



# Cancérogénicité des échappements des moteurs Diesel : perspective des Monographies du CIRC

---

Nicolas Gaudin

*Relations extérieures et plaidoyer*

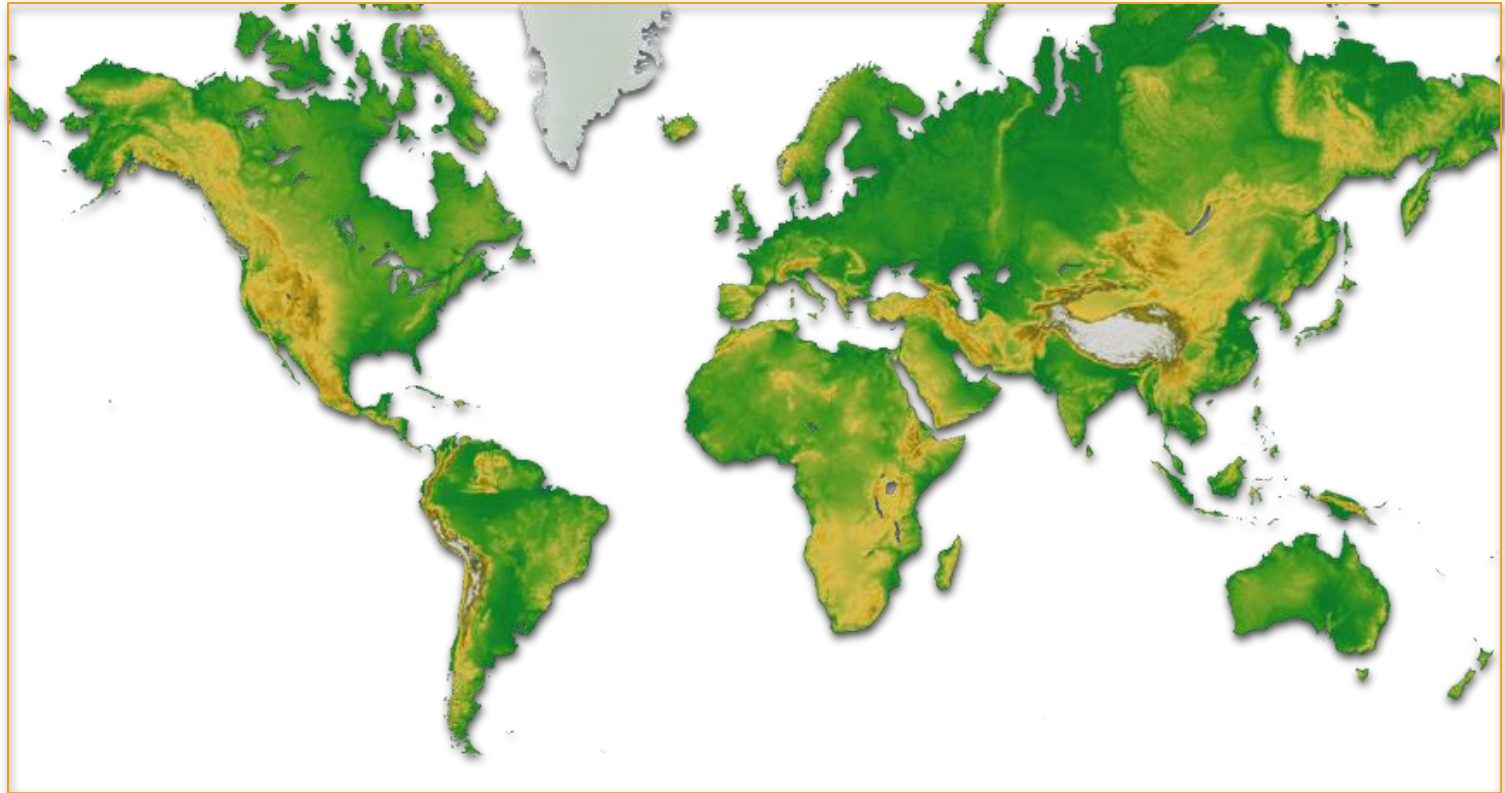
Centre international de Recherche sur le Cancer  
Lyon, France

# Sommaire

---

1. Présentation du CIRC
2. Présentation des Monographies et du protocole d'évaluation
2. Présentation des données de la Monographie Volume 105 « Cancérogénicité des échappements des moteurs Diesel et essence et de certains nitroarènes »

# GLOBAL CANCER BURDEN IN 2005

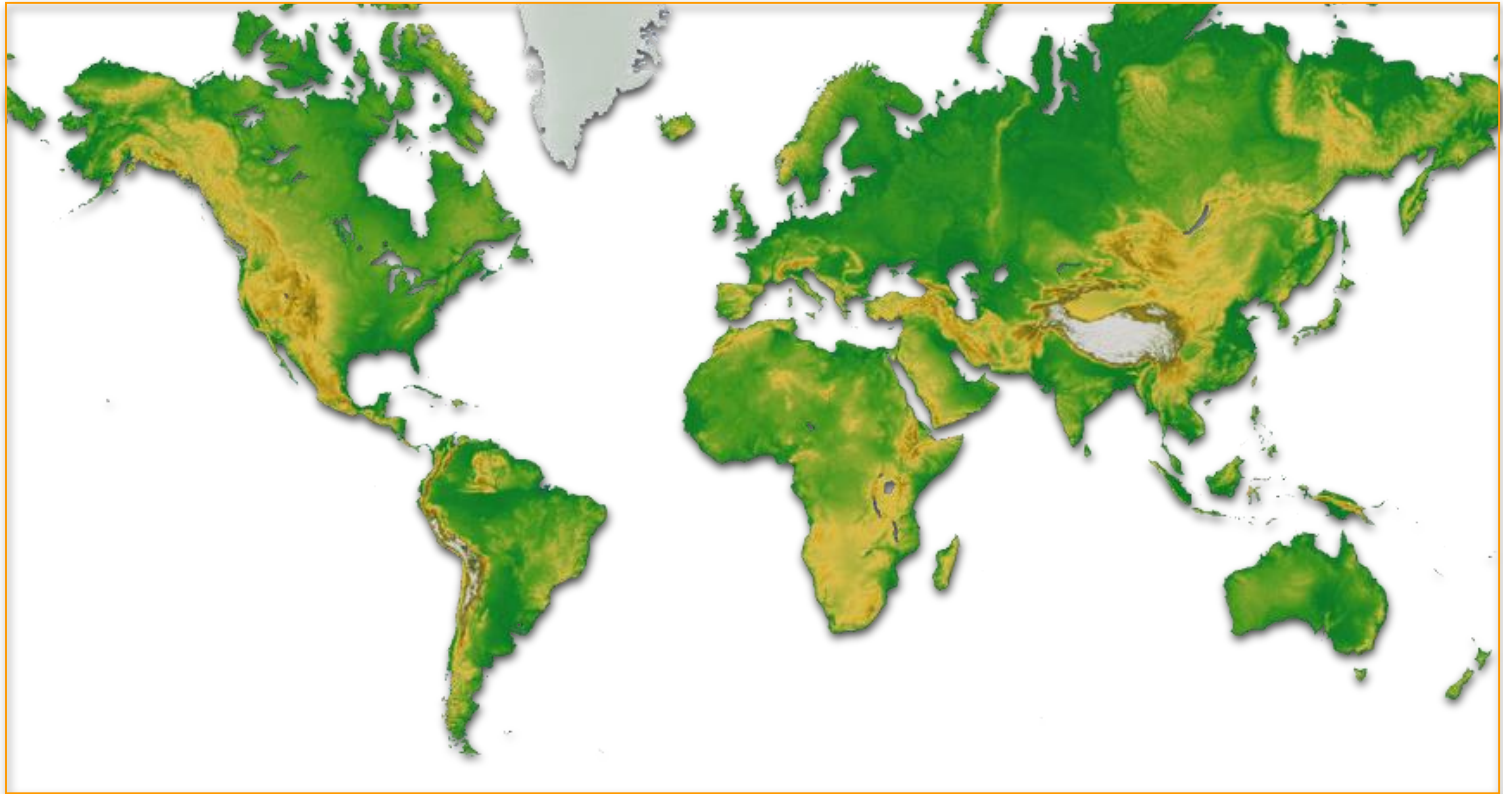


11 million new cases

7 million deaths

25 million living with cancer

# GLOBAL CANCER BURDEN IN 2030



30 million new cases

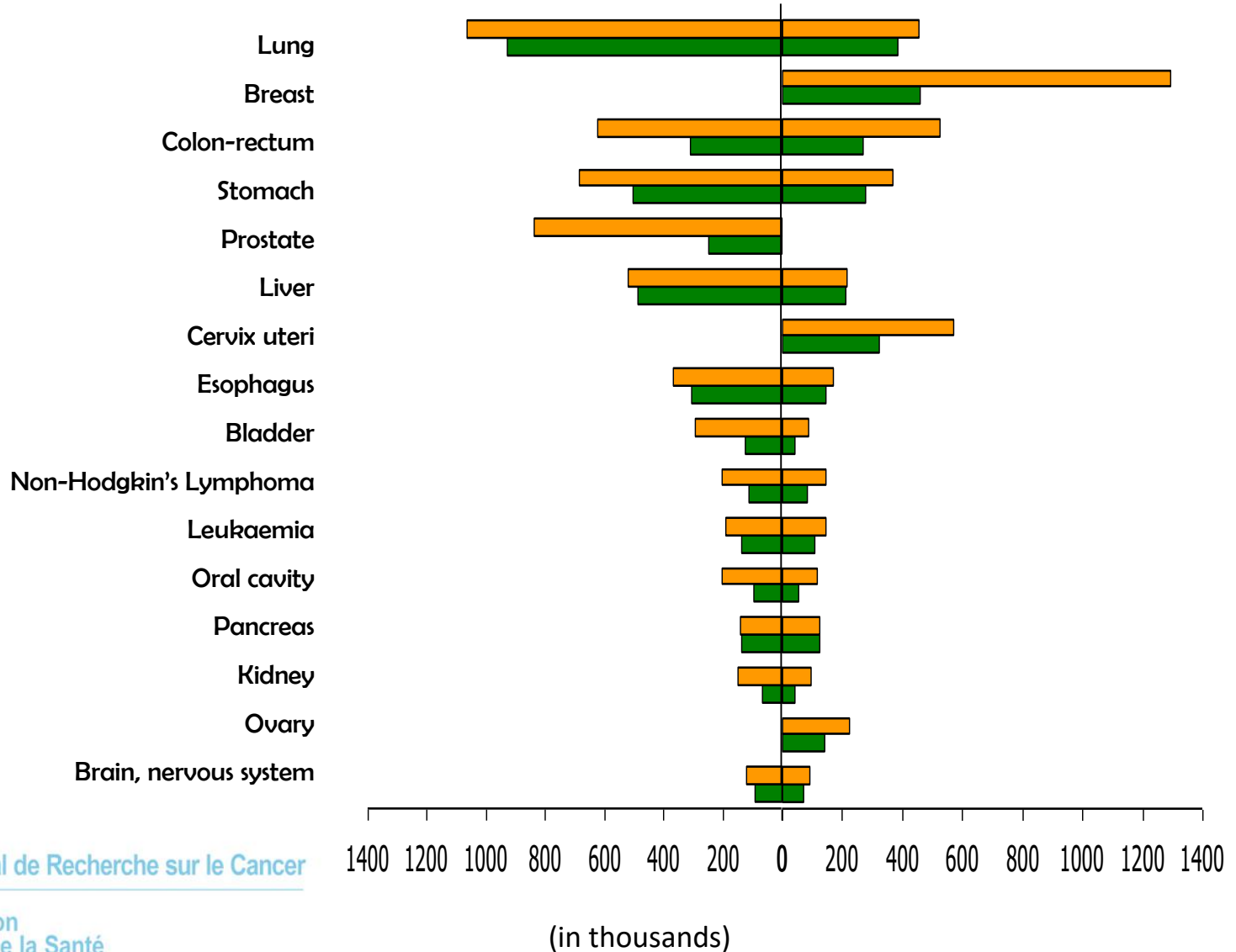
17 million deaths

75 million living with cancer

# World

Males  
6,672,000 cases  
4,293,000 deaths

Females  
5,779,000 cases  
3,300,000 deaths



# Main Research Orientations

Descriptive Epidemiology

Cancer figures and main disease trends

Disease Classification

The WHO Classification of Tumours and the IARC Monographs Classification of Human carcinogens, the *Handbooks of Cancer Prevention, Prevention Guidelines* and scientific consensus on disease management modalities

Causes and mechanisms  
(Analytical Epidemiology and laboratory Research)

Discover risk factors and genetic and molecular mechanisms of cancer development

Prevention and Evaluation of Prevention Strategies

Conduct intervention trials to test a number of hypotheses for screening modalities. Preparation of screening Guidelines.

Research Training

Training courses and fellowships

Centre international de Recherche sur le Cancer

# Sommaire

---

1. Présentation des Monographies et du protocole d'Evaluation
2. Présentation des données de la Monographie Volume 105 « Cancérogénicité des Echappements des Moteurs Diesel et Essence et de Certains Nitroarenes »

# “L’encyclopédie des cancérogènes”

---

Plus de 1000 agents évalués, dont plus de 500 classés comme

- *Cancérogènes pour l’homme* (Groupe 1) 120
- *Cancérogènes probables* (Groupe 2A) 83
- *Cancérogènes possibles* (Groupe 2B) 314

Ces agents peuvent être

- Chimiques, physiques et biologiques, mélanges complexes, facteurs liés au mode de vie, expositions professionnelles

Ces évaluations sont utilisées par les Agences de santé nationales et internationales

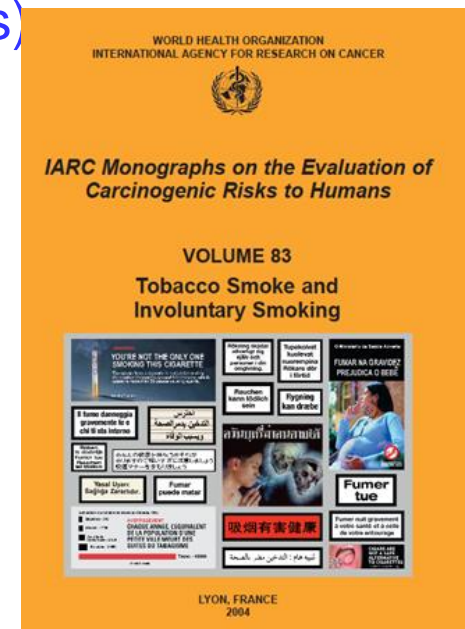
- Source d’information scientifique sur des agents cancérogènes connus ou putatifs et support scientifique pour les actions entreprises dans la prévention contre l’exposition à ces agents.



# Contenu d'une monographie

- Preamble (le préambule)
- General Remarks (remarques générales)
- 1. Exposure data (données d'exposition)
- 2. Cancer in humans (cancer chez l'homme)
- 3. Cancer in animals (cancer chez l'animal)
- 4. Mechanistic evidence (indications mécanistiques)
- 5. Summary (sommaire)
- 6. Evaluation and Rationale (évaluation et raisonnement)
- References (références)

Revue critique





## LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES MOTEURS DIESEL CANCÉROGENES

A l'issue d'une réunion d'une semaine regroupant des spécialistes internationaux, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC), qui fait partie de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), a aujourd'hui classé les gaz d'échappement des moteurs Diesel comme étant **cancérogènes pour l'homme (Groupe 1)**, sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancer du poumon.

### Introduction

En 1988, le CIRC a classé les gaz d'échappement des moteurs Diesel comme étant *probablement cancérogènes pour l'homme* (Groupe 2A). Un groupe consultatif qui examine et préconise les futures priorités pour le Programme des Monographies du CIRC recommandait avec une priorité élevée que soient réévalués les gaz d'échappement des moteurs Diesel dès 1998.

Le potentiel cancérogène des gaz d'échappement des moteurs Diesel fait l'objet d'une préoccupation croissante, fondée notamment sur les résultats d'études épidémiologiques de travailleurs exposés dans différents milieux professionnels. Cette préoccupation s'est trouvée encore accentuée par la publication en mars 2012 des résultats d'une grande étude sur les expositions professionnelles à de telles émissions chez des mineurs de fond, étude menée par le *National Cancer Institute / National Institute for Occupational Safety and Health* des Etats-Unis, qui a mis en évidence un risque accru de décès par cancer du poumon chez les travailleurs exposés (1).

### Evaluation

Les données scientifiques ont été examinées à la loupe par le Groupe de Travail qui a globalement conclu qu'il disposait d'indications *suffisantes* de la cancérogénicité pour l'homme des gaz d'échappement des moteurs Diesel. Le Groupe de Travail a constaté que les gaz d'échappement des moteurs Diesel provoquaient le cancer du poumon (*indications suffisantes*) et a également noté une association positive (*indications limitées*) à un risque accru de cancer de la vessie (Groupe 1).

Le Groupe de Travail a conclu que les gaz d'échappement des moteurs à essence étaient *peut-être cancérogènes* pour l'homme, un résultat qui demeure inchangé par rapport à l'évaluation précédente de 1989 (Groupe 2B).

### Santé publique

D'importantes populations sont exposées aux gaz d'échappement des moteurs Diesel au quotidien, soit par leur travail, soit dans l'air ambiant. Ces expositions ne sont pas uniquement dues aux gaz d'échappement des véhicules à moteur, mais également aux émissions d'autres moteurs Diesel, y compris ceux d'autres modes de transport (ex : trains et navires à moteurs Diesel) et de générateurs électriques.

Etant donné l'évaluation rigoureuse et indépendante des données scientifiques effectuée par le Groupe de Travail, les gouvernements et autres décideurs disposent à présent d'une base factuelle sur quoi se fonder pour envisager des normes environnementales relatives aux émissions des gaz d'échappement Diesel et ainsi continuer à travailler avec les fabricants de moteurs et de carburants pour réaliser ces objectifs.

Au cours de ces vingt dernières années, les préoccupations environnementales croissantes ont abouti à l'adoption de réglementations en Amérique du Nord, en Europe et ailleurs avec des normes d'émission de plus en plus strictes à la fois pour les moteurs Diesel et les moteurs à essence. Il existe une forte interaction entre les normes et la technologie - les normes guidant la technologie et la nouvelle technologie permettant l'adoption de normes plus strictes. Pour les moteurs Diesel, des changements

## Les gaz d'échappement des moteurs Diesel cancérogènes

dans la composition des carburants se sont imposés, notamment une nette réduction de leur teneur en soufre, des modifications dans la conception des moteurs pour brûler le carburant plus efficacement, et la réduction des émissions grâce à des technologies de contrôle des gaz d'échappement.

Toutefois, bien que l'émission de particules et de produits chimiques soit réduite grâce à ces changements, on ne sait pas encore clairement si ces modifications quantitatives et qualitatives peuvent se traduire par un effet différent sur la santé ; la recherche doit travailler sur cette question. En outre, il faudra des années pour remplacer les carburants et les véhicules actuels, dépourvus de ces modifications, en particulier dans les pays les moins développés, où les mesures réglementaires sont également moins rigoureuses aujourd'hui. Il convient de rappeler que de nombreuses régions du monde en développement ne disposent pas de normes réglementaires, et que les données sur l'exposition et sur l'impact des gaz d'échappement des moteurs Diesel dans ces régions sont limitées.

### Conclusions

« Les données scientifiques étaient sans appel et la conclusion du Groupe de Travail, unanime : les gaz d'échappement des moteurs Diesel provoquent le cancer du poumon chez l'homme » a déclaré le Dr Christopher Portier, Président du Groupe de Travail du CIRC.

« Etant donné l'impact supplémentaire des particules émises par les moteurs Diesel sur la santé, l'exposition à ce mélange de produits chimiques devrait être réduit à travers le monde », a-t-il ajouté (2).

Le Dr Kurt Straif, responsable du Programme des Monographies du CIRC, a indiqué que « les principales études qui ont conduit à cette conclusion portaient sur des travailleurs fortement exposés. Toutefois, nous avons appris par d'autres cancérogènes comme le radon, que les premières études démontrant un risque chez des groupes professionnels fortement exposés étaient suivies de résultats comparables dans la population générale. Par conséquent, les actions entreprises pour réduire les expositions devraient concerner les travailleurs et la population générale ».

Le Dr Christopher Wild, Directeur du CIRC, a quant à lui déclaré : « Si le mandat du CIRC consiste à établir les bases scientifiques sur lesquelles s'appuieront les décisions réglementaires aux niveaux national et international, l'évaluation d'aujourd'hui envoie un signal fort justifiant une action de santé publique. L'accent doit être mis au niveau mondial, y compris parmi les populations les plus vulnérables dans les pays en développement, où les nouvelles technologies et les mesures de protection pourraient à défaut prendre de nombreuses années avant d'être adoptées.

### Résumé de l'évaluation

Le résumé de l'évaluation paraîtra en ligne dans la revue *The Lancet Oncology*, le 15 juin 2012.

(1) JNCI J Natl Cancer Inst (2012) doi:10.1093/jnci/djs034

<http://jnci.oxfordjournals.org/content/early/2012/03/05/jnci.djs034.abstract>; et JNCI J Natl Cancer Inst (2012) doi: 10.1093/jnci/djs035

<http://jnci.oxfordjournals.org/content/early/2012/03/05/jnci.djs035.abstract>

(2) Le Dr Portier est le Directeur du *National Center for Environmental Health* et de l'*Agency for Toxic Substances and Disease Registry* des *Centers for Disease Control and Prevention* (USA).

### Pour plus d'information, merci de contacter :

Le Dr Kurt Straif, Section Monographies du CIRC, par téléphone au +33 472 738 507, ou par mél à [straifk@iarc.fr](mailto:straifk@iarc.fr) ;

Le Dr Lamia Tallaa, Section Monographies du CIRC, par téléphone au +33 472 738 385, ou par mél à [tallaal@iarc.fr](mailto:tallaal@iarc.fr) ;

Nicolas Gaudin, Groupe Communication du CIRC, par téléphone au +33 472 738 478, ou par mél à [com@iarc.fr](mailto:com@iarc.fr) ;

Fadela Chaib, Equipe Actualité de l'OMS, par téléphone au +41 79 475 55 56 ou par mél à [chaibf@who.int](mailto:chaibf@who.int).

# Synthèse et classification des données



Synthèse : catégoriser les indications à l'aide de termes définis

## Cancer chez l'homme

- Indication suffisante
- Indication limitée
- Indication insuffisante
- Indication suggérant l'absence de cancérogénicité

## Cancer chez l'animal

- Indication suffisante
- Indication limitée
- Indication inadéquate
- Indication suggérant l'absence de cancérogénicité

## Données mécanistiques

- Indication forte
  - Classe mécanistique
  - Principales caractéristiques
  - Mécanisme non pertinent
- Indication limitée
- Indication insuffisante

Evaluations globales : intègrent trois types d'indications

## Evaluation globale

- Groupe 1 *Cancérogène pour l'homme*
- Groupe 2A *Cancérogène probable pour l'homme*
- Groupe 2B *Cancérogène possible pour l'homme*
- Groupe 3 *Inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme*

Centre international de Recherche sur le Cancer

# Comment l'évaluation globale est-elle atteinte?

Indications de cancer chez l'homme	Indications de cancer chez l'animal	Indications mécanistiques	Evaluation
Suffisante			Cancérogène (Groupe 1)
	Suffisante	Forte (humains exposés)	
Limitée	Suffisante		Cancérogène probable (Groupe 2A)
Limitée		Forte	
	Suffisante	Forte (cellules ou tissus humains)	
		Forte (classe mécanistique)	Cancérogène possible (Groupe 2B)
Limitée			
	Suffisante	Forte (systèmes expérimentaux)	
	Suffisante	Forte (ne fonctionne pas chez l'homme)	Inclassable (Groupe 3)
Toutes les autres situations non énumérées ci-dessus			

# Sommaire

---

1. Présentation des Monographies et du protocole d'Evaluation
2. Présentation des données de la Monographie Volume 105 « Cancérogénicité des échappements des moteurs Diesel et essence et de certains Nitroarènes »

# Exposition aux échappements des moteurs Diesel et essence (1)

---

- Les moteurs Diesel sont présents partout dans le monde et constituent une source d'émissions polluantes.
  - Transports routiers, transports non routiers (maritime, ferroviaire), engins de travaux publics (mines, constructions), générateurs électriques
- Les échappements des moteurs Diesel contiennent un grand nombre de polluants atmosphériques sous forme de:
  - Gaz (p.ex. CO, NOx)
  - Particules formées de suie (carbone, cendre, sulfate et métaux)
  - Fraction organique soluble volatile (p.ex. benzène) et semi-volatile (p.ex. composés organiques, HAP oxygénés et nitrés)

# Exposition aux échappements des moteurs Diesel et essence (2)

---

- Les moteurs à essence sont utilisés pour les transports routiers, et les équipements manuels (ex. tronçonneuses)
- D'importantes populations sont exposées aux échappements des moteurs Diesel et essence au quotidien
  - Par leur travail (e.g. cheminots, collecteurs de péage, mineurs, camionneurs...)
  - Dans l'air ambiant

# Echappements des moteurs Diesel dernière évaluation (2012)

---

- De nouvelles études ont été menées, notamment chez les travailleurs exposés à ces échappements (mineurs, cheminots, routiers, garagistes).
- Résultats préoccupants confirmés et soulignés par de vastes études américaines sur l'exposition professionnelle aux émissions Diesel.
- Ces études ont toutes montré un risque accru de décès par cancer du poumon chez les travailleurs exposés.



# Données chez l'homme

(toutes les études proviennent des Etats-Unis)

<b>Mineurs</b>	<b>Cheminots</b>	<b>Industrie du camionnage</b>
<p>Études cas-témoins et de cohorte (12000 mineurs)</p> <p>Tendances positives du risque de cancer du poumon, avec un risque multiplié par 2-3 dans les catégories d'exposition cumulative ou moyenne les plus élevées</p> <p>Ajusté pour le tabagisme</p> <p>(Attfield <i>et al.</i> 2012, Silverman <i>et al.</i> 2012)</p>	<p>Une grande étude de cohorte; plus tard, l'estimation des antécédents de travail et de la dieselisation</p> <p>40% de risque accru de cancer du poumon; 70–80% de risque accru avec la durée d'exposition</p> <p>Ajusté indirecte au tabagisme</p> <p>(Garshick <i>et al.</i> 2004, Laden <i>et al.</i> 2008)</p>	<p>Une grande étude de cohorte; étendu avec une évaluation de l'exposition</p> <p>Augmentation de 15 à 40% du risque de cancer du poumon (conducteurs et dockers); 20 ans d'emploi doublant à peu près le risque (tendance significative)</p> <p>Ajusté pour le tabagisme</p> <p>(Garshick <i>et al.</i> 2008; 2012)</p>

# Echappements des moteurs Diesel dernière évaluation (2012)

---

- Indications chez l'homme
  - *Cancer du poumon*
    - **Niveau d'indication suffisant**
  - *Cancer de la vessie*
    - **Niveau d'indication limité**
- Preuves chez l'animal
  - **Niveau d'indication suffisant**













- Effluents des moteurs diesel:

Indications **suffisantes** chez l'homme

Indications suffisantes chez l'animal



**Groupe 1**

-  Informations générales
-  Les cancers
-  Expositions environnementales
-  Expositions professionnelles
-  Nutrition et activité physique
-  Monographies du CIRC
-  Index thématique
-  Quiz : questionnez-vous !
-  Lexique
-  Partenaires
-  Liens utiles
-  Vos questions

► Cancer environnement ► Monographies du CIRC ► Vol.105 : Cancérogénicité des gaz d'échappement des moteurs diesel.

### Volume 105 : Cancérogénicité des gaz d'échappement des moteurs diesel et des moteurs essence ainsi que de certains nitroarènes

En juin 2012, 24 experts de sept pays se sont réunis au Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) à Lyon pour évaluer la cancérogénicité des gaz d'échappements des moteurs essence et des moteurs diesel ainsi que de certains nitroarènes. Ces évaluations seront publiées dans le volume 105 des monographies du CIRC<sup>1</sup>. Les moteurs diesel sont utilisés pour les transports routiers et non routiers (trains, bateaux, par exemple), pour du matériel (lourd) dans différents secteurs industriels (bâtiment, exploitation minières par exemple) et pour les générateurs électriques, particulièrement dans les pays en voie de développement. Les moteurs essence sont utilisés pour les voitures et appareils portatifs (bronchopneus, par exemple).

Les émissions provenant de ces moteurs sont complexes et leur composition chimique variable. La phase gazeuse se compose de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote et de composés organiques volatiles comme le benzène et le formaldéhyde. Les particules se composent de carbone élémentaire et organique, sulfate et métaux. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les nitroarènes sont répartis entre la phase gazeuse et la phase particulaire. La composition qualitative et quantitative des gaz d'échappement dépend du type de moteur et de son arçonné, de l'état des réglages et de l'entretien, du système de contrôle des émissions de gaz et du type d'utilisation. Les gaz d'échappement des moteurs diesel sans système de contrôle d'émission ou avec système limite contiennent plus de particules fines<sup>2</sup>.

Ces deux dernières décennies, la mise en place de normes d'émissions plus strictes en Amérique du Nord, Europe et ailleurs a enregistré des progrès dans la technologie diesel, ce qui a conduit à une baisse des émissions de particules fines, d'oxyde d'azote et d'hydrocarbures. En ce qui concerne les utilisations non-routières, les normes d'émission ont beaucoup retardé et ne sont donc pratiquement pas contrôlées à ce jour. De plus, dans beaucoup de pays moins développés, ces normes ne sont pas appliquées pour l'utilisation des moteurs essence et des moteurs diesel routiers et non routiers.

Les études épidémiologiques les plus influentes évaluent les risques de cancer associés aux gaz d'échappement de moteurs diesel se sont intéressées aux expositions professionnelles des mineurs (à l'exception des mineurs de mines métalliques), des travailleurs des chemins de fer, et des travailleurs de l'industrie du transport routier. L'étude américaine sur des mineurs inclut une analyse de cohorte<sup>3</sup> et une étude cas-témoins nichée prenant en compte la consommation de tabac des sujets<sup>4</sup>. Les deux études montrent une tendance à l'augmentation du risque de cancer du poumon liée à une plus forte exposition aux gaz d'échappement des moteurs diesel, quantifiée via le carbone élémentaire estimé utilisé comme indicateur d'exposition. Les tendances sont significatives dans l'étude cas-témoins, avec un risque 2 à 3 fois plus élevé dans les catégories de plus forte exposition cumulée ou moyenne. Cette étude apporte l'une des indications les plus solides quant au lien entre l'exposition aux gaz d'échappement et le cancer du poumon, du fait de la faible proportion de facteurs de confusion pour l'exposition dans ces mines souterraines et des fortes expositions au gaz d'échappement de moteur diesel bien documentées dans les enquêtes en cours.

Dans une autre étude américaine<sup>5</sup>, on a observé que les cheminots exposés aux émanations de diesel une augmentation de 40 % du risque de cancer du poumon par rapport aux individus exposés à de faibles taux ou non exposés. L'ajustement sur la consommation de tabac suggère que les différences de consommation n'ont pas influencé de façon considérable cette augmentation de risque. Le champ de cette étude a ensuite été élargi en incluant une estimation du niveau d'exposition au diesel basée sur les antécédents professionnels et sur l'historique de « dieselisation » des différents chemins de fer, et a montré une augmentation significative de 70 à 80% du risque chez les travailleurs exposés ; ce risque augmentait avec la durée de l'exposition mais pas avec les expositions cumulées<sup>6</sup>.

Une vaste étude de cohorte au sein de l'industrie routière aux Etats-Unis<sup>7</sup> a rapporté une augmentation de 15 à 40 % du risque de cancer du poumon chez les chauffeurs routiers et dockers exposés régulièrement aux gaz d'échappement des moteurs diesel. Il y avait une tendance significative à l'augmentation des risques avec la durée de la période d'emploi, avec pour une période de 20 ans, pratiquement un doublement du risque après ajustement sur la consommation de tabac. Lorsque cette étude a été étendue avec une évaluation du niveau d'exposition impliquant les méthodes de mesures disponibles et efficaces et une reconstitution de l'exposition basée sur le carbone élémentaire, des tendances positives ont été observées pour une exposition cumulée, mais pas pour une exposition moyenne. Ces tendances étaient beaucoup plus marquées lorsque la durée de l'emploi<sup>8</sup> était prise en compte.

Les conclusions de ces études de cohorte sont appuyées par celles d'autres groupes professionnels et d'études cas-témoins incluant diverses professions qui impliquent une exposition aux gaz d'échappement des moteurs diesel. Dans plusieurs études américaines et européennes, qui pour la plupart ont pris en compte les risques liés à la consommation de tabac, une association positive entre l'exposition à l'agent et la réponse (cancer du poumon) a été trouvée. Plus particulièrement, l'analyse groupée provenant de 11 études cas-témoins, réalisées en Europe et au Canada a montré une augmentation des risques de cancer du poumon, ajustée sur la consommation de tabac, liée à l'exposition au gaz d'échappement des moteurs diesel. Cette exposition a été évaluée par une matrice emploi-exposition, et une relation dose-réponse positive tant pour ce qui est de l'index d'exposition cumulée que de la durée d'exposition<sup>9</sup>.

Ces études épidémiologiques appuient l'existence d'un lien de causalité entre l'exposition aux gaz d'échappement de moteur diesel et le cancer du poumon. Une augmentation du risque de cancer de la vessie a également été soulignée dans de nombreuses études cas-témoins, mais pas dans toutes celles dont on dispose. Cependant de tels risques n'ont pas été observés dans les études de cohorte. Le Groupe de Travail a conclu qu'il disposait d'indications suffisantes de la cancérogénicité pour l'Homme des gaz d'échappement des moteurs diesel.

Les gaz d'échappement de moteur diesel ainsi que leurs extraits utilisés dans les études de cancérogénicité en expérimentation animale, provenant de carburant et de moteurs diesel produits avant 2000. Les études ont été analysées par type d'exposition : les gaz d'échappement diesel dans leur ensemble, la phase gazeuse des gaz d'échappement (sans les particules fines)<sup>10</sup>, et les extraits de particules provenant des gaz d'échappement. Chez le rat, les gaz d'échappement dans leur ensemble provoquaient une augmentation du nombre de tumeurs du poumon<sup>11</sup>. Les particules fines présentes dans les gaz d'échappement des moteurs diesel inhalées par voie intratrachéale provoquaient chez le rat des tumeurs pulmonaires bénignes et malignes<sup>12</sup>. Quant aux extraits de particules fines, elles provoquaient des carcinomes pulmonaires chez le rat et des sarcomes pulmonaires au niveau du point d'injection chez la souris<sup>13</sup>. La phase gazeuse des gaz d'échappement de moteurs diesel n'augmentait pas l'incidence des tumeurs respiratoires chez toutes les espèces testées. Le Groupe de Travail a conclu à l'existence d'indications suffisantes dans les expérimentations animales de la cancérogénicité des gaz d'échappement des moteurs diesel dans leur ensemble, des particules de gaz d'échappement de diesel et de leurs extraits.

Les gaz d'échappement, les particules fines, les condensats des échappements de moteur diesel, et les extraits de solvants organiques provenant des particules d'échappement de moteur diesel causaient, in vivo et in vitro, diverses formes de dommages à l'ADN incluant des adduits volumineux, des dommages oxydatifs, une rupture des brins, une synthèse non programmée, des charges de chromatides sœurs, changement morphologique des cellules des mammifères et des mutations chez la bactérie<sup>14</sup>. Augmentation de l'exposition des gènes impliqués dans le métabolisme xenobiotique, stress oxydatif, inflammation, réponse antioxydante, apoptose et cycle cellulaire dans les cellules des mammifères ont été observés.

Une génotoxicité positive des biomarqueurs d'exposition et d'effet a également été observée chez les personnes exposées au gaz d'échappement de moteur diesel. Le Groupe de Travail a conclu à l'existence d'« indications fortes » du potentiel cancérogène chez l'Homme des gaz d'échappement des moteurs diesel, du fait de la génotoxicité.

Les gaz d'échappement de moteurs essence et les risques de cancer n'ont fait l'objet que de quelques études épidémiologiques, et à cause de la difficulté à différencier les effets des émanations de l'essence de ceux du diesel, le niveau d'indications du potentiel cancérogène a été jugé « insuffisant ».

Le Groupe de Travail a considéré les études animales de cancérogénicité des gaz d'échappement de moteurs essence par type d'exposition ; gaz d'échappement dans son ensemble, et condensat d'extraits du condensat de gaz d'échappement de moteurs essence. Les extraits organiques du condensat de gaz d'échappement de moteurs essence entraîneraient une augmentation significative des carcinomes pulmonaires et des papillomes cancéreux chez le rat<sup>15</sup>. Chez les rats, le condensat de gaz d'échappement d'essence entraînerait une augmentation significative des carcinomes pulmonaires<sup>16</sup>. Le Groupe de Travail a conclu à l'existence d'indications suffisantes dans les études expérimentales chez l'animal de la cancérogénicité des condensats de gaz d'échappement des moteurs essence.

Les gaz d'échappement de moteurs essence provoquent des dommages chromosomiques chez la souris et une modification de l'expression des gènes au niveau des poumons chez le rat, impliquant un processus apparenté au métabolisme xenobiotique et à l'inflammation. Dans les cellules des mammifères, les particules fines des gaz d'échappement de moteurs essence ainsi que les extraits organiques induisent des adduits à l'ADN, des ruptures de brins d'ADN, des dommages oxydatifs de l'ADN, des aberrations chromosomiques, des modifications morphologiques des cellules, ainsi que des mutations chez les bactéries. Dans les cellules mammifères, les extraits des gaz d'échappement des moteurs essence altèrent l'expression des gènes impliqués dans l'inflammation, le métabolisme des xenobiotiques, la progression tumorale et le cycle cellulaire. La phase gazeuse de ces gaz d'échappement était mutagène chez les bactéries. Le Groupe de Travail a conclu à l'existence d'une « indication forte » de mécanisme génotoxique pour la cancérogénicité des solvants organiques extraits des particules issues des gaz d'échappement de moteurs essence.

En conclusion, le Groupe de Travail a classé les gaz d'échappement des moteurs diesel comme cancérogènes avérés pour l'Homme (Groupe 1), et à cause de la classe des gaz d'échappement de moteurs essence comme cancérogènes possibles pour l'Homme (Groupe 2B).

Des évaluations de 10 nitroarènes, tous détectés dans les gaz d'échappement des moteurs diesel, sont présentés dans le tableau. Les études de bio-surveillance montrent que les travailleurs et la population en général sont exposés à ces substances<sup>17,18,19</sup>. Tous ces nitroarènes sont génotoxiques à différents degrés dans différents tests. Le Groupe de Travail a réaffirmé le classement en cancérogène possible pour l'Homme (Groupe 2B) de 7 de ces nitroarènes. Des indications fortes sur la génotoxicité ont conduit à une classification du 3-nitrobenzanthrone en groupe 2B, et des résultats similaires sur des cellules humaines ont conduit à une mise à jour du classement du 1-nitropyrene et du 6-nitropyrene et leur classification en groupe 2A.

Tableau: Evaluation de certains nitroarènes

	Indication de cancérogénicité chez les animaux de laboratoire	Données mécanistiques	Evaluation globale
3,7-Dinitrofluoranthène	Suffisante	Faible	2B
3,4-Dinitrofluoranthène	Suffisante	Faible	2B
1,2-Dinitropyrene	Suffisante	Faible	2B
1,8-Dinitropyrene	Suffisante	Moyenne	2B
1,6-Dinitropyrene	Suffisante	Moyenne	2B
2-Nitrobenzanthrone	Limite	Forte	2B*
6-Nitrochrysen	Suffisante	Forte	2A*
2-Nitrofluorène	Suffisante	Faible	2B
1-Nitropyrene	Suffisante	Faible	2A*
4-Nitropyrene	Suffisante	Moyenne	2B

\*: des données mécanistiques fortes ont contribué à l'évaluation globale

**Auteurs :** Lamia Benbrahim-Talaa, Robert A Baan, Yann Grosse, Béatrice Lauby-Secretan, Fatima El Ghisassi, Véronique Bouvard, Neela Guha, Dana Loomis, Kurt Straif, au nom du Groupe de Travail des Monographies du Centre International de Recherche sur le Cancer, CIRC, Lyon, France. Nous déclarons ne pas avoir de conflits d'intérêts. Pour les références, voir annexe disponible en ligne.

#### Références :

- IARC. Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarènes. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum (in press).
- Majewski WA, Khairi MK. Diesel emissions and their control. Warrendale, PA: SAE International, 2006.
- Affelso MD, Scheiff PL, Lubin JH, et al. The diesel exhaust in miners study: a cohort mortality study with emphasis on lung cancer. J Natl Cancer Inst 2012; 104: 869-83.
- Silverman DT, Samanic CM, Lubin JH, et al. The diesel exhaust in miners study: a nested case-control study of lung cancer and diesel exhaust. J Natl Cancer Inst 2012; 104: 855-68.
- Garshick E, Laden F, Hart JE, et al. Lung cancer in railroad workers exposed to diesel exhaust. Environ Health Perspect 2004; 112: 1539-43.
- Laden F, Hart JE, Eschenroeder A, Smith TJ, Garshick E. Historical estimation of diesel exhaust exposure in a cohort study of US railroad workers and lung cancer. Cancer Causes Control 2006; 17: 911-19.
- Garshick E, Laden F, Hart JE, et al. Lung cancer and vehicle exhaust in trucking industry workers. Environ Health Perspect 2008; 116: 1327-32.
- Garshick E, Laden F, Hart JE, et al. Lung cancer and elemental carbon exposure in trucking industry workers. Environ Health Perspect 2012; published online June 1. DOI:10.1289/ehp.1204989.
- Olsson AC, Gustavsson P, Kromhout H, et al. Exposure to diesel motor exhaust and lung cancer risk in a pooled analysis from case-control studies in Europe and Canada. Am J Respir Crit Care Med 2011; 183: 941-48.
- Heinrich U, Fuhsr R, Rittinghausen S, et al. Chronic inhalation exposure of wistar rats and two different strains of mice to diesel engine exhaust, carbon black, and titanium dioxide. Inhal Toxicol 1995; 7: 533-56.
- Pott F, Roller M. Carcinogenicity study with nineteen granular dusts in rats. Eur J Oncol 2005; 10: 249-81.
- Kunitake E, Shimamura K, Katayama H, et al. Studies concerning carcinogenesis of diesel particulate extracts following intratracheal instillation, subcutaneous injection, or skin application. Dev Toxicol Environ Sci 1986; 13: 235-52.
- Grimmer G, Brune H, Utsch-Wenzel R, et al. Contribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-derivatives to the carcinogenic impact of diesel engine exhaust condensate evaluated by implantation into the lungs of rats. Cancer Lett 1987; 37: 173-80.
- IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarènes. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 1989; 46: 1-458.
- Brune H, Haba M, Schmidt D. The tumor-producing effect of automobile exhaust condensate and fractions thereof. Part II: animal studies. J Environ Pathol Toxicol 1978; 1: 737-45.
- Grimmer G, Brune H, Utsch-Wenzel R, Dettbarn G, Malsfeld J. Contribution of polycyclic aromatic hydrocarbons to the carcinogenic impact of gasoline engine exhaust condensate evaluated by implantation into the lungs of rats. J Natl Cancer Inst 1984; 72: 733-39.
- Scheepers PJT, Velders DO, Martens MHJ, Noordhoek J, Bos RP. Gas chromatographic-mass spectrometric determination of nitro polycyclic aromatic hydrocarbons in airborne particulate matter from workplace atmosphere. J Chromatogr A 1994; 677: 107-21.

## La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC

Lyon/Genève, 17 octobre 2013 – Agence spécialisée sur le cancer de l'Organisation mondiale de la Santé, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC), a annoncé aujourd'hui qu'il a classé la pollution de l'air extérieur comme cancérigène pour l'homme (Groupe 1). (1)

Après avoir soigneusement examiné la littérature scientifique la plus récente disponible sur le sujet, les principaux experts mondiaux réunis par le Programme des Monographies du CIRC ont conclu qu'il existait des indications suffisantes permettant de dire que l'exposition à la pollution atmosphérique provoque le cancer du poumon (Groupe 1). Ils ont également noté une association positive avec un risque accru de cancer de la vessie.

Les matières particulaires, une composante majeure de la pollution de l'air extérieur, ont été évaluées séparément et ont également été classées comme cancérigènes pour l'homme (Groupe 1).

L'évaluation du CIRC a montré que le risque de cancer du poumon augmentait avec l'exposition aux matières particulaires et à la pollution de l'air. Bien que la composition de la pollution atmosphérique et les niveaux d'exposition puissent varier de façon considérable, les conclusions du Groupe de travail s'appliquent à toutes les régions du monde.

Un problème majeur de salubrité de l'environnement

La pollution atmosphérique est déjà connue pour augmenter les risques d'un large éventail de maladies, comme les maladies respiratoires et cardiaques. Les études examinées indiquent que ces dernières années, les niveaux d'exposition ont considérablement augmenté dans certaines parties du monde, notamment dans les pays très peuplés et en voie d'industrialisation rapide. Les données les plus récentes montrent qu'en 2010, 223 000 décès par cancer du poumon dans le monde entier étaient imputables à la pollution de l'air. (2)

Le cancérigène environnemental le plus répandu

"L'air que nous respirons est aujourd'hui devenu pollué par un mélange de substances cancérigènes", indique le Dr Kurt Straif, Chef de la Section des Monographies du CIRC. "Nous savons maintenant que la pollution de l'air extérieur n'est pas seulement un risque majeur pour la santé en général, mais aussi l'une des premières causes environnementales de décès par cancer".

Le Programme des Monographies du CIRC, surnommé "l'encyclopédie des cancérigènes", constitue une source de données scientifiques faisant autorité sur les substances et les expositions cancérigènes pour l'homme. Par le passé, le programme a évalué de nombreux produits et mélanges chimiques spécifiques qui sont présents dans la pollution atmosphérique. Il s'agit notamment des gaz d'échappement des moteurs Diesel, de solvants, de métaux et de poussières. Mais c'est aujourd'hui la première fois que les experts classent la pollution de l'air extérieur comme cause de cancer.

"Notre tâche était d'évaluer l'air que tout le monde respire plutôt que de nous concentrer sur des polluants atmosphériques spécifiques", explique le Dr Dana Loomis, Chef adjoint de la Section des Monographies. "Les résultats des études passées en revue vont dans le même sens : le risque de développer un cancer du poumon est significativement accru chez les personnes exposées à la pollution atmosphérique".

Les évaluations des Monographies du CIRC

Le Volume 109 des Monographies du CIRC est basé sur l'examen indépendant de plus de 1000 articles scientifiques provenant d'études menées sur les cinq continents. Les études examinées analysent la cancérigénicité de divers polluants présents dans la pollution atmosphérique, notamment la matière particulaire et la pollution liée aux transports.

Cette évaluation repose essentiellement sur les résultats de grandes études épidémiologiques qui couvraient des millions de personnes vivant en Europe, en Amérique du Nord et du Sud et en Asie.

Les principales sources de pollution de l'air extérieur sont les transports, la production stationnaire d'électricité, les émissions industrielles et agricoles, le chauffage résidentiel et la cuisine. Certains polluants atmosphériques ont aussi des sources naturelles.

## La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC

"Le classement de la pollution de l'air extérieur comme cancérigène pour l'homme est une étape importante", souligne le Dr Christopher Wild, Directeur du CIRC. "Il existe des moyens efficaces pour réduire la pollution de l'air et, étant donné l'ampleur de cette exposition qui affecte les populations du monde entier, ce rapport devrait envoyer un signal fort à la communauté internationale pour agir sans plus tarder".

(1) Merci de noter que le résumé de l'évaluation sera publié par [The Lancet Oncology online](http://www.thelancet.com) le jeudi 24 octobre 2013

(2) <http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/index.php>

Pour plus d'informations, contacter

[Véronique Terrasse](mailto:veronique.terrasse@iarc.fr), Attachée de Presse, ou au +33 (0) 645 284 952 ;  
ou [Nicolas Gaudin](mailto:nicolas.gaudin@iarc.fr), Chef du Groupe Communication

Le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) fait partie de l'Organisation mondiale de la Santé. Sa mission consiste à coordonner et à mener des recherches sur les causes du cancer chez l'homme et sur les mécanismes de la cancérogenèse, ainsi qu'à élaborer des stratégies scientifiques de lutte contre le cancer. Le Centre participe à des recherches épidémiologiques et expérimentales, et assure la diffusion de l'information scientifique au moyen de publications, de conférences, de cours, et de bourses d'études. Si vous ne souhaitez plus recevoir de communiqués de presse de notre part, merci de nous écrire à [com@iarc.fr](mailto:com@iarc.fr).

Fractions attribuables des cancers du poumon en France en 2015 (2018)

Etude INcA-CIRC

Cause	% (N) du nombre total de cancers du poumon	% (N) des cancers du poumon chez les hommes	% (N) des cancers du poumon chez les femmes
Tabagisme actif	80,8% (32 686)	87,6% (25 494)	63,3% (7192)
Tabagisme passif	0,4% (178)	0,1% (36)	1,3% (142)
Radon	9,8% (4000)	10,0% (2900)	9,7% (1100)
Pollution atmosphérique	3,6% (1466)	3,6% (1055)	3,6% (412)

<http://monographs.iarc.fr/>  
<http://www.iarc.fr/>