous les organes, entre autres les artères, à toutes les phases de la vie.

Situation canadienne et québécoise

Selon l'Institut international de développement durable (IISD) (Smith et McDougal, 2017), les coûts annuels en soins de santé et invalidité au Canada dus à la pollution aérienne sont de 36 milliards de dollars (2015). Ces données sont analysées par le Conference Board du Canada. Ces coûts sont de 39 milliards si l'on considère tous les types de polluants. Les auteurs estiment que ces chiffres sont prudents, car d'autres toxicités environnementales sont connues mais peu ou pas mesurées.

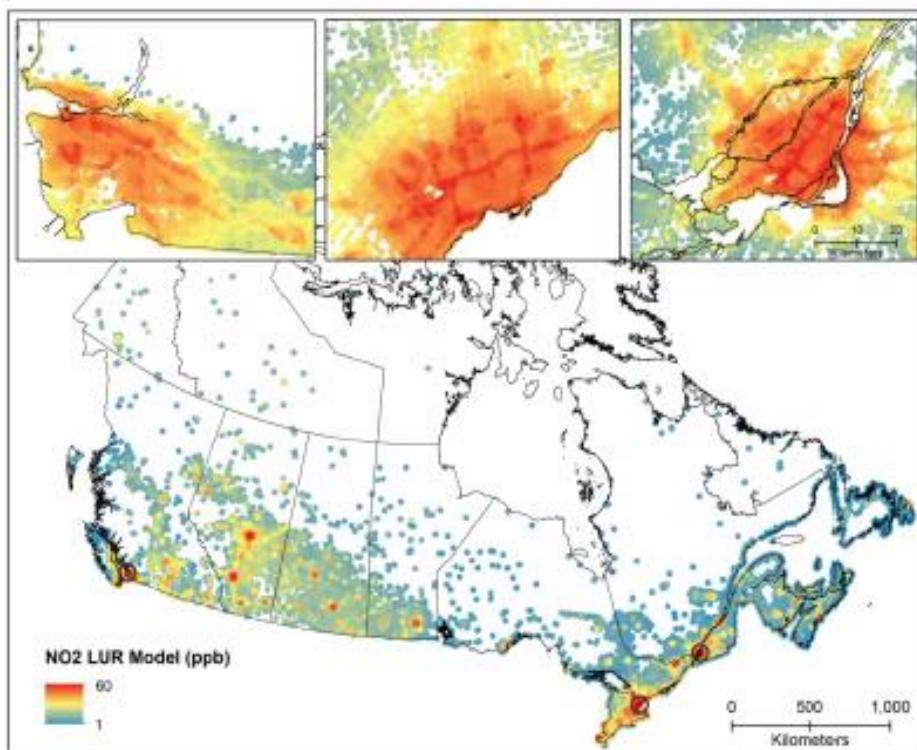
De fait, une récente mise à jour en décembre 2019 par Santé Canada fait état de 15,000 décès excédentaires dus à la pollution atmosphérique et une facture de soins de santé et invalidité de 114 milliards de dollars. Pour le Québec, on estime à 3,800 le nombre de décès en excès et à \$28 milliards les impacts sanitaires et d'invalidité. Plus précisément, on y attribue 260 décès prématués au NO₂, 2,600 aux particules fines et 910 à l'ozone, les trois émanant principalement des véhicules à moteurs.

Une autre grande étude brosse le portrait de santé environnementale canadienne en combinant les données de satellites, de stations terrestres et des banques de santé : l'étude CanCHEC, fruit de la collaboration de l'Agence spatiale canadienne, de Santé Canada, d'Environnement Canada et de plusieurs universités (Crouse *et al.*, 2015). Ce rapport démontre que Montréal est la troisième ville la plus polluée du Canada. On observe un taux de décès plus élevé dans les zones polluées, particulièrement près des voies routières denses. On constate une hausse de mortalité atteignant plus de 25 % chez les gens vivant à moins de 50 mètres des voies routières polluées comparativement à ceux vivant à plus de 300 mètres de celles-ci. Les figures suivantes tirées de l'étude CanCHEC expliquent la méthodologie de l'étude.

Étude CanCHEC – Extrait 1

Taux de dioxyde d'azote (NO_2) au Canada mesuré par satellite.

Panel c) NO_2

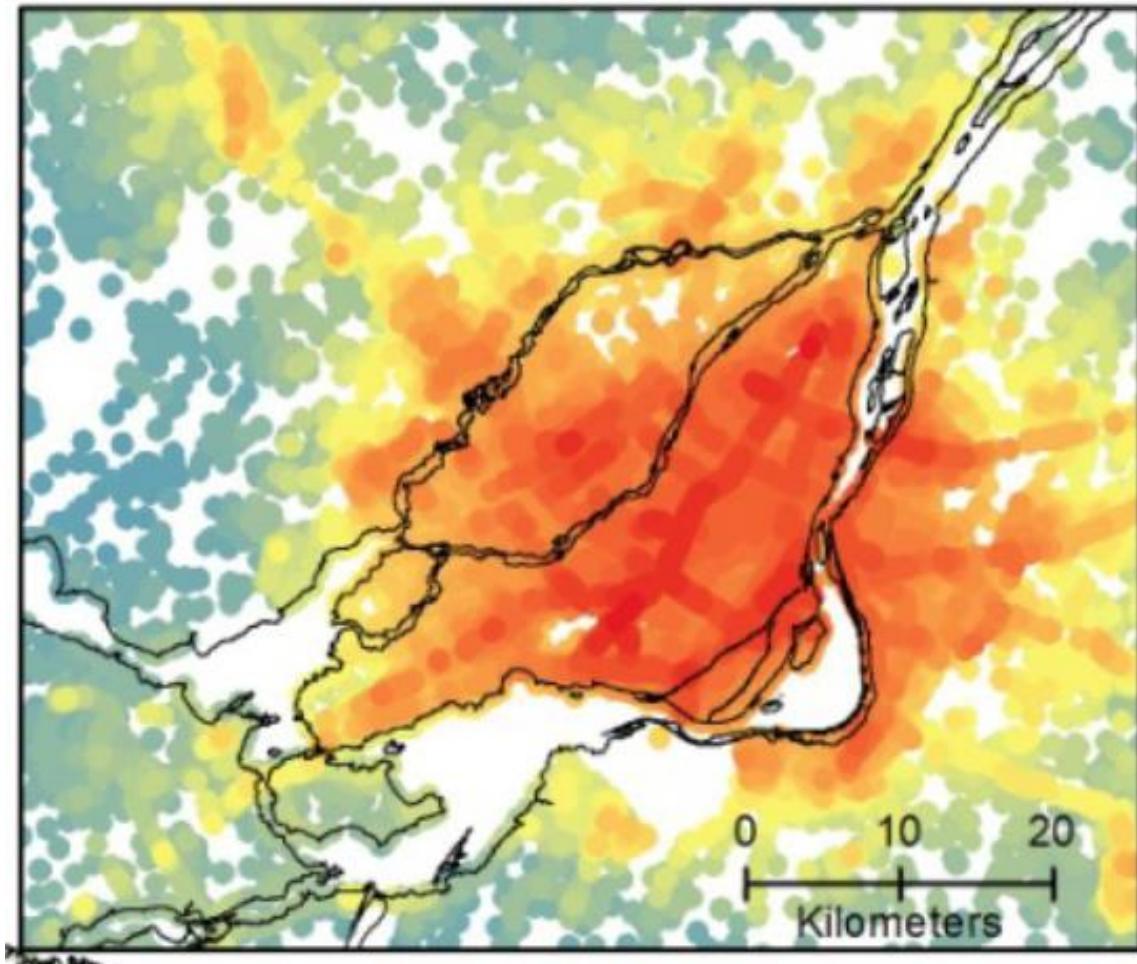


Ces graphiques sont tirés de l'étude CanCHEC et démontrent les taux de différents polluants émis par les activités de transport, particulièrement près des voies routières denses (Crouse *et al.*, 2015). Sur la première figure (Panel C), on montre le taux de dioxyde d'azote (NO_2) mesuré par satellite sur le Canada et dans les régions de Vancouver, Toronto et Montréal.

Les normes de sécurité du NO_2 selon le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs sont de 0,25 partie par million (ppm) pour 1 heure, 0,1 ppm pour 24 heures et de 0,05 ppm pour 1 an (Ministère de la Santé et des Services sociaux, 2014).

Étude CanCHEC – Extrait 2

Taux de dioxyde d'azote (NO_2), mesuré par satellite, région de Montréal.



NO₂ LUR Model (ppb)

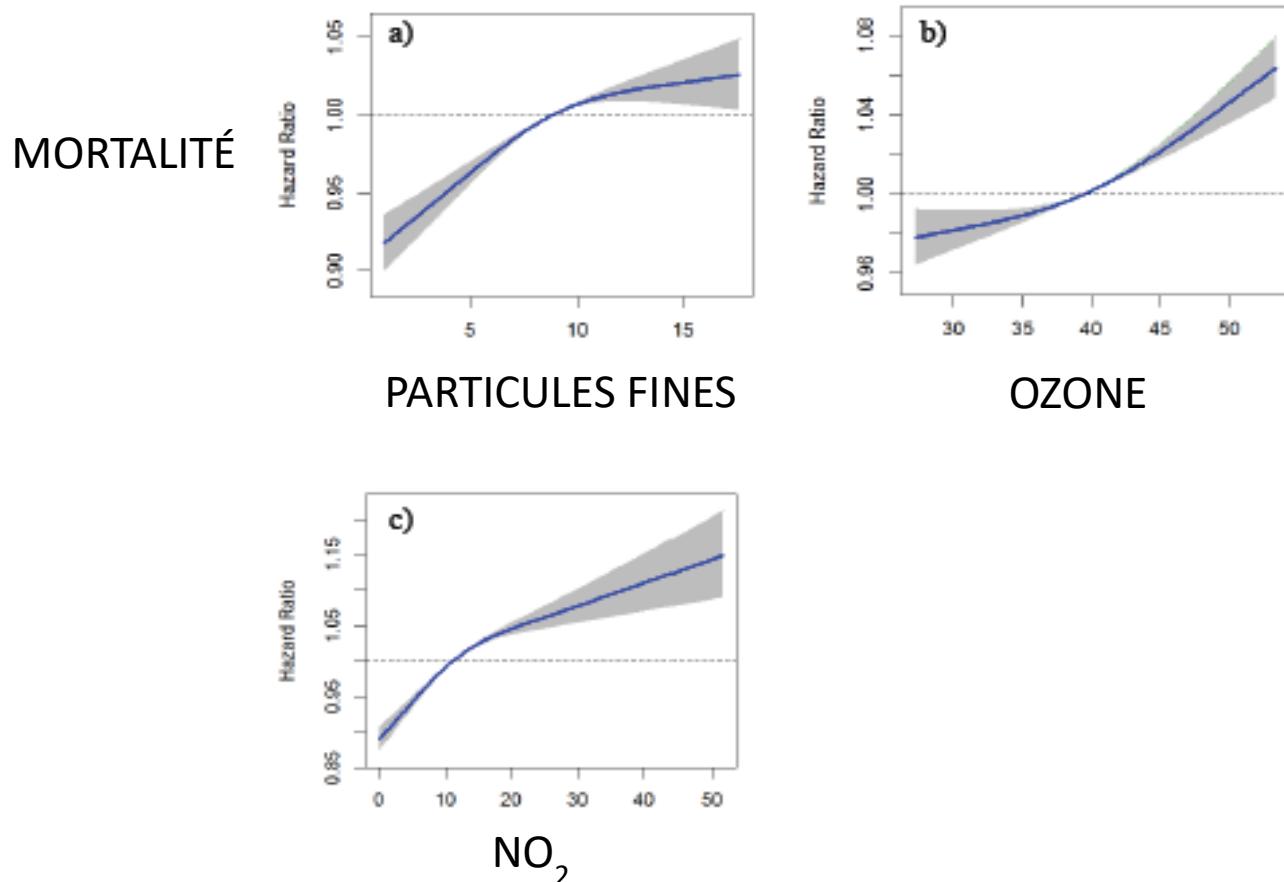


Il est remarquable de constater la parfaite corrélation des taux de dioxyde d'azote (NO_2) avec les tracés des grandes voies routières. On y retrace facilement les autoroutes Métropolitaine, Décarie et Ville-Marie, ainsi que les autoroutes 10, 15, 20 et 40. On peut suivre la densité routière par les émanations polluantes.

Étude CanCHEC – Extrait 3

Taux de mortalité liée aux polluants particules fines, ozone et dioxyde d'azote

Figure S3. Concentration response plots for mortality by pollutant in single-pollutant models: models stratified by age and sex, adjusted for personal^a and contextual^b covariates. a) PM_{2.5} (mean: 8.9 µg/m³; knots: 3.9, 8.6, 14.4 µg/m³). b) O₃ (mean: 39.6 ppb; knots: 30.0, 38.9, 50.7 ppb). c) NO₂ (mean: 11.6 ppb; knots: 3.1, 9.8, 23.4 ppb).



La figure S3 et présente les courbes de mortalité (ordonnée) corrélées par polluant (abscisse) qui sont ajustées pour l'âge, le sexe, et les données individuelles et contextuelles. Dans les trois cas, on observe une hausse de mortalité atteignant jusqu'à 25 % lorsque le taux de polluant monte. En résumé, au Canada, la mortalité s'accroît de 15 à 25 % à proximité d'une voie routière polluée.

Maladies cardiaques et pollution

Les mécanismes par lesquels la pollution aérienne cause infarctus, AVC et décès sont bien compris (Pope III *et al.*, 2004; Simkhovich, Kleinman et Kloner, 2008). Ils ont fait l'objet de grandes revues, notamment par l'American Heart Association (Brook *et al.*, 2010).

La pollution aérienne a un dénominateur commun principal : les combustibles fossiles, dont l'inhalation des fumées cause stress oxydatif et inflammation systémique dans les artères et l'ensemble du corps. Lorsque l'on brûle du charbon, du kérone, du diesel, de l'essence, etc., on émet une multitude de composés toxiques pour nos artères, notamment de l'ozone (O_3), du dioxyde de soufre (SO_2), du dioxyde d'azote (NO_2) et des particules fines, en plus du gaz carbonique (CO_2) et du méthane (CH_4), les deux gaz à effet de serre (GES) principalement responsables des changements climatiques. Pour respirer, on inhale quotidiennement de 10,000 à 20,000 litres d'air, soit 10 à 20 kilos d'air, alors que l'on boit 2 kilos (2 litres) de liquide. Une quantité même modérée de polluants finit à long terme par imprégner et altérer nos organismes.

Les polluants inhalés s'attaquent directement aux artères par stress oxydatif. Ils induisent des calcifications artérielles et une athérosclérose accélérée, et augmentent le risque de thrombose et d'infarctus aigus (Mustafić *et al.*, 2012). Chaque épisode de smog à Boston entraîne une hausse de 45 à 60 % des infarctus dans les journées suivantes (Peters, Dockery, Muller et Mittleman, 2001). En Hollande, la mortalité liée à des problèmes cardiaques augmente de 95 % chez les personnes vivant à moins de 50 mètres d'une voie routière polluée, en comparaison avec les gens vivant à plus de 200 mètres d'une de ces voies (Hoek *et al.*, 2002).

Pollution et facteurs de risque traditionnels

D'autre part, les polluants fossiles exacerbent les facteurs de risque vasculaire classiques par inflammation systémique et stress oxydatif, ceux-ci affectant tout l'organisme humain. La prévalence du diabète, de l'hypertension et du haut cholestérol augmente dans les milieux pollués. Les polluants induisent de la résistance à l'insuline (diabète) (Bhatnagar, 2009; Strak *et al.*, 2017); de la vasoconstriction (hypertension) (Giorgini *et al.*, 2016), et perturbent la métabolisation des graisses par le foie, favorisant le mauvais cholestérol (cholestérol LDL) (Yitshak Sade *et al.*, 2016). L'ensemble de ces atteintes métaboliques entraîne une hausse de mortalité dans les secteurs pollués (Jerrett *et al.*, 2013).

Atteintes cérébrales, développement mental et pollution

Des quantités modérées de polluants, situées en deçà des normes de toxicité de l'OMS, mais constamment présentes, tout particulièrement près de sources comme les centrales fossiles ou les voies routières polluées, contribuent à l'apparition des problèmes suivants (University of Southern California, 2017) :

- Anomalies cérébrales et cognitives chez les enfants dont le développement embryonnaire et fœtal s'est passé en milieu pollué (Guxens *et al.*, 2018);
- Ralentissement psychomoteur et diminution du quotient intellectuel des enfants dans les écoles situées à proximité de routes polluées (Sunyer *et al.*, 2015);
- Hausse du nombre d'AVC avec hausse de pollution (Kettunen *et al.*, 2007 ; Wellenius *et al.*, 2012) ;
- Augmentation de la prévalence de la démence sénile (*The Lancet Neurology*, 2018; Weuve *et al.*, 2012; Zhang, Chen et Zhang, 2018);
- Hausse du nombre de cas d'atrophie cérébrale (Wilker *et al.*, 2015).

L'environnement fait maintenant partie des causes de la démence

Plus la pollution atmosphérique est élevée, plus il y a des dommages au cerveau. Les atteintes les plus fréquentes sont l'atrophie cérébrale et l'Alzheimer, et, chez les enfants, les troubles d'apprentissage et du développement.

Pour les adultes, une étude de l'Université de Toronto publiée dans le *Lancet* (Chen *et al.*, 2017) démontre que sur 2,2 millions de personnes de 55 à 85 ans suivies pendant 10 ans, on compte 12 % plus de cas de démence chez celles vivant à moins de 50 mètres d'une voie routière polluée que chez celles vivant à plus de 300 mètres d'une telle artère.

Depuis 1995, une étude américaine (Nurses' Health Sud Cognitive Cohort) a suivi 19 000 infirmières âgées aujourd'hui de 70 à 81 ans et vivant dans 12 États américains. On observe que plus elles ont été exposées à un niveau élevé de pollution, plus leurs capacités cognitives (mémoire et logique) ont diminué. À chaque hausse de 10 µg/m³ de particules fines dans l'air qu'elles ont respiré, la mémoire et l'attention des sujets montrent un vieillissement accru de deux ans et une baisse de 2% du quotient intellectuel (Weuve *et al.*, 2012; Power, Adar, Yanosky et Weuve, 2016). Le risque de démence double chez les femmes âgées exposées à un environnement dans lequel le taux moyen de particules fines dépasse 12 µg/m³ (Chen *et al.*, 2015).

La pollution atrophie le cerveau

Les universités Harvard et Boston publient en 2015 une analyse d'imagerie cérébrale chez les sujets de l'étude Framingham. Cette légendaire étude suit depuis 1948 quatre

générations d'habitants de la ville de Framingham et a clairement exposé des facteurs de risque cardiovasculaires comme l'hérédité, le diabète, le tabac, l'hypertension, etc. Cette analyse observe que plus les gens vivent près d'une voie routière polluée, plus certaines zones du cerveau mesurées par résonance magnétique nucléaire rapetissent (atrophie cérébrale) (Wilker *et al.*, 2015).

En conclusion, la pollution atrophie le cerveau et entraîne une baisse des fonctions mentales, comme en témoigne une étude faite en Chine en collaboration avec l'Université Yale : les hommes exposés à des taux de pollution supérieurs aux normes de l'OMS subissent une perte de fonctions cognitives allant jusqu'à 20 % (Zhang, Chen et Zhang, 2018).

Développements des enfants

Dès l'utérus, plusieurs études relèvent des altérations du développement neurologique dues à la pollution (Guxens et Sunyer, 2012; Suades-González, Gascon, Guxens et Sunyer, 2015; Chiu *et al.*, 2016; Sentís *et al.*, 2017). À Rotterdam, 783 enfants ont été suivis de leur conception jusqu'à leurs 10 ans pour mesurer les effets de la pollution lors de la grossesse sur leur développement neurologique. Au terme de l'étude, tous les enfants ont passé des examens d'imagerie cérébrale et des évaluations psychométriques. Les enfants dont les mères ont été exposées durant leur grossesse à un haut taux de particules fines montraient à l'âge de 6 à 10 ans des zones de cortex cérébral plus minces que les enfants exposés *in utero* à un bas taux de particules fines (Guxens *et al.*, 2018). Le taux moyen de particules fines auquel les mères étaient exposées était de $20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec des écarts de 16 à $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Chaque hausse de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ était associée à un amincissement de 0,045 mm du cortex des régions précurées et rostrales moyennes frontales, soit les aires associées au contrôle de l'inhibition, impliquées dans les troubles d'attention et dans l'impulsivité. Cette étude apporte un éclairage physiologique aux liens épidémiologiques entre la pollution et les troubles de développement observés dans les études citées plus bas.

À Barcelone, une étude prospective a comparé le développement cognitif de 2700 enfants dans 39 écoles primaires en fonction du taux de pollution mesuré à l'école, tenant compte des autres variables démographiques et biologiques. Ils ont identifié des écoles primaires exposées à de haut taux de polluants (points noirs sur la carte, figure suivante) et des écoles primaires en air « propre » (points blancs sur la carte) pour un total de 39 écoles. Les chercheurs ont suivi pendant un an le développement cognitif des enfants par des tests psychométriques. Constat décevant, les élèves exposés à de haut taux de polluants dans leur école ont subi un ralentissement significatif de leurs capacités d'apprentissage, notamment de la mémoire de travail (*working memory*), essentielle dans des tâches d'apprentissage (Sunyer *et al.*).

Carte de Barcelone, sites des écoles étudiées et taux de NO₂ régional

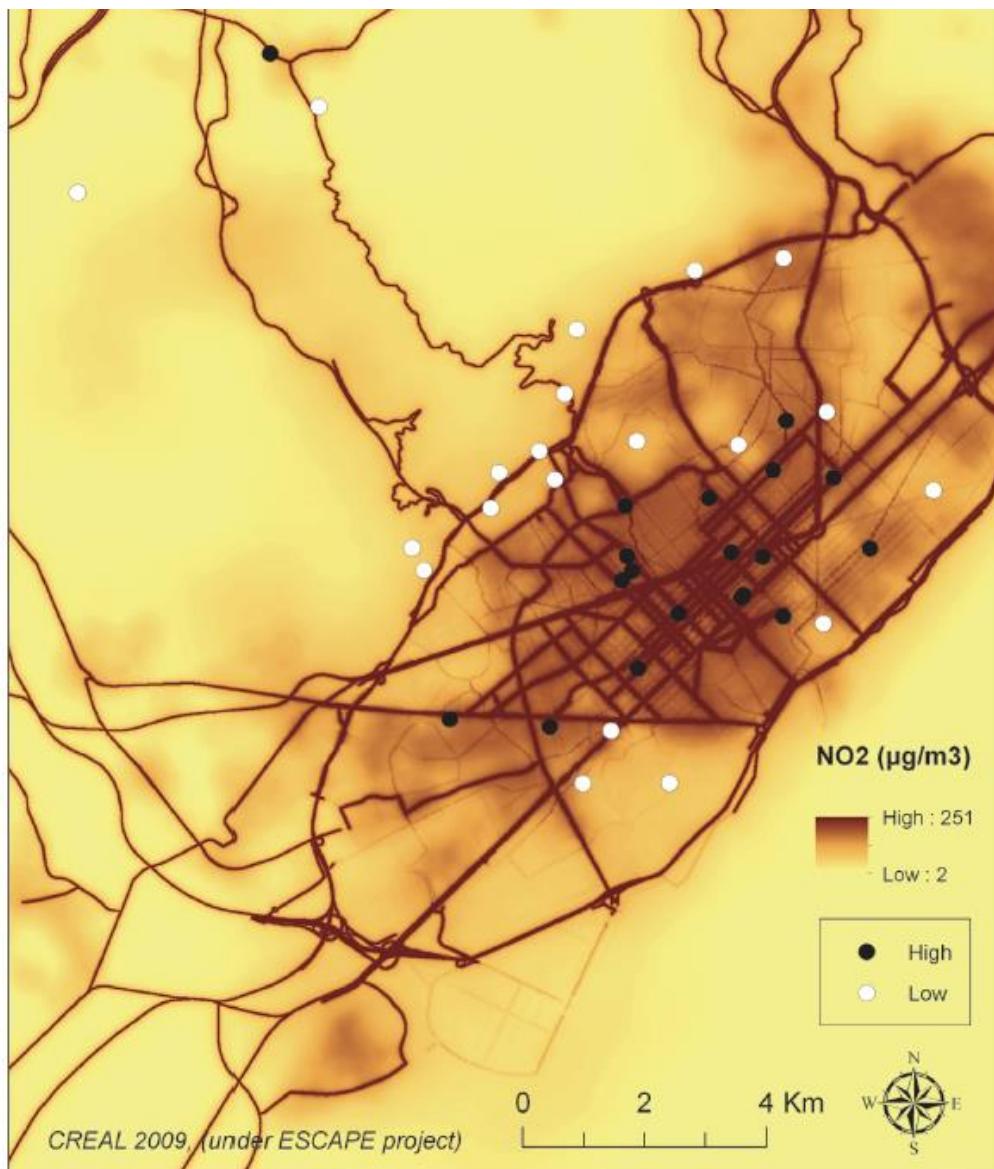


Fig 1. Map of Barcelona and the schools by high or low air pollution by design. Black dots indicate the locations of schools with high air pollution, and white dots indicate the locations of schools with low air pollution, based on NO₂ levels.

doi:10.1371/journal.pmed.1001792.g001

Les points blancs correspondent aux écoles les moins polluées, tandis que les points noirs correspondent aux écoles les plus polluées en NO₂ (Sunyer et al.).

Développement de la mémoire de travail chez les élèves suivis dans l'étude de Barcelone.

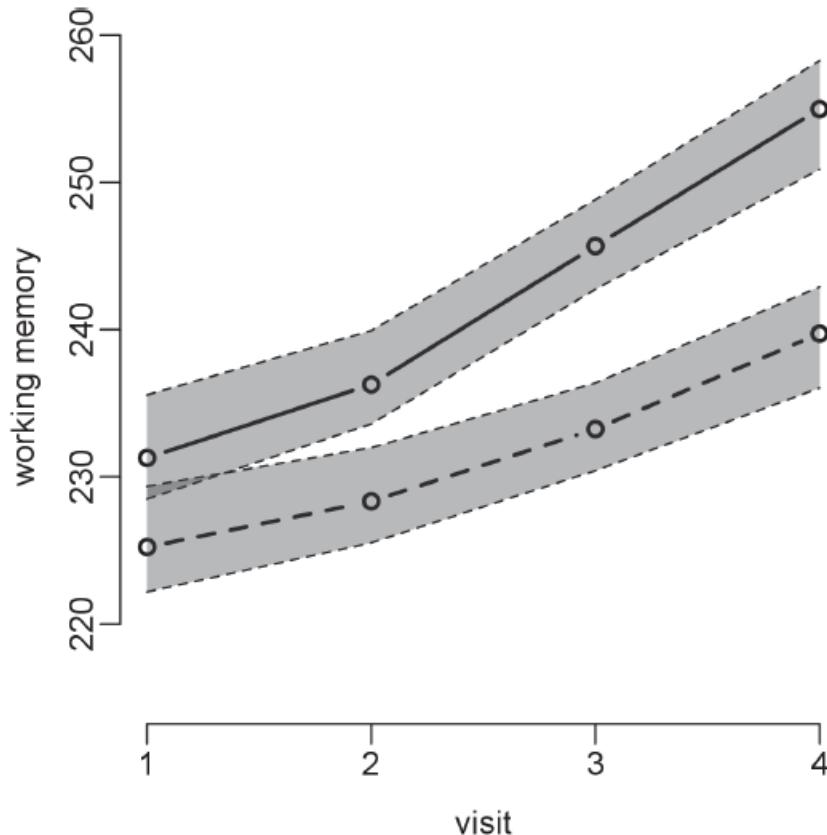


Fig 2. Working memory development by high- or low-traffic-air-pollution school. Dashed line = high traffic air pollution; continuous line = low traffic air pollution; gray shading indicates 95% CIs. Adjusted for age, sex, maternal education, residential neighborhood socioeconomic status, and air pollution exposure at home; school and individual as nested random effects in 2,715 children and 10,112 tests from 39 schools.

doi:10.1371/journal.pmed.1001792.g002

Ce graphique démontre les mesures psychométriques, ici la mémoire de travail. Les écoliers fréquentant les écoles les moins polluées (ligne pleine) montrent une meilleure progression de la mémoire de travail (Sunyer et al.). Cette observation environnementale peut être la base d'une hypothèse diagnostique et préventive quant aux troubles d'apprentissage et d'attention si fréquents de nos jours.

L'ensemble des constats de la pollution sur le développement des enfants a amené dès 2003 la Californie à adopter le Bill 352 bannissant la construction d'écoles et de garderies à moins de 500 pieds d'une autoroute (State of California, 2003; Hopkins, 2017).

Maladies chroniques, cancer et pollution

Les maladies pulmonaires chroniques (McCreanor *et al.*, 2007), l'asthme (Rage *et al.*, 2009; Sbihi, Tamburic, Koehoorn et Brauer, 2016) et le cancer (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2013 ; Kelland et Nebehay, 2013), incluant celui du poumon (IARC, 2013) et celui du sein (Mordukhovich *et al.*, 2015), sont plus fréquents en milieu pollué.

La mortalité annuelle (8-9 millions annuellement) due à la pollution est à 80 % liée à des causes cardiovasculaires, à 11 % causée par des maladies respiratoires chroniques, à 6 % entraînée par le cancer et, à 3 %, par des infections respiratoires chez l'enfant (OMS, 2014). Les grands épisodes de smog tuent des milliers de personnes en quelques jours (*Great London Smog* de 1952 [Bell, Davis et Fletcher, 2004], Pékin et New Delhi tous les ans [OMS, 2014]). On estime à plus de 220 000 le nombre de cancers du poumon dus annuellement à la pollution (IARC, 2013).

Effets indirects des changements climatiques sur la santé

La température, c'est de l'énergie. En ajoutant 2 degrés Celsius à la gigantesque échelle de la Terre, la somme énergétique accumulée devient massive. Les experts du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) anticipent une élévation d'au moins 4,8 degrés Celsius si rien ne change. Selon le GIEC, les experts anticipent plus de canicules, d'inondations et de tempêtes, lesquelles entraînent un lot de morbidité, particulièrement chez les populations vulnérables.

Rapports en santé publique des grands organismes internationaux

Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNISDR)

Dans un rapport publié le lundi 23 novembre 2015, le Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNISDR) révèle qu'au cours des 20 dernières années, 90 % des catastrophes majeures ont été causées par 6457 événements enregistrés (inondations, tempêtes, vagues de chaleur, sécheresses et autres), liés aux conditions météorologiques (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015).

Toujours selon ce rapport, « Les catastrophes météorologiques ont pris 606,000 vies, en moyenne 30,000 par an, avec en plus 4,1 milliards de personnes blessées, devenues sans-abri ou ayant eu besoin d'une aide d'urgence ». C'est surtout dans les zones touchées par les ouragans que l'on relève le plus de destruction et de pertes, les zones inondées et celles de grandes sécheresses doublées de famine suivant respectivement en deuxième et troisième places.

OCDE

L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) estime que ses États membres investissent annuellement entre 160 et 200 milliards de dollars pour produire du charbon, du pétrole et du gaz (Quelle Énergie, 2018; OCDE, 2015). Selon le FMI, si l'on inclut les coûts publics des dommages environnementaux et de santé dus aux énergies fossiles, les subventions publiques mondiales consacrées annuellement à ce secteur énergétique ont dépassé les 5 300 milliards de dollars (Coady, Parry, Sears et Boaping, 2015).

Banque d'Angleterre et Lloyd's

Mark Carney, gouverneur de la Banque d'Angleterre, met en garde contre la crise financière reliée aux changements climatiques, qui est déjà amorcée. Dans un discours à la Lloyd's en 2015, Carney révèle que les réclamations pour dommages climatiques ont triplé depuis 1980. Les pertes de l'industrie de l'assurance ont quintuplé depuis 1980, atteignant 50 milliards de dollars. Phénomène en expansion d'où le plaidoyer de Carney

pour la réduction des GES. Le système économique sera ébranlé, comme le prédit le rapport Stern (2006), d'où la fragilisation des systèmes sociaux, incluant la santé.

Ouranos

Le centre Ouranos estime que les dépenses au Québec en santé inhérentes aux perturbations climatiques seront de 600 millions de dollars par an, soit 50 milliards d'ici 2050 (Gosselin, Bélanger et Doyon, 2008). L'OMS estime à 250,000 le nombre de décès annuels supplémentaires dus aux changements climatiques dans leurs effets prévisibles à ce jour, la majorité dus au paludisme, à la malnutrition, à la diarrhée et au stress thermique (OMS, 2017).

2017 : l'année « non El Niño » la plus chaude : 330 milliards de dollars en dommages

« La science lie les changements climatiques avec l'augmentation de risque de feux de forêt, d'inondations, de pluies diluviales et d'ouragans les plus puissants de l'histoire », soulignent les experts d'Environnement Canada en dévoilant les 10 événements météorologiques les plus marquants de 2017 (Environnement et ressources naturelles, Canada, 2017).

Au Canada, en 2017, selon le Bureau d'assurance du Canada, les inondations printanières d'avril et de mai dans l'Est se sont soldées par 15 750 demandes d'indemnisation et 223 millions de dollars en dommages matériels. Cela s'est révélé l'évènement le plus coûteux de l'année au pays au chapitre des demandes d'indemnisation. Les autres épisodes les plus coûteux ont été les incendies de forêt de l'été en Colombie-Britannique (127 millions), les inondations à Windsor en août (124 millions) et la tempête de neige de mars au Québec et dans le sud de l'Ontario (100 millions). Les coûts de l'ensemble de ces dommages climatiques s'élèvent à près d'un milliard de dollars. En 2016, les feux de forêts de Fort McMurray ont résulté en une perte de 3,5 milliards de dollars en biens assurés, dépassant le record de 1,5 milliard des inondations de Calgary en 2015 (Environnement et ressources naturelles, Canada, 2017).

Les plus récentes données mondiales sur l'impact économique des phénomènes climatiques sont fournies par les sociétés de réassurance MUNICH RE et SWISS RE. Pour 2017 (Jeworrek, 2018), elles recensent à 330 milliards de dollars les réclamations pour les dommages causés par des événements climatiques, en particulier les ouragans à la chaîne (Caraïbes, Floride, Texas), les incendies dévastateurs (Californie, Colombie-Britannique, Australie), les inondations (Québec, Ontario, Europe, Asie), tous à des niveaux historiques. Cette somme inclut uniquement le montant des réclamations, les dommages réels n'étant pas tous assurés ou assurables, mais estimés à plus du double par ces mêmes compagnies.

Même si les décès dus directement aux changements climatiques ne sont pas aussi nombreux que ceux causés directement par la pollution (250,000 contre 7 millions), les impacts sanitaires et psychosociaux sont importants, sans compter une fragilisation tant des individus que des infrastructures d'habitation, d'alimentation et de santé. Des résurgences de maladies habituellement bien contrôlées, telles le choléra, l'Ebola ou la malaria sont à craindre à chaque événement (Watts *et al.*, 2018).

Zoonoses

Les zoonoses sont des maladies ou infections causées par des virus, des bactéries, des parasites, des champignons et des prions qui se transmettent naturellement entre les animaux et les humains. Le réchauffement favorise la croissance des zoonoses au Québec avec l'arrivée de vecteurs morbides autrefois absents : tiques porteuses de la maladie de Lyme ou moustiques responsables de la transmission du virus Zika, de la malaria, du virus du Nil occidental, etc. (INSPQ, 2018). Le réchauffement favorise aussi la propagation vers le nord de l'agrile du frêne qui décime des millions d'arbres et met dans une situation critique la canopée protectrice de nos habitats.

CO₂ : acidification et réchauffement des océans : la menace alimentaire

Une conséquence plus insidieuse que l'élévation du niveau des mers est l'acidification des océans par captation du CO₂. Les océans captent environ le quart du CO₂ atmosphérique, qui se dissout ensuite dans l'eau. La National Oceanic and Atmospheric Administration et l'Institut océanographique de Monaco ont mesuré que l'acidité des océans a augmenté de 30 % en 250 ans, soit une baisse de pH de 8,2 à 8,1 (Gattuso et Hansson, 2013; National Oceanic and Atmospheric Administration, 2018). Le CO₂ marin entraîne une augmentation des ions H⁺ (hausse d'acidité) et une baisse des ions carbonates qui servent à constituer le squelette et la coquille calcaire des organismes marins.

Cette acidification due à l'accumulation de CO₂ rend ardue la formation des coraux et des coquilles de mollusques, mettant à risque la base de la vie marine océanique, de la chaîne alimentaire de la mer et des ressources halieutiques, menaçant à terme l'alimentation planétaire. Cette acidification compromettant la croissance des coraux s'ajoute directement au blanchissement corallien causé par le réchauffement des eaux, tel qu'observé sur la Grande Barrière de corail d'Australie. Deux degrés d'élévation de la température moyenne de l'eau lors des dernières saisons auront suffi à détruire 60 % des coraux, soit 1500 des 2300 kilomètres de la Grande Barrière (Schiermeier, 2018; Hughes *et al.*, 2018).

L'altération des fondements de la vie marine (pH marin et coraux) est une menace sérieuse pour la biodiversité marine et les ressources halieutiques.

Pollution et Alimentation industrielle

L'alimentation est un vecteur majeur de santé environnementale. Le cycle de l'alimentation moderne a des impacts environnementaux à toutes ses étapes, de la semence à l'assiette, au dépotoir ou au compostage. On mange ce que la ville nous offre, cela fait partie de l'environnement. C'est fort différent de Marrakech à Barcelone, de Paris à New York. Plus une nourriture est transformée (restauration rapide, aliments transformés et ultra-transformés), plus elle comporte son lot d'agresseurs cardio-métaboliques, soit les excès de sel, de sucres industriels ajoutés, de gras trans, de perturbateurs neuroendocriniens, etc.

Dans les répercussions de la consommation de cette nourriture industrielle poussée par une gigantesque publicité, on observe une croissance soutenue de l'obésité et une hausse de 600 % du diabète depuis 1980 en Amérique du Nord (Center for Disease Control and Prevention, 2018). Notion importante : 85 % des cas de diabète chez les adultes sont simplement dus à l'excès de poids. De 1980 à 2018, le nombre de diabétiques aux États-Unis est passé de 5 millions à plus de 30 millions, entraînant des frais de santé de 250 milliards de dollars.

L'intérêt de parler de la nourriture industrielle transformée est qu'il existe une synergie entre la pollution et les aliments transformés : la combinaison des deux se potentialise et crée d'immenses plaques d'athérosclérose bouchant les artères, tel que démontré dans la section suivante (Sun *et al.*, 2005).

Dans le même ordre d'idées, une méta-analyse de 17 études démontre que les personnes en surpoids subissent plus de complications médicales lors d'épisodes de smog ou en milieu chroniquement pollué, comme l'ensemble des porteurs de maladies chroniques (bronchite chronique, insuffisance cardiaque, diabète, etc.) (Weichenthal, Hoppin et Reeves, 2014).

Un autre consensus se dessine pour réduire les GES, celui de diminuer significativement la quantité de viande consommée. Sur le plan de la santé cardiovasculaire, il est depuis longtemps établi qu'une diète de type méditerranéen, donc pauvre en gras saturé animal, diminue le risque d'événements cardiaques (Mayo Clinic, 2017).

La synergie entre pollution atmosphérique et alimentation industrielle est démontrée dans le paragraphe suivant.

La tempête vasculaire parfaite : manger du *fast food* dans un centre-ville pollué

Une élégante expérience animale démontrant la synergie entre pollution et alimentation industrielle a été faite dans les laboratoires du cardiologue Valentin Fuster à l'Université Columbia de New York. Ses doctorants ont utilisé des souris transgéniques qui développent de l'athérosclérose accélérée, permettant d'observer rapidement des facteurs influençant le développement de cette maladie. Il s'agit d'une expérience sur 4 groupes (2*2), où la moitié des souris étaient nourries avec une alimentation saine et l'autre se voyaient servir une alimentation de type gras. De plus, la moitié des souris étaient exposées à de l'air propre, et l'autre moitié à un air pollué avec $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de particules fines de diesel. Ce taux correspond à la limite supérieure moyenne de polluant recommandée par l'OMS.

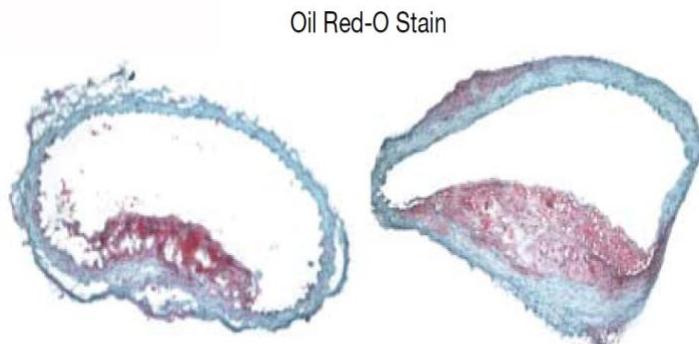
Après six mois, les aortes (en bleu, page suivante) des souris soumises aux deux facteurs combinés (air pollué et nourriture grasse [coin inférieur droit]), avaient d'immenses plaques d'athérosclérose (en rouge), nettement plus étendues que celles des aortes des souris des trois autres groupes.

En conclusion, les deux agresseurs artériels, smog et *fast food*, se potentialisent pour thromboser les artères (Sun *et al.*, 2005).

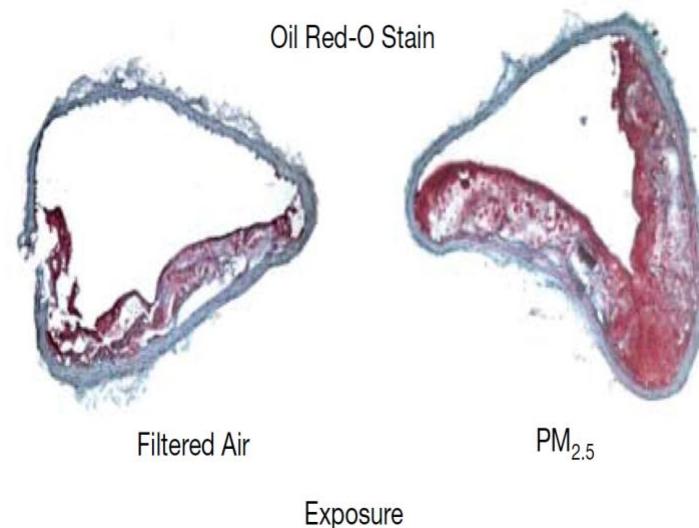
Développement de l'athérosclérose selon l'alimentation et la qualité de l'air

Air pur
Diète normale

Air pollué



Diète grasse



Long-term Air Pollution Exposure and Acceleration of Atherosclerosis and Vascular Inflammation in an Animal Model. JAMA 2005. 294: 3003-3010

Aorte de souris transgéniques après 6 mois d'exposition. En bleu, la paroi de l'aorte et en rouge, la plaque d'athérosclérose. L'aorte au coin inférieur droit soumise aux deux facteurs montre une immense plaque d'athérosclérose. Source : Sun *et al.* (2005, figure 2).

Pollution atmosphérique : implication des sociétés médicales

L'OMS et la *Lancet Commission on Health and Climate Change* (Watts *et al.*, 2018) ont, en novembre 2018, émis des recommandations proposées par des médecins, experts et scientifiques après révisions des multiples études publiées et des solutions proposées.

Il est souligné dans ce rapport que :

En 2017, les associations de médecins et de professionnels de santé sont intervenues plus massivement contre les changements climatiques. Aux États-Unis, le US Medical Society Consortium on Health and Climate représente 500,000 médecins. Cette mobilisation fait suite à la formation au Royaume-Uni de la UK Health Alliance on Climate Change qui rassemble de nombreuses écoles de médecine et d'infirmérie et de grands établissements de santé de la Grande Bretagne.

Des organisations telles que l'Association européenne de néphrologie (European Renal Association – European Dialysis and Transplant Association, ERA-EDTA) et le Service national de Santé (National Health Service, NHS) se sont engagées à réduire les émissions liées à l'activité hospitalière. Le NHS est parvenu à une réduction de 11 % de ses émissions entre 2007 et 2015. Plusieurs organismes de santé ont renoncé – ou se sont engagés à le faire – à leur participation financière dans des compagnies pétrolières et gazières. Ce groupe inclut notamment le Royal Australasian College of Physicians, de l'Association médicale canadienne, de la American Public Health Association, et de l'Association médicale mondiale (Watts *et al.*, 2018).

Recommandations des sociétés médicales

Les constats se multiplient et se confirment quant aux impacts très significatifs de la pollution atmosphérique et des changements climatiques sur la santé et les sociétés. Selon la *Lancet Commission on Health and Climate Change* (2015 et 2018) :

- Les changements climatiques seront la principale cause des problèmes traités dans les urgences médicales du 21^e siècle;
- Les changements climatiques risquent de causer la perte des gains accumulés au cours des 50 dernières années en santé publique ;
- Les changements climatiques perturberont les infrastructures et les ressources en eau et en aliments jusqu'à provoquer des crises et des pénuries, occasionnant une hausse des maladies;
- La *Lancet Commission* interpelle spécifiquement les médecins et les hôpitaux pour mener une contre-offensive aux changements climatiques.

Les méthodes de décarbonisation de l'énergie peuvent varier d'une région à l'autre selon les ressources et la structure sociétale, mais le consensus est de passer aux prescriptions environnementales recommandées par le monde médical.

Les recommandations de l'OMS et de la *Lancet Commission on Health and Climate Change* (Watts *et al.*, 2015) sont :

1. Investir dans la recherche sur les changements climatiques et la santé publique;
2. Intensifier le financement de systèmes de santé résilients face aux changements climatiques;
3. Éliminer les centrales au charbon ;
4. Encourager une transition vers une décarbonisation à l'échelle des villes pour réduire les niveaux de pollution urbaine ;
5. Établir le cadre d'un mécanisme de tarification du carbone robuste et prévisible;
6. Étendre rapidement l'accès aux énergies renouvelables, pour dégager les bénéfices économiques conséquents produits par cette transition;
7. Quantifier la prévention de maladies et de soins et la productivité associées avec un programme de mitigation des changements climatiques ;
8. Adopter des mécanismes pour faciliter les collaborations entre le ministère de la Santé et les autres secteurs de gouvernance pour impliquer les professionnels de la santé dans les stratégies gouvernementales ;
9. Se mettre d'accord sur un traité international facilitant la transition vers une économie à faible émission de carbone et mettre ce traité en œuvre;
10. Développer de nouvelles collaborations interdisciplinaires pour mesurer les impacts sanitaires des changements climatiques.

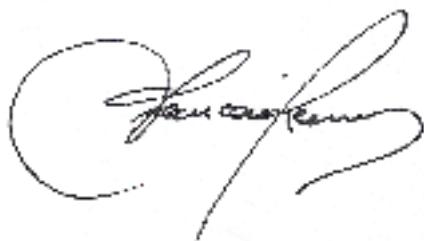
CONCLUSION:

En résumé, la pollution atmosphérique est un facteur majeur de mortalité et de maladies. Il est considéré comme le premier tueur de la planète et est un sujet constant de préoccupation pour les experts en santé publique.

Cette pollution entraîne annuellement 3,800 décès excédentaires au Québec et des frais de 28 milliards en santé et invalidité (15,000 décès et 114 milliards au Canada). Ces décès, maladies et impacts économiques causés par la pollution atmosphérique sont artificiels et évitables.

Sur le plan santé publique, il importe de reconnaître l'immense influence des choix énergétiques des constructeurs automobiles sur la santé populationnelle. Il y a un mouvement planétaire pour diminuer les combustibles fossiles dans les transports et les substituer par des énergies propres, tant pour diminuer les GES que d'améliorer la qualité de l'air.

Dans ce contexte, il ne paraît pas admissible ni éthique de générer et cacher l'émission d'un vecteur toxique excédentaire aux normes dans l'environnement. Cette émission excédentaire cachée a des répercussions sanitaires significatives. Plus les taux de polluants sont élevés, plus les effets secondaires s'intensifient sur des grandes populations longuement exposées. Une hausse ne serait-ce que de 1% a des conséquences additives très significatives sur de grandes populations, se chiffrant en vies, maladies et répercussions économiques majeures. La part attribuable à cette pollution cachée fait l'objet d'un rapport additionnel de la part de M. Sébastien Raymond, à qui nous avons remis les informations du présent rapport à titre d'intrant au sien.



François Reeves MD FRCPC
Cardiologue d'intervention, CHUM et Cité-de-la-Santé de Laval
Professeur agrégé de clinique de la Faculté de Médecine
Avec affiliation à l'École de santé publique.
Université de Montréal

RÉFÉRENCES

Toutes les références sont publiques, issues de revues à comité de pairs et de rapport d'experts mandatés.

Bell, M. L., Davis, D. L. et Fletcher, T. (2004). A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 112(1), 6-8.

Bhatnagar, A. (2009). Could Dirty Air Cause Diabetes? *Circulation*, 119(4), 492-494.

Bouchard, M. et Smargiassi, A. (2008). *Estimation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Québec : Essai d'utilisation du Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT)*. Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Récupéré du site de l'INSPQ : inspq.qc.ca/pdf/publications/817_ImpactsSanitairesPollutionAtmos.pdf.

Boyd, D. R. et Genuis, S. J. (2008). The Environmental Burden of Disease in Canada: Respiratory Disease, Cardiovascular Disease, Cancer, and Congenital Affliction. *Environmental Research*, 106(2), 240-249.

Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope III, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., ... Peters, A. (2010). Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease: An Update to the Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.

Center for Disease Control and Prevention. (2018). *National Diabetes Statistics Report, 2017*. Récupéré du site de l'auteur : cdc.gov/diabetes/pdfs/data/statistics/national-diabetes-statistics-report.pdf.

Chanel, O. (2017). *Évaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale*. Aix-Marseille School of Economics (AMSE). Récupéré du site de l'AMSE : amse-aixmarseille.fr/sites/default/files/actu/rapport_evaluation_economique_eqis_france_2016.pdf.

Chen, H., Kwong, J. C., Copes, R., Tu, K., Villeneuve, P. J., Van Donkelaar, A., ... Burnett, R. T. (2017). Living Near Major Roads and the Incidence of Dementia, Parkinson's Disease, and Multiple Sclerosis: A Population-based Cohort Study. *The Lancet*, 389(10070), 718-726.

Chen, J. C., Wang, X., Wellenius, G. A., Serre, M. L., Driscoll, I., Casanova, R., ... Espeland, M. A. (2015). Ambient Air Pollution and Neurotoxicity on Brain Structure: Evidence from Women's Health Initiative Memory Study. *Annals of Neurology*, 78(3), 466-476.

Chiu, Y. H. M., Hsu, H. H. L., Coull, B. A., Bellinger, D. C., Kloog, I., Schwartz, J., ...Wright, R. J. (2016). Prenatal Particulate Air Pollution and Neurodevelopment in Urban Children: Examining Sensitive Windows and Sex-specific Associations. *Environment international*, 87, 56-65.

Coady, D., Parry, I. W. H., Sears, L. et Boaping, S. (2015). *How Large are Global Energy Subsidies?* (IMF Working Paper No. 15-105). Fonds monétaire international (FMI). Récupéré du site du FMI : imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/How-Large-Are-Global-Energy- Subsidies-42940.

Crouse, D. L., Peters, P. A., Hystad, P., Brook, J. R., van Donkelaar, A., Martin, R. V., ... Brauer, M. (2015). Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ Exposures and Associations with Mortality over 16 Years of Follow-up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environmental health perspectives*, 123(11), 1180.

Crouse, D. L., Pinault, L., Balram, A., Hystad, P., Peters, P. A., Chen, H., ...Villeneuve, P. J. (2017). Urban Greenness and Mortality in Canada's Largest Cities: A National Cohort Study. *The Lancet Planetary Health*, 1(7), e289-e297.

Environnement et ressources naturelles, Canada. (2017). *Les dix événements météorologiques les plus marquants au Canada de 2017*. Communiqué de presse. Récupéré du site de l'auteur : canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2017/12/les_dix_evenementsmeteorologiqueslesplusmarquantsde2017.html.

European Environment Agency. (2018). *Air Quality in Europe. 2018 Report* (n° 12/2018). Récupéré du site de l'auteur : eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018.

Gattuso, J.-P. et Hansson, L. (2013). *L'acidification des océans*. Institut océanographique de Monaco.

Giorgini, P., Di Giosia, P., Grassi, D., Rubenfire, M., Brook, D. R. et Ferri, C. (2016). Air Pollution Exposure and Blood Pressure: An Updated Review of the Literature. *Current Pharmaceutical Design*, 22(1), 28-51.

Gomez, E. (2017). *Pollution de l'air : la société pourrait économiser 53 milliards d'euros en respectant les valeurs guide de l'OMS*. Environnement Magazine. Récupéré du site de l'Environnement Magazine : environnement-magazine.fr/pollutions/article/2017/12/11/116323/ pollution-air-societe-pourrait-economiser-53-milliards-euros-respectant-les-valeurs-guide-oms. php.

Gosselin, P., Bélanger, D. et Doyon, B. (2008). *Les effets des changements climatiques sur la santé au Québec*. Dans Santé et changements climatiques : Évaluation des

vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada. Récupéré du site d'Ouranos : ouranos.ca/publicationscientifique/RapportGosselin2008_FR.

Guxens, M. et Sunyer, J. (2012). A Review of Epidemiological Studies on Neuropsychological Effects of Air Pollution. *Swiss Medical Weekly*, 141(1), w13322.

Guxens, M., Lubczyńska, M. J., Muetzel, R. L., Dalmau-Bueno, A., Jaddoe, V. W., Hoek, G., ...El Marroun, H. (2018). Air Pollution Exposure During Fetal Life, Brain Morphology, and Cognitive Function in School-age Children. *Biological psychiatry*, 84(4), 295-303.

Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P. et van den Brandt, P. A. (2002). Association Between Mortality and Indicators of Traffic-related Air Pollution in the Netherlands: A Cohort Study. *The Lancet*, 360(9341), 1203-1209.

Hopkins, J. S. (2017). *The Invisible Hazard Afflicting Thousands of Schools*. The Center for Public Integrity.

Horwitz, P. (2017). *How Urban Bushland Improves our Health and Why Planners Need to Listen*. The Conversation. Récupéré du site The Conversation : theconversation.com/how-urban-bushland-improves-our-health-and-why-planners-need-to-listen-72876.

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., ...Torda, G. (2018). Global Warming Transforms Coral Reef Assemblages. *Nature*, 556(7702), 492.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2018). *Zoonoses*. Récupéré du site de l'INSPQ : inspq.qc.ca/zoonoses.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2013a). *Air Pollution and Cancer* (IARC Scientific Publication n° 161). Récupéré du site de l'auteur : publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/larc-Scientific-Publications/Air-Pollution-And-Cancer-2013.

IARC. (2013b). *IARC : Outdoor Air Pollution a Leading Environmental Cause of Cancer Deaths* (Press Release n° 221). OMS. Récupéré du site de l'auteur : https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221_E.pdf.

Jain, N. B., Potula, V., Schwartz, J., Vokonas, P. S., Sparrow, D., Wright, R. O., ...Hu, H. (2007). Lead Levels and Ischemic Heart Disease in a Prospective Study of Middle-aged and Elderly Men: The VA Normative Aging Study. *Environmental Health Perspectives*, 115(6), 871-875.

- Jerrett, M., Burnett, R. T., Beckerman, B. S., Turner, M. C., Krewski, D., Thurston, G., ... Gapstur, S. M. (2013). Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in California. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(5), 593-599.
- Jeworrek, T. (2018). *Natural Disasters in 2017 Were a Sign of Things to Come – New Coverage Concepts are Needed*. Munich RE. Récupéré du site de Munich RE : munichre.com/topics- online/en/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/natural-disasters-2017.html.
- Kelland, K. et Nebehay, S. (2013). *Air Pollution Is a Leading Cause of Cancer*. Scientific American.
- Kettunen, J., Lanki, T., Tiittanen, P., Aalto, P. P., Koskentalo, T., Kulmala, M., ... Pekkanen, J. (2007). Associations of Fine and Ultrafine Particulate Air Pollution with Stroke Mortality in an Area of Low Air Pollution Levels. *Stroke*, 38(3), 918-922.
- Laden, F., Schwartz, J., Speizer, F. E. et Dockery, D. W. (2006). Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality: Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 173(6), 667-672.
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., ... Chiles, T. (2018). The Lancet Commission on Pollution and Health. *The Lancet*, 391(10119), 462-512.
- Mayo Clinic. (2017). *Mediterranean Diet: A Heart-healthy Eating Plan*. Récupéré du site de l'auteur : mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/mediterranean-diet/art-20047801.
- McCleanor, J., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Stewart-Evans, J., Malliarou, E., Jarup, L., ... Zhang, J. (2007). Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Persons with Asthma. *New England Journal of Medicine*, 357(23), 2348-2358.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux. (2014). *Critères de monoxyde de carbone et de dioxyde d'azote et surveillance de la qualité de l'air dans les arénas*. Récupéré du site de l'auteur : publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2014/14-203-03W.pdf.
- Mitchell, R. et Popham, F. (2008). Effect of Exposure to Natural Environment on Health Inequalities: An Observational Population Study. *The Lancet*, 372(9650), 1655-1660.
- Mordukhovich, I., Beyea, J., Herring, A. H., Hatch, M., Stellman, S. D., Teitelbaum, S. L., ... Gammon, M. D. (2015). Vehicular Traffic-related Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure and Breast Cancer Incidence: The Long Island Breast Cancer Study Project (LIBCSP). *Environmental Health Perspectives*, 124(1), 30-38.

Mustafić, H., Jabre, P., Caussin, C., Murad, M. H., Escolano, S., Tafflet, M., ...Jouven, X. (2012). Main Air Pollutants and Myocardial Infarction: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA*, 307(7), 713-721.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2018). *What is Ocean acidification?* Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. et Greenfield, E. (2014). Tree and Forest Effects on

Air Quality and Human Health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119-129. OCDE. (2015). *Rapport accompagnant l'inventaire OCDE des mesures de soutien pour les combustibles fossiles.* Paris, France : Éditions OCDE.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2013, 26 septembre). *Réduire les émissions de gaz à effet de serre dues à l'élevage : c'est possible.* Récupéré du site de l'auteur : <http://www.fao.org/news/story/fr/item/198099/icode/>.

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2014). *7 millions de décès prématuressont liés à la pollution de l'air chaque année.* Récupéré du site de l'auteur : who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/fr/.

OMS. (2017). *Les changements climatiques menacent votre santé.* Récupéré du site de l'OMS : who.int/globalchange/climate/infographics/fr/.

Orris, P. (2014). *A Call to Combat Climate Change.* Chicago Medical Society.

Peters, A., Dockery, D. W., Muller, J. E. et Mittleman, M. A. (2001). Increased Particulate Air Pollution and the Triggering of Myocardial Infarction. *Circulation*, 103(23), 2810-2815.

Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thurston, G. D., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D. et Godleski, J. J. (2004). Cardiovascular Mortality and Long-term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease. *Circulation*, 109(1), 71-77.

Pope III, C. A., Ezzati, M. et Dockery, D. W. (2009). Fine-particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. *New England Journal of Medicine*, 360(4), 376-386.

Power, M. C., Adar, S. D., Yanosky, J. D. et Weuve, J. (2016). Exposure to Air Pollution as a Potential Contributor to Cognitive Function, Cognitive Decline, Brain Imaging, and Dementia: A Systematic Review of Epidemiologic Research. *Neurotoxicology*, 56, 235-253.

Quelle Énergie. (2018). *Pour l'OCDE, les énergies fossiles sont trop subventionnées.* Récupéré du site de l'auteur : quelleenergie.fr/magazine/autres-energies/ocde-energies-fossiles-trop-subventionnees-39462/.

Rage, E., Siroix, V., Künzli, N., Pin, I. et Kauffmann, F. (2009). Air Pollution and Asthma Severity in Adults. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(3), 182-188.

Santé Canada (2019): Health impacts of air pollution in Canada – Estimates of morbidity and premature mortality outcomes – 2019 report. ISBN : 978-0-660-31166-1

Santé publique France. (2016). *Impacts sanitaires de la pollution de l'air en France : nouvelles données et perspectives.* Récupéré du site de l'auteur : santepubliquefrance.fr/Accueil-Presse/Tous-les-communiques/Impacts-sanitaires-de-la-pollution-de-l-air-en-France-nouvelles-donnees-et-perspectives.

Sbihi, H., Tamburic, L., Koehoorn, M. et Brauer, M. (2016). Perinatal Air Pollution Exposure and Development of Asthma from Birth to Age 10 Years. *European Respiratory Journal*, 47(4), 1062-1071.

Scarborough, P., Appleby, P. N., Mizdrak, A., Briggs, A. D., Travis, R. C., Bradbury, K. E. et Key, T. J. (2014). Dietary Greenhouse Gas Emissions of Meat-eaters, Fish-eaters, Vegetarians and Vegans in the UK. *Climatic Change*, 125(2), 179-192.

Schiermeier, Q. (2018). Great Barrier Reef Saw Huge Losses from 2016 Heatwave. *Nature*, 556(7701), 281-282.

Sentís, A., Sunyer, J., Dalmau-Bueno, A., Andiarena, A., Ballester, F., Cirach, M., ...Guxens, M. (2017). Prenatal and Postnatal Exposure to NO₂ and Child Attentional Function at 4-5 Years of Age. *Environment international*, 106, 170-177.

Service Improvement and Coordination, Parks Forestry and Recreation Division, City of Toronto. (2007). *Policy for the Provision of Shades at Parks, Forestry and Recreation Sites.* Récupéré du site de City of Toronto : toronto.ca/legdocs/mmis/2008/pe/bgrd/backgroundfile-10540.pdf.

Simkovich, B. Z., Kleinman, M. T. et Kloner, R. A. (2008). Air Pollution and Cardiovascular Injury: Epidemiology, Toxicology, and Mechanisms. *Journal of the American College of Cardiology*, 52(9), 719-726.

Smith, R. et McDougal, K. (2017). *Cost of Pollution in Canada: Measuring the Impacts on Families, Businesses and Governments.* International Institute for Sustainable Development (IISD). Récupéré du site de l'IISD : iisd.org/library/cost-pollution-canada.

State of California. (2003). *Senate Bill No. 352*. Récupéré du site de l'auteur : leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=200320040SB352.

Stehfest, E., Bouwman, L., Van Vuuren, D. P., Den Elzen, M. G., Eickhout, B. et Kabat, P. (2009). Climate Benefits of Changing Diet. *Climatic Change*, 95(1-2), 83-102.

Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press.

Strak, M., Janssen, N., Beelen, R., Schmitz, O., Vaartjes, I., Karssenberg, D., ...Hoek, G. (2017). Long-term Exposure to Particulate Matter, NO₂ and the Oxidative Potential of Particulates and Diabetes Prevalence in a Large National Health Survey. *Environment International*, 108, 228-236.

Suades-González, E., Gascon, M., Guxens, M. et Sunyer, J. (2015). Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. *Endocrinology*, 156(10), 3473-3482.

Sun, Q., Wang, A., Jin, X., Natanzon, A., Duquaine, D., Brook, R. D., ...Chen, L. C. (2005). Long-term Air Pollution Exposure and Acceleration of Atherosclerosis and Vascular Inflammation in an Animal Model. *JAMA*, 294(23), 3003-3010.

Sunyer, J., Esnaola, M., Alvarez-Pedrerol, M., Forns, J., Rivas, I., López-Vicente, M., ...Querol, X. (2015). Association Between Traffic-related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *PLoS Medicine*, 12(3), e1001792.

Tang, D., Wang, C., Nie, J., Chen, R., Niu, Q., Kan, H., ...Taiyuan, C. D. C. (2014). Health Benefits of Improving Air Quality in Taiyuan, China. *Environment International*, 73, 235-242.

The Lancet Neurology. (2018). Air Pollution and Brain Health: An Emerging Issue. *The Lancet Neurology*, 17(2), 103.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (2015). *20-year Review Shows 90% of Disasters are Weather-related; US, China, India, Philippines and Indonesia Record the Most*.

University of Southern California. (2017). *References: Living Near Busy Roads or Traffic Pollution*. Récupéré du site de l'auteur : [http://envhealthcenters.usc.edu/infographics/infographic-living-near-busy-roads-or- traffic-pollution/references-living-near-busy-roads-or- traffic-pollution](http://envhealthcenters.usc.edu/infographics/infographic-living-near-busy-roads-or-traffic-pollution/references-living-near-busy-roads-or- traffic-pollution).

van Wijngaarden, E., Campbell, J. R. et Cory-Slechta, D. A. (2009). Bone Lead Levels are Associated with Measures of Memory Impairment in Older Adults. *Neurotoxicology*, 30(4), 572- 580.

Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., ...Cox, P. M. (2015). Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health. *The Lancet*, 386(10006), 1861-1914.

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Berry, H., ...Wilkinson, P. (2018). Rapport 2018 du Compte à rebours sur la santé et le changement climatique du *Lancet* : une influence sur la santé des populations pour les siècles à venir. *The Lancet*, 392(10163), 2479-2514.

Weichenthal, S., Hoppin, J. A. et Reeves, F. (2014). Obesity and the Cardiovascular Health Effects of Fine Particulate Air Pollution. *Obesity*, 22(7), 1580-1589.

Wellenius, G. A., Burger, M. R., Coull, B. A., Schwartz, J., Suh, H. H., Koutrakis, P., ...Mittleman, M. A. (2012). Ambient Air Pollution and the Risk of Acute Ischemic Stroke. *Archives of Internal Medicine*, 172(3), 229-234.

Weuve, J., Puett, R. C., Schwartz, J., Yanosky, J. D., Laden, F. et Grodstein, F. (2012). Exposure to Particulate Air Pollution and Cognitive Decline in Older Women. *Archives of Internal Medicine*, 172(3), 219-227.

Wilker, E. H., Preis, S. R., Beiser, A. S., Wolf, P. A., Au, R., Kloog, I., ...Mittleman, M. A. (2015). Long-term Exposure to Fine Particulate Matter, Residential Proximity to Major Roads and Measures of Brain Structure. *Stroke*, 46(5), 1161-1166.

Yitshak Sade, M., Kloog, I., Liberty, I. F., Schwartz, J. et Novack, V. (2016). The Association Between Air Pollution Exposure and Glucose and Lipids Levels. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 101(6), 2460-2467.

Zhang, X., Chen, X. et Zhang, X. (2018). The Impact of Exposure to Air Pollution on Cognitive Performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(37), 9193-9197.

LISTE DES PIÈCES DE LA DEMANDERESSE

AQLPA c Volkswagen, CSQ 200-06-000193-154 Action collective

P-3 UNITED STATES OF AMERICA, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

(EPA), National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) – Nitrogen Dioxyde (NO₂) :

➤ [History](#). ➤ [61 FR 52852](#),
Oct 8, 1996. ➤ [75 FR 6474](#),
Feb 9, 2010. ➤ [77 FR 20218](#), April 3, 2012. ➤ [83 FR 17226](#), April 18, 2018.
En liasse.

P-14 GOUVERNEMENT DU CANADA, Document sur les conséquences des changements climatiques sur la santé, l'environnement et l'économie.

P-15 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, Document sur les conséquences des changements climatiques sur la santé, l'environnement et l'économie.

P-16 GOUVERNEMENT DU CANADA, TABLE RONDE NATIONALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET L'ÉCONOMIE, *Le prix à payer : les répercussions économiques du changement climatique pour le Canada*, 2011, <http://nrt-trn.ca/wp-content/uploads/2011/09/prix-a-payer.pdf>.

P-17 STERN et al., STERN REVIEW: The Economics of Climate Change, 2006, https://www.brown.edu/Departments/Economics/Faculty/Matthew_Turner/ec1340/readings/Sternreview_full.pdf.

P-18 GOUVERNEMENT DU CANADA, Document sur les conséquences des précipitations acides sur la santé, l'environnement et l'économie.

P-19 INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (INSPQ), *Estimation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Québec essai d'utilisation du Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT)*, https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/817_ImpactsSanitairesPollutionAtmos.pdf .

P-20 Étude du Centre *international de recherche sur le cancer de Lyon* (résumé).

P-21 Steven R H BARRETT et als., *Impact of the Volkswagen emissions control defeat device on US public health*, Environ. Res. Lett.10 (2015) 114005, https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/99727/Barrett_Impact%20of%20the.pdf .

P-22 Stephen P. HOLLAND et als., *Damages and Expected Deaths Due to Excess NOx Emissions from 2009 to 2015 Volkswagen Diesel Vehicles*, Environ. Sci. Technol. 2016, 50, 1111–1117 et résumé. En liasse.

P-23 Guillaume P CHOSSIÈRE et als., *Public health impacts of excess NOx emissions from Volkswagen diesel passenger vehicles in Germany*, 2017 Environ. Res. Lett. 12 034014, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa5987/pdf>.

P-24 Résumé de l'étude Guillaume P CHOSSIÈRE et als.

P-25 Autres études en liasse

ANNEXES.

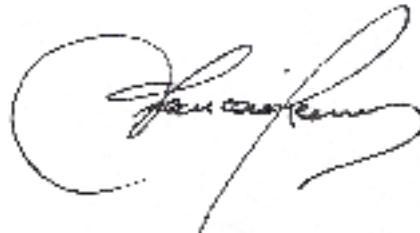
Annexe 1 : Mandat du Dr François Reeves

MODÈLE DE LA MINISTRE DE LA JUSTICE

**Déclaration relative à l'exécution de la
mission d'un expert
(article 235 C.p.c.)**

Je déclare que j'exécuterai ma mission en tant qu'expert avec objectivité, impartialité et rigueur. Afin d'éclairer le tribunal dans sa prise de décision, je donnerai un avis au meilleur de mes compétences sur les points qui me seront soumis en tenant compte des faits relatifs au litige.

J'informerai, sur demande, le tribunal et les parties de mes compétences professionnelles, du déroulement de mes travaux et, le cas échéant, des instructions que j'aurai reçues d'une partie. Je respecterai les délais qui me seront donnés et, au besoin, demanderai au tribunal les directives nécessaires pour accomplir ma mission.



Signature
Dr. François REEVES

Expert en santé environnementale
Titre

Le 11 mars 2020
Date

MANDAT POUR SERVICES D'EXPERTS

Dossier : AQLPA c. Goupe Volkswagen et als., CSQ 200-06-000193-154, Action collective.

Cliente : L'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA).

Avocat responsable : M^e Dominique Neuman.

Experts : Monsieur François Reeves. Monsieur Sébastien Raymond.

1. Contexte : Description de l'action collective

L'AQLPA (la demanderesse, « *représentante du Groupe* ») demande à la Cour supérieure de condamner les compagnies Volkswagen (les défenderesses) à verser, à titre de dommages punitifs une somme correspondant à 35\$ pour chacun des quelques 8 millions de personnes ayant résidé au Québec du 1^{er} janvier 2009 au 21 septembre 2015 (le « *Groupe* »).

Le motif allégué de cette demande est l'atteinte « *illicite* » et « *intentionnelle* », par Volkswagen, des droits (garantis par la Charte québécoise) des résidents du Québec « à l'*intégrité de leur personne* » et « *de vivre dans un environnement sain dans la mesure et suivant les normes prévues par la loi* ».

Selon l'action collective, la faute, reprochée par à Volkswagen consisterait à avoir produit, importé, mis en vente et location et mis en circulation des véhicules automobiles diesel émettant des oxydes d'azote (NO_x) au-delà des normes applicables (en empêchant la détection par un logiciel anti-détection). Les normes applicables sont les normes québécoises et fédérales canadiennes, lesquelles réfèrent aux normes américaines (qui se trouvent reproduites, avec leurs très longues justifications sanitaires, environnementales et économiques, à la pièce P-3).

Selon l'action collective, les conséquences alléguées de cette faute (les émissions excessives aux normes de NO_x) consisteraient à avoir contribué à quatre (4) types de pollution :

- i) les gaz à effet de serre,
- ii) les précipitations acides,
- iii) le smog et
- iv) la formation d'ozone troposphérique (ozone au sol).

[Tapez ici]

Il est allégué par la demanderesse que chacune de ces 4 types de pollution a déjà des effets sur la santé humaine, sur l'environnement, sur les biens (infrastructures, bâtiments, etc.) et sur l'économie. Il est allégué que les émissions, excédant les normes de NO_x, des véhicules de Volkswagen auraient accru ces effets, selon la proportion que représentent ces émissions excédentaires par rapport à la pollution d'ensemble qui serait autrement déjà existante.

L'action collective ne vise pas tant à quantifier à des fins compensatoires qu'à qualifier (fournir un ordre de grandeur) de la gravité de l'atteinte à l'intégrité des personnes et à l'environnement sain causée par ces émissions atmosphériques excédentaires du Groupe Volkswagen entre le 1^{er} janvier 2009 et le 21 septembre 2015 pour les résidents de la province de Québec.

[Tapez ici]

2. Description des sujets à couvrir par les rapports d'expertise

Les experts, bien qu'engagés par la demanderesse, doivent agir et se considérer comme étant neutres, indépendants, impartiaux et objectifs. Les experts sont au service du Tribunal, pas au service d'une partie.

Les experts doivent prendre connaissance de la demande (résumée ci-dessus) et des pièces déjà déposées à son soutien, portant sur les sujets couverts par leur expertise. Ils devront faire de même en prenant connaissance, lorsqu'elles seront disponibles, de la défense de Volkswagen et des pièces à son soutien, portant sur ces sujets couverts par leur expertise.

Dans le cadre de leurs rapports d'expertise, les experts auront à exprimer leurs propres opinions neutres, indépendantes, impartiales et objectives destinées à éclairer le Tribunal sur les sujets couverts, notamment en référant (et déposant, éventuellement) toutes sources que les experts jugeront opportunes aux fins de leur rapport (en spécifiant si ces sources sont publiquement accessibles ou non). Dans le cadre de leurs rapports d'expertise, les experts auront évidemment à exprimer leur accord ou leur désaccord (ou leur absence de prise de position) et apporter toutes les nuances appropriées aux allégations contenues aussi bien dans l'action collective de l'AQLPA que dans la défense de Volkswagen et dans les pièces déposées à leur soutien, portant sur les sujets couverts par leur expertise.

Une page dropbox pour usage interne a été créé où se trouvent déposés les documents de la cause (action collective, ses pièces, etc.) et où continueront d'être déposés les autres documents du dossier de la Cour et les autres documents notamment fournis par les experts. Tel qu'indiqué ci-dessus, les experts gardent évidemment toute liberté, en tant qu'experts, d'être en accord ou en désaccord avec toute étude scientifique qui aurait été déposée au dossier de la Cour depuis la demande d'autorisation initiale de 2015, pour les motifs que les experts choisiront d'indiquer.

Conformément à l'article 238 du *Code de procédure civile*, le rapport de tout expert doit être bref mais suffisamment détaillé et motivé pour que le tribunal soit lui-même en mesure d'apprécier les faits qu'il expose et le raisonnement qui en justifie les conclusions; il y est fait mention de la méthode d'analyse retenue.

Les sujets à couvrir par les expertises sont les suivants :

Expertise de Monsieur François Reeves

Fournir à l'expert Sébastien Raymond, à titre d'intrant, un rapport indiquant quels sont les impacts physiologiques et épidémiologiques de la pollution atmosphérique issue des combustibles fossiles sur la santé humaine, avec données quantitatives et sources.

Expertise de Monsieur Sébastien Raymond

Fournir une évaluation économique de l'impact sanitaire, environnemental et des autres coûts sociaux des émissions atmosphériques excédentaires non déclarées du Groupe Volkswagen entre le 1^{er} janvier 2009 et le 21 septembre 2015 pour les résidents de la province de Québec, avec données quantitatives et sources. Recevoir à cette fin à titre d'intrant, entre autres, le rapport de Monsieur François Reeves.

Annexe 2 : CV du Dr François Reeves (document joint)

MiniBio

Le Dr François Reeves est cardiologue d'intervention au CHUM et à la Cité de la santé de Laval. Il est professeur agrégé de la faculté de médecine avec affiliation à l'École de santé publique de l'Université de Montréal. Ses publications et présentations sur l'impact environnemental sur la santé, en particulier cardio-vasculaire, se sont méritées plusieurs prix dont finaliste du Lane Anderson Award 2014 (remis à la meilleure publication scientifique au Canada), le prix Distinction Santé durable 2018 de l'Association de santé publique du Québec et le Prix d'Excellence 2018 en Développement durable du Ministère de la santé et des services sociaux (MSSS). Il a fait partie de plusieurs comités d'expert à différents paliers gouvernementaux.

[Tapez ici]