



ETUDE COMPARATIVE SUR L'EXPOSITION
DES CYCLISTES / AUTOMOBILISTES
ET RISQUES SANITAIRES ASSOCIÉS
PENDANT LES PICS DE POLLUTION
ATMOSPHERIQUE

Corinne PRAZNOCZY
ARRIVA

1) Demande initiale et contexte

Les pics de pollution de l'air enregistrés cet hiver en France (notamment dans l'agglomération parisienne) ainsi que la variété des mesures envisagées ou prises pour diminuer le trafic automobile ont réactualisé une question : « **Qu'en est-il de l'exposition à la pollution des cyclistes en cas de pic de pollution ? Doit-on continuer à recommander ce mode de transport, y compris dans ce cas de figure, et pourquoi ?** ».

Les réponses à ces deux questions méritent d'être éclaircies, les propos entendus ici ou là lors du dernier épisode ayant montré combien les messages étaient brouillés voire contradictoires, tant du côté des institutionnels, des associations que des communicants divers et variés.

1) Demande initiale et contexte

▶ **Comité de pilotage :**

- ▶ ADEME
- ▶ InVS
- ▶ Ministère de l'écologie
- ▶ DGS
- ▶ INERIS

▶ **Expertise complémentaire:**

- ▶ Airparif
- ▶ UNICE

1) Demande initiale et contexte

▶ **Effets de la pollution atmosphérique sur la santé :**

- ▶ Relativement faibles au niveau individuel, comparés à d'autres facteurs de risque comme la consommation de tabac ou d'alcool
- ▶ Touchent l'ensemble de la population
- ▶ Certaines personnes sont plus vulnérables : les enfants, les personnes âgées, les personnes souffrant de pathologies chroniques, les fumeurs et les sportifs, qui, de par leur activité respiratoire accrue, sont plus exposés aux polluants.
- ▶ Impacts de la pollution atmosphérique sont sans seuil, (effets néfastes sur la santé dès les plus faibles concentrations en polluants atmosphériques, en dehors même des épisodes de pics de pollution)

=> Conséquences sanitaires non négligeables.

▶ **A court terme, c'est-à-dire le jour même et les jours suivant une exposition :**

- ▶ La pollution atmosphérique favorise des manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques aiguës (irritations rhino-pharyngées et oculaires, toux, dégradation de la fonction ventilatoire, hypersécrétion bronchique, augmentation de la résistance pulmonaire, déclenchement de crises d'asthme et effets sur le système cardio-vasculaire)
- ▶ Associations entre l'ozone, les PM_{10} et le dioxyde d'azote et la mortalité toutes causes

▶ **A long terme, ou à la suite d'une exposition chronique :**

- ▶ La pollution atmosphérique conduit au développement de pathologies respiratoires chroniques (asthme chez les enfants, pathologies pulmonaires obstructives chez les personnes âgées), et contribue à la progression de l'athérosclérose
- ▶ Accroissement du risque de décès pour les expositions aux $PM_{2.5}$. Les liens avec la mortalité sont moins concluants pour les autres polluants.

▶ La pollution pourrait également avoir des effets sur la **reproduction** : des liens ont été observés avec la fertilité, la croissance du fœtus, les naissances avant terme mais également certaines malformations congénitales.

2) Méthodologie

- ▶ Les impacts de la pollution de l'air diffèrent selon :
 - ▶ le temps d'exposition (i.e. du temps de trajet) et de l'itinéraire,
 - ▶ le taux d'inhalation,
 - ▶ le niveau de concentration des polluants atmosphériques,
 - ▶ la composition de la pollution pour les particules (liée par exemple à la proportion de véhicules diesel dans le parc motorisé),
 - ▶ du polluant et du risque sanitaire associé.
- => Doses journalières d'exposition selon les usagers et selon les polluants, qui peuvent ensuite être utilisées pour évaluer les impacts sanitaires associés en fonction des connaissances scientifiques actuelles.
- ▶ L'étude compare la situation d'un automobiliste et celle d'un cycliste pour estimer comment la différence en termes de doses d'exposition se traduit en termes de mortalité.

2) Méthodologie

- ▶ Cette étude se concentre sur les impacts sanitaires pour les cyclistes et les automobilistes (conducteur ou passager(s)) des polluants suivants :
 - ▶ les $PM_{2.5}$ (pour les effets long terme)
 - ▶ les PM_{10} , le NO_2 et l'ozone (pour les effets court terme)

=>Polluants pour lesquels on dispose de plus de connaissances
- ▶ La population concernée est la population adulte et les calculs d'impacts portent sur les déplacements domicile-travail, déplacements contraints qui ne peuvent pas aisément être reportés lors des pics de pollution.
- ▶ Par hypothèse, les cyclistes et les automobilistes sont supposés avoir des caractéristiques physiologiques comparables.
- ▶ Le contexte de l'étude est urbain, et non rural ou péri-urbain,
 - ▶ Niveaux de pollution plus élevés (sauf pour l'ozone),
 - ▶ Présence plus nombreuse des cyclistes pour ce type de trajet, des distances de déplacement plus courtes
 - ▶ Connaissance des impacts sanitaires des polluants souvent issue d'études réalisées en agglomération.
- ▶ Les impacts sanitaires retenus sont les impacts sur la mortalité toutes causes, afin de permettre des comparaisons sur les effets des différents polluants.
- ▶ Enfin, dans une approche conservative, les hypothèses de bases prises dans ce rapport maximisent les hypothèses défavorables au vélo.

2) Méthodologie

- ▶ Exposition des automobilistes et des cyclistes par rapport aux niveaux de fond des polluants (résultats issus d'une revue de la littérature) :
 - ▶ Ratio niveau de fond/habitacle
 - ▶ Ratio d'exposition automobilistes/cyclistes
- ▶ Nombre de déplacements pris en compte selon la particularité des polluants : deux pour les $PM_{2.5}$, les PM_{10} , le NO_2 et un pour l'ozone
- ▶ Temps de parcours et itinéraire équivalent
- ▶ L'exposition totale à la pollution est la résultante des expositions multiples qui se succèdent au cours de la journée, expositions qui peuvent être très différentes selon le milieu (domicile, lieu de travail, environnement de transports ou de loisirs).
=> Par simplification l'hypothèse est prise qu'une journée type se déroule de la manière suivante :
 - ▶ Sommeil : 8 heures
 - ▶ Travail et repos : 16 heures moins le temps de déplacement
 - ▶ Temps de déplacement
- ▶ Fonctions dose-réponse :
 - ▶ $PM_{2.5}$: Projet européen Escape
 - ▶ PM_{10} , NO_2 et ozone : PSAS (Programme de surveillance air et santé de l'Invs : associations significatives entre l'augmentation des concentrations en particules, dioxyde d'azote et ozone et l'augmentation du risque de décès toutes causes le jour même ou le lendemain)

2) Méthodologie

Tableau 1 - Récapitulatif des différentes fonctions utilisées dans l'étude

	Exposition long terme aux PM _{2,5}	Exposition court terme aux PM ₁₀	Exposition court terme au NO ₂	Exposition court terme à l'ozone
Ratio de concentration habitacle auto / niveau de fond	2	1,4	3	0,20
Ratio d'exposition automobiliste / cycliste utilisé	1,16	1,21	2	5
Temps de trajet	20 minutes le matin 20 minutes le soir	20 minutes le matin 20 minutes le soir	20 minutes le matin 20 minutes le soir	20 minutes le soir
Itinéraire automobiliste / cycliste	identique	identique	identique	identique
Taux d'inhalation (hommes)	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 12,1 l/mn vélo : 28,8 l/mn	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 12,1 l/mn vélo : 28,8 l/mn	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 12,1 l/mn vélo : 28,8 l/mn	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 12,1 l/mn vélo : 28,8 l/mn
Taux d'inhalation (femmes)	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 9,6 l/mn vélo : 22,8 l/mn	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 9,6 l/mn vélo : 22,8 l/mn	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 9,6 l/mn vélo : 22,8 l/mn	sommeil : 5 l/mn repos : 10 l/mn voiture : 9,6 l/mn vélo : 22,8 l/mn
Niveaux de pollution en fond urbain	15 µg/m ³	22 µg/m ³	20 µg/m ³	50 µg/m ³
Niveaux de pollution en proximité trafic	19 µg/m ³	27 µg/m ³	42 µg/m ³	-
Fonctions doses-réponses pour une augmentation de 10 µg/m ³	RR = 1,14 [IC 95% : 1,04;1,26]	RR = 1,014 [IC 95% : 1,007;1,020]	RR = 1,013 [IC 95% : 1,006;1,019]	RR = 1,009 [IC 95% : 1,004;1,015]

3) Résultats

- ▶ Une différence d'exposition des cyclistes par rapport aux automobilistes négligeable avec les niveaux de fond observés en moyenne en France en 2013

Tableau 7 - Ratio de risque pour les hommes associé à la différence d'exposition à différents polluants pour un cycliste par rapport à un automobiliste, en situation de fond urbain, sur un trajet comparable

Polluants	Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste
Exposition long terme aux PM _{2,5} (15 µg/m ³ en fond urbain)	1,017
Exposition court terme aux PM ₁₀ (22 µg/m ³ en fond urbain)	1,0017
Exposition court terme au NO ₂ (20 µg/m ³ en fond urbain)	1,0006
Exposition court terme à l'ozone (50 µg/m ³ en fond urbain)	1,0020

- ▶ Une exposition des cyclistes par rapport aux automobilistes négligeable même avec des niveaux de pollution de proximité élevés

Tableau 8 - Ratio de risque pour les hommes associé à la différence d'exposition à différents polluants pour un cycliste par rapport à un automobiliste, à proximité du trafic, sur un trajet comparable

Polluants	Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste
Exposition court terme aux PM ₁₀ (33 µg/m ³ en proximité trafic)	1,0025
Exposition court terme au NO ₂ (81 µg/m ³ en proximité trafic)	1,0024
Exposition court terme à l'ozone (57 µg/m ³ en proximité trafic)	1,0022

3) Résultats

- ▶ Une exposition des cyclistes par rapport aux automobilistes négligeable même pendant des pics de pollution

Tableau 9 - Ratio de risque pour les hommes associé à la différence d'exposition à différents polluants pour un cycliste par rapport à un automobiliste, lors d'un pic de pollution, sur un trajet comparable

Polluants	Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste
Exposition court terme aux PM_{10} ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en proximité trafic)	1,0101
Exposition court terme au NO_2 ($248 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en proximité trafic)	1,0072
Exposition court terme à l'ozone ($245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en proximité trafic)	1,0097

- ▶ Des augmentations de risques comparables lorsque cyclistes et automobilistes conservent leur mode de déplacement habituel lors des pics de pollution

Tableau 10 - Ratio de risque pour les hommes associé au changement d'exposition à différents polluants entre le niveau moyen et un pic de pollution, pour les automobilistes et les cyclistes, sur un trajet comparable

Polluants	Ratio de risque pour les automobilistes	Ratio de risque pour les cyclistes
Exposition court terme aux PM_{10} ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,1155	1,1145
Exposition court terme au NO_2 ($248 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,2292	1,2201
Exposition court terme à l'ozone ($245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,0489	1,0516

3) Résultats

- ▶ Des niveaux de concentration de polluants à partir desquels un excès de risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste pourrait justifier de modifier les recommandations sanitaires qui ne sont pas observés en France

Tableau 11 Niveaux de concentration pour atteindre un sur-risque de 10% pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable

Polluants	Niveaux de concentration pour atteindre un sur-risque pour le cycliste
Exposition long terme aux PM _{2.5}	90 µg/m ³ en fond urbain
Exposition court terme aux PM ₁₀	1 300 µg/m ³ en moyenne journalière
Exposition court terme au NO ₂	3 400 µg/m ³ en moyenne journalière
Exposition court terme à l'ozone	2 500 µg/m ³ en moyenne journalière

3) Résultats

	Hypothèses conservatives utilisées dans les calculs (en défaveur du vélo)	Hypothèses alternatives
Ratio d'exposition aux PM _{2.5} pour les automobilistes par rapport au niveau de fond	2	1,5
Ratio d'exposition aux PM ₁₀ pour les automobilistes par rapport au niveau de fond	1,4	1,3
Ratio d'exposition au NO ₂ pour les automobilistes par rapport au niveau de fond	3	2
Ratio d'exposition au NO ₂ pour les automobilistes par rapport aux cyclistes	2	4
Ratio d'exposition à l'ozone pour les automobilistes par rapport au niveau de fond	0,2	0,7
Durée moyenne d'un déplacement à vélo	20 minutes	16 minutes
Itinéraire	Même itinéraire à vélo et en voiture	Itinéraires différents pour le vélo et la voiture
Fonction de ventilation pendant le temps de travail	10 l/min pendant 8 heures	13 l/min pour une activité légère, 30 l/min pour une activité modérée, etc. pendant 8 heures
RR PM _{2.5}	RR = 1,14 [IC 95%: 1,004 ; 1,26]	RR = 1,06 [IC 95%: 1,04 ; 1,07]
RR PM ₁₀	RR = 1,014 [IC 95%: 1,007 ; 1,020]	RR = 1,006 [IC 95%: 1,004 ; 1,008]
RR NO ₂	RR = 1,013 [IC 95%: 1,006 ; 1,019]	RR = 1,003 [IC 95%: 1,002 ; 1,004]
RR PM ₁₀	RR = 1,009 [IC 95%: 1,004 ; 1,015]	RR = 1,0031 [IC 95%: 1,0017 ; 1,0052]

Tableau 17 : Rappel des hypothèses de l'étude et des hypothèses alternatives

3) Résultats

- ▶ Une exposition à la pollution pendant les trajets à relativiser
 - ▶ Tous les éléments présentés ci-dessus montrent une **augmentation des risques pour les cyclistes négligeables par rapport aux automobilistes, qu'il s'agisse des effets à long terme ou à court terme de la pollution de fond et des pics de pollution.**
 - ▶ L'exposition pendant les trajets pendulaires ne représente qu'une faible part de l'exposition totale à la pollution au cours d'une journée type.
 - ▶ Ainsi, quel que soit le mode de transport utilisé pour les déplacements domicile-travail, son influence sur l'exposition totale à la pollution reste faible.

4) Discussion

- ▶ Approche conservative
- ▶ Le cycliste peut minimiser son exposition en adoptant certaines habitudes :
 - ▶ respirer par le nez plutôt que par la bouche,
 - ▶ rouler à une allure modérée afin de minimiser sa ventilation,
 - ▶ ne pas hésiter à mettre pied à terre plutôt que de se mettre en situation d'hyper-ventilation (si dénivelé important par exemple),
 - ▶ s'éloigner de la circulation en empruntant des itinéraires en site propre ou des rues moins fréquentées,
 - ▶ éviter de rester derrière un véhicule polluant.
- ▶ Limites de l'étude :
 - ▶ L'étude se fonde sur l'état actuel des connaissances, qui sont sources d'incertitudes et de biais divers, liés à :
 - ▶ l'estimation de l'exposition des cyclistes et des automobilistes aux différents polluants,
 - ▶ à l'estimation des fonctions doses-réponses,
 - ▶ à l'estimation de la pénétration de l'air extérieur à l'intérieur du domicile ou des lieux de travail
 - ▶ à l'estimation de différents facteurs influant sur le déplacement, telle la comparaison entre l'itinéraire réel emprunté en tant que cycliste et en tant qu'automobiliste pour aller entre deux mêmes points.
 - ▶ Enfin, l'utilisation de risques relatifs établis pour une population générale exposée l'année entière tout au long de la journée quelle que soit l'activité à une population exposée moins d'une heure deux fois par jour toute l'année pendant une activité spécifique est une hypothèse forte, qui mériterait d'être approfondie.

3) Résultats

Aux concentrations observées en France, l'utilisation du vélo au lieu de la voiture n'augmente pas le risque pour la mortalité liée aux polluants étudiés, y compris pendant les pics de pollution, pour la population générale et en prenant compte l'exposition à la pollution atmosphérique sur une journée complète.

Merci pour votre attention

<http://www.ademe.fr/cyclo-pol-etude-comparative-lexposition-cyclistes-automobilistes-risques-sanitaires-associes-pendant-pics-pollution-atmospherique>

