

CYCLO-POL

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

Février 2015

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : Corinne PRAZNOCZY, ARRIVA

N° de contrat : 1462C0028

Coordination technique : *Marie POUPONNEAU – Direction* **Service :** *Direction Villes et Territoires Durables / Service Evaluation de la Qualité de l'Air*



RAPPORT FINAL

REMERCIEMENTS

Marie Pouponneau (ADEME)
Hélène Desqueyroux (ADEME)
Mathieu Chassignet (ADEME)
Gilles Aymoz (ADEME)
Nicolas Michelot (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, DGEC)
Mathilde Pascal (InVS)
Marie Fiori (Ministère des Affaires sociales, de la Santé et des Droits des Femmes, DGS)
Marc Durif (Ineris)
Heidi Carrilho (Ineris)

Expertise complémentaire :

Anne Kauffmann et Fabrice Joly (Airparif)
Nicolas Martin (Unice) pour l'exposition à l'ozone

Je remercie particulièrement le département Santé-environnement de l'InVS pour son travail remarquable sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique.

Merci également à Fabrice Joly pour les illustrations issues des stations de mesure d'Airparif

Enfin, merci à Guillaume Dürr, étudiant dans le master Altervilles (Sciences Po Lyon / Université de Saint-Etienne) et stagiaire pour ARRIVA, qui pour cette étude a réalisé une synthèse des recommandations émanant de diverses organisations et des impacts sanitaires associés aux différents polluants.

CITATION DE CE RAPPORT

ADEME. Praznoczy Corinne (ARRIVA). 2015. Étude comparative sur l'exposition des cyclistes / automobilistes et risques sanitaires associés pendant les pics de pollution atmosphérique – Rapport final. 36 p

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

TABLE DES MATIERES

Résumé5

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Contexte du projet | 6 |
| 2. | Effets sanitaires de la pollution atmosphérique | 7 |
| 3. | Méthodologie | 8 |
| 3.1. | Estimation de l'exposition des automobilistes et des cyclistes par rapport aux niveaux de fond des polluants | 9 |
| 3.1.1. | PM _{2,5} | 9 |
| 3.1.2. | PM ₁₀ | 9 |
| 3.1.3. | NO ₂ | 10 |
| 3.1.4. | Ozone | 10 |
| 3.2. | Temps de trajet et itinéraire | 12 |
| 3.2.1. | Temps de trajet | 12 |
| 3.2.2. | Itinéraire | 12 |
| 3.1. | Taux d'inhalation | 13 |
| 3.2. | Niveaux de pollution de fond | 13 |
| 3.1. | Fonctions doses-réponse | 15 |
| 3.1.1. | Liens à long terme : PM _{2,5} | 15 |
| 3.1.2. | Liens à court terme : PM ₁₀ , NO ₂ , Ozone | 15 |
| 4. | Principaux résultats | 17 |
| 4.1. | Effets à long terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste: les PM _{2,5} | 17 |
| 4.2. | Effets à court terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste : les PM ₁₀ | 18 |
| 4.2.1. | Impacts du niveau de fond moyen annuel observé en zone urbaine en France | 18 |
| 4.2.2. | Impacts pour un cycliste par rapport à un automobiliste du niveau de pollution à proximité du trafic : exemple de la station de mesure Victor Basch à Paris | 19 |
| 4.3. | Effets à court terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste : le NO ₂ | 20 |
| 4.3.1. | Impacts du niveau de fond moyen annuel observé en zone urbaine en France | 20 |
| 4.3.1. | Impacts pour un cycliste par rapport à un automobiliste du niveau de pollution à proximité du trafic: exemple de la station de mesure Victor Basch à Paris | 21 |
| 4.4. | Effets à court terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste : l'ozone | 23 |
| 4.4.1. | Impacts du niveau de fond moyen annuel observé en zone urbaine en France | 23 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.4.2. | Impacts pour un cycliste par rapport à un automobiliste du niveau de pollution à proximité du trafic: exemple de la station de mesure Arsenal à Toulon | 23 |
| 5. | Discussion | 26 |
| 6. | Conclusions / Perspectives | 29 |
| | Sigles et acronymes | 30 |
| | Annexe 1 : Définitions des personnes sensibles et vulnérables selon l'avis du Haut Conseil de santé Public du 15 novembre 2013 | 31 |
| | Annexe 2 : Exemple de calcul du différentiel de risque pour les cyclistes par rapport aux automobilistes | 31 |
| | Annexe 3 : Arrêté du 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé | 32 |
| | Annexe 4 : Normes de qualité de l'air en vigueur au 1er janvier 2013 | 34 |

Résumé

L'exposition des cyclistes à la pollution atmosphérique est une question récurrente, qui resurgit particulièrement lors des épisodes de pollution, lorsque les autorités publiques demandent de privilégier les mobilités actives au détriment des mobilités thermiques polluantes. De nombreuses études ont montré que le bénéfice sanitaire de l'activité physique liée à la pratique régulière du vélo est supérieur au risque lié à l'exposition chronique à la pollution atmosphérique. Mais qu'en est-il de la pratique du vélo pendant un épisode de pollution ? Un cycliste peut-il continuer à faire du vélo ? Ses risques sanitaires sont-ils supérieurs à ceux encourus par un automobiliste dans les mêmes conditions ?

Pour répondre à ces interrogations, l'étude CYCLOPOL a rassemblé les données existantes sur les niveaux atteints par les différents polluants lors des pics constatés, a choisi comme indicateur principal l'impact sur la mortalité et a comparé, polluant par polluant, les effets sur la santé d'une exposition chronique et d'une exposition à un pic de pollution, pour un cycliste versus un automobiliste.

Aux concentrations observées actuellement en France, l'utilisation du vélo en lieu et place de la voiture (pour un trajet comparable en termes d'itinéraire et de durée) n'augmente pas le risque pour la mortalité liée à l'impact des polluants étudiés, y compris pendant les pics de pollution, pour la population générale (i.e. hors population vulnérable et leur entourage et hors populations sensibles) et en prenant en compte l'exposition à la pollution atmosphérique sur une journée complète.

En France, les déplacements actifs en ville, en particulier à bicyclette, sont toujours conseillés pour la population générale, pollution ou pas.

La partie « discussion » de l'étude CYCLO-POL montre que l'approche conservatrice privilégiée dans cette étude établit des augmentations de risques « maximum » pour les cyclistes par rapport aux automobilistes. Et malgré cette approche en défaveur du vélo, les résultats montrent toujours des augmentations de risques négligeables.

1. Contexte du projet

Dans son avis¹ du 15 novembre 2013, le Haut Conseil de la santé publique indique qu'en cas d'épisode de pollution où le seuil d'alerte est dépassé, le message sanitaire suivant doit être diffusé à la population générale (i.e. hors population vulnérable et leur entourage et hors populations sensibles) : « Réduisez et reportez les activités physiques et sportives en plein air ou en intérieur jusqu'à la fin de l'épisode si des symptômes sont ressentis (fatigue inhabituelle, mal de gorge, nez bouché, toux, essoufflement, sifflements, palpitations), et prenez conseil auprès de votre médecin ou pharmacien ou le numéro d'appel air et santé. »

Un arrêté² paru au journal officiel fin août 2014 précise le message sanitaire pour la population générale en cas de dépassement (prévu ou constaté³) des seuils d'alerte fixés pour les polluants suivants : particules de taille inférieure à 10 micromètres (PM₁₀), dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂), ozone (O₃) : « Réduisez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions). En cas d'épisode de pollution à l'ozone, les activités physiques et sportives intenses⁴ (dont les compétitions) à l'intérieur peuvent être maintenues. En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple : essoufflement, sifflements, palpitations), prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez la permanence sanitaire locale (lorsqu'elle est mise en place). »

Ainsi, la recommandation n'exclut pas la pratique d'une activité physique et sportives modérées pour la population générale même si les concentrations en polluants dépassent leurs valeurs du seuil d'alerte.

Afin de lutter contre les pics de pollution, les autorités publiques peuvent demander que l'utilisation de véhicules thermiques soit réduite et que les mobilités actives soient privilégiées. Cependant, lors de l'épisode de pollution de mars 2014 qui a touché la France durant une longue période, de nombreux messages contradictoires ou brouillés ont été entendus sur un éventuel risque sanitaire lié à l'usage du vélo pendant ce pic.

Les résultats du projet européen TAPAS⁵ confortés par des études françaises^{6,7,8} montrent que le bénéfice sanitaire de l'activité physique liée à la pratique régulière du vélo est supérieur au risque lié à l'exposition chronique à la pollution atmosphérique. Qu'en est-il de la pratique du vélo pendant un épisode de pollution ? Un cycliste peut-il continuer à faire du vélo ? Ses risques sanitaires sont-ils supérieurs à ceux encourus par un automobiliste dans les mêmes conditions ?

L'objectif de cette étude est d'apporter des éléments pour éclairer le débat et apporter des réponses aux questions posées sur les impacts sanitaires liés à l'usage du vélo et de la voiture thermique pendant des pics de pollution atmosphérique.

¹ Avis relatif aux messages sanitaires à diffuser lors d'épisodes de pollution de l'air ambiant par les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et/ou le dioxyde de soufre

² Arrêté du 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé

³ Conformément aux articles 2 et 3 de l'arrêté du 26 mars 2014 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant

⁴ Selon l'avis du Haut Conseil de la santé publique du 15 novembre 2013 relatif aux messages sanitaires à diffuser en cas d'épisodes de pollution, les activités physiques et sportives intenses sont des exercices qui obligent à respirer par la bouche

⁵ <http://tapas-program.org>

⁶ PRAZNOCY C., Les avantages sanitaires de la pratique du vélo dans le cadre des déplacements domicile-travail, Rapport réalisé pour la Coordination Interministérielle pour le Développement de l'Usage du Vélo, ARRIVA, Décembre 2013

⁷ CAENEN Y., PRAZNOCY C., Marcher ou pédaler davantage : des effets bénéfiques sur la santé et l'environnement des Franciliens, Insee à la page n°406, Insee Ile-de-France, ORS Île-de-France, avril 2013

⁸ PRAZNOCY C., Les bénéfices et les risques de la pratique du vélo - Evaluation en Île-de-France, ORS Île-de-France, septembre 2012

2. Effets sanitaires de la pollution atmosphérique

De nombreux travaux épidémiologiques et toxicologiques internationaux ont montré les effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Ces effets sont relativement faibles au niveau individuel, comparés à d'autres facteurs de risque comme la consommation de tabac ou d'alcool, mais ils touchent l'ensemble de la population et les conséquences sanitaires sont de ce fait non négligeables. Par ailleurs, les impacts de la pollution atmosphérique sont sans seuil, c'est-à-dire qu'ils sont ressentis et ont des effets néfastes sur la santé dès les plus faibles concentrations en polluants atmosphériques, en dehors même des épisodes de pics de pollution.

A long terme, ou à la suite d'une exposition chronique sur plusieurs années, 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 et à un accroissement du risque de décès, par maladies cardio-respiratoires et par cancer du poumon notamment pour les expositions aux PM_{2,5}.

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 congénitales⁹.

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. Les études nationales et internationales montrent notamment des associations entre l'ozone, les PM₁₀ et le dioxyde d'azote et la mortalité toutes causes^{10,11}.

C'est l'exposition chronique à la pollution de l'air qui conduit aux impacts les plus importants sur la santé.

Même si chacun peut ressentir les effets de la pollution, certaines personnes sont plus vulnérables : les enfants, dont les poumons ne sont pas complètement formés, les personnes âgées, car la capacité et les défenses respiratoires diminuent avec l'âge, les personnes souffrant de pathologies chroniques, les fumeurs, dont l'appareil respiratoire est déjà irrité par le tabac, et les sportifs, qui, de par leur activité respiratoire accrue, sont plus exposés aux polluants. On distingue la population générale des personnes vulnérable et sensibles à la pollution de l'air (cf. encadré ci-dessous)

Population vulnérable :

Femmes enceintes, nourrissons et jeunes enfants, personnes de plus de 65 ans, personnes souffrant de pathologies cardio-vasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires, personnes asthmatiques.

Population sensible

Personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics (par exemple: personnes diabétiques, personnes immunodéprimées, personnes souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire, infectieux).

Encadré 1 : Définitions des personnes vulnérables et sensibles à la pollution de l'air telles que mentionnées dans l'arrêté du 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé

⁹ Extrapol N°28. Pollution atmosphérique et reproduction. Juin 2006

¹⁰ BLANCHARD M, BORRELLI D, CHARDON B, CHATIGNOUX É, DECLERCQ C, FABRE P, et al. Programme de surveillance air et santé. Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2008

¹¹ JANSSEN N.A.H, FISCHER P, MARRA M, AMELING C, CASSEE F.R. Short-term effects of PM_{2.5}, PM₁₀ and PM_{2.5-10} on daily mortality in The Netherlands. Sci Total Environ. 2013 Oct

3. Méthodologie

Les impacts de l'exposition à la pollution de l'air pendant les déplacements sont différents selon le mode de transport choisi. Ils dépendent de l'exposition subie pendant le déplacement :

- du temps d'exposition (i.e. du temps de trajet) et de l'itinéraire,
- du niveau de concentration des polluants atmosphériques,
- de la composition de la pollution pour les particules (liée par exemple à la proportion de véhicules diesel dans le parc motorisé),
- et enfin du taux d'inhalation.

Ces différents facteurs permettent d'estimer des 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.

Dans cette étude, nous avons comparé la situation d'un automobiliste et celle d'un cycliste en prenant en compte les différences d'exposition et l'influence du taux d'inhalation pour estimer comment cette différence se traduisait en termes de mortalité.

Cette démarche n'est pas équivalente à une évaluation d'impacts sanitaires comme celles réalisées par exemple dans le projet Aphekom¹² portant sur l'ensemble de la population et appliquant des critères différents en termes de définition de la période d'étude, de la zone géographique, de conditions météorologiques et de données utilisées (pollution et santé).

Cette étude se concentre sur les impacts sanitaires pour les cyclistes et les automobilistes¹³ des polluants suivants : les PM_{2,5} (pour les effets long terme), les PM₁₀, le NO₂ et l'ozone (pour les effets court terme). Ces polluants sont en effet ceux pour lesquels on dispose de plus de connaissances, ils sont mesurés en routine et peuvent faire l'objet de procédures d'alerte.

Cyclistes et automobilistes sont exposés diversement à la pollution atmosphérique et ont par ailleurs des taux d'inhalation qui leur sont propres, dus à la différence de dépense physique pendant le déplacement.

Pour cette étude, 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, en raison des niveaux de pollution plus élevés (sauf pour l'ozone), de la présence plus nombreuse des cyclistes pour ce type de trajet, des distances de déplacement plus courtes et de la 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 conservatrice, les hypothèses de bases prises dans ce rapport maximisent les hypothèses défavorables au vélo. Elles seront rappelées dans le chapitre consacré à la discussion des résultats (cf. paragraphe 5).

¹² Le projet Aphekom s'est déroulé de juillet 2008 à mars 2011. Il a été co-financé par le programme européen d'action communautaire dans le domaine de la santé publique (2003-2008) (Convention de subvention No. 2007105) et par les nombreux organismes locaux et nationaux qui ont dédié des ressources à l'accomplissement du projet. L'étude APHEKOM a été pilotée par l'Institut de veille sanitaire (INVS)

¹³ Ou passager(s) : En termes d'exposition à la pollution atmosphérique, la situation est similaire pour le conducteur ou le(s) passager(s). Pour faciliter la lecture de ce rapport, seuls les automobilistes seront cités.

3.1. Estimation de l'exposition des automobilistes et des cyclistes par rapport aux niveaux de fond des polluants

La comparaison des risques pour les automobilistes et les cyclistes nécessitent de faire des hypothèses sur leurs expositions respectives à la pollution. De nombreuses études ont été menées, en France comme à l'étranger, pour mesurer l'exposition à différents polluants selon le mode de transport. En France, les études disponibles ont été menées par des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (Airparif en Ile-de-France^{14, 15, 16, 17}, ATMO Midi-Pyrénées ORAMIP¹⁸, ASPA en Alsace¹⁹, Air Languedoc-Roussillon²⁰), par l'INERIS²¹ ou dans le cadre du programme de recherche Primequal/Predit²². Mais les résultats sont parfois difficiles à comparer, les méthodes de mesures (encadré 2) et les choix des trajets (itinéraires comparables ou non) pouvant différer d'une étude à l'autre.

3.1.1. PM_{2,5}

Pour calculer les impacts sanitaires des modifications de l'exposition aux PM_{2,5}, la méthodologie développée dans une étude néerlandaise²³ publiée en 2010 a été reprise ici. Cette étude, qui se fonde sur une revue des études comparant des trajets similaires, propose un ratio d'exposition aux PM_{2,5} pour les automobilistes allant de 1,5 à 2 fois le niveau de fond. Cet ordre de grandeur a été confirmé par une étude similaire²⁴ publiée en 2011.

Elle estime également qu'en moyenne un automobiliste est 1,16 fois plus exposé aux PM_{2,5} qu'un cycliste. Si on compare avec les études françaises ayant effectué des mesures pour des déplacements en automobile et des déplacements à vélo on peut noter que cette sur-exposition dans l'habitacle est retrouvée dans les études d'Airparif (ratio de 1,83), ce qui n'est pas le cas dans l'étude de l'Ineris (ratio de 0,50).

Dans l'étude Primequal, pour des trajets empruntant le même itinéraire, la méthode de mesure employée n'a pas permis de trancher.

3.1.2. PM₁₀

Pour calculer les impacts sanitaires des modifications de l'exposition aux PM₁₀, c'est la méthodologie développée dans l'étude néerlandaise²⁴ publiée en 2011 qui a été également reprise. Pour les PM₁₀, l'étude propose un ratio d'exposition pour les automobilistes allant de 1,3 à 1,4 fois le niveau de fond. Elle estime également qu'en moyenne un automobiliste est 1,21 fois plus exposé aux PM₁₀ qu'un cycliste.

Si on compare avec les études françaises ayant effectué des mesures pour des déplacements en automobile et des déplacements à vélo on peut noter que cette sur-exposition dans l'habitacle des voitures est retrouvée dans les études de l'ORAMIP (ratio de 1,47) ou de l'ASPA (ratio de 1,5 à 3) pour des trajets empruntant le même itinéraire, ce qui n'est pas le cas dans l'étude de l'INERIS (ratio de 0,58) qui comportait des itinéraires différents pour les voitures et les vélos.

¹⁴ A Paris à vélo..., Airparif Actualités n°32, 2009

¹⁵ Quelle qualité de l'air en voiture pendant les trajets quotidiens domicile-travail, Airparif, 2009

¹⁶ Campagne de mesure à la station Faidherbe-Chaligny, Airparif, RATP, 2009

¹⁷ Campagne de mesure à gare de RER Auber, Airparif, RATP, 2010

¹⁸ Exposition des personnes à la pollution de l'air dans différents types de transports, Oramip, 2008-2009

¹⁹ Evaluation exploratoire de l'exposition des cyclistes et des automobilistes à la pollution atmosphérique sur l'agglomération de Mulhouse, ASPA, 2011

²⁰ Exposition à la pollution dans les différents modes de transports sur des trajets domicile – travail, Exemple de Montpellier Agglomération, Air Languedoc-Roussillon, 2013

²¹ Intermodal – Vers une meilleure maîtrise de l'exposition individuelle par inhalation des populations à la pollution atmosphérique lors de leurs déplacements urbains, Ineris, 2009

²² Evaluation de l'exposition des citoyens aux polluants atmosphériques au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne, LHVP, LCPP, RATP, 2010

²³ DE HARTOG J. J., BOOGAARD H., NIJLAND H., HOEK G., Do the Health Benefits of Cycling Outweigh the Risks?, Environmental Health Perspectives, Vol 118, n°8, 2010

²⁴ ZUURBIER M., HOEK G., Commuters' air pollution exposure and acute health effects, 2011

La mesure des concentrations en particules PM₁₀ et PM_{2.5} peut se faire de différentes façons. Le choix de la méthode dépend de l'objectif recherché et des conditions possibles pour effectuer cette mesure : suivi de la concentration dans le cadre de l'obligation de surveillance de la qualité de l'air en air ambiant (cas des mesures réalisées par les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air), mesure individuelle pour connaître l'exposition aux particules dans le cadre de l'hygiène au travail, diagnostic d'un site industriel, etc. Ou critère sur le type de résultat attendu : concentration moyenne journalière, concentration toutes les minutes ou les quart d'heure, etc. Ou mesure en un point fixe permettant une alimentation électrique, abris protégé, ou mesure ponctuelle ou mesure « embarquée » pour caractériser une exposition individuelle. Pour la mesure en air ambiant dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air, la méthode à suivre est celle de la mesure par gravimétrie selon la norme NF 12341 (pour les PM₁₀) et NF 14907 (pour les PM_{2.5}) qui consistent à prélever les particules (dans des conditions précises) et à procéder à une pesée gravimétrique (également dans des conditions précises). La norme stipule que d'autres méthodes peuvent être employées sous réserve de prouver leur équivalence à la méthode de référence. Toutes ces mesures « normées ou assimilées normées » demandent des conditions de mesurage qui ne permettent pas des mesures d'exposition individuelle. Aussi, la plupart des mesures de particules effectuées pour caractériser l'exposition des cyclistes ou automobilistes se font avec des techniques plus « légères » qui ne peuvent pas être directement comparées avec la méthode normée. Parmi ces techniques, on retrouve principalement :

- la mesure en différé : prélèvement des particules sur filtre à l'aide d'une pompe portative puis pesée gravimétrique en laboratoire. Le résultat est une concentration moyenne sur la durée du temps de prélèvement
- la mesure en temps réel : mesure optique qui consiste à compter les particules dans différentes classes granulométriques et à transformer ce nombre en masse sur la base de facteurs choisis par le constructeur ou après une procédure de calibration. Les résultats sont des concentrations instantanées selon un pas de temps défini par l'utilisateur.

Ainsi, il est délicat de comparer entre eux des résultats de mesures de concentrations de particules si les méthodes employées ne sont pas strictement les mêmes, différents paramètres pouvant grandement influencer les résultats (notamment la fréquence de la calibration pour les appareils optiques).

Pour les autres polluants, les méthodes de mesure employées dans les études de même type sont très proches et soulèvent moins de questions quant à la comparaison entre elles.

Encadré 2 : Mesure des particules PM₁₀ et PM_{2.5}

3.1.3. NO₂

Toutes les études ou revues d'études analysées dans le cadre de ce travail montrent une exposition plus élevée dans l'habitacle de la voiture que pour un cycliste. Dans les études françaises, qui ont toutes mesuré le NO₂, le ratio s'élève de 1,50 à plus de 8 en défaveur de l'automobiliste. Un ratio d'exposition deux fois plus élevé est retenu ici. Les comparaisons avec le niveau de fond ne sont pas évidentes. Dans l'attente d'une expertise complémentaire, le choix a été fait dans ce rapport de prendre une concentration dans l'habitacle de 2 à 3 fois le niveau observé en proximité du trafic.

3.1.4. Ozone

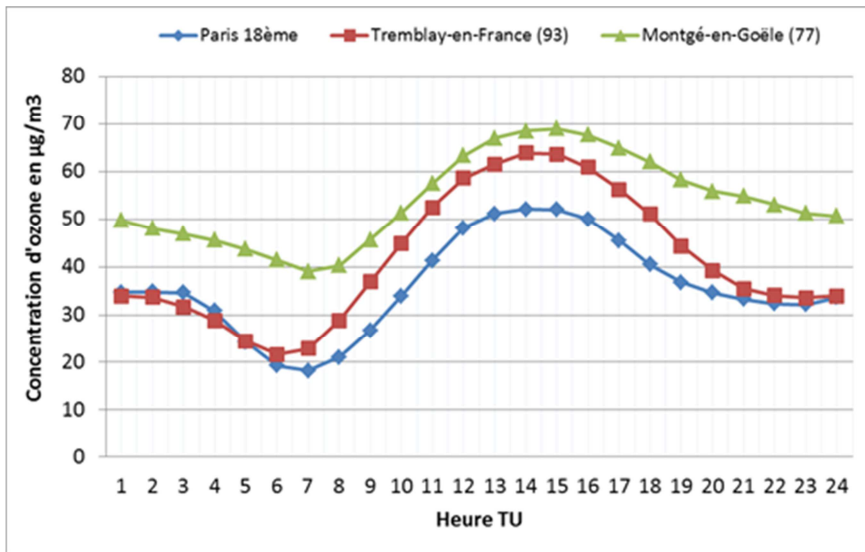
Aucune étude portant sur l'exposition à l'ozone des cyclistes n'a été identifiée à ce jour. En l'absence de données, les résultats de ce rapport ont été calculés avec les hypothèses suivantes :

- Exposition au niveau de fond pour le cycliste
- Abattement dans l'habitacle des voitures identique à celui constaté dans les logements (déperdition de 80% selon une étude du CSTB²⁵).

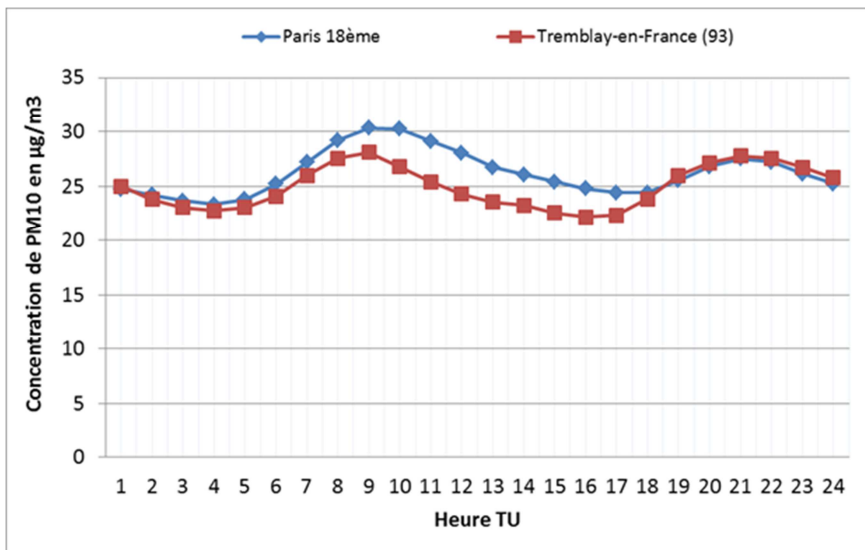
Compte-tenu de la particularité de l'ozone, polluant secondaire qui résulte de la transformation dans l'air sous l'effet du rayonnement solaire de certains autres polluants (oxydes d'azote, composés organo-volatils), la méthodologie de calcul sera légèrement différente. La production d'ozone ayant plutôt lieu dans l'après-midi (graphique1), un seul déplacement par jour sera ainsi pris en compte²⁶.

²⁵ Étude expérimentale des conditions de transfert de la pollution atmosphérique d'origine locale à l'intérieur des bâtiments d'habitation, Convention de recherche ADEME, Rapport final, CSTB, Avril 2001

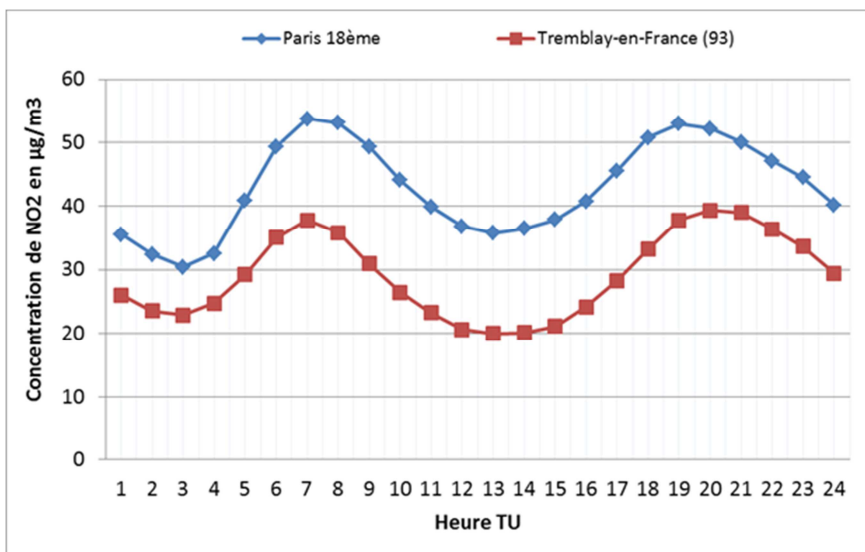
²⁶ L'étude portant sur les déplacements domicile-travail, l'hypothèse ici est d'un aller en début de matinée, un retour en fin d'après-midi.



Graphique 1 : Concentrations moyennes horaires d'ozone calculées pour l'année 2013 pour 3 stations du réseau permanent de mesure d'Airparif en région parisienne: Paris 18ème (typologie urbaine), Tremblay (typologie périurbaine) et Montgé-en-Goële (station rurale)
 Source : Airparif



Graphique 2 : Concentrations moyennes horaires de PM_{10} calculées pour l'année 2013 pour 2 stations du réseau permanent de mesure d'Airparif en région parisienne: Paris 18ème (typologie urbaine) et Tremblay (typologie périurbaine)
 Source : Airparif



Graphique 3 : Concentrations moyennes horaires de NO_2 calculées pour l'année 2013 pour 2 stations du réseau permanent de mesure d'Airparif en région parisienne: Paris 18ème (typologie urbaine) et Tremblay (typologie périurbaine)
 Source : Airparif

3.2. Temps de trajet et itinéraire

Pour calculer l'exposition due aux déplacements effectués, il est essentiel d'avoir des hypothèses sur les temps de trajet et sur les itinéraires empruntés et les moments de la journée considérés.

3.2.1. Temps de trajet

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 où se déroulent les différentes activités (transports, loisirs, activités sportives...).

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

Selon l'enquête nationale Transports et déplacements de 2008, la durée moyenne d'un trajet à vélo est de 16 minutes au niveau national (autour de 20 minutes à Paris), pour l'ensemble des déplacements comme pour les déplacements domicile-travail.

L'étude CYCLO-POL porte sur les déplacements domicile-travail, déplacements contraints ne pouvant pas être reportés lors d'un pic de pollution, soit deux déplacements par jour (par hypothèse un aller en début de matinée, un retour en fin d'après-midi), sauf pour l'ozone (voir paragraphe précédent).

Enfin des études ont montré qu'en milieu urbain, les temps de parcours sont comparables entre le vélo et la voiture^{27,28,29,30}. Une durée moyenne de 20 minutes est retenue dans les calculs pour le vélo et pour la voiture pour un trajet similaire, en raison de l'approche conservatrice de cette étude.

Pour l'exposition au domicile, les travaux du CSTB cités précédemment sont utilisés :

- Particules : concentration représentant environ 80% du niveau de fond
 - NO₂ : niveau de fond
 - Ozone : concentration représentant environ 20% du niveau de fond (mais le ratio Intérieur/Extérieur de l'ozone a été mesuré lors de nombreuses études et des valeurs variant de 0,2 à 0,7 ont été observées³¹).
- Ces données devraient être mises à jour prochainement (projet de saisine en cours).

3.2.2. Itinéraire

Par hypothèse, lors d'un report modal de la voiture vers le vélo, l'itinéraire emprunté reste le même. Cette hypothèse se traduit dans les calculs en prenant en compte les mêmes niveaux de fond de pollution pour estimer l'exposition des cyclistes et des automobilistes, donc avec des conditions de pollution similaires. Cette hypothèse est plutôt en défaveur du cycliste, qui aura dans les faits tendance à emprunter des itinéraires plus éloignés du trafic (pistes cyclables, rues moins passantes, contresens cyclables, etc.) où la qualité de l'air est meilleure¹⁴.

²⁷ JENSEN P., ROUQUIER J.-B., OVTRACHT N., ROBARDET C., Characterizing the speed and paths of shared bicycle use in Lyon, Transportation Research Part D 15 522–524, 2010

²⁸ KOPP P., La contribution des deux-roues motorisés à la mobilité dans une grande métropole : le cas de Paris, Transports, n°456, juillet-août 2009

²⁹ Exposition des personnes à la pollution de l'air dans différents types de transports, Oramip, 2008-2009

³⁰ Etude comparative des temps de déplacements selon les modes, Mairie de Paris, Direction de la voirie et des déplacements, 2006-2007

³¹ WESCHLER C.J., Ozone in indoor environment : concentration and chemistry, Indoor Air, 10 : 269-288, 2000

3.1. Taux d'inhalation

Chaque mode de transport est associé à un effort physique et donc à un volume d'air inspiré par minute qui lui est propre. Les fonctions de ventilation utilisées dans ce rapport sont données dans le tableau 1 :

| Ventilation (l/mn) | Sommeil | Repos* | Voiture | Vélo | Marche | Transports en commun |
|--------------------|---------|--------|---------|------|--------|----------------------|
| Hommes | 5,0 | 10,0 | 12,1 | 28,8 | 18,4 | 13,0 |
| Femmes | 5,0 | 10,0 | 9,6 | 22,8 | 14,6 | 10,3 |

Tableau 1 : Taux de ventilation
Source : IRMES

Dans une approche conservatrice, le temps de travail est supposé associé à une fonction de ventilation identique à celle observée au repos. Cette sous-estimation de la fonction de ventilation pendant le temps de travail, en particulier lorsque le travail est physique va induire dans les calculs une sur-estimation des risques associés à l'exposition des cyclistes aux polluants atmosphériques pendant les temps de trajet. Les temps d'activités sportives ne sont également pas pris en compte et conduisent également à une sur-estimation des risques pendant les temps de trajet.

3.2. Niveaux de pollution de fond

Les niveaux de concentration moyens utilisés³² dans ce rapport sont issus du bilan de la qualité de l'air en France en 2013 (graphique 2).

- PM_{2.5} : 15 µg/m³ en fond urbain, 19 µg/m³ en proximité de trafic
- PM₁₀ : 22 µg/m³ en fond urbain, 27 µg/m³ en proximité de trafic
- NO₂ : 20 µg/m³ en fond urbain, 42 µg/m³ en proximité de trafic
- Ozone : 50 µg/m³ en fond urbain.

Pour les PM_{2.5}, la période de suivi des concentrations (depuis 2009) est trop courte pour identifier une tendance.

Sur la période 2007-2013, aucune tendance significative pour les PM₁₀ ne se dégage pour les stations trafic et les stations de fond urbain.

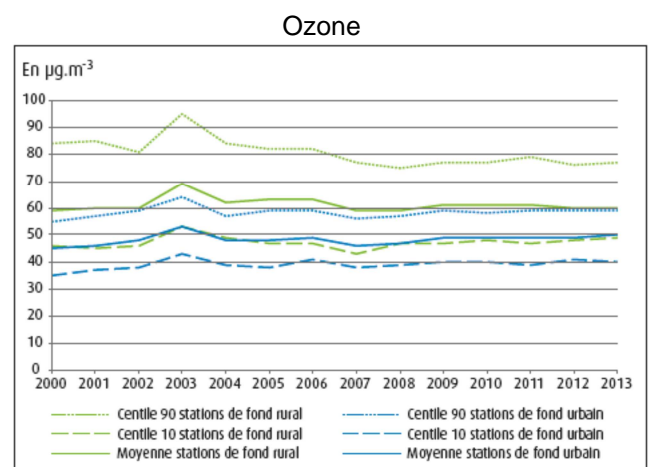
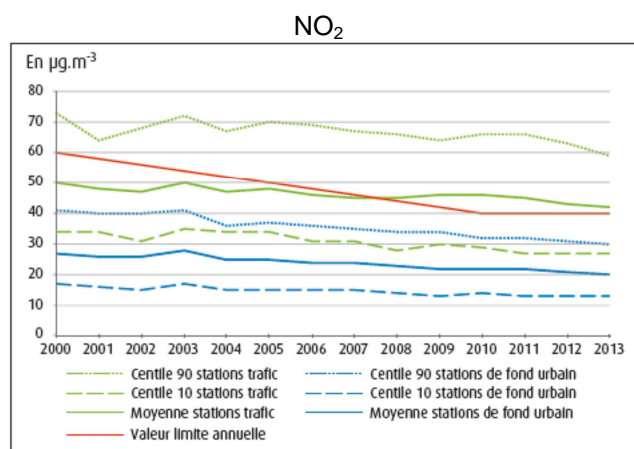
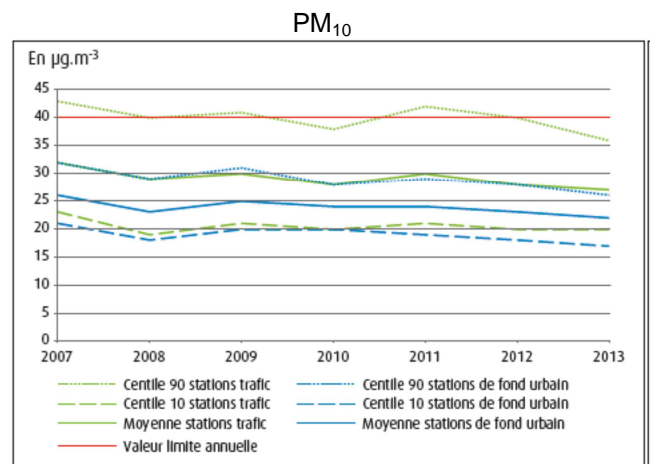
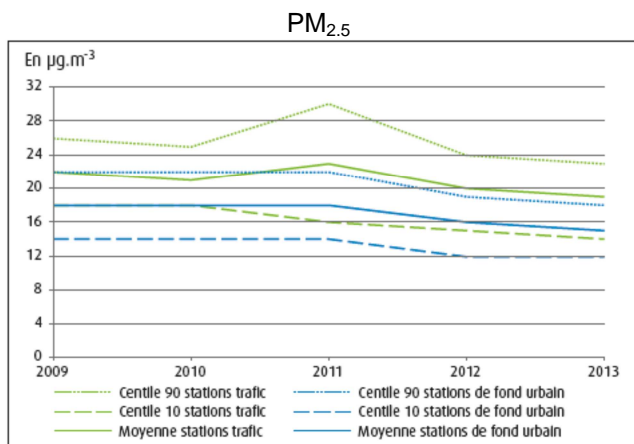
En revanche, la moyenne annuelle des concentrations en NO₂ a diminué de façon progressive depuis 2000 tous types de stations confondus (fond urbain, fond rural, industriel et trafic), avec une année atypique en 2003.

Enfin, sur la période 2000-2013, les concentrations en O₃ ont été stables sur les sites de fond urbain.

Pour les pics de pollution, les données utilisées sont des données observées sur des stations de mesure ayant enregistré des épisodes de pollution particulièrement marqués.

La composition de la pollution, en particulier aux particules, est supposée homogène et comparable à la composition de la pollution des études utilisées pour les impacts sanitaires.

³² Bilan de la qualité de l'air en France en 2013 et principales tendances observées sur la période 2000-2013, CGDD, octobre 2014



Graphique 4 : Evolution des concentrations moyennes annuelles pour les PM_{2.5}, les PM₁₀, le NO₂ et l'ozone
 Champ : France métropolitaine et DOM
 Source : Géod'Air, avril 2014

3.1. Fonctions doses-réponse

Pour chacun des polluants considérés, les fonctions dose-réponse choisies sont cohérentes avec celles utilisées dans d'autres études évaluant les impacts de la pollution de l'air sur la santé. Des données issues d'études épidémiologiques françaises ont été favorisées autant que possible.

Il faut toutefois souligner que la méthode utilisée n'est pas équivalente aux évaluations d'impact sanitaires classiques. Appliquer à une population exposée moins d'une heure deux fois par jour pendant une activité spécifique des risques relatifs établis pour une population générale exposée tout au long de la journée quelle que soit son activité est une hypothèse forte qui mériterait d'être approfondie.

3.1.1. Liens à long terme : PM_{2,5}

Les PM_{2,5}, dites « Particules fines », sont d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm. Elles peuvent ainsi pénétrer profondément dans les voies respiratoires. C'est sur le long terme que les impacts sanitaires des PM_{2,5} ont été le plus étudiés, même si il existe des effets également sur le court terme³³.

L'étude de Pope et al³⁴ sur la cohorte de l'American Cancer Society montre qu'une augmentation de la concentration moyenne de 10 µg/m³ entraîne une élévation de la mortalité de l'ordre de 6% (RR = 1,06 [IC 95%: 1,04 ; 1,08]). Ce risque a été longtemps utilisé pour les évaluations d'impacts sanitaires, par exemple par le projet Aphekom¹². Une méta-analyse internationale réalisée en 2013³⁵ a confirmé l'ordre de grandeur en proposant un RR de 1.06 [1.04 :1.07]. Ces résultats portent majoritairement sur des populations nord-américaines. Le projet européen Escape propose quant à lui pour l'Europe des effets plus élevés (RR = 1,14 [IC 95%: 1,04 ;1,26])³⁶. Ce sont ces résultats qui seront utilisés, car ils s'appliquent à une population européenne.

3.1.2. Liens à court terme : PM₁₀, NO₂, Ozone

Les liens à court terme entre indicateurs de pollution atmosphérique et mortalité ont été établis par le Programme de surveillance air et santé (Psas) mené par l'InVS³⁷. Ce programme est implanté aujourd'hui dans 19 villes françaises. Il a montré des 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.

Pour les PM₁₀ (particules d'un diamètre inférieur ou égal à 10 µm), une augmentation de la concentration moyenne de 10 µg/m³ entraîne une élévation de la mortalité de l'ordre de 0,8% (RR = 1,008 [IC 95%: 1,002 ; 1,015])³³. Cette fonction dose-réponse est plus cohérente avec celle issue de la méta-analyse de l'OMS Europe³⁸ (RR = 1,006 [IC 95%: 1,004 ; 1,008]).

Une étude précédente du Psas avait retrouvé un résultat plus élevé avec un RR de 1,014 [IC95% 1,007 :1,020].

Toujours dans la perspective de se placer dans une hypothèse conservatrice et d'évaluer le risque maximal, le RR le plus élevé (1,014) a été sélectionné, le RR plus faible recommandé par l'OMS étant discuté dans le chapitre consacré à la discussion des résultats.

³³ PASCAL M., FALQ G., WAGNER V., CHATIGNOUX E., CORSO M., BLANCHARD M., HOST S., PASCAL L., LARRIEU S., Short-term impacts of particulate matter (PM10, PM10e2.5, PM2.5) on mortality in nine French cities, Atmospheric Environment, Volume 95, October 2014

³⁴ POPE C.A. III, BURNETT R.T., THUN M.J., CALLE E.E., KREWSKI D., ITO K., et al., Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, Journal of American Medical Association, 287:1132–1141, 2002

³⁵ HOEK G et al., Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality : a review, Environmental Health, 2013

³⁶ BEELEN R et al., Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project, The Lancet, Volume 383, Pages 785 - 795, March 2014

³⁷ Programme de surveillance air et santé — Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises — Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, Paris, 2008, 41 p.

³⁸ ANDERSON HR, ATKINSON RW, PEACOCK JL, MARSTON L, KONSTANTINOOU K. Meta-analysis of timeseries studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O3). Report of a WHO task group. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe; 2004

Pour le NO₂, selon les résultats du Psas, une augmentation de la concentration moyenne de 10 µg/m³ entraîne une élévation de la mortalité de l'ordre de 1,3% (RR = 1,013 [IC 95%: 1,006 ; 1,019]). Cette fonction dose-réponse est plus élevée que celle issue du programme européen APHEA³⁹ (RR = 1,003 [IC 95%: 1,002 ; 1,004]). Ce résultat sera utilisé dans le chapitre consacré à la discussion des résultats.

Enfin, pour l'ozone, selon les résultats du Psas, une augmentation de la concentration moyenne de 10 µg/m³ entraîne une élévation de la mortalité de l'ordre de 0,9% (RR = 1,009 [IC 95%: 1,004 ; 1,015]). Cette fonction dose-réponse est plus élevée que celle issue du programme européen APHEA⁴⁰ (RR = 1,0031 [IC 95%: 1,0017 ; 1,0052]). Ce résultat sera utilisé dans le chapitre consacré à la discussion des résultats.

| | Exposition long terme aux PM_{2,5} | Exposition court terme aux PM₁₀ | Exposition court terme au NO₂ | 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 | 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 travail/repos : 10 l/mn voiture : 12,1 l/mn vélo : 28,8 l/mn | sommeil : 5 l/mn travail/repos : 10 l/mn voiture : 12,1 l/mn vélo : 28,8 l/mn | sommeil : 5 l/mn travail/repos : 10 l/mn voiture : 12,1 l/mn vélo : 28,8 l/mn | sommeil : 5 l/mn travail/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 | Escape RR = 1,14 [IC 95% : 1,04;1,26] | Psas RR = 1,014 [IC 95% : 1,007;1,020] | Psas RR = 1,013 [IC 95% : 1,006;1,019] | Psas RR = 1,009 [IC 95% : 1,004;1,015] |

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des différentes fonctions utilisées dans l'étude CYCLO-POL

³⁹ SAMOLI E, AGA E, TOULOU MI G et al. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality. Eur Respir J 2006;27:1129-38

⁴⁰ GRYPARIS A, FORSBERG B, KATSOUYANNI K, ANALITIS A, TOULOU MI G, SCHWARTZ J, et al. Acute effects of ozone on mortality from the "Air pollution and health: a European approach" project. Am J Respir Crit Care Med 2004;170:1080-7

4. Principaux résultats

4.1. Effets à long terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste: les PM_{2,5}

De nombreuses études, dont l'étude APHEKOM⁴¹, ont montré que les impacts d'une exposition chronique à la pollution étaient plus importants que les impacts à court terme. Dans l'analyse ci-présente, les effets sanitaires des PM_{2,5} pour un cycliste comparés à ceux d'un automobiliste dans les mêmes conditions représentent les impacts de référence et pourront être mis en perspective avec les effets à court terme et les pics de pollution.

| Exposition long terme aux PM _{2,5} | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste |
|---|---|
| Hommes | 1,017 |
| Femmes | 1,014 |

Tableau 3 : Ratio de risque associé à la différence d'exposition aux PM_{2,5} pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable

Niveau de fond urbain 15 µg/m³; ratio concentration habitacle/niveau de fond = 2; ratio exposition automobiliste/cycliste = 1,16; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1

Analyse :

Compte-tenu du taux d'inhalation plus élevé, les cyclistes sont plus exposés que les automobilistes malgré des ratios de concentrations plus faibles. Ceci conduit à estimer que l'effet des particules PM_{2,5} sur la mortalité est 1,017 fois plus élevé pour un cycliste qu'il ne l'est pour un automobiliste. Cette augmentation s'applique à un risque relatif par ailleurs très faible (RR =1,14) et peut donc être considérée comme négligeable.

De plus, pour ce même cycliste, la diminution du risque de mortalité due à une utilisation régulière du vélo lors de ses déplacements (activité physique modérée) est de 10 à 28%, selon son niveau d'activité physique par ailleurs^{42,43}.

De plus, n'est pas prise en compte la diminution de la concentration due à un report modal voiture vers le vélo, bénéfique pour l'ensemble de la population, même pour une baisse très faible de la concentration. En effet, compte-tenu des risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique, toute diminution des niveaux de polluants, même mineure, est bénéfique pour la réduction de l'impact sanitaire lié à la pollution atmosphérique sur la population française.

A quel niveau de concentration annuel l'exposition des cyclistes aux PM_{2,5} par rapport aux automobilistes pourrait devenir problématique?

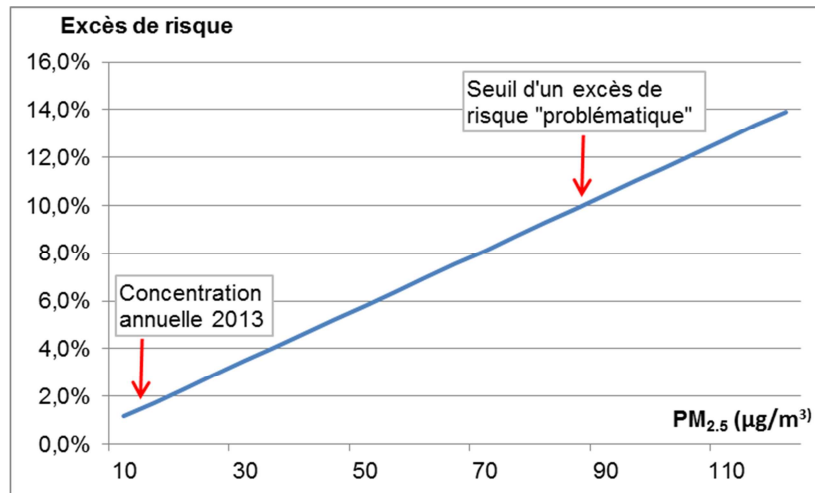
Le risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste augmentant avec le niveau de concentration en PM_{2,5}, le niveau de pollution nécessaire pour que l'effet des particules sur la mortalité soit 1,1 fois (soit 10%) plus élevé pour un cycliste que pour un automobiliste a été calculé.

Pour atteindre ce sur-risque de 10%, le niveau de concentration annuel devrait dépasser 90 µg/m³, soit plus de 5 fois la concentration annuelle observée en 2013 en France (graphique 5). Par ailleurs, ce niveau annuel de concentration très élevé n'a jamais été atteint sur aucune des stations de mesure du territoire.

⁴¹ DECLERCQ C, PASCAL M, CHANEL O, CORSO M, UNG A et al. Impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans neuf villes françaises. Résultats du projet Aphekom. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire ; 2012. 33 p

⁴² ANDERSEN L.B. et al, All-cause Mortality Associated with Physical Activity During Leisure Time, Work, Sports, and Cycling to Work, Arch. Intern. Med., Vol. 160, June 12, 2000, p.1621.

⁴³ Kahlmeier S., Kelly P., Foster C., Health economic assessment tools (HEAT) for walking and for cycling? Who 2014



Graphique 5 : Excès de risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste selon la concentration annuelle en PM_{2,5}

- ⇒ Pour un trajet comparable (itinéraire et durée) et en prenant en compte l'exposition aux PM_{2,5} tout au long de la journée, avec les niveaux de fond observés en moyenne en 2013, les risques sont comparables pour un cycliste ou pour un automobiliste
- ⇒ Le niveau de concentration en PM_{2,5} à partir duquel la différence entre les risques pour un cycliste et ceux pour un automobiliste pourrait être du même ordre de grandeur que les bénéfices par ailleurs liés à la pratique du vélo n'est pas observé en France.

4.2. Effets à court terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste : les PM₁₀

4.2.1. Impacts du niveau de fond moyen annuel observé en zone urbaine en France

| Exposition court terme aux PM ₁₀ | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste |
|---|---|
| Hommes | 1,0017 |
| Femmes | 1,0013 |

Tableau 4 : Ratio de risque associé à la différence d'exposition aux PM₁₀ pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable

Niveau de fond urbain 22 µg/m³; ratio concentration habitacle/niveau de fond = 1,4; ratio exposition automobiliste/cycliste = 1,21; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1

Analyse :

L'effet des PM₁₀ sur la mortalité à court terme est 1,0017 fois plus élevé pour un cycliste qu'il ne l'est pour un automobiliste. Cette augmentation s'applique à un risque relatif individuel très faible (RR = 1.014) et peut donc être considérée comme négligeable.

Cette augmentation du risque est environ 10 fois inférieure à celle générée par l'exposition aux PM_{2,5}.

Par ailleurs, n'est pas prise en compte la diminution de la concentration due à un report modal voiture vers le vélo, bénéfique pour l'ensemble de la population, même pour une baisse très faible de la concentration.

En effet, compte-tenu des risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique, toute diminution des niveaux de polluants, même mineure, est bénéfique pour la réduction de l'impact sanitaire lié à la pollution atmosphérique sur la population française.

4.2.2. Impacts pour un cycliste par rapport à un automobiliste du niveau de pollution à proximité du trafic : exemple de la station de mesure Victor Basch à Paris

A Paris, la place Victor Basch est caractérisée par un trafic automobile important et souvent congestionné. Des concentrations très importantes de PM₁₀ ont été relevées lors des épisodes de pollution de mars 2014 à la station de mesure d'Airparif sise sur cette place (pic maximum de 134 µg/m³ pour la concentration journalière observée le 14 mars 2014). Le niveau annuel moyen est de 33 µg/m³. Si on supprimait tous les pics de pollution observés sur une année pour cette station de mesure, en écrêtant toutes les valeurs supérieures au seuil de recommandations (50 µg/m³ en moyenne journalière), le niveau moyen annuel serait de 31 µg/m³.

| Exposition court terme aux PM ₁₀ | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste Niveau de trafic annuel moyen : 33 µg/m ³ | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste Niveau de trafic annuel moyen : 31 µg/m ³ | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste Concentration journalière : 134 µg/m ³ |
|---|---|---|--|
| Hommes | 1,0025 | 1,0023 | 1,0101 |
| Femmes | 1,0020 | 1,0019 | 1,0081 |

Tableau 5 : Ratio de risque associé à la différence d'exposition aux PM₁₀ pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable autour de la station de mesure Victor Basch à Paris
Ratio habitacle/niveau de fond = 1,4 ; ratio exposition automobiliste/cycliste = 1,21 ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1

| Exposition court terme aux PM ₁₀ | Ratio de risque entre les pics et les niveaux de fond |
|---|---|
| Voiture (Hommes) | 1,1155 |
| Vélo (Hommes) | 1,1145 |

Tableau 5 : Ratio de risque associé au changement d'exposition aux PM₁₀ entre le niveau moyen et un pic de pollution pour la voiture et le vélo autour de la station de mesure Victor Basch à Paris
Niveau de trafic urbain 33 µg/m³ ; pic de pollution 134 µg/m³ ; Ratio habitacle/niveau de fond = 1,4 ; ratio exposition automobiliste/cycliste = 1,21 ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1

Analyse :

Pour un cycliste se déplaçant régulièrement autour de la station Victor Basch, l'effet des PM₁₀ sur la mortalité à court-terme est 0,25% plus élevé chez les cyclistes que chez les automobilistes. Si on supprimait tous les pics de pollution observés sur une année pour cette station de mesure, la différence entre les cyclistes et les automobilistes serait de 0,23% pour les hommes. Autrement dit, les pics de pollution ne contribuent pas de manière significative à l'accroissement d'un risque pour les cyclistes vis-à-vis des automobilistes.

Dans le cadre d'un épisode de pollution marqué, la différence d'effet peut atteindre 1% dans les jours qui suivent l'exposition (risque maximum calculé chez les hommes).

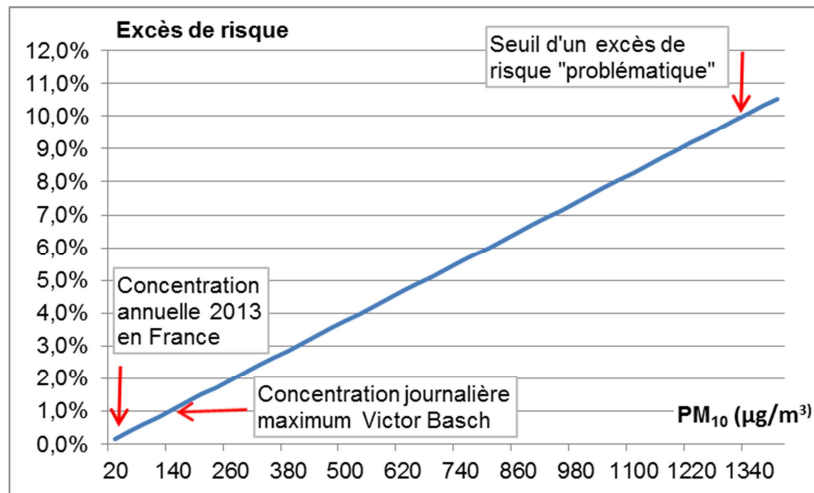
Ces augmentations, calculées aussi bien avec un niveau de pollution annuel moyen que lors d'un pic de pollution s'appliquent à un risque relatif individuel très faible (RR = 1,014) et peuvent donc être considérées comme négligeables.

Enfin, les jours d'extrême pic de pollution aux PM₁₀, les cyclistes et les automobilistes, s'ils conservent leur mode de déplacement habituel, ont un risque équivalent d'augmentation du risque de mortalité à court terme d'environ 11,5%.

A quel niveau de concentration l'exposition des cyclistes aux PM₁₀ par rapport aux automobilistes pourrait-elle devenir problématique?

Le risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste augmentant avec le niveau de concentration en PM₁₀, le niveau de pollution nécessaire pour que l'excès de risque de mortalité du cycliste par rapport à l'automobiliste dépasse 10% a été calculé, considérant que ce niveau de sur-risque pourrait justifier de modifier les recommandations sanitaires.

Pour atteindre ce sur-risque de 10%, le niveau de concentration annuel doit dépasser 1 300 µg/m³, soit plus de 10 fois la concentration journalière maximum observée en 2014 en France (graphique 6).



Graphique 6 : Excès de risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste selon la concentration en PM_{10}

- ⇒ Pour un trajet comparable (itinéraire et durée) et en prenant en compte l'exposition tout au long de la journée aux niveaux de fond observés en moyenne en 2013, le risque de mortalité à court terme associé à une exposition annuelle aux PM_{10} est identique pour un cycliste et pour un automobiliste
- ⇒ Pour un trajet comparable (itinéraire et durée) et en prenant en compte l'exposition tout au long de la journée aux niveaux observés en 2013-2014 sur une station trafic représentative de niveaux élevés de PM_{10} , le risque de mortalité à court terme associé à une exposition aux PM_{10} est également identique pour un cycliste et pour un automobiliste
- ⇒ Les pics de pollution ne modifient pas ces conclusions
- ⇒ S'ils conservent leur mode de déplacement habituel lors d'un pic de pollution aux PM_{10} , les risques liés à la pollution sont identiques pour les automobilistes et les cyclistes
- ⇒ Le niveau de concentration en PM_{10} à partir duquel un excès de risque de mortalité à court terme pour un cycliste par rapport à un automobiliste pourrait être problématique n'a jamais été observé en France

4.3. Effets à court terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste : le NO_2

4.3.1. Impacts du niveau de fond moyen annuel observé en zone urbaine en France

| Exposition court terme au NO_2 | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste |
|----------------------------------|---|
| Hommes | 1,0006 |
| Femmes | 1,0005 |

Tableau 6 : Ratio de risque associé à la différence d'exposition au NO_2 pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable

Niveau de fond urbain 20 $\mu g/m^3$; ratio concentration habitacle/niveau de fond = 3; ratio exposition automobiliste/cycliste = 2; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1

Analyse :

Pour un cycliste, l'augmentation du risque de mortalité à court terme due à une exposition annuelle au NO₂ est de 0,06% (risque maximum calculé chez les hommes) par rapport à un automobiliste. Cette augmentation s'applique à un risque relatif individuel très faible (RR =1,013) et peut donc être considérée comme négligeable.

Cette augmentation du risque est environ 28 fois inférieure à celle générée par l'exposition aux PM_{2,5}.

Par ailleurs, n'est pas prise en compte la diminution de la concentration due à un report modal voiture vers le vélo, bénéfique pour l'ensemble de la population, même pour une baisse très faible de la concentration.

4.3.1. Impacts pour un cycliste par rapport à un automobiliste du niveau de pollution à proximité du trafic: exemple de la station de mesure Victor Basch à Paris

Des concentrations très importantes de NO₂ ont également été relevées lors des épisodes de pollution du printemps 2014 à la station de mesure Victor Basch (pic maximum de 248 µg/m³ pour la concentration journalière observé le 9 mars 2014). Le niveau annuel moyen est de 81 µg/m³.

| Exposition court terme au NO ₂ | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste Niveau de trafic annuel moyen : 81 µg/m ³ | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste Concentration journalière : 248 µg/m ³ |
|---|---|--|
| Hommes | 1,0024 | 1,0072 |
| Femmes | 1,0058 | 1,0058 |

Tableau 7 : Ratio de risque associé à la différence d'exposition au NO₂ pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable autour de la station de mesure Victor Basch à Paris

Ratio habitacle/niveau de fond = 3 ; ratio exposition automobiliste/cycliste = 2 ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1

| Exposition court terme au NO ₂ | Ratio de risque entre les pics et les niveaux de fond |
|---|---|
| Voiture (Hommes) | 1,2292 |
| Vélo (Hommes) | 1,2201 |

Tableau 8 : Ratio de risque associé au changement d'exposition au NO₂ entre le niveau moyen et un pic de pollution pour la voiture et le vélo autour de la station de mesure Victor Basch à Paris

Niveau de trafic urbain 81 µg/m³ ; pic de pollution 248 µg/m³ ; ratio habitacle/niveau de fond = 3 ; ratio exposition automobiliste/cycliste = 2 ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1

Analyse :

Pour un cycliste se déplaçant régulièrement autour de la station Victor Basch, l'augmentation du risque de mortalité à court terme due à une exposition annuelle au NO₂ est de 0,24% (risque maximum calculé chez les hommes) par rapport à un automobiliste. Si on supprimait tous les pics de pollution observés sur une année pour cette station de mesure, en écrêtant toutes les valeurs supérieures au seuil de recommandations (200 µg/m³), le niveau moyen annuel serait encore de 81 µg/m³. La différence de risques entre les cyclistes et les automobilistes serait comparable à celle estimée en prenant en compte les pics de pollution. Ces derniers ne contribuent donc pas à aggraver les écarts entre cyclistes et automobilistes.

Dans le cadre d'un épisode de pollution marqué, la différence entre les cyclistes et les automobilistes dans les jours suivant l'exposition est de 0,72% (risque maximum calculé chez les hommes).

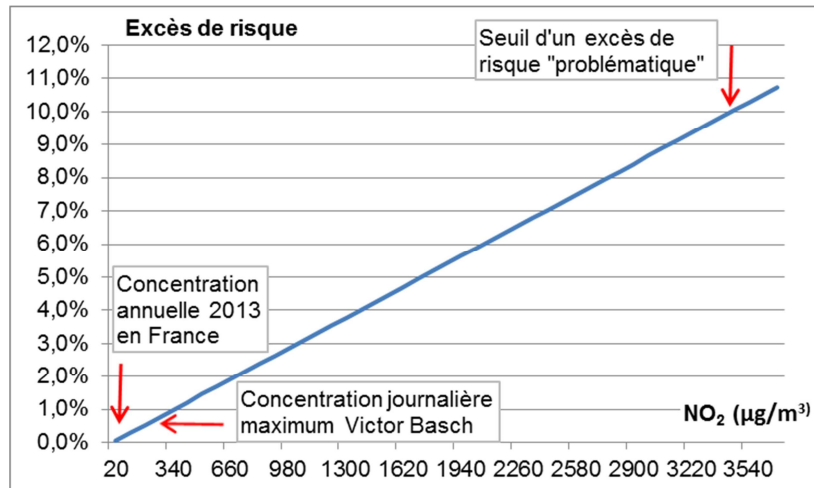
Ces augmentations, calculées aussi bien avec un niveau de pollution annuel moyen que lors d'un pic de pollution s'appliquent à un risque relatif individuel très faible (RR =1.013) et peuvent donc être considérées comme négligeables.

Enfin, les jours d'extrême pic de pollution aux NO₂, les cyclistes et les automobilistes, s'ils conservent leur mode de déplacement habituel, ont un risque équivalent d'augmentation du risque de mortalité à court terme d'environ 23% pour les automobilistes et 22% pour les cyclistes.

A quel niveau de concentration l'exposition des cyclistes au NO₂ par rapport aux automobilistes pourrait-elle devenir problématique?

Le risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste augmentant avec le niveau de concentration en NO₂, le niveau de pollution nécessaire pour que l'excès de risque de mortalité du cycliste soit 10% plus élevé que pour un l'automobiliste a été calculé, considérant que ce niveau de sur-risque pourrait justifier de modifier les recommandations sanitaires.

Pour atteindre ce sur-risque de 10%, le niveau de concentration annuel doit dépasser 3 400 µg/m³, soit plus de 13 fois la concentration journalière maximum observée en 2014 en France (graphique 7).



Graphique 7 : Excès de risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste selon la concentration en NO₂

- ⇒ Pour un trajet comparable (itinéraire et durée) et en prenant en compte l'exposition tout au long de sa journée aux niveaux de fond observés en moyenne en 2013, la différence entre les risques de mortalité à court terme associé à une exposition annuelle au NO₂ pour un cycliste et un automobiliste est négligeable
- ⇒ Pour un trajet comparable (itinéraire et durée) et en prenant en compte l'exposition tout au long de sa journée avec les niveaux observés en 2013-2014 sur une station trafic représentative de niveaux élevés de NO₂, le risque de mortalité à court terme associé à une exposition aux NO₂ pour un cycliste par rapport à un automobiliste est négligeable
- ⇒ Les pics de pollution ne modifient pas ces conclusions
- ⇒ S'ils conservent leur mode de déplacement habituel lors d'un pic de pollution au NO₂, automobilistes et cyclistes connaissent la même augmentation des risques
- ⇒ Le niveau de concentration en NO₂ à partir duquel un excès de risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste pourrait être problématique n'a jamais été observé en France

4.4. Effets à court terme de la pollution atmosphérique en zone urbaine pour un cycliste par rapport à un automobiliste : l'ozone

4.4.1. Impacts du niveau de fond moyen annuel observé en zone urbaine en France

| Exposition court terme à l'ozone | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste |
|----------------------------------|---|
| Hommes | 1,0020 |
| Femmes | 1,0016 |

Tableau 9 : Ratio de risque associé à la différence d'exposition à l'ozone pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable
 Niveau de fond urbain $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; ratio concentration habitacle/niveau de fond = 0,2 ; cycliste exposé au niveau de fond ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1 ; 1 seul trajet pendulaire

Analyse :

Pour un cycliste, l'augmentation du risque de mortalité à court terme due à une exposition annuelle à l'ozone est de 0,20% (risque maximum calculé chez les hommes) par rapport à un automobiliste. Cette augmentation s'applique à un risque relatif individuel très faible ($RR = 1,009$) et peut donc être considérée comme négligeable.

Cette augmentation du risque à court terme est environ 8,5 fois inférieure à celle générée par l'exposition à long terme aux $PM_{2,5}$.

Par ailleurs, n'est pas prise en compte la diminution de la concentration due à un report modal voiture vers le vélo, bénéfique pour l'ensemble de la population, même pour une baisse très faible de la concentration. En effet, compte-tenu des risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique, toute diminution des niveaux de polluants, même mineure, est bénéfique pour la réduction de l'impact sanitaire lié à la pollution atmosphérique sur la population française.

4.4.2. Impacts pour un cycliste par rapport à un automobiliste du niveau de pollution à proximité du trafic: exemple de la station de mesure Arsenal à Toulon

A Toulon⁴⁴, la station Arsenal est de type urbain et mesure l'ozone depuis 1998. Des concentrations très importantes d'ozone ont été relevées lors de l'épisode de canicule de 2003 (pic maximum de $245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la concentration journalière observé le 15 août 2003). Le niveau annuel moyen maximum est de $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et a été observé en 2002, 2006 et 2010.

| Exposition court terme à l'ozone | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste Niveau de trafic annuel moyen : $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste Concentration journalière : $245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|----------------------------------|--|---|
| Hommes | 1,0022 | 1,0097 |
| Femmes | 1,0018 | 1,0077 |

Tableau 10 : Ratio de risque associé à la différence d'exposition à l'ozone pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable autour de la station de mesure Arsenal à Toulon
 Ratio concentration habitacle/niveau de fond = 0,2 ; cycliste exposé au niveau de fond ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1 ; 1 seul trajet pendulaire

⁴⁴ Les niveaux d'ozone les plus élevés sont observés dans le sud de la France, d'où le choix de la station Arsenal à Toulon

| Exposition court terme à l'ozone | Ratio de risque entre les pics et les niveaux de fond |
|----------------------------------|---|
| Voiture (Hommes) | 1,0489 |
| Vélo (Hommes) | 1,0516 |

Tableau 11 : Ratio de risque associé au changement d'exposition à l'ozone entre le niveau moyen et un pic de pollution pour la voiture et le vélo autour de la station de mesure Arsenal à Toulon
Niveau de trafic urbain $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$; pic de pollution $245 \mu\text{g}/\text{m}^3$; ratio concentration habitacle/niveau de fond = 0,2 ; cycliste exposé au niveau de fond ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1 ; 1 seul trajet pendulaire

Analyse :

Pour un cycliste se déplaçant régulièrement autour de la station Arsenal à Toulon, l'augmentation du risque de mortalité à court terme due à une exposition annuelle à l'ozone est de 0,22% (risque maximum calculé chez les hommes) par rapport à un automobiliste. Il n'a pas été possible de recalculer ce risque sans les pics de pollution observés sur cette station, car les moyennes horaires ne sont pas disponibles en routine sur le site d'Air PACA. Or, le seuil d'information et de recommandation fixé pour l'ozone est de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire (contrairement aux PM_{10} et au NO_2 , pour lesquels les seuils de recommandations sont des moyennes journalières).

Dans le cadre d'un épisode de pollution marqué, cette augmentation du risque de mortalité dans les jours suivant l'exposition est de 0,97% (risque maximum calculé chez les hommes).

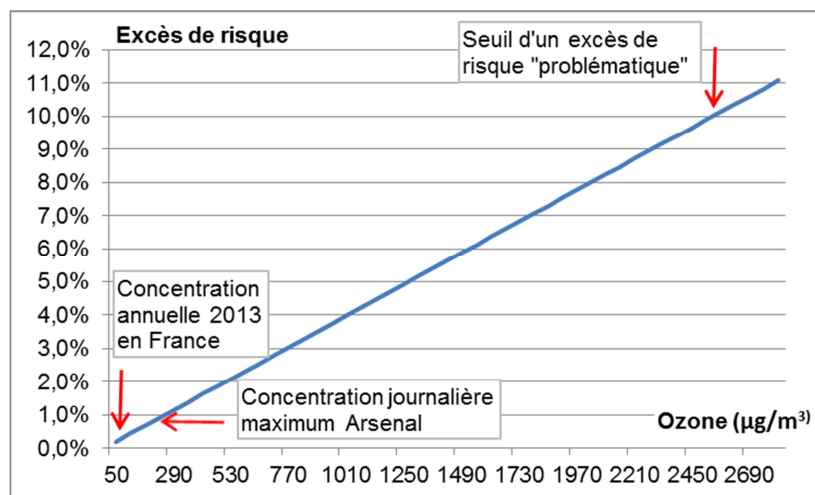
Ces augmentations, calculées aussi bien avec un niveau de pollution annuel moyen que lors d'un pic de pollution s'appliquent à un risque relatif individuel très faible ($\text{RR} = 1.009$) et peuvent donc être considérées comme négligeables.

Enfin, les jours d'extrême pic de pollution à l'ozone, les cyclistes et les automobilistes, s'ils conservent leur mode de déplacement habituel, ont un risque équivalent d'augmentation du risque de mortalité à court terme d'environ 4,9% pour les automobilistes et 5,1% pour les cyclistes.

A quel niveau de concentration l'exposition des cyclistes à l'ozone par rapport aux automobilistes pourrait devenir problématique?

Le risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste augmentant avec le niveau de concentration en ozone, le niveau de pollution nécessaire pour que l'excès de risque de mortalité du cycliste par rapport à l'automobiliste dépasse 10% a été calculé, considérant que ce niveau de sur-risque pourrait justifier de modifier les recommandations sanitaires.

Pour atteindre ce sur-risque de 10%, le niveau de concentration annuel doit dépasser $2\,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit plus de 10 fois la concentration journalière maximum observée en 2014 en France (graphique 8).



Graphique 8 : Excès de risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste selon la concentration en ozone

- ⇒ **Pour un trajet comparable, le risque de mortalité associé à une exposition annuelle à l'ozone pour un cycliste par rapport à un automobiliste est négligeable avec les niveaux de fond observés en moyenne en 2013**
- ⇒ **Pour un trajet comparable, le risque de mortalité à court terme associé à une exposition à l'ozone pour un cycliste par rapport à un automobiliste est négligeable avec les niveaux observés sur une station trafic représentative de niveaux élevés d'ozone**
- ⇒ **Les pics de pollution ne modifient pas ces conclusions**
- ⇒ **S'ils conservent leur mode de déplacement habituel lors d'un pic de pollution à l'ozone, automobilistes et cyclistes connaissent la même augmentation des risques**
- ⇒ **Le niveau de concentration en ozone à partir duquel un excès de risque de mortalité pour un cycliste par rapport à un automobiliste pourrait être problématique n'est pas observé en France**

5. Discussion

Cette étude, fondée sur les connaissances actuelles en matière d'effets sanitaires de différents polluants atmosphériques, permet de faire le point sur la situation des cyclistes vis-à-vis des automobilistes pour un trajet comparable, dans plusieurs cas de figure.

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

En effet, quel que soit le polluant, les différences entre les risques pour les cyclistes et les automobilistes sont très faibles (tableau 12) au regard des concentrations annuelles moyennes, allant de 0,06% pour le NO₂ à 0,7% pour les PM_{2.5}. De plus, les calculs confirment que les effets long terme sont plus importants que les effets court terme, dans un rapport au minimum de 8,5 (effets PM_{2.5}/ozone)

| Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste | Hommes | Femmes |
|---|--------|--------|
| Exposition long terme aux PM _{2.5} (15 µg/m ³ en fond urbain) | 1,017 | 1,014 |
| Exposition court terme aux PM ₁₀ (22 µg/m ³ en fond urbain) | 1,0017 | 1,0013 |
| Exposition court terme au NO ₂ (20 µg/m ³ en fond urbain) | 1,0006 | 1,0005 |
| Exposition court terme à l'ozone (50 µg/m ³ en fond urbain) | 1,0020 | 1,0016 |

Tableau 12 : Ratio de risque 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

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

Quel que soit le polluant, les différences sont très faibles (tableau 13) au regard des concentrations annuelles moyennes pour des stations de trafic connaissant des niveaux élevés. Ces augmentations des risques s'élevaient à 0,2% environ. De plus, quand il a été possible d'écarter les pics de pollution pour ces stations de mesures, la concentration annuelle moyenne ainsi calculée est du même ordre de grandeur que celle sans écrêtage, démontrant là encore l'importance de la pollution de fond par rapport aux épisodes de pollution.

| 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 |

Tableau 13 : 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

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

Enfin, quel que soit le polluant, les différences entre cyclistes et automobilistes demeurent très faibles (tableau 14), même en cas de pic de pollution, en prenant en compte l'exposition à la pollution atmosphérique sur une journée complète. Ces augmentations des risques ont un ordre de grandeur d'environ 1%. Rappelons que ces augmentations du risque s'appliquent à des risques individuels par ailleurs également très faibles.

| Polluants | Ratio de risque pour un cycliste par rapport à un automobiliste |
|---|---|
| Exposition court terme aux PM ₁₀ (134 µg/m ³ en proximité trafic) | 1,0101 |
| Exposition court terme au NO ₂ (248 µg/m ³ en proximité trafic) | 1,0072 |
| Exposition court terme à l'ozone (245 µg/m ³ en proximité trafic) | 1,0097 |

Tableau 14 : 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

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

En cas de pic de pollution, si les cyclistes et les automobilistes conservent leur mode de déplacement habituel, quel que soit le polluant, les augmentations de leur risque de mortalité à court terme par rapport à ceux observés avec des concentrations annuelles moyennes est du même ordre de grandeur (tableau 15). Rappelons que ces augmentations des risques, même si elles paraissent très élevées, interviennent sur des périodes très courtes liées aux épisodes de pollution, et s'appliquent sur des risques individuels faibles.

| Polluants | Ratio de risque pour les automobilistes | Ratio de risque pour les cyclistes |
|--|---|------------------------------------|
| Exposition court terme aux PM ₁₀ (134 µg/m ³ vs 33 µg/m ³) | 1,1155 | 1,1145 |
| Exposition court terme au NO ₂ (248 µg/m ³ vs 81 µg/m ³) | 1,2292 | 1,2201 |
| Exposition court terme à l'ozone (245 µg/m ³ vs 57 µg/m ³) | 1,0489 | 1,0516 |

Tableau 15 : 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

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 qui ne sont pas observés en France

Si on prend l'hypothèse qu'un excès de risque de mortalité de 10% pour le cycliste par rapport à l'automobiliste pourrait être problématique, les niveaux de pollution nécessaires pour atteindre ces sur-risques sont très élevés (de l'ordre de 10 fois les niveaux observés en France). Il n'y a donc pas d'excès de risque problématique aujourd'hui pour les cyclistes (hors personnes sensibles et vulnérables), même en cas de pic élevé de pollution.

| 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 |

Tableau 16 : Niveaux de concentration pour atteindre un sur-risque de 10% pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable

Ainsi, aux concentrations observées en France, l'utilisation du vélo au lieu de la voiture (pour un trajet comparable en termes d'itinéraire et de durée) n'augmente pas le risque pour la mortalité liée aux polluants étudiés, y compris pendant les pics de pollution, pour la population générale (i.e hors population vulnérable et leur entourage et hors populations sensibles) et en prenant en compte l'exposition à la pollution atmosphérique sur une journée complète.

Des résultats solides au regard des hypothèses prises

Il faut rappeler que cette étude ne correspond pas à une évaluation d'impact sanitaire de la pollution de l'air au sens usuel, et qu'elle est fondée sur de nombreuses hypothèses fortes.

Dans une approche conservatrice, les choix faits dans ce rapport sont plutôt défavorables au vélo.

| | 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 |
| 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

D'autre part, si on utilise les hypothèses alternatives rassemblées dans le tableau 17 à la place des hypothèses en défaveur du vélo, les résultats montrent des différences avec les automobilistes qui diminuent fortement. Ainsi, pour prendre l'exemple de la mortalité à court terme associée à un pic de pollution aux PM₁₀ la différence entre le cycliste et l'automobiliste est 4 fois plus faible que dans le scénario défavorable au vélo. Ainsi, le ratio de risque pour les hommes passe de 1,0017 à 1,0004 (résultat non indiqué dans le tableau ci-dessous).

Ainsi, l'approche conservatrice privilégiée dans cette étude établit des augmentations de risques « maximum » pour les cyclistes par rapport aux automobilistes. Et malgré cette approche en défaveur du vélo, les résultats montrent toujours des augmentations de risques négligeables.

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.

Il faut d'autant plus relativiser ces augmentations des risques que 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. En effet, la pénétration de l'air extérieur à l'intérieur des habitations ou des locaux professionnels expose également la population tout au long de la journée, dans des proportions bien plus élevées. Par exemple, la dose maximale inhalée par un cycliste masculin pendant un trajet représentent 20% de l'exposition totale journalière à l'ozone (16% pour les femmes), pour un polluant qui a la particularité de pénétrer moins dans les locaux que les autres polluants (hypothèse d'un taux de pénétration de 20% prise dans cette étude).

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.

6. Conclusions / Perspectives

Cette étude permet de conforter les recommandations sanitaires officielles en matière de prévention des effets de la pollution de l'air sur la santé (Arrêté du 20 août 2014 en annexe 3).

Les messages sanitaires pour la population générale - cible de cette étude -, en cas de dépassement prévu ou constaté des seuils d'information et de recommandation (voir annexe 4), recommandent de ne pas changer ses habitudes. Les différentes simulations présentées ici montrent en effet que les cyclistes sont exposés dans ce cas de figure à un excès de risque de mortalité par rapport aux automobilistes négligeable pour les différents polluants étudiés et peuvent en conséquence continuer à faire du vélo. Et que par ailleurs, cyclistes et automobilistes conservant leur mode habituel de déplacement connaissent les mêmes augmentations de risque.

Concernant les dépassements prévus ou constatés des seuils d'alerte, les messages sanitaires pour la population générale recommandent de réduire les activités physiques et sportives intenses (nécessitant de respirer par la bouche). Le vélo, en tant que mode de déplacement, est une activité physique modérée et n'est donc pas concerné par cette restriction. Les différents résultats de cette étude montrent là encore que les cyclistes sont exposés à un excès de risque de mortalité par rapport aux automobilistes négligeable pour les différents polluants étudiés et peuvent donc continuer à faire du vélo, les niveaux de pollution nécessaires pour atteindre des sur-risques pouvant être problématiques étant largement plus élevés que les seuils d'alerte (et loin d'être observés en France aujourd'hui).

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 en compte l'exposition à la pollution atmosphérique sur une journée complète.

Cependant, le Haut Comité de Santé Publique, dans son avis du 15 novembre 2013 relatif aux messages sanitaires à diffuser lors d'épisodes de pollution de l'air ambiant par les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et/ou le dioxyde de soufre, recommande en cas de gêne inhabituelle (par exemple : fatigue, mal de gorge, nez bouché, toux, essoufflement, sifflements, palpitations) de prendre conseil auprès de son médecin ou pharmacien. Ainsi, même si pour la moyenne de la population cible de cette étude, l'excès de risque pour les cyclistes est toujours négligeable, certaines situations individuelles peuvent amener à une gêne individuelle et les symptômes cités ci-dessus doivent être pris en compte.

Enfin, 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 et, si ce n'est pas possible, éviter de rester derrière un véhicule polluant.

Rappelons enfin que cette étude se fonde sur l'état actuel des connaissances, qui sont sources d'incertitudes et de biais divers, liés aussi bien à l'estimation de l'exposition des cyclistes et des automobilistes aux différents polluants, qu'à l'estimation des fonctions doses-réponses, l'estimation de la pénétration de l'air extérieur à l'intérieur du domicile ou des lieux de travail mais également 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, appliquer à une population exposée moins d'une heure deux fois par jour pendant une activité spécifique des risques relatifs établis pour une population générale exposée tout au long de la journée quelle que soit son activité est une hypothèse forte qui mériterait d'être approfondie.

Sigles et acronymes

| | |
|------------------|---|
| ADEME | Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie |
| Air PACA | Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air par le ministère en charge de l'écologie qui assure la surveillance de la qualité de l'air de la Région Provence Alpes Côte d'Azur |
| AIRPARIF | Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air par le ministère en charge de l'écologie qui assure la surveillance de la qualité de l'air de la Région Ile-de-France |
| ASPA | Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air par le ministère en charge de l'écologie qui assure la surveillance de la qualité de l'air de la Région Alsace |
| DGEC | Direction Générale de l'Énergie et du Climat |
| DGS | Direction Générale de la Santé |
| InVS | Institut de Veille Sanitaire |
| INERIS | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques |
| IRMES | Institut de Recherche bio-Médicale et d'Epidémiologie du Sport |
| ORAMIP | Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air par le ministère en charge de l'écologie qui assure la surveillance de la qualité de l'air de la Région Midi-Pyrénées. Dénommée également ATMO Midi-Pyrénées |
| PRIMEQUAL | Programme de recherche inter-organisme pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale ; programme mis en œuvre par le ministère en charge de l'écologie et l'ADEME |
| UNICE | Université de Nice Sophia-Antipolis |

Annexe 1 : Définitions des personnes sensibles et vulnérables selon l'avis du Haut Conseil de santé Public du 15 novembre 2013

Populations vulnérables et leur entourage (aidants) : femmes enceintes, nourrissons et enfants de moins de 5 ans, personnes de plus de 65 ans, sujets asthmatiques, souffrant de pathologies cardiovasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires

Populations sensibles : personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics : par exemples : personnes diabétiques, immunodéprimées, souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire, infectieux.

Annexe 2 : Exemple de calcul du différentiel de risque pour les cyclistes par rapport aux automobilistes

| | Ventilation | Durée par jour | Concentration PM _{2,5} | Dose inhalée |
|----------------------|-------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| Automobiliste | | | | |
| Sommeil | 5 | 8 | 12 | 28,80 |
| Repos | 10 | 15,33 | 12 | 110,40 |
| Voiture | 12,1 | 0,67 | 30 | 14,52 |
| Total | | | | 153,72 |
| Cycliste | | | | |
| Sommeil | 5 | 8 | 12 | 28,80 |
| Repos | 10 | 15,33 | 12 | 110,40 |
| Vélo | 28,8 | 0,67 | 26 | 29,79 |
| Total | | | | 168,99 |

Tableau 18 : Calcul des doses inhalées pour les hommes associées à la différence d'exposition aux PM_{2,5} pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable

Niveau de fond urbain 15 µg/m³ ; RR utilisé : 1,06 ; ratio concentration habitacle/niveau de fond = 2 ; ratio exposition automobiliste/cycliste = 1,16 ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1 ; ratio pollution à domicile/pollution extérieure = 0,8 ; durée moyenne d'un déplacement à vélo = 20 minutes ; déplacements pendulaires (2 trajets dans la journée)

| Ratio dose journalière automobiliste/cycliste | Moyenne PM _{2,5} voiture | Moyenne PM _{2,5} vélo | Dose supplémentaire inhalée par le cycliste | Ratio de risque |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|---|-----------------|
| 1,10 | 12,50 | 13,74 | 1,24 | 1,007 |

Tableau 19 : Calcul du risque relatif pour les hommes associé à la différence d'exposition aux PM_{2,5} pour un cycliste par rapport à un automobiliste, sur un trajet comparable

Niveau de fond urbain 15 µg/m³ ; RR utilisé : 1,06 ; ratio concentration habitacle/niveau de fond = 2 ; ratio exposition automobiliste/cycliste = 1,16 ; ratio temps de trajet vélo/temps de trajet automobile = 1 ; ratio pollution à domicile/pollution extérieure = 0,8 ; durée moyenne d'un déplacement à vélo = 20 minutes ; déplacements pendulaires (2 trajets dans la journée)

Annexe 3 : Arrêté du 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé

MESSAGES SANITAIRES À DESTINATION DES POPULATIONS VULNÉRABLES, DES POPULATIONS SENSIBLES ET DE LA POPULATION GÉNÉRALE

Les messages ci-après définissent les informations et recommandations à diffuser aux populations en fonction de la nature de la pollution et des contextes locaux.

a) Messages sanitaires en cas de dépassement (prévu ou constaté [1]) des seuils d'information et de recommandation fixés (2) pour les polluants suivants : particules de taille inférieure à 10 micromètres (PM₁₀), dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂), ozone (O₃) :

| POPULATIONS CIBLES des messages | MESSAGES SANITAIRES |
|--|--|
| Populations vulnérables : Femmes enceintes, nourrissons et jeunes enfants, personnes de plus de 65 ans, personnes souffrant de pathologies cardiovasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires, personnes asthmatiques. Populations sensibles : Personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics (par exemple : personnes diabétiques, personnes immunodéprimées, personnes souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire, infectieux). | En cas d'épisode de pollution aux polluants suivants : PM ₁₀ , NO ₂ , SO ₂ : Limitez les déplacements sur les grands axes routiers et à leurs abords, aux périodes de pointe (horaires à préciser éventuellement au niveau local). Limitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions), autant en plein air qu'à l'intérieur. |
| | En cas d'épisode de pollution à l'O ₃ : Limitez les sorties durant l'après-midi (ou horaires à adapter selon la situation locale). Limitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions) en plein air ; celles à l'intérieur peuvent être maintenues. |
| | Dans tous les cas : En cas de symptômes ou d'inquiétude, prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez la permanence sanitaire locale (*) (lorsqu'elle est mise en place). |
| Population générale | Il n'est pas nécessaire de modifier vos activités habituelles. |

(*) Coordonnées (site internet et/ou téléphone) de la permanence sanitaire lorsqu'elle est mise en place localement.

Vous trouverez des informations sur la qualité de l'air dans la région sur le site internet de l'Association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) : <insérer le lien internet>.

Vous trouverez plus de précisions sur les messages sanitaires sur le(s) site(s) internet de (ministère chargé de la santé, ARS, AASQA...) : <insérer le ou les liens internet>.

b) Messages sanitaires en cas de dépassement (prévu ou constaté [3]) des seuils d'alerte (4) (5) fixés pour les polluants suivants : particules de taille inférieure à 10 micromètres (PM₁₀), dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂), ozone (O₃) :

| POPULATIONS CIBLES des messages | MESSAGES SANITAIRES |
|--|--|
| Populations vulnérables : Femmes enceintes, nourrissons et jeunes enfants, personnes de plus de 65 ans, personnes souffrant de pathologies cardiovasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires, personnes asthmatiques. Populations sensibles : Personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics (par exemple : personnes diabétiques, personnes immunodéprimées, personnes souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire, infectieux). | En cas d'épisode de pollution aux polluants suivants : PM ₁₀ , NO ₂ , SO ₂ : Evitez les déplacements sur les grands axes routiers et à leurs abords, aux périodes de pointe (horaires à préciser éventuellement au niveau local). Evitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions), autant en plein air qu'à l'intérieur. Reportez les activités qui demandent le plus d'effort. |
| | En cas d'épisode de pollution à l'O ₃ : Evitez les sorties durant l'après-midi (ou horaires à adapter selon la situation locale). Evitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions) en plein air ; celles peu intenses à l'intérieur peuvent être maintenues. |
| | Dans tous les cas : En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple : essoufflement, sifflements, palpitations) : - prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez la permanence sanitaire locale (*) (lorsqu'elle est mise en place) ; - privilégiez des sorties plus brèves et celles qui demandent le moins d'effort ; - prenez conseil auprès de votre médecin pour savoir si votre traitement médical doit être adapté le cas échéant. |
| Population générale | Réduisez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions). En cas d'épisode de pollution à l'ozone, complétez par : Les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions) à l'intérieur peuvent être maintenues. En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple : essoufflement, sifflements, palpitations), prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez la permanence sanitaire locale (*) (lorsqu'elle est mise en place). |

(*) Coordonnées (site internet et/ou téléphone) de la permanence sanitaire lorsqu'elle est mise en place localement.

Vous trouverez des informations sur la qualité de l'air dans la région sur le site internet de l'Association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) : <insérer le lien internet>.

Vous trouverez plus de précisions sur les messages sanitaires sur le(s) site(s) internet de (ministère chargé de la santé, ARS, AASQA...) : <insérer le ou les liens internet>.

(1) Conformément aux articles 2 et 3 de l'arrêté du 26 mars 2014 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant.

(2) Seuils fixés par l'article R. 221-1 du code de l'environnement.

(3) Conformément aux articles 2 et 3 de l'arrêté du 26 mars 2014 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant.

(4) Seuils fixés par l'article R. 221-1 du code de l'environnement.

(5) Ou de persistance du dépassement du seuil d'information.

Annexe 4 : Normes de qualité de l'air en vigueur au 1er janvier 2013⁴⁵

Objectif de qualité : un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;

Valeur cible : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixe afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;

Valeur limite : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixe sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;

Seuil d'information et de recommandation : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;

Seuil d'alerte : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Tableau 2 : normes de qualité de l'air pour le dioxyde d'azote (NO₂)

| | | |
|--|---|---|
| Objectif de qualité | 40 µg.m ⁻³ | en moyenne annuelle |
| Valeurs limites pour la protection de la santé humaine | 200 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an |
| | 40 µg.m ⁻³ | en moyenne annuelle |
| Seuil d'information et de recommandation | 200 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire |
| Seuils d'alerte | 400 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives |
| | ou si 200 µg.m ⁻³ en moyenne horaire à J-1 et à J et prévision de 200 µg.m ⁻³ à J+1 | |

Tableau 4 : normes de qualité de l'air pour les particules PM₁₀

| | | |
|--|-----------------------|--|
| Objectif de qualité | 30 µg.m ⁻³ | en moyenne annuelle |
| Valeurs limites pour la protection de la santé humaine | 50 µg.m ⁻³ | en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an |
| | 40 µg.m ⁻³ | en moyenne annuelle |
| Seuil d'information et de recommandation | 50 µg.m ⁻³ | en moyenne sur 24 heures |
| Seuil d'alerte | 80 µg.m ⁻³ | en moyenne sur 24 heures |

Tableau 5 : normes de qualité de l'air pour les particules PM_{2,5}

| | | |
|---|--|---------------------|
| Objectif de qualité | 10 µg.m ⁻³ | en moyenne annuelle |
| Valeur cible pour la protection de la santé humaine | 20 µg.m ⁻³ | en moyenne annuelle |
| Valeur limite 2013 pour la protection de la santé humaine | 26 µg.m ⁻³ (25 µg.m ⁻³ en 2015) | en moyenne annuelle |

⁴⁵ Bilan de la qualité de l'air en France en 2013 et principales tendances observées sur la période 2000-2013, CGDD, octobre 2014

Tableau 7 : normes de qualité de l'air pour l'ozone (O₃)

| | | |
|---|--|--|
| Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine | 120 µg.m ⁻³ | maximum journalier de la moyenne sur 8 heures par an |
| Objectif de qualité pour la protection de la végétation | 6 000 (µg.m ⁻³).h | en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet, entre 8 h et 20 h |
| Valeur cible pour la protection de la santé humaine | 120 µg.m ⁻³ | maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an (en moyenne sur 3 ans) |
| Valeur cible pour la protection de la végétation | 18 000 (µg.m ⁻³).h | en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet, entre 8 h et 20 h (en moyenne sur 5 ans) |
| Seuil d'information et de recommandation | 180 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire |
| Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population | 240 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire |
| Seuils d'alerte nécessitant la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence | 1 ^{er} seuil : 240 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives |
| | 2 ^e seuil : 300 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives |
| | 3 ^e seuil : 360 µg.m ⁻³ | en moyenne horaire |

Source : décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr