



ASSOCIATION INTERNATIONALE DU NOIR DE CARBONE

Guide de l'utilisateur du noir de carbone

Information sur la santé, la
sécurité & l'environnement

REMARQUE IMPORTANTE

Ce livret n'est pas une fiche de données de sécurité (FDS) ni destiné à servir de substitut à la FDS. Veuillez maintenir et réviser la FDS la plus actuelle disponible chez votre fournisseur de noir de carbone avant d'utiliser ce produit.

© 2016 Association internationale de noir de carbone

L'Association internationale de noir de carbone (AIRC) est une société scientifique à but non lucratif fondée en 1977. L'objectif de l'AIRC est de parrainer, mener et participer à des enquêtes, des recherches et analyses relatives aux aspects de santé, de sécurité et de l'environnement de la production et de l'utilisation de noir de carbone.

L'association est gérée et administrée par un conseil d'administration nommé par les sociétés membres. Ce conseil d'administration définit la stratégie et procure une orientation générale au groupe consultatif scientifique (GCS) et aux comités de sécurité des produits et réglementation régionaux (CSPR), tout en intégrant et en supervisant les activités du GCS des CSPR afin de déterminer les objectifs et les priorités.

Il y a quatre entités qui relèvent du conseil d'administration et qui exécutent la stratégie et les priorités qui ont été établies. Celles-ci comprennent le groupe consultatif scientifique (GCS) et les comités de sécurité des produits et réglementation nord-américains, européens, et de l'Asie-Pacifique.

Pour plus d'information, consultez-le

www.carbon-black.org.

Ce guide résume l'information essentielle sur la santé, la sécurité, l'environnement pour la conception opérationnelle, l'entretien, la formation, les interventions d'urgence et les pratiques de manipulation qui peuvent être associés à l'utilisation du noir de carbone. Les informations contenues dans ce document sont fournies pour parfaire les connaissances des utilisateurs de noir de carbone qualifiés et entraînés.

Cette publication représente la connaissance actuelle des membres de l'Association internationale du noir de carbone à compter de la date de publication. Les utilisateurs doivent demeurer informés sur les nouveaux développements et les informations sur les propriétés du noir de carbone, la technologie de manipulation et les dispositions réglementaires qui surviennent après la date de publication. Toute question doit être adressée à votre fournisseur de noir de carbone.

TABLE DES MATIÈRES

INFORMATION GÉNÉRALE

Qu'est-ce que le noir de carbone?	6
Comment est-il fabriqué?	6
Noir de carbone, suie et carbone noir	7
Structure des particules — Morphologie	8

SÉCURITÉ

Danger de poussière combustible/explosible	11
Danger d'incendie	11
Entretien ménager et pratique de travail sécuritaire	12
Stockage et manutention	12
Entrée dans des espaces clos	12
Premiers soins immédiats	12

SANTÉ

Études sur les humains	13
Études animales liées à la propension au cancer	14
Classifications de la propension au cancer	14
Mutation génétique	15
Effets sur la reproduction	15
Ingestion chronique	15
Contact avec les yeux	15
Contact avec la peau	15
Sensibilisation	15
Tests d'irritation chez les animaux	15

HYGIÈNE PROFESSIONNELLE

Survol	16
Évaluation de l'exposition aéroportée	16
Limites d'exposition professionnelles	16
Évaluation de la taille des particules	17

Contrôles techniques	17
Protection respiratoire	17

SURVEILLANCE MÉDICALE 18

ENVIRONNEMENT

Émissions de gaz à effet de serre	19
Utilisation de l'eau	19
Disposition	19
Air	19
Eaux usées	20
Fuites ou déversements	20

TRANSPORT

Conteneurs d'expédition	21
Classifications des transports	21
Autoéchauffement	21

GESTION DU PRODUIT

Matériaux de noir de carbone en contact avec les aliments	22
Registres nationaux et autres règlements applicables	22

ANNEXE A 24

Études sur la santé des travailleurs dans les industries du noir de carbone, du caoutchouc et de l'encre en poudre

ANNEXE B 31

Limites d'expositions professionnelles au noir de carbone sélectionnées*

BIBLIOGRAPHIE 33

INFORMATION GÉNÉRALE

Qu'est-ce que le noir de carbone?

Le noir de carbone [C.A.S. N° 1333-86-4] est du carbone élémentaire pratiquement pur sous forme de particules colloïdales produites par combustion partielle ou par décomposition thermique d'hydrocarbures liquides ou gazeux dans des conditions contrôlées. Son apparence physique est celle d'une pastille ou d'une poudre noire finement divisée. Son utilisation dans les pneus, les produits en caoutchouc et en plastique, les encres d'impression et les revêtements est liée aux propriétés de surfaces spécifiques, de taille et structure de particules, de conductivité et la couleur. Le **tableau 1** fournit les informations générales sur le noir de carbone. La production mondiale en 2012 était de 24 milliards de livres [11 millions de tonnes métriques]. Approximativement 90 % du noir de carbone est utilisé dans des applications de caoutchouc, le reste étant utilisé comme ingrédient essentiel dans des centaines d'utilisations diverses, comme les plastiques, les pigments et les revêtements.

Les produits modernes de noir de carbone sont les descendants directs des anciens « noirs de fumée » d'abord produits par les Chinois il y a plus de 3 500 ans. Ces anciens noirs de fumée n'étaient pas très purs et étaient très différents dans leur composition chimique contrairement au noir de carbone actuel. Depuis le milieu du 20^e siècle, la majorité du noir de carbone a été produit par un procédé de chaudière à l'huile, qui est le plus souvent désigné comme le noir de four.

Comment est-il fabriqué?

Deux procédés de fabrication de noir de carbone (noir de four et noir thermique) produisent presque tous les noirs de carbone de la planète, dont le procédé noir de four est le plus commun.

Le procédé noir de four utilise des huiles aromatiques lourdes comme matière première. Le four de production utilise des buses de pulvérisation dans un réacteur fermé produit se vaporise et se pyrolyse pour former des particules de carbone microscopiques. Dans la majorité des fours à réacteur, la vitesse de réaction est

Tableau 1

Information générale et propriétés physiques-chimiques

Nom chimique :	Noir de carbone
Synonymes :	Noir acétylène, noir de fumée, noir de four, noir de gaz, noir thermique
Nom CAS :	Noir de carbone
Numéro de registre CAS :	1333-86-4
Formule chimique (moléculaire) :	C
Poids de formule :	12 (comme le carbone)
État physique :	Solide : poudre ou pastille
Solubilité :	Eau : insoluble, Solvants : insoluble
Couleur :	Noir

contrôlée par des pulvérisations d'eau ou de vapeur. Le noir de carbone circule du réacteur à travers des échangeurs d'air et est refroidit et recueilli dans des filtres à manches par un procédé continu. Le noir de carbone sortant peut en outre être traité pour éliminer les impuretés. Après les filtres à manches, le noir de carbone est granulé, séché, tamisé et préparé pour l'expédition. Le gaz résiduel, ou gaz brûlé provenant d'un réacteur de four comprend une variété de gaz tels que le monoxyde de carbone et d'hydrogène. La majorité des usines de noir de four utilisent une partie des gaz résiduels pour produire de la chaleur, de la vapeur ou de la puissance électrique. (Voir **image 1a**. Procédé de production typique de noir de four.)

Le procédé noir thermique utilise du gaz naturel, composé principalement de méthane, comme matériau de charge d'alimentation. Le procédé utilise une paire de fours qui alternent environ toutes les cinq minutes entre le préchauffage et la production de noir de carbone. Le gaz naturel est injecté dans le four chaud à alignement réfractaire, et en l'absence d'air, la chaleur du matériau réfractaire décompose le gaz naturel en noir de carbone et en hydrogène. Le flux de matériau aérosol est trempé avec des jets d'eau et filtré dans un sac-filtre. Le noir de carbone sortant peut encore être traité pour éliminer

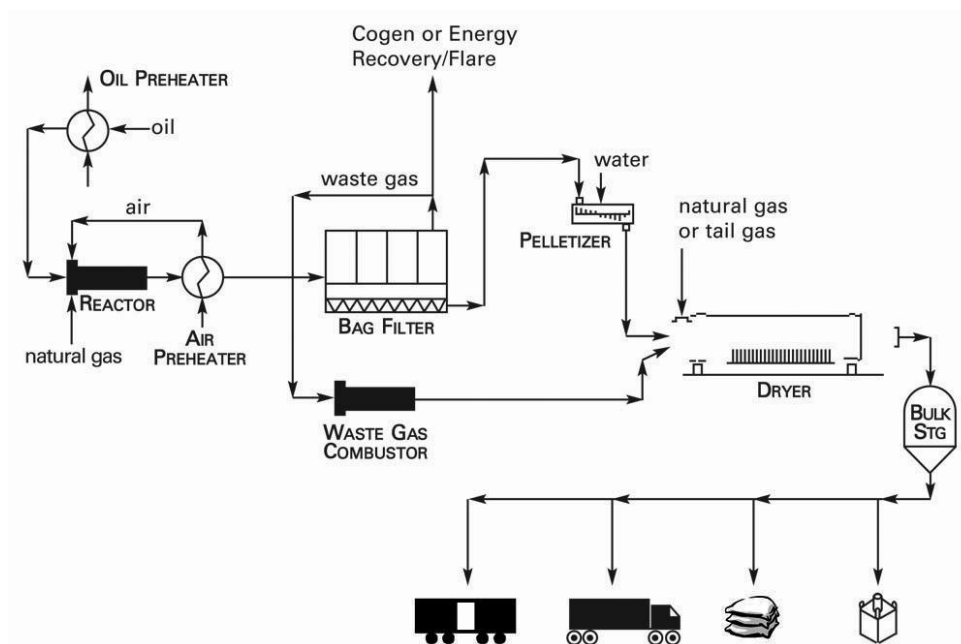


Image 1a

Procédé de production typique de noir de four

les impuretés, pour être granulé, filtré et emballé pour l'expédition. L'hydrogène résultant du gaz est brûlé dans l'air pour préchauffer le second four. La chaleur résiduelle peut être utilisée pour générer de l'électricité. (Voir **image 1b**. Procédé de production typique de noir thermique.)

Noir de carbone, suie et carbone noir

Le noir de carbone n'est pas un carbone de suie ni un carbone noir. « Suie » et « carbone noir » sont les deux noms les plus couramment utilisés pour les émissions provenant d'incendie et de combustion incomplète.

de combustibles contenant du carbone (par exemple, les huiles usées, le mazout, l'essence, le carburant diesel, le charbon, le brai de houille, l'huile de schiste, le bois, le papier, le caoutchouc, les plastiques et

les résines). Ces émissions contiennent du carbone élémentaire, mais aussi des quantités importantes de matières organiques et d'autres composés. La « suie » fait référence à des particules riches en carbone produites par une variété de différents procédés de combustion dont les échappements au diesel sont une source importante de suie urbaine. Le « Carbone noir » est un terme utilisé pour décrire l'air urbain ou environnemental, de particules carbonées qui ont été mesurées dans de nombreuses études récentes de la matière particulaire ambiante et intérieure. Tandis que le noir de carbone est constitué presque exclusivement de carbone élémentaire pur (> 97 %), la suie est une substance hétérogène qui comprend moins de 60 % de carbone élémentaire et une grande proportion d'impuretés inorganiques (cendres et métaux) et des espèces organiques carbonées. Le noir de carbone

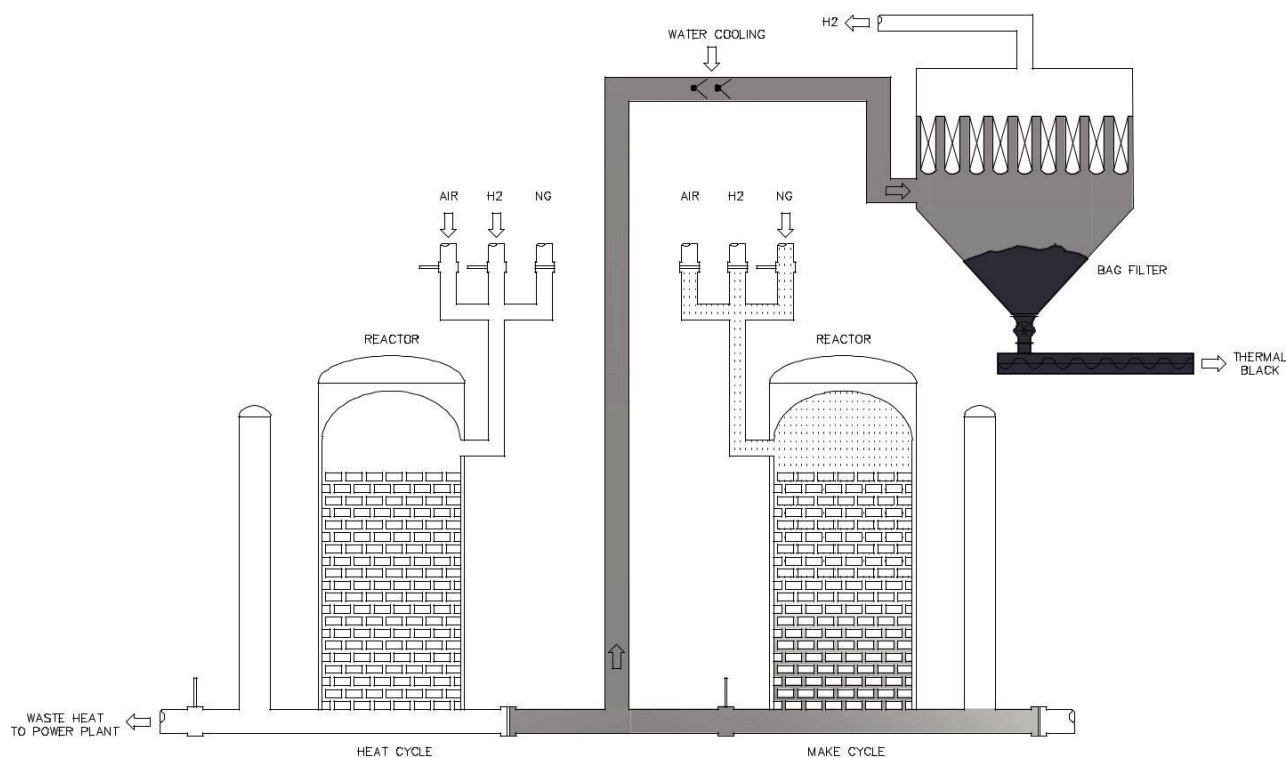


Image 1b

Procédé de fabrication typique de noir thermique

est généralement constitué de < 1 % de composés organiques extractibles, y compris les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). À l'opposé, les particules de suie peuvent être constituées de plus de 50 % d'espèces organiques et peuvent inclure des concentrations élevées de métaux et de HPA, selon le matériau source. Par exemple, les particules de suie d'échappement diesel sont généralement constituées d'un noyau de carbone élémentaire revêtu par de la matière organique contenant de l'azote et des HPA.

Dans le cas des noirs de carbone commerciaux, les contaminants organiques tels que les HPA ne peuvent être extraits qu'en vertu de procédures d'analyse de laboratoires très rigoureuses, en utilisant des solvants organiques agressifs et des températures

élevées. L'eau et les corps liquides sont inefficaces pour éliminer les HPA de la surface du noir de carbone ; par conséquent, les HPA ne sont pas considérées comme étant biologiquement disponibles lorsqu'ils sont absorbés sur du noir de carbone.

Deux autres produits carbonés commerciaux souvent confondus avec le noir de carbone sont le carbone activé et le noir d'os. Ils sont produits par des procédés différents du noir de carbone et chacun possède des propriétés physiques et chimiques uniques.

Structure des particules - morphologie

ASTM D3053-13a, la terminologie standard relative au noir de carbone, fournit la définition et la discussion suivante concernant le noir de carbone et sa

^[1] La seule exception à cette caractéristique générale de fabrication de noir de carbone est le noir thermique, dans lequel les particules primaires peuvent exister en isolement et la taille des particules primaires dans un agrégat n'est pas nécessairement uniforme.

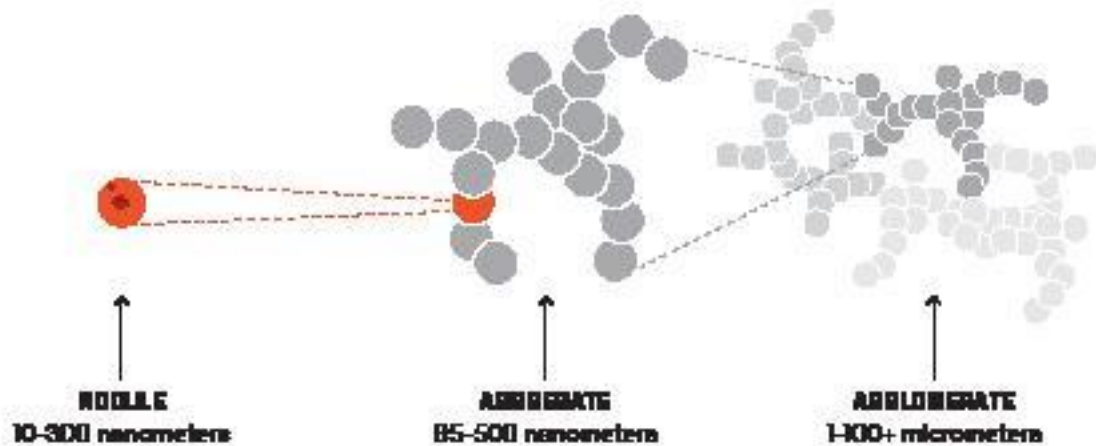


Image 2

Séquence de développement de la structure du noir de carbone

Le nodule sphéroïdal (particule primaire) est le bloc de construction fondamental du noir de carbone, fusionnant fortement en des agrégats de dimensions colloïdales formant une morphologie acineuse (grappe). De puissantes forces électriques maintiennent l'intégrité de l'agrégat et favorisent la formation d'agglomérats.

morphologie :

Noir de carbone, n, m – un matériau absorbant, essentiellement constitué de carbone élémentaire, obtenu à partir de la combustion partielle ou par décomposition thermique d'hydrocarbures, existant sous forme d'agrégats de morphologie acineuse qui sont composés de particules primaires sphéroïdales, qui présentent une uniformité de taille des particules primaires à l'intérieur d'un agrégat donné [1] et de couches turbostatiques dans les particules primaires.

Le noir de carbone présente une hiérarchie de caractéristiques morphologiques : les particules (étant des particules primaires), les agrégats et les agglomérats. Alors que le bloc de composition fondamental de noir de carbone est la particule primaire,

ils n'existent presque jamais de façon isolée, mais sont fortement fusionnés par des liaisons covalentes en agrégats.^[1] Les particules primaires sont de nature conceptuelle, car une fois que l'agrégat est formé, les particules primaires n'existent plus, elles ne sont désormais plus discrètes et n'ont plus de frontières physiques entre elles. Une fois produits, les agrégats individuels se joignent par la force Van der Waals pour former des agglomérats. Les agglomérats ne se décomposent pas en éléments plus petits sauf si une force adéquate est appliquée (par exemple, la force de cisaillement). Les tailles des particules primaires et des agrégats sont des propriétés distributives et varient selon la qualité de noir de carbone. Les micrographes électroniques par transmission démontrent que, bien que les tailles des particules primaires et des agrégats varient grandement au sein d'une catégorie donnée de noir de carbone, la taille des particules est essentiellement uniforme à l'intérieur d'un agrégat individuel.^[1]

Suite à la définition ASTM D3053-13a et à l'application de la terminologie de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) spécifications techniques 80004-1 de 2015, le noir de carbone est considéré comme un matériau nanostructuré (c.-à-d., un matériau ayant une structure interne ou de surface dans l'échelle nanométrique).

Figure 2 représente la séquence de développement de la structure. La taille de la particule primaire conceptuelle est dans la plage nanométrique. Cependant, typiquement, les particules primaires ne sont pas isolées dans la poudre de noir de carbone. Comme les particules primaires sont fusionnées/liées de façon covalente ensemble, la répartition primaire de la taille des particules est sans rapport avec le noir de carbone. Comme décrit ci-dessus, les particules primaires sphéroïdales se lient fortement ou fusionnent ensemble pour former des entités discrètes appelées agrégats (image 3). Les agrégats sont des structures robustes, capables de résister à des forces de cisaillement; ils sont les plus petites unités susceptibles de dispersion. Les agglomérats sont difficiles à mesurer avec précision, car ils se brisent lorsque les forces de cisaillement sont appliquées.

Typiquement, le noir de carbone est livré et mis sur le marché sous forme de pastilles (c.-à-d., des agglomérats comprimés) pour faciliter la facilité de manipulation et pour réduire la formation de poussière (Image 4). La taille des pastilles est généralement inférieure à un millimètre.

Image 3

Vue au microscope électronique d'un agrégat typique de noir de carbone consistant en des particules primaires fusionnées (280,000 x)

**Image 4**

Pastilles de noir de carbone (agglomérats comprimés) comme typiquement mises sur le marché



SÉCURITÉ

Danger de poussière combustible^[2]/ explosible

Selon les différentes méthodes d'essai internationales (par exemple ASTM 1226, EN 14034, VDI 2263), le noir de carbone est une poussière explosible dans des conditions d'essai en laboratoire (Classe de danger ST-1, faible explosion). Toutes les poussières explosibles sont combustibles; cependant, toutes les poussières combustibles ne sont pas explosibles. Le noir de carbone est à la fois combustible et explosible.

La **concentration minimale explosible** (CME) pour les poussières de noir de carbone en suspension dans l'air est $>50\text{g/m}^3$. Cette concentration est beaucoup plus grande que les limites actuelles d'exposition professionnelle.

Une différence principale entre le noir de carbone et d'autres poussières explosibles est l'énergie d'allumage élevée de noir de carbone qui est nécessaire pour amorcer une explosion de poussière. La poussière de la plupart des noirs de carbone en suspension dans l'air en quantité suffisante ($> 50\text{g/m}^3$) a une **énergie minimale d'inflammation** (EMI) supérieure à $>1\text{kJ}$ selon des méthodes d'essai internationales (par exemple, ASTM 2019, EN 13821, VDI 2263).

Les CME et EMI dépendent de la taille des particules et la teneur en humidité. Ces paramètres peuvent varier lorsque le noir de carbone est mélangé avec d'autres substances, en particulier si la substance noire du carbone est mélangée à un produit combustible ou inflammable. Par conséquent, les essais du mélange spécifique sont recommandés pour déterminer les paramètres d'explosivité.

La combustion lente de noir de carbone peut libérer du monoxyde de carbone (CO), qui lorsqu'il est combiné avec du noir de carbone peut former des mélanges

explosibles avec l'air. En fonction de la composition du mélange hybride (CO/noir de carbone), les paramètres d'explosivité (par exemple, limite inférieure d'inflammabilité, CME et EMI) peuvent changer.

La poussière de noir de carbone peut contribuer à des explosions de poussières secondaires (les ondes de choc d'une petite explosion primaire créent un nuage de poussière de noir de carbone qui est ensuite enflammé par l'explosion primaire).

Les bonnes pratiques d'ingénierie, de bonnes pratiques d'entretien ménager et des systèmes efficaces de dépoussiérage sont nécessaires pour réduire au minimum les émissions de noir de carbone et l'accumulation résultante sur certaines surfaces horizontales et verticales. Les émissions de noir de carbone fugitives devraient être réduites au minimum et les activités d'entretien ménager effectuées périodiquement (voir NFPA 654, Tableau A.6.7).

Danger d'incendie

Les noirs de carbone en poudre duveteuse ou sous forme de pastilles sont combustibles lorsqu'ils brûlent lentement (combustion lente) et maintiennent une combustion qui peut ne pas être visible en tant que flammes ou fumée. Dans le cas d'un incendie, notez que de l'eau pulvérisée directement ou par débit peut propager l'incendie en raison de la combustion lente du noir de carbone flottant sur l'eau. Une pulvérisation de brume est recommandée lorsque l'eau est utilisée comme agent d'extinction. En outre, la mousse est un agent extincteur acceptable. Les gaz d'azote ou de CO₂ peuvent être utilisés comme un agent extincteur pour le noir de carbone en combustion lente dans les silos ou les zones confinées. Le noir de carbone en feu (ou soupçonné être en feu) doit être observé pendant au moins 48 heures pour veiller à ce que la combustion ait cessée. Les gaz de combustion générés lors de la

^[2] La poussière combustible est définie comme des particules solides divisées qui présentent un danger de feu de poussière ou d'explosion de poussière lorsque dispersée et allumée dans l'air. (NFPA, 654, 2013)

combustion lente comprennent le monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de carbone (CO₂) et les oxydes de soufre.

Entretien ménager et pratiques de travail sécuritaires

Le nettoyage de déversements et l'entretien général sont très importants pour contrôler l'exposition de noir de carbone. La poussière de noir de carbone se propage facilement dans l'air à travers pratiquement tout courant d'air ou mouvement. En outre, le noir de carbone peut tacher les surfaces apparentes. Les procédures de nettoyage qui permettent d'éviter la production de poussière ou la production d'émissions fugitives dans le processus sont fortement recommandées. L'aspiration à sec, avec une filtration appropriée, est la méthode privilégiée pour enlever la poussière de surface et le nettoyage des déversements. Le balayage à sec ou l'utilisation d'air comprimé doit être évité. Le noir de carbone en vrac doit toujours être couvert ou contenu. Des précautions doivent être prises pour éviter des conditions qui peuvent entraîner une exposition inutile.

La poussière de noir de carbone peut pénétrer les boîtes électriques et autres appareils électriques, créant éventuellement des risques électriques entraînant une défaillance du matériel. Les appareils électriques qui peuvent être exposés à la poussière de noir de carbone doivent être hermétiquement fermés ou purgés avec de l'air propre, périodiquement inspectés et nettoyés au besoin.

Certaines qualités de noir de carbone peuvent être moins électriquement conductrices, ce qui permet une accumulation d'énergie statique lors de la manipulation. La mise à la terre des équipements et systèmes de transport peut être requise dans certaines conditions. Contactez votre fournisseur de noir de carbone pour toute question concernant les propriétés de votre qualité spécifique de noir de carbone.

Les pratiques de travail sécuritaires comprennent l'élimination des sources potentielles d'inflammation à proximité de la poussière de noir de carbone, un bon entretien pour éviter l'accumulation de poussière sur toutes les surfaces, une conception de ventilation adéquate et l'entretien pour contrôler les niveaux de poussières en suspension au-dessous

de la limite d'exposition professionnelle applicable, l'évitement du balayage à sec ou de l'air comprimé pour le nettoyage, la prévention de l'utilisation du noir de carbone avec des matériaux incompatibles (par exemple, les chlorates et les nitrates), et une formation appropriée aux employés sur les dangers potentiels.

Stockage et manutention

Le noir de carbone doit être stocké dans une zone non contaminée, propre et sec, loin de l'exposition à des températures élevées, sources de flammes nues et puissants oxydants (par exemple, les chlorates, les bromates, l'oxygène liquide ou comprimé et les nitrates). Puisque le noir de carbone absorbe l'humidité et les vapeurs chimiques, il doit être stocké dans des récipients fermés. Consulter la fiche de données de sécurité du fabricant ou fournisseur pour plus d'informations.

Entrée dans des espaces clos

L'entrée dans des silos, wagons-citernes ferroviaires, camions-citernes ou d'autres espaces confinés utilisés pour expédier ou stocker le noir de carbone ne doit être effectuée qu'en suivant les procédures appropriées d'entrée dans les espaces clos. Certaines qualités de noir de carbone peuvent avoir des concentrations en traces de monoxyde de carbone absorbées sur les surfaces des particules. La combustion lente de noir de carbone peut produire des niveaux nocifs de monoxyde de carbone dans un espace confiné ou dans des zones avec ventilation limitée.

Premiers soins immédiats

Il n'y a aucune preuve suggérant que l'exposition aiguë au noir de carbone peut entraîner des blessures graves, ou la maladie. L'ingestion est une méthode peu probable d'exposition accidentelle. Le noir de carbone ne produit pas une sensibilisation respiratoire ou cutanée. Comme beaucoup de poussières, l'inhalation de noir de carbone peut entraîner une réponse bronchique chez les personnes atteintes de maladies pulmonaires préexistantes.

SANTÉ

Études sur les humains

Le noir de carbone a fait l'objet d'études scientifiques approfondies sur la santé au cours des dernières décennies, ainsi que quatre examens complets publiés par le Centre International de recherche sur le cancer (CIRC) en 1984, 1987, 1995 et 2006. Bien que le noir de carbone a été classé par le CIRC comme un cancérigène du groupe 2B (peut-être cancérigène pour l'homme) ceci est basé sur une constatation de « preuves suffisantes chez les animaux de laboratoire », mais il y a « des preuves insuffisantes chez l'homme pour le risque de provoquer le cancer du noir de carbone » la preuve scientifique indique que le rat de laboratoire est une espèce particulièrement sensible dans ses réponses à des doses pulmonaires persistantes élevées de particules inhalées de faible solubilité ($1,0 \mu\text{m}$ de diamètre). Les effets pulmonaires observés chez les rats, y compris les réponses inflammatoires et fibreuses, pour aboutir finalement à la formation de tumeurs du poumon, n'ont pas été observés chez d'autres espèces de rongeurs, comme les souris et les hamsters. Les études de mortalité des travailleurs du secteur manufacturier de noir de carbone ne montrent pas une association entre l'exposition au noir de carbone et les taux de cancer du poumon élevés.

Des études ont cependant démontré que l'exposition constante au noir de carbone et d'autres particules peu solubles peut jouer un rôle dans la baisse de la capacité pulmonaire sur de longues périodes de temps, comme mesuré par le volume expiratoire forcé en une seconde (FEV1). Les bonnes pratiques d'hygiène au travail doivent être respectées afin de maintenir l'exposition des travailleurs en dessous de la limite d'exposition professionnelle. (Voir la section hygiène au travail et l'annexe B.)

Études sur la mortalité

Une étude sur les travailleurs de fabrication de noir de carbone au Royaume-Uni (Sorahan et coll., 2001) a trouvé un risque accru de cancer du poumon dans deux des cinq usines étudiées; cependant, l'augmentation n'a pas été liée à la dose de noir de carbone. Ainsi, les auteurs ne considèrent pas le risque accru de cancer

du poumon dû à l'exposition au noir de carbone. Une étude allemande sur des travailleurs de noir de carbone dans une usine (Morfeld et coll., 2006; Buechte et coll., 2006) (Sorahan et coll., 2001) a constaté une augmentation similaire du risque de cancer du poumon, mais, comme l'étude britannique, elle n'a pas trouvé d'association avec l'exposition au noir de carbone. Une grande étude américaine de 18 usines a montré une réduction du risque de cancer du poumon chez les travailleurs de production de noir de carbone (Dell et coll., 2006). Sur la base de ces études, le Groupe de travail de février 2006 du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a conclu que les preuves de provocation du cancer étaient inadéquates (CIRC, 2010).

Depuis l'évaluation du noir de carbone de la CIRC, Sorahan et Harrington (2007) ont analysé de nouveau les données de l'étude au Royaume-Uni en utilisant une hypothèse d'exposition alternative et ils ont trouvé une association positive avec l'exposition au noir de carbone dans deux des cinq usines. La même hypothèse a été appliquée par Morfeld et McCunney (2009) à la cohorte allemande, et par Dell et coll. (2015) à la cohorte des États-Unis; en revanche, ils n'ont trouvé aucune association entre l'exposition au noir de carbone et le risque de cancer du poumon et, par conséquent, pas de soutien pour l'hypothèse d'exposition alternative utilisée par Sorahan et Harrington.

En plus de l'analyse de l'exposition de remplacement, Dell et coll. (2015) ont mis à jour l'étude américaine pour inclure l'évaluation du statut vital jusqu'en 2011, et les évaluations d'exposition dose-réponse cumulée. Les auteurs n'ont trouvé aucun excès dans le cancer du poumon ou de maladies respiratoires non malignes.

Dans l'ensemble, à la suite de ces enquêtes détaillées, aucun lien de causalité entre l'exposition au noir de carbone et le risque de cancer chez l'homme n'a été démontré.

Études relatives à la morbidité

Les résultats des études épidémiologiques sur les travailleurs de production de noir de carbone suggèrent que l'exposition cumulative au noir de carbone peut entraîner une légère diminution

non-clinique de la fonction pulmonaire. Une étude de la morbidité respiratoire américaine a suggéré une baisse quotidienne de 27 ml dans FEV1 d'un 1 mg/m³ 8 heures MTP (fraction respirable) exposition sur une période de 40 ans (Harber, 2003). Une enquête européenne antérieure a suggéré que l'exposition à 1 mg/m³ (fraction respirable) de noir de carbone sur une durée de vie de travail de 40 ans se traduirait par une baisse de 48 ml dans FEV1 (Gardiner, 2001). Toutefois, les diminutions estimées dans FEV1 des deux études étaient seulement une signification statistique limite. Une baisse normale liée à l'âge sur une période de temps similaire serait d'environ 1200 ml.

Dans l'étude américaine, 9 % du groupe exposé de non-fumeurs le plus élevé (par opposition à 5 % du groupe non exposé) ont signalé des symptômes compatibles avec la bronchite chronique. Dans l'étude européenne, les limitations méthodologiques dans l'administration du questionnaire limitent les conclusions qui peuvent être tirées sur les symptômes rapportés. Cette étude, cependant, a indiqué un lien entre le noir de carbone et de petites opacités sur les films de la poitrine, avec des effets négligeables sur la fonction pulmonaire.

Voir l'**annexe A** pour obtenir des informations plus détaillées sur ces études humaines.

Études animales liées à la propension au cancer

Des études d'inhalation à long terme, d'une durée allant jusqu'à deux ans, ont donné lieu à une inflammation chronique, la fibrose pulmonaire et des tumeurs du poumon chez certains rats expérimentalement exposés à des concentrations excessives de noir de carbone. Aucune tumeur n'a été observée chez d'autres espèces animales dans des conditions d'étude similaires. Ces mêmes effets sont observés lorsque les rats ont été exposés à plusieurs autres particules de poussière peu solubles. De nombreux chercheurs menant des études d'inhalation chez les rats croient que les effets observés résultent de l'accumulation massive de petites particules de poussière dans les poumons des rats après une exposition à des concentrations excessives.

Ces accumulations submergent les mécanismes de dégagement pulmonaire naturels du rat et produisent un phénomène qui est décrit comme une « surcharge pulmonaire ». Les effets ne sont pas le résultat d'un effet toxique spécifique de la particule de poussière dans les poumons. De nombreux toxicologues en inhalation croient que la réponse tumorale observée dans les études sur le rat référencées ci-dessus est spécifique à l'espèce et ne correspond pas à l'exposition humaine (ECETOC, 2013).

Classification de la propension au cancer

L'évaluation du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) (publications respectives; monographies 65 & 93; 1996 & 2010) ont conclu, « Il existe des preuves suffisantes chez les animaux expérimentaux pour la propension au cancer du noir de carbone ». Cette catégorisation a été fondée sur les lignes directrices du CIRC, qui nécessitent une telle classification si une espèce est cancérigène dans deux ou plusieurs études. Cependant, le CIRC a constaté qu'il y avait des preuves insuffisantes chez l'homme pour la propension au cancer du noir de carbone. L'évaluation globale du CIRC était que le noir de carbone est peut-être cancérigène pour les humains (Groupe 2B).

La position des autres organismes faisant autorité, la recherche ou les organismes de réglementation en ce qui concerne la classification du noir de carbone comme cancérigène sont indiqués ci-dessous :

- ◆ La conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux (ACGIH, 2010) classe le noir de carbone comme *A3, Cancérigène confirmé chez les animaux avec pertinence inconnue chez les humains*
- ◆ Le U.S. National Toxicology Program (NTP) n'a pas inscrit le noir de carbone comme cancérigène
- ◆ Le département sur la santé et la sécurité au travail américain (OSHA) n'a pas inscrit le noir de carbone comme cancérigène
- ◆ Le document des critères (1978) de l'institut national américain pour la santé et la sécurité au travail (NIOSH) sur le noir de carbone ne recommande comme cancérigènes suspects que les noirs de carbone aromatiques polycycliques de contamination d'hydrocarbures supérieur à 0,1 % (1000 ppm).

- ◆ Le Bureau de la santé environnementale d'évaluation des risques (OEHHA) de la California Environmental Protection Agency a ajouté le «noir de carbone (en suspension, particules libres de taille respirable)» (n° CAS 1333-86-4) à la liste Proposition 65 des substances le 21 février 2003. Cette liste, déclenchée par le mécanisme de l'« organisme faisant autorité » dans le code des règlements de la Californie, a été fondée uniquement sur la classification du CIRC 1996 que le noir de carbone est cancérigène du groupe 2B
- ◆ La commission allemande MAK a classé le noir de carbone comme cancérigène suspecté de catégorie 3B
- ◆ Le ministère du Travail, de la Santé et du Bien-être du Japon « recommande » une classification du noir de carbone comme cancérigène de catégorie 2; Toxicité pour certains organes cibles à la suite d'expositions répétées, de catégorie 1
- ◆ Le conseil taiwanais des affaires du travail «recommande» une classification du noir de carbone dans la catégorie 2
- ◆ L'agence de la santé et de la sécurité au travail coréenne «recommande» une classification sur le noir de carbone comme cancérigène de catégorie 2. La toxicité pour certains organes cibles à la suite d'expositions répétées, de catégorie 1
- ◆ Dans le cadre du système mondial harmonisé des Nations Unies (SGH) adopté par l'OSHA américaine en 2012, Communication normalisée sur les dangers, l'Association internationale du noir de carbone a déterminé que le noir de carbone ne répond pas aux critères de classification comme cancérigène pour l'homme. Les données épidémiologiques des enquêtes bien menées n'ont montré aucun lien de causalité entre l'exposition au noir de carbone et le risque de maladies respiratoires malignes ou non malignes chez l'homme.

Des préoccupations ont été exprimées au sujet du contenu de l'HTAP (parfois appelé aromatiques polynucléaires [ZNP]) des noirs de carbone manufacturés. Dans les formes non absorbées, certains HAP ont été reconnus comme cancérigènes dans les études animales. Cependant, des études *in vitro* indiquent que les HAP contenus dans le noir de carbone adhèrent fortement au noir de carbone et les HAP ne sont pas biodisponibles (Borm, 2005). Des études scientifiques ont démontré que, une fois incorporés dans une matrice de caoutchouc, les HAP provenant de noir de carbone ne migrent pas à partir de la matrice de caoutchouc (Hamm, 2009).

La production et les procédures de contrôle de la qualité modernes sont généralement en mesure de maintenir les niveaux d'HAP extractibles à moins de 0,1 % (<1000 ppm) sur le noir de carbone avec les HAP réglementés comme cancérigènes représentant une plus petite fraction des extractibles. La teneur en HAP extractibles dépend de nombreux facteurs, y compris, mais sans s'y limiter, le processus de fabrication du noir de carbone, et la capacité de la procédure d'analyse pour extraire, identifier et mesurer les HAP extractibles. Des

questions spécifiques concernant la teneur en HAP doivent être adressées à votre fournisseur de noir de carbone.

Mutation génétique

Le noir de carbone n'est pas adapté pour être testé directement dans les systèmes bactériens (test d'Ames) et autres systèmes *in vitro* en raison de son insolubilité. Cependant, lorsque des extraits de noir de carbone de solvants organiques ont été testés, les résultats n'ont montré aucun effet mutagène. Les extraits de solvants organiques de noir de carbone peuvent contenir des traces d'HAP.

Dans une étude expérimentale *in vivo*, des mutations du gène *hprt* ont été signalées dans les cellules épithéliales alvéolaires chez le rat après exposition par inhalation au noir de carbone (Driscoll, 1997). Cette observation est considérée comme spécifique au rat et une conséquence de «surcharge pulmonaire», ce qui conduit à une inflammation chronique et la libération d'espèces d'oxygène réactif. Ceci est considéré comme un effet génotoxique secondaire et, par conséquent, le noir de carbone lui-même ne serait pas considéré comme mutagène.

Effets sur la reproduction

Aucun effet sur les organes reproducteurs ou le développement du fœtus n'a été rapporté dans les études de toxicité à doses répétées à long terme chez les animaux.

Ingestion chronique

Aucune anomalie importante n'a été observée chez les rats ou les souris suivant les études alimentaires jusqu'à deux ans.

Contact avec les yeux

Aucun effet indésirable n'a été décrit. Le noir de carbone dans les yeux ne cause pas de réactions différentes d'autres particules dans les yeux.

Contact avec la peau

Après l'application de noir de carbone en suspension sur la peau de souris, de lapins et de rats, aucune tumeur de la peau n'a été rapportée.

La poussière peut causer un assèchement de la peau lors d'un contact répété ou prolongé.

Sensibilisation

Des tests sur la peau de cobayes ne produisent pas de sensibilisation. Aucun cas de sensibilisation n'a été rapporté chez les humains.

Tests d'irritation chez les animaux

Irritation principale des yeux (lapin) : rougeur de la conjonctive, qui disparaît après 7 jours.

Irritation principale de la peau (lapin) : Léger érythème (rougeur)

HYGIÈNE PROFESSIONNELLE

Survol

Les principes d'hygiène professionnelle (également connus sous le nom d'hygiène industrielle) sont utilisés dans la gestion des expositions dans l'environnement de travail. Ces principes comprennent des efforts pour identifier et anticiper les conditions potentielles d'exposition des travailleurs, de mesurer l'exposition des travailleurs et de mettre en œuvre des contrôles appropriés pour réduire l'exposition aux niveaux les plus bas possible. Bien que cette section se concentrera sur le noir de carbone, les principes d'hygiène industrielle sont applicables à tous les agents et conditions d'exposition potentielles présentes dans un milieu de travail.

L'expérience montre que les activités de routine ayant le plus grand potentiel à une exposition professionnelle du noir de carbone en suspension sont celles liées à la manutention manuelle, l'emballage, le chargement en vrac et quelques activités d'entretien. Les activités non courantes liées aux opérations d'entretien et les conditions de perturbation ont également un potentiel à des expositions au noir de carbone.

Chaque employeur doit procéder à des évaluations de risques spécifiques à l'emploi fondées sur la connaissance des activités professionnelles dans le milieu de travail (de routine ou non) et des conditions propres au site.

Évaluation de l'exposition aéroportée

La voie la plus importante de l'exposition est l'inhalation du noir de carbone en suspension dans l'air; par conséquent, l'objectif principal, lors de l'évaluation, devrait être sur les expositions aéroportées. Des techniques de surveillance personnelles sont utilisées pour recueillir des échantillons d'air dans la zone de respiration du travailleur (bouche/zone du nez). Les mesures effectuées dans des endroits qui ne sont pas représentatifs de la zone de respiration des travailleurs peuvent sous-estimer ou surestimer les expositions à l'air.

Les méthodes d'échantillonnage de l'air peuvent varier selon les pays et peuvent dépendre de la gamme de fraction/taille des particules de la limite d'exposition professionnelle correspondante (LEP). Les types de dispositifs de prélèvement d'échantillons d'air et les débits d'échantillonnage de l'air sont différents selon que les échantillons d'air doivent être totaux, ou respirables. La collecte d'échantillons doit être effectuée par des personnes formées, comme des hygiénistes industriels/professionnels. Des publications sur ce sujet sont disponibles à l'Association américaine d'hygiène industrielle (AIHA).

Les résultats des évaluations de l'exposition aéroportée identifient et quantifient les expositions par inhalation et les opérations nécessitant des contrôles d'exposition. Ces résultats établissent également des données de base pour évaluer l'efficacité des contrôles, déterminer la conformité aux limites d'exposition professionnelle réglementaires et non réglementaires et fournir des informations utiles pour caractériser les expositions historiques. De l'information et de l'orientation supplémentaires peuvent être obtenues auprès des associations d'hygiène professionnelles nationales ou régionales.

Limites d'exposition professionnelle

Les limites d'exposition professionnelle (LEP) pour le noir de carbone en suspension dans l'air varient selon les pays et sont sujettes à changement (voir Annexe B). Ces limites sont exprimées sous forme de fractions de particules en suspension spécifiques (à savoir, totales ou respirables). Chaque gamme de fraction/taille de particules exige qu'une méthodologie différente soit utilisée lors de l'évaluation de l'exposition dans l'air.

Les limites d'exposition professionnelle sont généralement exprimées en concentrations moyennes au cours d'une période de temps spécifique. Les LEP de quart de travail complet sont généralement d'une durée moyenne de 8 heures pondérées dans le temps (MTP), et certains pays ont également précisé les limites d'exposition à court terme (LECT), qui sont des moyennes de 15 minutes.

De l'information et de l'orientation additionnelles peuvent être obtenues auprès des associations d'hygiène professionnelle nationales ou régionales.

Évaluation de la taille des particules

Les études concluent que les travailleurs de fabrication de noir de carbone ne sont pas exposés à l'échelle nanométrique (gamme de taille comprise entre 1 et 100 nanomètres) des particules de noir de carbone. Une étude parrainée par l'AINC menée dans les usines de noir de carbone en Europe et aux États-Unis en 2000 a révélé qu'il n'y avait pas d'exposition à des particules de noir de carbone inférieures à 400 nanomètres de diamètre aérodynamique (Kuhl-busch, 2004). L'AINC continue de soutenir le travail dans ce domaine pendant que les technologies de mesure avancent.

Contrôles techniques

Si les résultats de l'échantillonnage du noir de carbone dans l'air indiquent que l'exposition des travailleurs est au-dessus des limites acceptables, les contrôles appropriés doivent alors être identifiés et mis en œuvre pour réduire les expositions.

Les contrôles techniques visant à éliminer ou réduire l'exposition professionnelle aux poussières de noir de carbone au niveau le plus bas possible sont préférables à l'utilisation de respirateurs ou d'autres types d'équipement de protection individuelle. Les contrôles techniques préviennent ou minimisent le contact avec le danger en éliminant le danger ou en empêchant le travailleur d'être exposé au danger. Le moment le plus rentable pour mettre en œuvre des contrôles techniques est soit à l'étape de la planification ou de la conception d'une nouvelle opération ou lors de modifications aux opérations existantes.

Les contrôles techniques qui ont été utilisés avec succès dans le traitement du noir de carbone comprennent: (1) une ventilation locale (par exemple, des hottes de laboratoire) pour contrôler l'exposition au personnel de laboratoire engagé dans la manipulation des échantillons; (2) des hottes de captation à la source pour les opérations poussiéreuses, comme l'ensachage, séparation des sacs et le chargement en vrac; et (3) le confinement des poudres et des poussières à l'intérieur d'un mélange scellé, le traitement et les systèmes de transport. Les systèmes de confinement (par exemple, un convoyeur fermé) sont notamment efficaces lorsqu'ils sont utilisés sous une légère pression négative pour réduire les émissions et les fuites de poussières diffuses.

L'utilisation d'un aspirateur central dédié au lieu d'un balayage à sec est une méthode plus efficace pour le nettoyage répandu du noir de carbone dans les zones où il est couramment utilisé. Les moteurs et purificateurs d'air pour le système d'aspiration doivent être placés à l'extérieur et épuisés loin des zones occupées. De nombreuses trappes d'aspiration qui se scellent lorsqu'elles ne sont pas utilisées devraient être fournies dans toutes les zones où le noir de carbone est transféré, manipulé ou utilisé. Des tuyaux à vide suffisamment longs doivent être stratégiquement situés dans toutes les zones d'utilisation potentielle. Pour prévenir la propagation de la poussière de noir de carbone et son retour dans l'air, les déversements doivent être aspirés immédiatement.

Les systèmes locaux de ventilation d'échappement et d'aspiration mentionnés ci-dessus doivent être correctement conçus pour maximiser l'efficacité et pour éviter les problèmes de performance. Les principes de bonne conception de la ventilation industrielle peuvent être trouvés dans la plus récente édition de la publication ACGIH, *Ventilation industrielle, manuel des pratiques recommandées*.

Protection respiratoire

Si une protection respiratoire est nécessaire pour minimiser l'exposition au noir de carbone, les programmes doivent respecter les exigences de l'organisme compétent approprié dans le pays, la province ou l'état. Veuillez consulter la version actuelle de la norme ou du règlement qui peut s'appliquer à vos opérations.

La sélection d'un respirateur adéquat est basée sur la concentration d'exposition de noir de carbone contre laquelle une protection est nécessaire, ainsi que la présence éventuelle d'autres contaminants qui peuvent être libérés dans le lieu de travail. Une évaluation des mesures représentatives de l'exposition de contaminants pouvant être rencontrés doit être menée pour assurer la sélection du respirateur approprié.

SURVEILLANCE MÉDICALE

Les employés qui ont des tâches impliquant une exposition aux poussières de noir de carbone peuvent avoir des questions sur les répercussions de l'exposition sur la santé. Ces questions portent généralement sur la compréhension à savoir si un examen médical plus spécialisé est approprié. Un accent devrait être mis sur le fait que selon des résultats de nombreuses études sur les travailleurs portant sur la relation entre l'exposition au noir de carbone et les taux accrus de cancer, y compris les taux de cancer du poumon, n'existe pas.

En considérant la surveillance médicale des employés, le médecin doit comprendre que les tâches varient considérablement. La question médicale importante à laquelle le médecin doit répondre est de savoir si les individus évalués pour certains emplois ont un historique de troubles pulmonaires, comme l'emphysème ou l'asthme et/ou des maladies de la peau. Ces conditions peuvent être aggravées par l'exposition à des niveaux de poussière élevés de tout type, y compris le noir de carbone.

Il est conseillé pour le médecin de se familiariser avec les opérations, les conditions de travail et les concentrations d'exposition potentielles pour les différents postes de travail. Des visites périodiques des opérations par le médecin du travail sont recommandées.

La détermination de la participation des travailleurs dans un programme de surveillance médicale devrait être basée sur les conditions de travail, telles que la concentration d'exposition au noir de carbone et l'utilisation d'un respirateur. Il est souhaitable que le médecin développe un historique professionnel complet pour chaque employé dans le cadre de tout programme de surveillance médicale et y inclure, au minimum, l'historique des antécédents médicaux, l'expérience de travail préalable dans d'autres milieux de travail et les habitudes de vie personnelle (par exemple, le tabagisme, passe-temps, etc.).

ENVIRONNEMENT

Émissions de gaz à effet de serre

Le procédé de production de noir de carbone utilise une matière première riche en carbone en combinaison avec de l'oxygène. Le procédé réactionnel est trempé avec de l'eau pour minimiser l'oxydation du carbone en dioxyde de carbone et pour maximiser la récupération du noir de carbone. Les émissions de gaz à effet de serre sont réduites grâce à des activités d'amélioration et à l'utilisation de gaz de sous-produits de combustion dans le processus et la création de la vapeur et/ou d'électricité. Comme les procédés de production varient en fonction de la conception de l'installation et des produits de noir de carbone produits, des informations sur les émissions de gaz à effet de serre et l'empreinte carbone doivent être obtenues auprès de votre fournisseur.

Utilisation de l'eau

L'eau est utilisée dans la fabrication de noir de carbone pour éteindre la réaction de production et par certains fabricants pour granuler le noir de carbone. Les procédés de recyclage de l'eau et la récupération d'eau de pluie sont largement pratiqués au sein de l'industrie. L'utilisation de l'eau dans le procédé de production peut varier considérablement selon l'usine et les produits fabriqués. Contactez votre fournisseur pour plus de détails.

Disposition

À l'exception des produits traités chimiquement et propices à la dispersion dans l'eau, le noir de carbone est le plus souvent éliminé dans des décharges à condition que ces décharges respectent toutes les réglementations applicables. Le noir de carbone est non toxique et ne lessive ou libère les constituants du sol à l'eau à partir d'un site d'enfouissement.

Le noir de carbone peut également être utilisé comme carburant de remplacement pour les fours ou peut être incinéré dans les incinérateurs à déchets municipaux

comme des déchets non dangereux. Il a environ la même valeur de chaleur par livre que le charbon pulvérisé et brûle complètement avec de faibles émissions et pratiquement sans cendres résiduelles.

Le temps de séjour adéquat et la teneur en oxygène doivent être fournis pour assurer que la combustion complète se produise. Ces solutions de rechange à l'enfouissement sont des méthodes d'élimination écologiquement appropriées, à condition qu'elles soient en conformité avec la réglementation en vigueur.

Le noir de carbone a une surface et une capacité d'adsorption élevées. Les matières organiques qui entrent en contact avec le noir de carbone peuvent être absorbées et ne sont pas facilement libérées par la suite. En conséquence, les décisions d'élimination doivent tenir compte de tout produit chimique pouvant être absorbé par le noir de carbone. Le noir de carbone n'est pas biodégradable. Des précautions doivent toujours être prises avec des actions d'élimination pour contrôler les émissions de poussières lors de l'enlèvement, le transport et le dépôt subséquent de déchets au site d'enfouissement ou au cours d'autres activités d'élimination.

Air

Le noir de carbone n'est généralement pas régi par un contrôle de la pollution de l'air par une substance spécifique ou une norme de la qualité de l'air ambiant, mais les émissions de noir de carbone dans l'atmosphère sont généralement réglementées en tant que composante d'une matière particule (MP) d'une installation ou d'émissions de poussières en vertu d'autres règlements. Les normes de l'air varient selon les régions, généralement différentes en fonction de la qualité de l'air de ces régions. L'utilisation de filtres en tissu et autres technologies de capture et de collecte de MP pour réduire au minimum les émissions de particules est un lieu commun dans l'industrie et peut être nécessaire pour assurer la conformité aux réglementations en vigueur. Dans certaines régions, la réglementation de la matière particulaire est basée sur la taille des particules étant émises avec une réglementation adressant des particules inférieures à 2,5 μ m; inférieure à 10 μ m, et/ou des particules totales de masse.

Eaux usées

Les rejets d'eaux usées contenant du noir de carbone doivent être conformes aux exigences applicables. Le noir de carbone n'est pas soluble dans l'eau et a une densité de 1,7 à 1,9 (eau = 1). La décantation par gravité est efficace et est la technique la plus couramment utilisée pour enlever le noir de carbone dans les eaux usées. Dans certaines circonstances, la décantation peut être inhibée en raison de la petite taille des particules et/ou de la surface élevée des zones qui peuvent résister au mouillage. Divers sels métalliques comme les polymères ferriques ou le sulfate d'aluminium et/ou de synthèse sont efficaces comme agent flocculant pour améliorer la décantation. Le type de flocculant et le taux de dosage optimal peuvent être mieux déterminés par des tests à l'échelle de banc d'essai ou en laboratoire. La filtration peut également être utilisée comme technique pour l'élimination des solides.

Fuites ou déversements

Les déversements de noir de carbone doivent être nettoyés immédiatement pour prévenir la propagation et la dispersion. L'aspiration à sec est la méthode recommandée pour recueillir le noir de carbone déversé. Si un aspirateur portable est utilisé, il doit être muni d'un filtre à haute efficacité (HEPA) et des soins doivent être entrepris pour assurer que les filtres sont entretenus. Un système d'aspiration central doit être considéré pour l'entretien de vérification et le nettoyage des fuites localisées.

Le collecteur desservant l'aspirateur central doit être situé à l'extérieur et contenir des filtres en tissu. S'il est nécessaire de nettoyer un déversement distant par un balayage à sec, des soins doivent être entrepris pour ne pas disperser le noir de carbone dans l'air.

Le noir de carbone n'est pas facilement mouillé et l'eau peut aider le produit déversé à se disperser, de sorte que des jets d'eau et un mouillage ne sont pas recommandés pour le nettoyage. Cependant, si cette méthode est utilisée, la prudence devrait être exercée, car le noir de carbone mouillé rend les surfaces très glissantes.

TRANSPORT

Conteneurs d'expédition

Les conteneurs réutilisables d'expédition doivent être retournés au fabricant. Les sacs en papier peuvent être incinérés, recyclés ou éliminés dans une décharge appropriée conformément aux réglementations nationales et locales.

Classifications de transport

Le noir de carbone commercial n'est pas classé comme une matière dangereuse par les organismes suivants :

- ◆ Recommandations de l'ONU relatives aux matières dangereuses
- ◆ Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses (ADR)
- ◆ Règlement concernant le transport international des marchandises dangereuses par chemin de fer (RID), une partie de la convention relative aux transports internationaux ferroviaires
- ◆ Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie de navigation intérieure (AND)

Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer – *International Maritime Dangerous Goods Code* (Code IMDG)

- ◆ Convention de l'aviation civile internationale – Annexe 18
 - Sécurité du transport des marchandises dangereuses par air
- ◆ Normes canadiennes de transport des marchandises dangereuses
- ◆ Association du transport aérien international (IATA-DGR)
- ◆ MARPOL 73/78, Annexe II
- ◆ Code IBC
- ◆ Département du transport des États-Unis
- ◆ Règlement canadien du transport des marchandises dangereuses
- ◆ Code des marchandises dangereuses de l'Australie

Des questions spécifiques relatives à la classification de transport doivent être adressées à votre fournisseur de noir de carbone.

Autoéchauffement

Le noir de carbone a été testé en conformité avec les méthodes de l'ONU, autoéchauffement des solides, et jugé comme « Qui n'est pas une substance à autoéchauffement de la division 4.2. » En outre, le noir de carbone a été testé conformément à la méthode de l'ONU, solides facilement inflammable, et jugé comme « Qui n'est pas un solide facilement inflammable de la division 4.1. » sous les recommandations de l'ONU en cours sur le transport des marchandises dangereuses.

GESTION DU PRODUIT

Noir de carbone dans les matériaux en contact avec les aliments

Le noir de carbone produit par certains procédés a été approuvé dans des circonstances particulières et pour des utilisations spécifiques impliquant un contact avec des aliments. Contactez votre fournisseur de noir de carbone pour plus d'informations.

Registres nationaux et autres réglementations applicables (pas totalement comprises)

Le noir de carbone, numéro CAS 1333-86-4, est répertorié dans les inventaires suivants :

- ◆ Australie : Inventaire australien des substances chimiques (AICS).
- ◆ Canada : Loi sur la protection de l'environnement (CEPA), Liste des substances domestiques (LSD).
- ◆ Chine : Inventaire des substances chimiques existant en Chine (IECSC).
- ◆ Union européenne : Inventaire européen des substances chimiques commerciales existantes (EINECS), 215-609-9.
- ◆ Union européenne : Réglementation REACH (EC) N° 1907/2006 : Enregistrement spécifique de la société nécessaire; contactez votre fournisseur pour de l'information additionnelle.
- ◆ Japon : Substances nouvelles et existantes (ENCS), Inventaire de lois sur la sécurité et la santé industrielles (ISHL).
- ◆ Corée : Loi sur le contrôle des produits chimiques toxiques (TCCL), Inventaire coréen des produits chimiques existants (KECI).
- ◆ Philippines : Inventaire philippin des produits et des substances chimiques (PICCS).
- ◆ Taïwan : Nomination et notification des substances chimiques (CSNN).
- ◆ États-Unis : Loi sur le contrôle de l'inventaire des substances chimiques (TSCA)

Remarque : Les lecteurs sont priés de revoir leur réglementation sur la santé, la sécurité et l'environnement nationale, provinciale, nationale, locale et fédérale, ainsi que la fiche de données de sécurité de leur fournisseur de noir de carbone (SDS). Des questions spécifiques doivent être adressées à votre fournisseur de noir de carbone.

Ce guide ne remplace pas la fiche de sécurité actuelle du produit. Veuillez contacter votre fournisseur de noir de carbone pour les SDS appropriés de noir de carbone.

Annexes & Références

ANNEXE A

Études sur la santé des travailleurs dans les industries du noir de carbone, du caoutchouc et de l'encre en poudre

Études épidémiologiques des travailleurs du noir de carbone et les risques de cancer

Différents types d'études ont été menées pour évaluer le potentiel de cancer, de maladies pulmonaires ou tout autre effet néfaste sur la santé de la fabrication ou de l'utilisation du noir de carbone. Ce qui suit est un résumé des principales études épidémiologiques et toxicologiques qui ont abordé le potentiel de cancer et/ou des effets respiratoires néfastes de l'exposition au noir de carbone.

Les études épidémiologiques sont généralement menées pour adresser les risques potentiels liés à la santé chez les travailleurs exposés à une substance particulière ou qui travaillent dans un secteur désigné. Les études de mortalité évaluent le risque de mourir de certains types de maladies dans le groupe de travail à étudier en comparaison à la population générale. Ils forment la base, ainsi que des évaluations toxicologiques et d'exposition, de systèmes de classification cancérigène internationaux et les limites d'exposition pour les travailleurs.

Le noir de carbone et ses travaux de recherche correspondants, y compris les études épidémiologiques, ont fait l'objet d'un certain nombre de revues scientifiques par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'Organisation mondiale de la Santé en avril 1984, mars 1987 et octobre 1995. La plus récente évaluation complète des risques de cancer potentiellement dû à l'exposition au noir de carbone a été réalisée par un groupe de travail du CIRC en février 2006 (CIRC 2010). Le groupe de travail a noté les principaux points suivants : (1) le cancer du poumon est le critère de santé le plus important à considérer (concernant les effets malins potentiels), et (2) l'exposition des travailleurs à des sites de production de noir de carbone est le groupe le plus pertinent pour une évaluation de risque potentiel de cancer.

Le groupe de travail du CIRC 2006 a conclu que la preuve humaine de propension au cancer était insuffisante, ce qui a confirmé la classification 2B d'abord notée lors de la réunion du groupe de travail du CIRC de 1995 (CIRC 2010). La classification 2B du noir de carbone signifie que la preuve scientifique de propension au cancer est « possiblement » cancérigène pour l'homme sur la base des résultats provenant d'études animales. La preuve humaine sur la propension au cancer a été jugée « insuffisante » par le Groupe de travail du CIRC 2006.

Le CIRC, dans son groupe de travail de 2006, a examiné trois études épidémiologiques majeures de cohorte de travailleurs du noir de carbone aux É.-U., au Royaume-Uni et en Allemagne. Chaque étude portait sur la mortalité par cancer du poumon parmi les travailleurs dans les usines de noir de carbone.

Suivent les résumés des résultats de l'évaluation de chaque cohorte.

1. Une étude de cohorte américaine de 5 011 travailleurs dans 18 usines a observé un indice comparatif de mortalité par cancer du poumon plus faible que prévu (ICM) de 0,85 sur 127 cas; (95 %-CI^[3]: 0,71, 1,00) (Dell *et coll.*, 2006). Les données sur le tabagisme n'étaient pas disponibles pour cette étude, toutefois, cette étude n'a pu être corrigée le tabagisme. Une mise à jour de l'étude américaine de 2006 avec une détermination du statut vital a récemment été publiée et est discutée ci-dessous (Dell *et coll.*, 2015).
2. Une étude au Royaume-Uni (R.-U.) sur les travailleurs du noir de carbone a d'abord été publiée en 1985 et mise à jour ensuite (Hodgson *et coll.*, 1985; Sorahan *et coll.*, 2001). Une cohorte de 1 147 dans cinq usines a démontré un ICM de 1,73 (61 cas, 0,95-CI: 1,32, 2,22) (Sorahan *et coll.*, 2001). Aucune tendance sur des expositions cumulatives grossièrement évaluées, décalée jusqu'à 20 ans, n'a été notée. Des ICM de cancer du poumon plus élevés ont été notés dans deux usines; les ICM des trois autres usines étaient irrécusables. Les données du tabagisme n'étaient pas disponibles, toutefois cette étude n'a pu être corrigée pour le tabagisme.
3. Une cohorte allemande de 1 528 travailleurs du noir de carbone d'une usine spécifique dans la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (NRW) a été évaluée à certaines occasions (Wellmann *et coll.*, 2006; Morfeld *et coll.*, 2006; Buechte *et coll.*, 2006; Morfeld *et coll.*, 2006). L'évaluation initiale a démontré un ICM de 2,18 (CI: 1,61-2,87) pour le cancer du poumon basé sur 50 cas alors que le taux de la population allemande a été utilisé comme référence. L'ICM du cancer du poumon était de 1,83 (CI: 1,36-2,41); toutefois, lorsque le groupe de travail a été comparé aux taux régionaux de la NRW, la NRW avait un taux historique plus élevé de cancer du poumon en raison des fumeurs dans la population générale. Comme dans l'étude du R.-U. ci-dessus, aucune tendance positive à l'exposition au noir de carbone n'a été notée. L'étude a identifié le tabagisme et les expositions précédentes à des cancérigènes connus comme facteurs de risque importants qui pourraient expliquer la majeure partie des risques supplémentaires.

Études sur la mortalité de la cohorte des travailleurs du noir de carbone depuis l'évaluation du CIRC 2006

Suite à l'évaluation la plus récente du CIRC en 2006, de nouvelles évaluations des trois cohortes du noir de carbone ont été publiées. Les auteurs de l'étude de mortalité au R.-U. ont mené un suivi étendu de leur cohorte et appliqué une nouvelle métrique d'exposition connue sous le nom de « trimballement »

^[3] IC = intervalle de confiance

dans une tentative d'adresser l'effet potentiel d'expositions récentes au noir de carbone sur le risque de cancer du poumon (Sorahan and Harrington, 2007). Par contraste au décalage, une analyse de « trimballement » se concentre sur les expositions les plus récentes, par opposition à des expositions plus lointaines. Les auteurs ont émis l'hypothèse que le noir de carbone peut agir comme agent cancérigène du cancer du poumon à un stade avancé dans deux des cinq usines où un ICM élevé a été révélé dans les publications de 1985 et 2001 (Hodgson *et coll.*, 1985 et Sorahan *et coll.*, 2001). Si l'hypothèse de « trimballement » est vraie, dont les expositions les plus récentes confèrent le risque actuel, l'ICM élevé devrait diminuer progressivement et substantiellement après l'arrêt de l'exposition; des associations positives seraient attendues avec l'exposition de « surcharge » au noir de carbone. Par exemple, « trimballer » l'exposition de 15 ans signifie de seulement compter les expositions reçues durant les 15 dernières années de l'analyse de risque. Les auteurs ont noté un effet de « trimballement » dans deux des usines anglaises qui avaient des ICM élevés de cancer du poumon. Dans leur publication, les auteurs ont suggéré des répétitions de leurs méthodes dans d'autres cohortes.

L'hypothèse de « trimballement » a ensuite été testée dans la cohorte allemande de noir de carbone (Morfeld et McCunney, 2007, 2009). Ni une diminution de l'ICM après la cessation de l'exposition ni une relation positive avec l'exposition cumulative « trimballée » au noir de carbone n'ont été notées, malgré le fait que la cohorte allemande a démontré un ICM de cancer du poumon clairement plus élevé. Ainsi, la cohorte allemande, en utilisant la même méthodologie, n'a pu confirmer l'hypothèse anglaise sur la « surcharge ». Une autre étude de la cohorte allemande a utilisé une analyse de polarisation bayésienne pour explorer tous les facteurs de risque potentiels et les facteurs confondants qui ont contribué aux résultats de ICM (Morfeld et McCunney 2010). Ces enquêtes additionnelles ne confirment pas l'hypothèse de « surcharge ».

Une mise à jour de l'étude de mortalité sur la cohorte américaine a été complétée et publiée (Dell *et coll.*, 2015). La cohorte mise à jour comprend une évaluation de l'état vital jusqu'en 2011; l'étude de Dell *et coll.*, 2006 adressait l'état vital jusqu'en 2003. Les évaluations d'exposition cumulative dose-réponse ont été faites sur les membres de la cohorte. Cette donnée était basée sur des données d'exposition quantitative et sur une révision complète des descriptions de fonctions, de tâches et de changements de procédés de production. De plus, pour permettre des comparaisons directes des résultats entre les trois cohortes, une analyse de « surcharge » a été menée.

Cette étude rétrospective de mortalité américaine des travailleurs du noir de carbone est la plus grande cohorte encore publiée dans la littérature mondiale. Elle comprend plus de 6 000 travailleurs employés dans l'industrie du noir de carbone datant des années 1930. Une cohorte individuelle, conçue pour réduire le préjugé de survivants potentiels, et une cohorte totale ont été individuellement évaluées pour les risques de mortalité. Un avantage notable de cette étude épidémiologique est les évaluations cumulatives individuelles détaillées d'exposition qui ont été analysées avec des titres uniformes permettant des analyses dose-réponse robustes. La disponibilité de près de 30 années de données de surveillance aéroportées de noir de carbone depuis 1979 a facilité le calcul des estimations d'exposition fiables.

Les résultats n'ont montré aucune augmentation du cancer du poumon ou de toute autre tumeur maligne soit dans la cohorte totale ou individuelle. L'analyse dose-réponse n'a montré aucun lien entre l'exposition au noir de carbone et le risque de malignité. Un autre avantage notable de cette étude est le niveau exceptionnel de constatation obtenu dans l'identification du statut vital, en ce que 98,5 % des membres admissibles de la cohorte étaient identifiés comme vivants ou décédés.

En résumé, les auteurs de l'étude de 2015 ont conclu : « Peu importe si l'exposition était basée sur des estimations décalées, surchargées ou totales cumulatives, aucune association cohérente n'a été vue avec le cancer du poumon ou de maladies respiratoires non malignes. »

Études de morbidité des travailleurs du noir de carbone

Les études de morbidité évaluent le risque de maladies en complément des activités sur le lieu de travail et de l'exposition aux risques potentiels. L'exposition professionnelle au noir de carbone a été évaluée pour son impact sur les conditions non cancéreuses telles que les maladies pulmonaires depuis plus de 50 ans. Les études de morbidité évaluent l'incidence et la prévalence des maladies dans une population de travailleurs qui pourraient être attribuables à l'exposition à un agent chimique ou physique. Les études de morbidité peuvent être effectuées à un moment précis (en coupe), sur la base d'un examen des dossiers (rétrospectives), ou dans l'avenir (longitudinal). Les résultats des études sur la morbidité sont souvent utilisés comme base scientifique pour l'établissement des limites d'exposition professionnelle, telles que les valeurs limites d'exposition (VLE) de la conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux (ACGIH). En fait, une étude de morbidité majeure parrainée par le CIRC a servi de base pour l'ACGIH VLE® sur le noir de carbone (Harber *et coll.*, 2003).

Cette section résume les principales études de morbidité menées sur les travailleurs de noir de carbone qui ont participé à des études sur la morbidité transversale en Europe et aux États-Unis. Les deux études ont abordé les relations possibles entre l'exposition (définies quantitativement et qualitativement) et les effets sur la santé désignés, telles que des radiographies pulmonaires anormales, la diminution de la fonction respiratoire ou une augmentation des taux de certains symptômes respiratoires (voir Gardiner *et coll.*, 1995, pour une revue des études sur la morbidité menée jusqu'à ce moment-là).

Il est utile de considérer les résultats de différentes études sur la morbidité dans la compréhension des risques, bien que les comparaisons entre les études puissent être compliquées par les différentes méthodes utilisées pour évaluer les effets de l'exposition et de la santé. Par exemple, les différentes fractions d'exposition au noir de carbone (c.-à-d., respirable, et la poussière « totale ») ont été mesurées par différents types de méthodes d'échantillonnage. De même, le nombre de lecteurs utilisés pour revoir les radiographies de la poitrine, la normalisation des équipements pour l'évaluation de la fonction pulmonaire et les types de questionnaires utilisés pour recueillir des informations sur les symptômes ont varié considérablement entre les différentes études. Par exemple, une étude allemande a utilisé une pléthysmographie corporelle pour évaluer la fonction pulmonaire, alors que la plupart des autres études ont utilisé la spirométrie pour évaluer la fonction pulmonaire (Kuepper *et coll.*, 1996).

Études européennes sur la morbidité des travailleurs du noir de carbone

La première grande étude européenne sur la morbidité des travailleurs du noir de carbone a été publiée en 1986 (Crosbie et coll., 1986). Parmi plus de 3 000 travailleurs du noir de carbone employés dans 19 usines européennes avec une ancienneté moyenne de plus de dix ans, de faibles associations ont été notées entre l'exposition au noir de carbone (selon les fonctions) et la toux chronique et la production d'expectorations (Crosbie et coll., 1986). Aucune donnée n'était disponible sur les niveaux de poussières, donc les relations dose-réponse ne peuvent pas être établies. De faibles diminutions associées à l'exposition dans la capacité vitale forcée (CVF) et le volume expiratoire forcé en une seconde (VEF-1) ont été notées.

Une autre étude sur la morbidité à long terme a été lancée en 1988 et a été conçue pour être menée sur une période de 10 ans avec trois phases distinctes. L'étude a inclus plus de 3 000 travailleurs dans 18 usines de noir de carbone dans sept pays d'Europe occidentale (Gardiner et coll., 1993). Les données sur les résultats d'exposition et de la santé ont été recueillies en trois occasions distinctes: Phase I (1987 - 1989), Phase II (1991 - 1992), et la phase III (1994 - 1995). L'étude est analogue à une étude longitudinale prospective. Les mesures résultantes de santé comprenaient la fonction pulmonaire, les symptômes respiratoires et les radiographies thoraciques.

Dans la phase I, parmi les 3 086 travailleurs, une relation entre l'exposition au noir de carbone et certains symptômes (toux, expectoration) a été notée. L'exposition moyenne au noir de carbone était de 1,52 mg / m³ (fraction respirable). La manière dont l'information des symptômes a été recueillie, cependant, a fait l'objet d'un examen scientifique indépendant mené à la demande du Comité de l'ACGIH TLV®. L'examen a relevé des problèmes méthodologiques avec la manière dont les données de symptômes ont été acquises par les enquêteurs et analysées de façon indépendante. L'examen a conclu que les composantes du questionnaire des données de l'étude européenne ne pouvaient pas être interprétées de manière marquante. Les auteurs reconnaissent cette limitation des données du questionnaire dans leur discussion sur les résultats de l'étude (Gardiner et coll., 2001).

Parmi la cohorte des travailleurs du noir de carbone, les mesures de la fonction pulmonaire moyenne étaient de plus de 100 % de celle prévue pour l'âge, la taille et le sexe d'une personne pour toutes les catégories d'exposition, sauf pour les fumeurs de cigarettes dans le groupe d'exposition le plus élevé (98,3 % de la valeur prédite). Cependant, lorsque tous les résultats ont été analysés sous forme agrégée, une faible, mais statistiquement significative relation a été observée entre l'exposition au noir de carbone et les diminutions dans le CVF et le VEF-1. Les auteurs ont décrit leurs résultats comme « compatibles avec un effet non irritant sur les voies respiratoires » (Gardiner et coll., 1993).

Parmi les 1 096 travailleurs qui ont subi des radiographies de la poitrine, 9,9 % ont montré des lectures de 1/0 (petites opacités) ou plus, le système de notation utilisé par l'Organisation internationale du Travail (OIT) pour la lecture des radiographies thoraciques pour pneumoconiose. Cependant, ces résultats étaient en fait plus faibles que la moyenne historique des lectures des radiographies de la poitrine des populations européennes (11,3 %) non exposées à tout type de poussière (Meyer et coll., 1997). Parmi tout le groupe de travail, trois personnes avaient une note de 2/2 ou plus (augmentation de profusion de petites opacités).

Les données des phases II et III ont également été publiées (Gardiner et coll., 2001, et Van Tongeren et coll., 2002). Dans la phase II, 2 955 travailleurs ont été évalués. Environ 48 % du groupe étaient des fumeurs de cigarettes. L'exposition moyenne au noir de carbone était de 0,81 mg / m³ (fraction respirable), ce qui représente environ 50 % de moins que les résultats rapportés dans la phase I de l'étude.

Dans la phase III, le taux de participation était de 95 %, dont 45 % du groupe étaient des fumeurs de cigarettes. L'exposition moyenne au noir de carbone était de 0,57 mg / m³ (fraction respirable), une nouvelle diminution comparée à la phase II. L'âge moyen des travailleurs de noir de carbone était de 41 ans, la durée moyenne de l'emploi dans l'industrie étant de 15 ans.

Les auteurs ont rapporté que le noir de carbone exerce un effet significatif sur la plupart des symptômes respiratoires et la fonction pulmonaire, mais ils ont reconnu des lacunes dans les données des symptômes : « Les résultats des symptômes respiratoires peuvent avoir été biaisés et des soins devraient être pris dans l'interprétation de ces résultats » (Gardiner et coll., 2001). Bien que des diminutions de la fonction pulmonaire liées à l'exposition aient été mesurées, le pourcentage des volumes prévus de la fonction pulmonaire, comme indiqué ci-dessus, a dépassé les 100 % pour le VEF-1 et la CVF, les paramètres clés pour évaluer la fonction pulmonaire. Ces résultats suggèrent que les conclusions concernant les répercussions sur la santé de l'exposition au noir de carbone ont été basées sur la signification statistique des résultats plutôt que sur la pertinence clinique.

Dans une étude transversale d'une usine allemande de fabrication de noir de carbone, 677 examens ont été réalisés chez les travailleurs exposés; aucune relation significative n'a été notée entre les hyperactivités bronchiques (évaluées par pléthysmographie) et l'exposition au noir de carbone (Kuepper et coll., 1996). L'exposition au noir de carbone n'a pas augmenté le risque, soit de symptômes pulmonaires liés ou la diminution de la fonction pulmonaire chez les non-fumeurs ou ex-fumeurs.

Dans une étude de 1975 en ex-Yougoslavie, les concentrations de poussières respirables de noir de carbone ont été de 7,2 mg / m³ et 7,9 mg / m³ (Valic, 1975). Parmi 35 travailleurs, une réduction mineure du VEF-1 a été notée chez les fumeurs. Aucune relation n'a été notée chez le groupe témoin non-fumeurs. Sur la base des études de caractérisation de la taille des particules menées dans les usines d'Europe occidentale et d'Amérique du Nord de noir de carbone (Kerr, 2002; Kuhlbusch 2004), l'ampleur de ces concentrations de poussières respirables déclarées en Yougoslavie en 1975 suggère des niveaux d'exposition très élevés à « total » et de poussière respirable.

Études sur la morbidité nord-américaine des travailleurs du noir de carbone

Des études de morbidité des travailleurs américains du noir de carbone ont été effectuées depuis plus de 50 ans. L'étude la plus récente a évalué plus de 1 000 travailleurs de noir de carbone en Amérique du Nord pour évaluer les relations entre l'exposition au noir de carbone et les symptômes pulmonaires associés et la fonction pulmonaire correspondants (Harber et coll., 2003).

Les résultats de cette étude ont eu un impact majeur sur l'ACGIH TLV® récemment mis en place pour le noir de carbone. Les travailleurs (1 175) provenant de 22 usines de fabrication en Amérique du Nord ont subi un test de la fonction pulmonaire et ont rempli un questionnaire de santé.

Les analyses ont démontré des liens entre l'exposition cumulée et de petites réductions de la fonction pulmonaire (VEF-1). Les expositions récentes n'ont montré aucun effet sur les symptômes ou les mesures de la fonction pulmonaire. Les résultats indiquent que l'exposition au noir de carbone à 1,0 mg / m³, au cours d'une carrière de 40 ans, pourrait entraîner une diminution de 27 ml dans le FEV-1 en plus d'une baisse normale liée à l'âge de ~30 ml par an ou 1 200 ml.

Avant l'étude de la morbidité de 2003, une étude de la morbidité cas-témoins a été menée sur les employés américains dans sept usines de noir de carbone (Robertson et Ingalls, 1989). Les travailleurs qui ont soumis des réclamations d'assurance maladie avec des diagnostics de certains types de maladies, en particulier, respiratoires et des maux circulatoires, ont été évalués par rapport à l'exposition au noir de carbone. D'après les estimations de l'exposition aux poussières cumulées, aucune relation significative n'a été notée entre le noir de carbone et les maladies désignées.

En plus des indices de santé de la fonction pulmonaire, les symptômes et les maladies fibreuses, la main-d'œuvre américaine de noir de carbone a également été évaluée pour la morbidité du cancer, dont des tumeurs malignes diagnostiquées, mais qui n'ont pas entraîné la mort (Ingalls, 1950; Ingalls et Risquez-Iribarren 1961; Robertson et Ingalls, 1989). L'incidence du cancer chez les travailleurs du noir de carbone a été comparée à la fois pour les travailleurs non exposés au noir de carbone et les taux de cancer compilés dans différents États. Aucune augmentation de la morbidité du cancer n'a été notée dans ces enquêtes.

Une étude de contrôle de cas imbriquée a également été réalisée sur cette même cohorte (Robertson et Ingalls, 1989). Un cas a été défini comme un membre de la population de l'étude ayant déposé une demande d'assurance maladie avec un diagnostic de malignité d'un trouble du système circulatoire ou respiratoire. Deux contrôles ont été appariés à chaque travailleur et l'exposition cumulative au noir de carbone a été estimée en rapportant les concentrations mesurées de noir de carbone à des catégories spécifiques d'emploi. Aucune augmentation statistiquement significative du risque d'une tumeur maligne n'a été notée.

Rapport de cas d'exposition au noir de carbone

Bien que les rapports de cas aient une valeur limitée en santé au travail, ils peuvent être utilisés pour mettre en évidence des événements inhabituels. Un rapport en 2012 a décrit « un homme de 44 ans [qui] avait été exposé intensément au noir de carbone lorsque sa grue a rencontré un camion avec une remorque remplie de noir de carbone ». Une semaine après, il a développé de l'essoufflement et de la toux. Des tests de la fonction pulmonaire ont révélé une obstruction légère. « Le patient a répondu au traitement par fluticasone et salmétérol avec une réduction des symptômes et une amélioration de sa spirométrie à une valeur normale » (Halemariam, 2012). Les auteurs ont conclu : « l'exposition aiguë au noir de carbone peut causer des symptômes respiratoires et un trouble ventilatoire obstructifs ».

Cet événement malheureux et rare a heureusement eu une issue favorable. Néanmoins, le rapport souligne l'importance du contrôle de la poussière et que presque toute poussière, en dépit de la façon dont elle peut être inerte, peut submerger les mécanismes habituels de défense pulmonaire et entraîner des symptômes si l'exposition est suffisamment élevée et qu'aucune protection respiratoire n'est fournie.

Résumé des études humaines sur les travailleurs du noir de carbone

Les études de mortalité ont évalué le risque de décès par maladie, y compris le cancer, les maladies respiratoires non malignes, et les maladies cardio-vasculaires. Ces études ne relient aucune augmentation dans la mortalité générale ou les décès causés par le cancer du poumon à l'exposition au noir de carbone.

Les études de morbidité ont tenté de déterminer si le noir de carbone cause une augmentation des symptômes respiratoires, une diminution de la fonction pulmonaire ou des anomalies sur une radiographie thoracique. L'exposition à long terme au noir de carbone dans l'industrie de la fabrication peut conduire à des diminutions mineures dans le VEF-1 (27 - 48 ml), une perte supplémentaire sur une durée de vie de travail de 40 ans, en plus de la baisse liée à l'âge de 1 200 ml. De petits changements ont également été observés dans les radiographies thoraciques. Les opacités dans les radiographies thoraciques observées chez les travailleurs de noir de carbone ont tendance à ressembler à des opacités trouvées dans les populations non exposées à la poussière, bien que de légères augmentations aient été observées chez certains travailleurs de noir de carbone. Les études ne définissent pas si ces effets sont spécifiques au noir de carbone ou reflètent des effets qui peuvent être vus avec d'autres poussières inorganiques relativement inertes et peu solubles.

L'exposition aiguë au noir de carbone ne pose pas de risque significatif pour la santé, au-delà de ce à quoi on pourrait s'attendre d'une exposition à la poussière peu soluble dans des concentrations extrêmement élevées, telles que décrites dans le rapport de cas plus tôt. En milieu de travail, le noir de carbone dans l'air est constitué d'agglomérats de grande taille qui peuvent se déposer dans les voies respiratoires supérieures. Par conséquent, à des concentrations élevées, la toux et de l'irritation des yeux peuvent se produire dans certains contextes. Ces effets devraient être transitoires et ne pas aboutir à un effet à long terme sur la fonction pulmonaire. Constitué presque entièrement de carbone, le noir de carbone n'est pas transformé par le corps et reste inerte.

Recherche continue sur les travailleurs du noir de carbone

Méta-analyse des risques de maladies cardiaques

Des prises de position récentes, y compris un examen complet par l'American Heart Association, ont attiré l'attention sur le rôle potentiel des particules dans l'apparition ou l'aggravation d'une maladie cardiaque (Brook et coll., 2010). Pour faire face à ce risque potentiel

pour la santé chez les travailleurs de la fabrication de noir de carbone, des analyses simples et combinées (méta régression) des trois cohortes de travailleurs du noir de carbone aux États-Unis, en Allemagne et au Royaume-Uni sont en cours. Un ICM prolongé et la régression de Cox seront effectués, y compris une mise à jour du suivi de la mortalité au Royaume-Uni. En raison des lois sur la vie privée en Allemagne, les enregistrements antérieurs de l'évaluation de la cohorte ont été détruits et par conséquent aucune autre mise à jour de cette cohorte n'est réalisable.

Études de cas-témoins des industries utilisatrices

Les études cas-témoins comparent les cas d'une maladie particulière avec des gens qui sont par ailleurs similaires dans leurs caractéristiques démographiques, tels que l'âge, le sexe et la profession. Le but est d'évaluer si les personnes atteintes de certaines maladies, comme le cancer du poumon, ont eu une plus grande exposition à un danger potentiel par rapport aux personnes non exposées. Ces types d'études sont utiles pour évaluer les risques de maladies rares et lorsqu'un grand nombre de cas peut être assemblés. Malheureusement, un facteur limitant majeur à ce type d'études est la « déformation de mémoire », dans laquelle les sujets atteints d'une maladie grave ont tendance à ne pas se souvenir des événements passés aussi précisément qu'ils se sont produits. Néanmoins, en tenant compte des résultats des études de mortalité des cohortes et des études de cas-témoins, on peut former une évaluation raisonnable quant à savoir si un danger important, comme une propension au cancer pour l'homme, peut être présent.

La relation entre l'exposition en milieu de travail au noir de carbone et le risque de cancer du poumon a été examinée dans deux grandes études cas-témoins basées sur la population à Montréal, Canada (Parent et al, 1996; Ramanakumar et coll., 2008). Des entrevues liées à l'emploi et à l'exposition pour l'étude I ont été réalisées en 1979-1986 (857 cas, 533 contrôles de la population, 1 349 contrôles de cancer) et des entrevues pour l'étude II ont été menées en 1996-2001 (1,236 cas et 1,512 contrôles). Des antécédents professionnels détaillés ont été obtenus et une équipe d'hygiénistes et de chimistes ont évalué les preuves d'une exposition à une multitude de substances professionnelles, y compris le noir de carbone. Le risque de cancer du poumon a été analysé par rapport à chaque exposition, réglant plusieurs facteurs de confusion potentiels, y compris le tabagisme. Les sujets ayant une exposition professionnelle au noir de carbone n'ont connu aucun excès de risque détectable de cancer du poumon.

Études de mortalité et de morbidité des industries utilisatrices de noir de carbone

Le noir de carbone est utilisé principalement dans l'industrie du caoutchouc; d'autres utilisations moins courantes comprennent

des encres d'impression et la fabrication d'encre en poudre. Des points saillants des études récentes de mortalité et de morbidité de ces industries suivent. L'objectif de l'examen était essentiellement de traiter tout rôle que le noir de carbone pourrait avoir joué dans les résultats des différentes études, et non pas d'évaluer globalement le risque de cancer ou de la morbidité dans ces industries respectives.

Étude de mortalité dans l'industrie du caoutchouc

L'une des principales utilisations du noir de carbone est dans la fabrication de produits en caoutchouc, et plus particulièrement les pneumatiques pour voitures, camions, et autres applications de transport. De nombreuses études épidémiologiques ont été réalisées dans l'industrie du caoutchouc, qui, en plus du noir de carbone, utilise d'autres matériaux, y compris des accélérateurs et des solvants. Les études de mortalité précédentes dans l'industrie du caoutchouc ont été confondues par la présence d'amiante dans l'usine de fabrication. Travailler dans l'industrie de la fabrication du caoutchouc et des produits en caoutchouc a été classé par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) comme cancérigène (catégorie 1), mais aucune substance spécifique n'a été mise en évidence comme agent causal (CIRC, 1982; CIRC, 1987).

Un article de synthèse en 1998 a résumé les études sur les travailleurs de l'industrie du caoutchouc menées depuis que le CIRC a examiné l'industrie en 1982 et 1987 (Kogevinas et coll., 1998). Les auteurs ont conclu qu'il y avait: « un excès de risque de cancer de la vessie, de cancer du poumon et de leucémie » dans l'industrie du caoutchouc, basé sur leur examen de 12 études de cohortes dans neuf pays et une variété d'études basées sur des cas-témoins et des communautés. Des excès de risque de cancer du poumon ont été observés dans quatre études de cohorte avec ICM allant de 1,7 à 3,3. Aucun excès n'a été noté dans les autres études de cohorte. Les auteurs ont conclu qu'il n'y avait pas d'information associant des expositions spécifiques, telles que le noir de carbone, avec le risque de cancer.

Subséquemment, une étude de près de 9 000 travailleurs allemands du caoutchouc a évalué le risque de cancer associé à l'utilisation d'agents spécifiques dans l'industrie du caoutchouc (Straif et coll., 2000). Les auteurs ont affirmé que leur rapport était le premier à examiner les données spécifiques à l'exposition en matière de risques de cancer dans l'industrie du caoutchouc. Dans cette étude de plus de 8 000 travailleurs, aucun lien causal entre le noir de carbone et le risque de cancer n'a été observé. Au contraire, les auteurs ont émis l'hypothèse que le risque de cancer du poumon observé chez les travailleurs de l'industrie du caoutchouc est probablement dû à l'exposition à l'amiante et au talc.

Une étude de mortalité d'une cohorte de plus de 17 000 travailleurs de pneus en caoutchouc en Pologne n'a montré aucun excès dans le cancer du poumon (Wilczynska et coll., 2001). Enfin, une étude d'une grande usine de fabrication de caoutchouc aux États-Unis qui comprenait plus de 3 400 travailleurs n'a montré aucun excès dans le cancer du poumon (Beall et coll., 2007).

L'industrie du caoutchouc a fait l'objet d'études plus récentes menées depuis les évaluations du CIRC de l'industrie du caoutchouc dans les années 1980. Des changements techniques dans le processus de fabrication et de contrôle de l'exposition à des matières dangereuses se sont améliorés au cours des dernières décennies et il y a intérêt à déterminer si l'industrie du caoutchouc contemporaine a le même risque de cancer que les processus et périodes antérieurs. Les discussions de ces études récentes suivent.

Une enquête de la mortalité et de l'incidence du cancer chez les employés relativement récemment embauchés (1982-1991) dans l'industrie du caoutchouc britannique n'ont montré aucune augmentation de la mortalité par cancer du poumon (Dost et coll., 2007). Les auteurs ont suggéré « des ICM élevés pour le cancer de l'estomac et du poumon déclarés pour les cohortes historiques de travailleurs du caoutchouc au Royaume-Uni ne seront pas présents dans les cohortes plus récentes ». Une étude similaire chez les nouveaux venus de l'industrie du caoutchouc allemand a montré un excès statistiquement significatif dans le cancer. Les auteurs ont mis en garde, cependant, que la cohorte était « encore trop jeune pour fournir des preuves concluantes » (Taeger et coll., 2007).

Une étude de la mortalité de la cohorte des travailleurs d'une usine italienne de fabrication de pneus, 1962-2004, a été publiée (Mirabelli et coll., 2012). Les taux de mortalité de 9 501 travailleurs d'abord embauchés entre 1962, lorsque l'usine commença ses opérations, et l'an 2000 ont montré des ICM considérablement réduits pour toutes les causes, tous les cancers (y compris le cancer du poumon), les maladies cardio-vasculaires et les maladies cardiaques ischémiques. Cette cohorte est relativement jeune; <10 % sont décédés. Il y avait donc un pouvoir limité pour détecter de petites augmentations du risque sur des sites de cancers rares. En outre, la surveillance épidémiologique de cette cohorte est prévue. La mortalité chez les 6 246 travailleurs d'une usine italienne de pneus en caoutchouc employés entre 1954 et 2008 était considérablement plus faible que prévu pour tous les cancers (ICM = 79) et toutes les causes (ICM = 85) (Pira et coll., 2012). Cette étude n'a montré aucun risque excédentaire de cancer chez les travailleurs masculins de pneus en caoutchouc employés après 1954.

Paget-Bailly a analysé 99 publications et a noté une augmentation significative des risques de métarapport (méta-RR) pour le cancer du larynx pour les travailleurs de l'industrie du caoutchouc (méta-RR 1,39; IC à 95% 1,13 à 1,71). (Paget-Bailly et al 2011). Le noir de carbone n'a pas été impliqué en tant que contributeur potentiel aux excès dans les cancers signalés du larynx.

Un suivi d'une cohorte de plus de 12 000 travailleurs de l'industrie allemande du caoutchouc a démontré des ICM considérablement élevés pour le cancer du poumon et de la plèvre chez les hommes (Vlaaderen et coll., 2013). Le cancer du poumon a été statistiquement considérablement plus élevé avec un ICM de 1,23 (IC à 95 %: 1,12 à 1,35); le cancer de la plèvre a également été statistiquement significativement augmenté avec un ICM de 2,57 (IC à 95 %: 1,59 à 3,93). Les femmes ont également eu un ICM élevé de cancer du poumon. Le noir de carbone n'a pas été impliqué dans les résultats.

Bien que l'industrie du caoutchouc a été associée à l'augmentation de certains types de cancer, aucune étude n'a mis en cause l'exposition au noir de carbone comme une explication de ces résultats, y compris le risque de cancer du poumon rapporté dans les études antérieures.

Les activités en cours en Europe en ce qui concerne les problèmes de santé potentiels dans l'industrie du caoutchouc comprennent un suivi de la cohorte de l'industrie du caoutchouc au Royaume-Uni (McElvenny, 2014). Une vaste étude rétrospective d'une cohorte de 40 000 travailleurs et plus est menée. Les relations dose-réponse seront évaluées pour les cancérigènes présumés en utilisant la modélisation quantitative de l'exposition basée sur les données disponibles de mesure du projet de EXASRUB (poussières, fumées, solvants, et n-nitrosamines). Ceci est le plus grand et statistiquement la plus puissante cohorte du genre et aura une évaluation quantitative et exhaustive de l'exposition.

Conclusions concernant les risques de mortalité dans l'industrie du caoutchouc

Une évaluation du CIRC de l'industrie du caoutchouc en 2009 a conclu qu'il y avait suffisamment de preuves chez l'homme pour un risque élevé de cancer du poumon, de la vessie et de l'estomac, en plus des risques plus élevés de la leucémie et du lymphome. Il n'y a aucune mention sur l'utilisation du noir de carbone dans l'industrie du caoutchouc contribuant à ces excès dans le cancer (CIRC, 2012).

Études sur la morbidité de l'industrie du caoutchouc

À la lumière des vastes travaux scientifiques dirigés vers les risques de cancer et les risques de mortalité dans l'industrie du caoutchouc et les nombreuses études publiées, il est surprenant qu'il y ait relativement peu d'études sur la morbidité qui ont été effectuées dans l'industrie. Une telle étude de la morbidité a été signalée d'une usine de caoutchouc iranienne (Neghab et coll., 2011). Une évaluation de la morbidité transversale a été conçue pour évaluer et caractériser les réactions pulmonaires, le cas échéant, associées à l'exposition professionnelle au noir de carbone, parmi un groupe de travailleurs du caoutchouc.

Parmi les participants on comptait 72 travailleurs de l'entrepôt, du chargement et des zones Banbury, et 69 contrôles de l'usine. Les symptômes ont été évalués par un questionnaire et des tests de la fonction pulmonaire. L'évaluation de l'exposition inclut des fractions respirables. La toux et une respiration sifflante étaient plus élevées dans le groupe exposé (23,6 % contre 1,44 % et 25 % par rapport à 1,44, respectivement).

Dans cette étude, la méthodologie d'évaluation de l'exposition n'est pas claire, car aucun détail de la stratégie d'échantillonnage de base (zone, les conditions de production personnelles, etc.) n'a été fourni. Néanmoins, les risques étaient excessifs.

Les concentrations signalées étaient cinq à six fois plus élevées que les expositions respirables nord-américaines actuelles dans l'industrie du noir de carbone. Ainsi, une forte exposition à tout type de poussière, que ce soit réactif ou inerte, causerait vraisemblablement ces résultats. Dans cette étude (1) les expositions étaient nettement au-dessus du LEMT passé et actuel; (2) il y avait une absence de contrôles techniques, d'entretien, de pratiques de travail, de formation des employés et d'activités d'hygiène industrielle; et (3) il n'y avait pas de protection respiratoire.

Études sur la mortalité dans l'industrie de l'encre en poudre

Une autre utilisation courante du noir de carbone est dans la production d'encre en poudre. Certaines imprimantes laser et photocopieurs utilisent l'encre en poudre, qui contient souvent du noir de carbone mélangé avec un polymère sensible à la chaleur. Ces produits sont omniprésents dans les entreprises et les foyers du monde entier. Le but de l'information ci-dessous est de résumer les études de l'industrie de l'encre en poudre dans lesquelles l'exposition au noir de carbone a été mesurée, évaluée ou discutée.

Une grande étude rétrospective des risques de mortalité de 33 671 employés professionnellement exposés à l'encre en poudre a été réalisée (Abraham et coll., 2010). Le groupe exposé comprenait des employés impliqués dans la fabrication d'encre en poudre et d'ingénieurs qui réparaient les copieurs en clientèle. Toutes causes confondues, le ICM pour les populations exposées à l'encre en poudre était de 0,65 et 0,84 pour les hommes et les femmes caucasiens, respectivement. Les ICM pour tous les cancers y compris le cancer du poumon étaient inférieurs à 1,0. Il n'y avait aucune preuve que l'exposition à l'encre en poudre augmente le risque de mortalité de toute cause ou de mortalité par cause pour les 23 catégories de décès analysés.

Études de morbidité dans l'industrie de l'encre en poudre

Une étude sur 1 504 travailleurs de sexe masculin dans une entreprise d'encre en poudre et de fabrication de photocopieurs japonais n'a démontré aucune preuve d'effets néfastes sur les radiographies thoraciques ou les fonctions pulmonaires (Kitamura et coll., 2014 a, b, c). Les moyennes de concentrations personnelles de poussières respirables sur une durée de 8 heures étaient de 0,012 mg / m³ dans la fabrication d'encre en poudre à 0,989 mg / m³ pour l'encre en poudre dans le recyclage de photocopieurs. Les auteurs ont noté la prévalence considérablement plus élevée de la dyspnée pour le groupe de manutention d'encre en poudre par rapport au groupe qui ne touchait jamais l'encre. Aucune association n'a été observée dans l'essoufflement et les diminutions de la fonction pulmonaire ou des changements fibreux sur les rayons X thoraciques. Les auteurs ont noté que la morbidité de l'asthme a été plus élevée par rapport à la population japonaise à la fois pour le groupe de manutention de l'encre que pour le groupe qui ne manipulait jamais l'encre (Kitamura et coll., 2014, a, b, c).

ANNEXE B

Limites d'expositions professionnelles au noir de carbone sélectionnées*

Pays	Concentration, mg/m ³	
Argentine	3.5, MTP	ACGIH® American Conference of Governmental Industrial Hygienists
Australie	3.0, MTP, respirable	mg/m ³ milligramme par mètre cube
Belgique	3.6, MTP	DNEL Dérivé niveau sans effet
Brésil	3.5, MTP	GBP Particules biopersistantes granulaires sans toxicité spécifique connue (le noir de carbone n'est pas inscrit dans le TRGS 900)
Canada (Ontario)	3.5, MTP	Nano-GBP Poussière de matériaux biopersistants sans propriétés spécifiques toxicologiques et sans structures fibreuses (noir de carbone est inscrit dans le BeKGS 527)
Chine	4.0, MTP; 8.0, MTP, STEL (15 min)	NIOSH Institut national pour la santé et la sécurité au travail
Colombie	3.0, MTP, inhalable	OSHA Administration de la santé et la sécurité au travail
République tchèque	2.0, MTP	PEL Limite d'exposition permise
Égypte	3.5, MTP	REL Limite d'exposition recommandée
Finlande	3.5, MTP; 7.0, STEL	STEL Limite d'exposition à court terme
France-INRS	3.5, MTP/VME respirable	TLV Valeur de seuil limite
Allemagne-MAK	0.3 x GBP densité en g/cm ³ , MTP, respirable; 4.0, MTP, Inhalable	TRGS Technische Regeln für Gefahrstoffe (Règle technique pour les substances dangereuses)
Allemagne-TRGS 900	0.5 x GBP densité en g/cm ³ , MTP, respirable; 10, MTP, Inhalable	MTP Moyenne de temps pondérée sauf indication contraire
Allemagne-BeKGS527	0.2 x nano-GBP densité en g/cm ³ , MTP, respirable – Si aucune autre information pertinente disponible	
Hong Kong	3.5, MTP	
Indonésie	3.5, MTP/NABs	
Irlande	3.5, MTP; 7.0, STEL	
Italie	3.5, MTP, respirable	
Japon – MHLW	3.0	
Japon – SOH	4.0, MTP; 1.0, MTP, respirable	
Corée	3.5, MTP	
Malaisie	3.5, MTP	
Mexique	3.5, MTP	
Russie	4.0, MTP	
Espagne	3.5, MTP (VLA-ED)	
Suède	3.0, MTP	
Royaume-Uni	3.5, MTP, respirable; 7.0, STEL, respirable	
États-Unis	3.5, MTP, OSHA-PEL 3.0, MTP, ACGIH-TLV®, inhalable** 3.5, MTP, NIOSH-REL	

***Veuillez consulter la version actuelle des normes et règlements qui peuvent s'appliquer à vos opérations.**

****De plus amples détails sur l'établissement de l'ACGIH TLV® et du EU REACH^[4] Dose dérivée sans effet :**

Le 1^{er} février 2011, le comité des valeurs limites (TLV®) de la Conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux »(ACGIH) a annoncé l'adoption d'une nouvelle directive fondée sur la santé (TLV®) pour le noir de carbone de 3 mg / m³, mesuré en tant que fraction de poussière respirable d'une moyenne de 8 heures pondérée dans le temps (MTP) (ACGIH, 2011). Pour se conformer aux exigences de la réglementation européenne REACH, le Consortium REACH de noir de carbone (c.-à-d. CB4REACH) a calculé la dose dérivée sans effet (DNEL) pour le noir de carbone pour les environnements professionnels de 2 mg / m³, mesuré comme la fraction de poussières respirables d'un MTP de 8 heures. Le DNEL a été inclus dans le dossier d'enregistrement du noir de carbone, qui a passé la vérification de l'intégralité de l'Agence chimique de l'UE le 26 janvier 2009.

Les valeurs TLV® et DNEL ont toutes deux été dérivées de la même étude américaine sur l'exposition des travailleurs du noir de carbone (Harber et al., 2003). L'ACGIH (2011) a déclaré que «Les symptômes de la bronchite sont les effets sur la santé humaine la plus sensible à l'exposition au NC; par conséquent, la TLV-MTP recommandée est destinée à prévenir la bronchite liée au NC. L'organisme a également noté une « augmentation statistiquement significative mais faible de la bronchite (de 5 % à 9 %) seulement chez les non-fumeurs dont l'exposition moyenne était $\geq 137,9$ mg- an/m³, ce qui équivaut à 3,44 mg / m³ sur une période de 40 ans ». Le TLV® de 3 mg/m³ (respirable) est destiné à être protecteur des symptômes de la bronchite.

1. Bien que l'augmentation des symptômes de la bronchite chez les non-fumeurs dans le groupe d'exposition cumulée était statistiquement significative, l'augmentation est faible (10 % ou 9 % dans les quatrième et cinquième pentiles, respectivement, comparativement à 5 % dans le plus bas pentile d'exposition).
2. De récentes expositions fondées sur des données de 2000-2001 de l'hygiène industrielle n'ont montré aucune augmentation des symptômes de la bronchite, même au pentile d'exposition le plus élevée de 3,8 mg / m³.
3. À des expositions $>3,5$ mg/m³, il y avait des diminutions dans le FEV₁; toutefois, les diminutions sont dans la moyenne normale du FEV₁. L'ACGIH (2011) a déclaré : « ces changements dans les valeurs de la fonction pulmonaire values à ces niveaux d'exposition ne sont pas utilisés comme base, mais supportent la recommandation du TLV-MTP ».

Les données mesurées de la fonction pulmonaire ne démontrent pas d'effets négatifs importants au-dessus des diminutions normales de la fonction pulmonaire liées à l'âge.

Établissement de la DNEL

L'établissement de la DNEL est décrite dans le rapport sur la sécurité chimique du dossier REACH de l'UE pour le noir de carbone développé par le Consortium REACH du noir de carbone. Ce rapport indique que Harber et al. (2003) décrit la prévalence élevée des symptômes (bronchite chronique) dans le pentile le plus élevé d'exposition, ce qui est comparable à une exposition à la poussière respirable de 138 mg ans/m³ ou à une concentration moyenne de plus de 40 ans d'exposition de 3,5 mg/m³ [(138 mg ans/m³)/(40 ans)]. Toutefois, l'établissement de la DNEL reconnaît également qu'une augmentation des symptômes de la bronchite a également été observée dans le quatrième pentile représentant une exposition cumulée. Par conséquent, il était nécessaire d'identifier un seuil d'effets néfastes sur la base des données montrant qu'il n'y a pas augmentation des symptômes ayant été détectés jusqu'au troisième pentile de l'exposition cumulative (tableau 6 de Harber et al., 2003).

Les auteurs de l'étude n'ont pas ajusté l'âge des données; par conséquent, il est possible que les travailleurs du cinquième pentile étaient plus âgés, et donc plus sensibles aux maladies. Le niveau de seuil a été estimé à $(3/5) * 3,5$ mg/m³ = 2 mg/m³ (respirable), ce qui correspond à une DNEL chez l'homme de 2 mg/m³ (fraction de poussière respirable). Le facteur de 3/5 a été utilisé pour tenir compte du seuil des effets indésirables étant quelque part entre les troisième et cinquième pentiles, avec la considération que l'ajustement de l'âge n'a pas été effectué. Comme le troisième pentile n'a pas montré d'effets indésirables, ce seuil a été approché sur une échelle d'exposition continue en multipliant la valeur du cinquième pentile avec le facteur 3/5.

^[4]EU REACH - Règlement (EC) N° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006, sur l'inscription, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques (REACH)

RÉFÉRENCES

- Abraham AG *et coll.* *Retrospective mortality study among employees occupationally exposed to toner.* J Occup Environ Med 2010; 52 (10); 1035-41.
- Conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux, Comité sur la ventilation industrielle: *Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 28^e édition*; ACGIH, Cincinnati, OH, 2013.
- Conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux: *Threshold Limit Values for Chemical and Physical Agents and Biological Exposure Indices.* ACGIH, Cincinnati, OH, 2013.
- American National Standards Institute: *American National Standard for Respiratory Protection*; ANSI Z88.2-1992, New York, NY, 1992.
- ASTM *Standard Terminology Relating to Carbon Black.* Designation: D3053-15. ASTM International, 100 Barr Harbour Dr., P.O. box C-700 West Conshohocken, Pennsylvania USA
- Beall C *et coll.* *Mortality and cancer incidence among tire manufacturing workers hired in or after 1962.* J Occup Environ Med 2007; 49: 680-690.
- Bergmann, C., Trimbach, J., Haase-Held, M., Seidel, A. « *Consequences of European Directive 2005/69/EC for Tire Industry* », Kautschuk Gummi Kunststoffe, October 2011.
- Borm PJA, Cakmak G, Jermann E, Weishaupt C, Kempers P, van Schooten FJ, Oberdörster G et Schins RPF. (2005) *Formation of PAH-DNA adducts after in vivo and vitro exposure of rats and lung cells to different commercial carbon blacks.* *Toxicology and Applied Pharmacology*, 205 (2), 157-167.
- Brook RD *et coll.* *Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: Scientific statement from the American Heart Association.* *Circulation* 2010; 121: 2331-2378.
- Büchte SF, Morfeld P, Wellmann J, Bolm-Audorff U, McCunney RJ, Piekarski C. *Lung cancer mortality and carbon black exposure: a nested case-control study at a German carbon black production plant.* J Occup Environ Med 2006;48(12): 1242-1252.
- Confined Space Entry, An AIHA Protocol Guide*; American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, 1995.
- Crosbie, W.: *Respiratory Survey on Carbon Black Workers in the UK and the U.S.*; Arch Environ Health 1986; 41:346-53.
- Dell L *et coll.* *A Cohort Mortality Study of Employees in the U.S. Carbon Black Industry.* J Occup Environ Med 2006; 48: 1219-1229.
- Dell L *et coll.* *Carbon Black Exposure and Risk of Malignant and Nonmalignant Respiratory Disease Mortality in the U.S. Carbon Black Industry Cohort*; J Occup Environ Med 2015; 57: 984-997.
- Donnet, J., R. Bausal et M. Wang (eds.): *Carbon Black, Science & Technology, 2nd edition*; Marcel-Dekker, New York, NY, 1993.
- Dost A *et coll.* *A cohort mortality and cancer incidence survey of recent entrants (1982-91) to the UK rubber industry: Findings for 1983-2004.* *Occup Med (Lond).* 2007; 57 (3): 186-90.
- Driscoll KE, Deyo LC, Carter JM, Howard BW, Hassenbein DG et Bertram TA (1997) *Effects of particle exposure and particle-elicited inflammatory cells on mutation in rat alveolar epithelial cells.* *Carcinogenesis* 18(2) 423-430.
- ECETOC 2013. *Poorly Soluble Particles/Lung Overload, Technical Report No. 122* ISSN-0773-8072-122 (Print); ISSN-2073-1526-122 (Online)
- Gardiner, K., N. Trethowan, J. Harrington, C. Rossiter et I. Calvert: *Respiratory Health Effects of Carbon Black: A Survey of European Carbon Black Workers*; Brit J Ind Med 1993; 50:1082-1096.
- Gardiner, K.: *Effects on Respiratory Morbidity of Occupational Exposure to Carbon Black: A Review*; Arch Environ Health 1995; 50:(1) 44-59.
- Gardiner, K., van Tongeren, M. et J.M. Harrington: *Respiratory Health Effects from Exposure to Carbon Black: Results of the Phase II and III Cross-Sectional Studies in the European Carbon Black Manufacturing Industry.* *Occup Environ Med* 2001; 58:496-503.
- Hailemariam Y, H. Mojazi Amiri et K. Nugent *Acute respiratory symptoms following massive carbon black exposure.* *Occup Medicine* 2012; 62:578-580.
- Harber, P., H. Muranko, *et coll:* *Effect of Carbon Black Exposure on Respiratory Function and Symptoms*; J Occup Environ Med 2003; 45: 144-155
- Hodgson, J. et R. Jones: *A Mortality Study of Carbon Black Workers Employed at Five United Kingdom Factories Between 1947-1980*; Arch Environ Health 1985; 40:261-268.
- Hamm St, Frey Th, Weinand R, Moninot G et Petiniot N (2009). « *Investigations on the extraction and migration behaviour of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from rubber formulations containing carbon black as reinforcing agent* », *Rubber Chemistry and Technology*, 2009, Vol. 82 No. 2.
- Ingalls, T.: *Incidence of Cancer in the Carbon Black Industry*; Arch Ind Hyg and Occup Med 1950; 1:662-676.
- Ingalls, T. et R. Riquez-Iribarren: *Periodic Search for Cancer in the Carbon Black Industry*; Arch Environ Health 1961; 2:429-433.
- Ingalls, T., et J. Robertson: *Morbidity and Mortality from Cancer in the Cabot Corporation. Unpublished report, Framingham Union Hospital, Framingham, MA.* 1975.

ISO/TS 80004-1:2015 Nanotechnologies – Vocabulaire – Part 1: Core TelCM. International Standards Organization

Centre international de recherche sur le cancer: CIRC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 65, Printing Processes and Printing Inks, Carbon Black and Some Nitro Compounds, Lyon, France; 149-262, 1996.

Centre international de recherche sur le cancer: CIRC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 93, Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. Lyon, France, 2010.

Centre international de recherche sur le cancer: CIRC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Occupational Exposures in the Rubber Manufacturing Industry. Lyon, France, 2012.

Kerr, S., J. Vincent et H. Muranko: *Personal Sampling for Inhalable Aerosol Exposure of Carbon Black Manufacturing Industry Workers*; J Appl Occup Environ Hyg 2002; 17(10); 681-692.

Kitamura H et al. (a) *A cohort study of toner handling workers on inflammatory, allergic, and oxidative stress markers: Cross sectional and longitudinal analyses from 2003-2008*. Hum Exp Toxicol; online as of July 24

Kitamura H et al. (b) *A cohort study on self reported respiratory symptoms of toner handling workers: Cross sectional and longitudinal analysis from 2003-2008*. BioMed Research International 2014, Article ID 826757, 10 pages

Kitamura H et al. (c) *A cohort study using pulmonary function tests and x-ray examination in toner handling workers: Cross sectional and longitudinal analyses from 2003 to 2008*. Hum Exp Toxicol publié en ligne le 16 juillet 2014.

Kogevinas M et coll. *Cancer risk in the rubber industry: a review of the recent epidemiological evidence*. Occup Environ Med 1998; 55: 1-12

Kuepper, H.U., R. Breitstadt et W.T. Ulmer : *Effects on the Lung Function of Exposure to Carbon Black Dusts – Results of a Study Carried out on 677 Members of Staff of the Degussa Factory in Kalscheuren/Germany*. Int Arch Occup Health 1996; 68:478-483.

Kuhlbusch, TAJ., S. Neumann, M. Ewald, H. Hufmann et H. Fissan : *Number Size Distribution, Mass Concentration, and Particle Composition of PM1, PM2.5, and PM10 in Bag Filling Areas of Carbon Black Production*; J Occup Environ Hyg, 2004; 1,660-671.

Kuhlbusch, TAJ, H Fissan. *Particle Characteristics in the Reactor and Pelletizing Areas of Carbon Black Production*. J Occup Environ Hyg 2006; 3, 558-567.

Long, CM, MA Nascarella, PA Valberg. *Carbon Black vs. Black Carbon and Other Materials Containing Elemental Carbon: Physical and Chemical Distinctions*. Pollution environnementale, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.06.009>.

McCunney, RJ, Valberg P, Muranko H, Morfeld, P "Carbon Black" in *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology 2012*; pp 429-453

McElvenny D et al. *Cancer mortality in the British Rubber industry – a 45-year follow-up*. Occup Environ Med. Juin 2014; 71 Suppl 1:A88.

Meyer, J., S. Islam, A. Ducatman et R. McCunney: *Prevalence of Small Lung Opacities in Populations Unexposed to Dust*. Chest 1997; 111: 404-10.

Mirabelli D et al. *Cohort study of workers employed in an Italian tire manufacturing plant, 1962-2004* Morfeld P et al *Carbon black and lung cancer-testing a novel exposure metric by multi-model inference* Am J Ind Med 2009; 52: 890-89

Morfeld P, Büchte SF, McCunney RJ, Piekarski C. *Lung Cancer Mortality and Carbon Black Exposure: Uncertainties of SMR Analyses in a Cohort Study at a German Carbon Black Production Plant*. J Occup Environ Med 2006; 48, 1253-1264.

Morfeld P, Büchte SF, Wellmann J, McCunney RJ, Piekarski C. *Lung Cancer Mortality and Carbon Black Exposure: Cox Regression Analysis of a Cohort from a German Carbon Black Production Plant*. J Occup Environ Med 2006; 48, 1230-1241.

Morfeld P. Lettre à l'éditeur. Inhal Toxicol 2007; 19: 195.

Morfeld P et McCunney RJ. *Carbon Black and Lung Cancer: Testing a New Exposure Metric in a German Cohort*. Am J Ind Med 2007; 50 (8), 565-567.

Morfeld P et McCunney RJ. *Carbon Black and Lung Cancer – Testing a Novel Exposure Metric by Multi-model Inference*. Am J Ind Med 2009; 52 (11), 890-899.

Morfeld P et McCunney RJ. *Bayesian bias adjustments of the lung cancer SMR in a cohort of German carbon black production workers*. J Occup Med Toxicol 2010; 5: 23,

Nagy, John: *Explosibility of Carbonaceous Dusts, Report of Investigations 6597*; Département de l'intérieur, bureau des mines, Washington, D.C., 1965.

NFPA 654. *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*. Association nationale de protection contre les incendies, 2013.

Institut national de la santé et de la sécurité professionnelle (NIOSH): *Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Carbon Black*; DHHS/NIOSH Pub. No. 78-204; Cincinnati, OH, 1978.

Neghab M *et coll.* *Symptoms of Respiratory Disease and Lung Functional Impairment Associated with Occupational Inhalation Exposure to Carbon Black Dust* J Occup Health 2011; 53: 432-438

Guides OECD pour les essais des produits chimiques. *Organization for Economic Co-operation and Development*. Guide d'essais 401 (acute oral LD50), 404 (skin corrosion/irritation), 405 (eye damage/irritation), 406 (sensitization).

Paget-Bailly, S, Cyr D, MS et Luce D. *Occupational Exposures and Cancer of the Larynx—Systematic Review and Meta-analysis*; J Occup and Environ Med, 2011, 54(1):71-84

Parent ME, Siemiatycki J, Renaud G. *Case-control study of exposure to carbon black in the occupational setting and risk of lung cancer*. Am J Ind Med. 1996 Sep; 30(3): 285-92.

Pira E *et coll.* *Mortality From Cancer and Other Causes in an Italian Cohort of Male Rubber Tire Workers* J Occup Environ Med 2012; 54: 345-349.

Ramanakumar AV, Parent ME, Latreille B, Siemiatycki J. *Risk of lung cancer following exposure to carbon black, titanium dioxide and talc: results from two case-control studies in Montreal*. Int J Cancer. 2008 Jan 1; 122(1): 183-9.

Rivin D. et R. Smith : *Environmental Health Aspects of Carbon Black; Rubber Chemistry and Technology*; 55(3) 707-761, 1982.

Robertson, J. et T. Ingalls: *A Mortality Study on Carbon Black Workers in the United States from 1935-1974*; Archives de la santé environnementale 1980; 35 (3): 181-186.

Robertson, J. et T. Ingalls: *A Case-control Study of Circulatory, Malignant, and Respiratory Morbidity in Carbon Black Workers in the U.S.*; Am Ind Hyg Assoc J 1989; 50(10): 510-515.

Robertson, J., et K. Inman: *Mortality in Carbon Black Workers in the U.S.; Brief Communication*; J Occup Environ Med 1996; 38 (6): 569-570.

Sorahan, T., L. Hamilton, M. van Tongeren, K. Gardiner, et J. Harrington: *A Cohort Mortality Study of U.K. Carbon Black Workers 1951-96*; Am J Ind Med 2001; 39:158-170.

Sorahan, T., Harrington JM. *A "Lugged" Analysis of Lung Cancer Risks in UK Carbon Black Production Workers*; Am J Ind Med 2007; 50(8), 555-564.

Straif K, Keil U, Taeger D *et coll.*; *Exposure to nitrosamines, carbon black, asbestos, and talc and mortality from stomach, lung, and laryngeal cancer in a cohort of rubber workers*. Am J Epidemiol, 2000; 152: 297-306.

Taeger D *et al.* *Cancer and non-cancer mortality in a cohort of recent entrants (1981-2000) to the German Rubber Industry*. Occup Environ Med 2007; 64: 560-561.

Valic, F., D. Beritic-Stahuljak, et B. Mark: *A Follow-up Study of Functional and Radiological Lung Changes in Carbon Black Exposure*; Int Arch Arbeitsmedizin. 1975; 34:51-63.

Vlaanderen J, Taeger D, Wellman J, Keil U, Schüz J, Straif K. *Extended cancer mortality follow-up of a German rubber industry cohort*. J Occup Environ Med. 2013; 55(8): 966-72.

van Tongeren, M., K. Gardiner, C. Rossiter, J. Beach, P. Harber et J. Harrington: *Longitudinal Analysis of Chest Radiographs from the European Carbon Black Respiratory Morbidity Study*; Eur Respir J 2002; 20:417-25.

Wellmann, J, SK Weiland, G Klein, K Straif. *Cancer Mortality in German Carbon Black Workers 1976-1998*. Occup Env Med 2006; 63 (8), 513-521.

Wilczyńska U, Szadkowska-Stańczyk I, Szeszenia-Dąbrowska N, Sobala W et Strzelecka A (2001). *Cancer Mortality in Rubber Tire Workers in Poland*. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2001; 14(2), 115-125.

L'Association internationale du noir de carbone essaie de maintenir une bibliographie complète et actuelle sur la littérature concernant la santé professionnelle et l'environnement pour le noir de carbone. Contactez votre fournisseur de noir de carbone pour plus d'information.



www.carbon-black.org