

*Santé travail*

# Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers

Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers

# Sommaire

<b>1. Éléments techniques sur les carburants et les solvants pétroliers</b>	<b>2</b>
1.1 Les carburants et les solvants pétroliers en général	2
1.1.1 Définition	2
1.1.2 Production	2
1.1.3 Utilisation	2
1.2 Le benzène	2
1.2.1 Définition	2
1.2.2 Production	3
1.2.3 Utilisation	3
1.3 Les essences carburants	4
1.3.1 Définition	4
1.3.2 Production	4
1.3.3 Utilisation	4
1.4 Les essences spéciales (essences A à G)	4
1.4.1 Définition	4
1.4.2 Production	5
1.4.3 Utilisation	5
1.5 Les white-spirits et autres coupes légères aromatiques	5
1.5.1 Définition	5
1.5.2 Production	5
1.5.3 Utilisation	5
1.6 Le kérosène (pétrole lampant), le gazole et les fiouls	5
1.6.1 Définition	5
1.6.2 Production	6
1.6.3 Utilisation	6
<b>2. Effets sur la santé</b>	<b>7</b>
<b>3. Exposition professionnelle aux carburants et aux solvants pétroliers</b>	<b>8</b>
3.1 Valeurs limites d'exposition professionnelle	8
3.2 Secteurs d'activité	9
3.3 Professions	9
<b>4. Matrice emplois-expositions aux carburants et aux solvants pétroliers</b>	<b>10</b>
4.1 Structure de la matrice	10
4.1.1 Matrice dédiée à l'exposition au benzène	10
4.1.2 Matrice dédiée à l'exposition aux essences spéciales et aux autres coupes pétrolières non aromatiques	12
4.1.3 Matrice dédiée à l'exposition aux white-spirits et autres coupes aromatiques légères	13
4.1.4 Matrice dédiée à l'exposition à l'essence carburant	14
4.1.5 Matrice dédiée à l'exposition au kérosène, gazole ou aux fiouls	15
4.1.6 Matrice dédiée à l'exposition à au moins un carburant ou un solvant pétrolier	16
4.2 Nomenclatures utilisées	17
5. Lexique	18
6. Références	19

# Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers

## Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers

Document rédigé par Corinne Pilorget<sup>1,2</sup>, Brigitte Dananché<sup>1,2</sup>, Danièle Luce<sup>1</sup>, Joëlle Févotte<sup>1,2</sup>.

Groupe de travail Matgéné

1/Département santé travail, Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice

2/Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en transport, travail et environnement Inrets/UCBL/InVS, Lyon

Ce guide a pour but de présenter la matrice emplois-expositions spécifique des carburants et des solvants pétroliers développée par le Département santé travail (DST) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Umrestte (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en Transport Travail Environnement, Inrets/UCBL/InVS), et de donner des éléments techniques sur l'exposition professionnelle à ces produits en France. La matrice, accompagnée d'une plaquette synthétique de présentation, est consultable sur le site Internet de l'InVS dans trois versions de nomenclatures (CITP1968xCIT11975, PCS1994xNAF2000, CITP1968xNAF2000).

Un lexique des termes techniques est disponible à la fin du guide.

# 1. Éléments techniques sur les carburants et les solvants pétroliers

## 1.1 LES CARBURANTS ET LES SOLVANTS PÉTROLIERS EN GÉNÉRAL

### 1.1.1 Définition

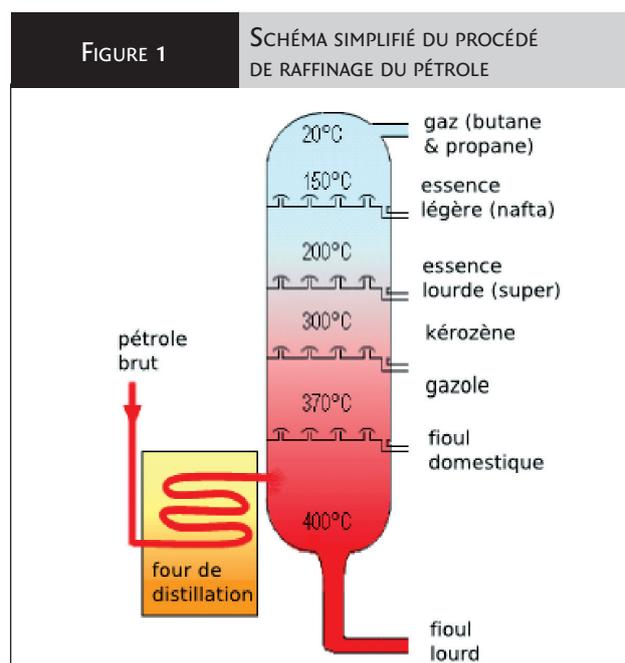
Les **carburants** et **solvants pétroliers** regroupent les carburants et solvants organiques produits par raffinage du pétrole. Ils sont composés d'hydrocarbures non substitués et leur composition varie suivant la température de distillation des coupes pétrolières, ce qui entraîne des teneurs différentes en hydrocarbures lourds et légers [1]. Ils peuvent être uniquement constitués de chaînes linéaires saturées (hexane ou heptane) ou d'une chaîne cyclique (cyclohexane), mais la grande majorité est constituée d'un mélange complexe d'hydrocarbures.

Les solvants pétroliers peuvent être répartis en deux classes :

- les solvants aromatiques composés d'un ou plusieurs cycles benzéniques (benzène, toluène, xylènes, etc.) qui présentent un très bon pouvoir solvant ;
- les solvants pétroliers non aromatiques constitués d'hydrocarbures linéaires (aliphatiques) ou cycliques, au pouvoir solvant plus faible.

### 1.1.2 Production

Les **carburants** et **solvants pétroliers** correspondent à des coupes pétrolières obtenues par distillation du pétrole. Il s'agit de mélanges obtenus par séparations physiques du pétrole brut (craquage, distillation et fractionnement) et caractérisés par des plages de températures de distillation (figure 1). Cependant, deux produits pétroliers présentant les mêmes caractéristiques peuvent avoir des compositions différentes selon la provenance du pétrole brut et les étapes de raffinage réalisées.



Source : <http://www.wikipedia.com>

### 1.1.3 Utilisation

La grande majorité de ces produits est évidemment utilisée comme carburant, comme solvant et diluant (peintures, colles, etc.) ou comme agent de dégraissage (nettoyage de pièces métalliques etc.), mais certains d'entre eux peuvent être aussi utilisés comme intermédiaires de synthèse. Leurs utilisations en tant que solvant, diluant ou agent de dégraissage sont liées à leur pouvoir solvant qui augmente avec leur teneur en aromatiques.

En 2004, la consommation française de solvants pétroliers pour la formulation de produits solvantés était de 156 000 tonnes (38 % de solvants aromatiques et 62 % d'autres solvants pétroliers) [2].

La matrice emplois-expositions intègre cinq catégories de produits pétroliers, comprenant des produits ayant une utilisation principale en tant que solvant (ex : essences spéciales, white-spirits), mais également des produits dont l'utilisation principale est autre (carburants). Pour l'élaboration de la matrice, les produits pétroliers ont été regroupés dans les catégories suivant leur composition (teneur en hydrocarbures aromatiques), leur utilisation principale (solvant, carburant) ou suivant leur toxicité (benzène). Ces catégories sont :

- le benzène ;
- les essences spéciales et les autres coupes pétrolières non aromatiques ou faiblement aromatiques ;
- l'essence carburant ;
- les white-spirits et les autres coupes aromatiques légères ;
- le kérosène, le gazole et les fiouls.

Ces différentes catégories de carburants et solvants pétroliers sont présentées dans les paragraphes suivants.

## 1.2 LE BENZÈNE

### 1.2.1 Définition

Le **benzène** ( $C_6H_6$ ) est un hydrocarbure aromatique. Il distille à 80,1 °C.

n° EINECS 200-753-7

n° CAS 71-63-2

Il existe également des mélanges pour lesquels l'appellation faisait référence au benzène :

- les **benzols** étaient des mélanges d'hydrocarbures aromatiques, extraits des produits de distillation de la houille ; le benzène en était le constituant de base, avec en proportions variables des homologues de ce dernier ;
- la **benzine** était un produit de distillation du pétrole contenant principalement des hydrocarbures aliphatiques (hexane et heptane) mais qui pouvait contenir du benzène, dans des proportions variables.

## 1.2.2 Production

À l'origine, le benzène était produit à partir de la houille, par distillation de goudrons de houille. Il s'agissait en fait d'un produit secondaire de la production de coke pour l'industrie sidérurgique. Cette filière de production s'est peu à peu effacée lorsqu'il a été possible d'obtenir le benzène à partir du pétrole et qu'il a fallu faire face à la demande croissante après-guerre de production de benzène. En effet, le benzène est un constituant naturel du pétrole. Il est donc principalement obtenu par craquage ou reformage catalytique d'hydrocarbures pétroliers. La distillation de ces mélanges pétroliers permet d'obtenir ce produit pur.

A l'heure actuelle, il existe encore en France une faible proportion de production de benzène à partir de la houille (5 % de la production de benzène sur la période 1994-2002) [3].

La production annuelle de benzène était en France de l'ordre de 600 000 tonnes en 1988 [4] et de 941 136 tonnes en 2005 [5].

## 1.2.3 Utilisation

On distingue deux utilisations principales, suivant la propriété du benzène mise en jeu :

- l'utilisation en tant que solvant ;
- l'utilisation en tant qu'additif dans l'essence carburant.

Dans l'industrie des huiles essentielles, le benzène a également été utilisé pour l'extraction mais dans les années 1990, cette utilisation tendait à disparaître [6].

Aujourd'hui, l'utilisation du benzène est limitée et est réservée aux productions pour lesquelles il n'est pas techniquement possible de le substituer :

- synthèse chimique de ses dérivés ;
- utilisation en laboratoire ;
- composant de l'essence carburant.

La connaissance de la toxicité du benzène a entraîné une évolution de la réglementation à son sujet, aussi bien pour les préparations solvantées à base de benzène que pour l'essence carburant. L'évolution de la réglementation est présentée dans les paragraphes suivants.

### 1.2.3.1 Utilisation du benzène en tant que solvant et évolution de la réglementation

Le benzène est un excellent solvant pour les caoutchoucs, les gommes, les résines et les graisses de toutes sortes, ce qui en a fait un produit très largement utilisé dans le passé comme solvant industriel et dans la formulation de nombreuses préparations solvantées utilisées dans diverses industries (caoutchoucs, plastiques, peintures, laques, linoléum, colles et adhésifs, encres, cires et encaustiques). Compte tenu de la toxicité du benzène, ces utilisations ont été réglementées et progressivement abandonnées à partir des années 1950 [7], au fur et à mesure de l'évolution de la réglementation, présentée ci-après.

### Réglementation relative à l'utilisation du benzène pur ou du benzène dans des mélanges (hors essence carburant)

- Première réglementation du 29/12/1948 [8], entrée en vigueur en mars 1949 :

- interdiction d'utiliser comme dissolvants le benzène et les benzols dont la distillation commence au-dessous de 100 °C et ;
- interdiction d'utiliser comme dissolvants les essences de pétrole dont la fraction distillant avant 100 °C renferme plus de 5 % d'hydrocarbures benzéniques.

Cependant, cette réglementation permettait des dérogations et dans certains secteurs d'activité, des dissolvants contenant plus de 15 % de benzène étaient encore utilisés car ils ne pouvaient pas techniquement être substitués.

- La réglementation limitant réellement la teneur en benzène dans les diluants et dissolvants susceptibles de contenir du benzène date du décret 69-646 du 14 juin 1969 (entrée en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 1970) :

- limitation de la teneur en benzène dans ces produits à 1 % ;
- interdiction de l'emploi de toutes préparations avec des dissolvants et diluants contenant plus d'1 % de benzène.

- Décret n° 73-1032 du 9 novembre 1973 (entré en vigueur en novembre 1974) :

- publication de la convention internationale n° 136 concernant la protection contre les risques d'intoxications dus au benzène. Cette convention demande que la substitution du benzène par tout autre produit moins nocif soit réalisée dans tous les secteurs d'activité, sauf ceux de la production de benzène, la synthèse de certains composés chimiques, les carburants et les travaux d'analyse et de recherche.

- Décret du 13 février 1986 (entré en vigueur en septembre 1986) :

- limitation de la teneur dans les diluants et dissolvants à 0,2 % de benzène.

- Décret du 6 septembre 1991 (entré en vigueur en novembre 1991) :

- limitation de la teneur dans ces mêmes produits à 0,1 % de benzène.

### 1.2.3.2 Utilisation du benzène dans l'essence carburant et évolution de la réglementation

Le benzène a été utilisé en tant qu'additif dans l'essence carburant depuis longtemps pour augmenter l'indice d'octane, avant que le plomb tétraéthyl présent dans les additifs antidétonants ne le remplace. Suite aux réglementations concernant la teneur en plomb des essences, le benzène a été de nouveau utilisé dans les essences, d'abord avec une teneur maximum autorisée de 5 % (en volume), puis à une teneur maximum de 1 % depuis 2000.

### Réglementation relative à l'utilisation du benzène dans l'essence carburant

- Arrêté du 21 janvier 1986 (entré en vigueur au 1<sup>er</sup> octobre 1989) :
  - teneur limite en benzène dans l'essence à 5 %.

Des mesures réalisées sur différents carburants ont montré que les teneurs en benzène étaient en moyenne de 2 % et donc bien en-dessous des 5 %.

- Directive européenne n° 98/70/CE (entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2000) [9] :
  - limitation de la teneur en benzène à 1 % dans l'essence carburant.

## 1.3 LES ESSENCES CARBURANTS

### 1.3.1 Définition

L'**essence carburant** est un mélange de plus de 200 composés. Les composés les plus volatiles et les plus abondants (n-butane, isobutane, n-pentane, isopentane) sont prédominants dans les vapeurs, représentant 60 à 80 % des vapeurs totales, mais seulement environ 25 % du liquide.

L'**essence ordinaire** est composée essentiellement d'un mélange d'hydrocarbures de structures variées (paraffiniques, oléfiniques, naphéniques, aromatiques (~ 4 % de benzène)) distillant à moins de 205 °C [10], auquel est ajouté entre autres un dope antidétonant à base de plomb. L'efficacité de la combustion est caractérisée par l'indice d'octane situé entre 89 et 92.

Le **super** est de même nature que l'essence ordinaire, mais obtenu par un procédé de raffinage spécial afin d'améliorer l'indice d'octane qui est de 97 à 99. Sa composition diffère de l'essence par :

- la teneur en benzène plus élevée (4 à 6 %) due à la diminution du taux de plomb ;
- la teneur en soufre plus élevée (0,5 %).

Le **super sans plomb** a totalement supplanté le super avec plomb. Les additifs utilisés sont le MTBE (méthyltertiobutyléther), additif le plus employé, et le benzène, ajouté en vue d'améliorer l'indice d'octane. Compte tenu de la forte toxicité de ce dernier, sa teneur est légalement limitée (1 % depuis 2000).

### 1.3.2 Production

L'essence carburant est obtenue par distillation et par traitement des coupes légères et moyennes du pétrole. Les essences carburant commercialisées sont le résultat d'un mélange d'hydrocarbures, de molécules de synthèse (additifs) et éventuellement de composés oxygénés organiques.

### 1.3.3 Utilisation

L'essence carburant est utilisée comme carburant des moteurs à explosion (automobiles, outils forestiers, etc.). L'évolution de la réglementation concernant la qualité de l'air et les rejets des gaz d'échappement a entraîné une évolution de l'utilisation vers le super sans plomb pour les véhicules automobiles.

L'essence carburant a également pu être utilisée comme agent de nettoyage des pièces et des mains dans la métallurgie, mais surtout dans les garages de mécanique automobile. L'utilisation de l'essence pour le nettoyage des mains a été interdite par le décret n° 86-269 du 13 février 1986, mais les pratiques ont perduré.

## 1.4 LES ESSENCES SPÉCIALES (ESSENCES A À G)

### 1.4.1 Définition

Ce sont des mélanges d'hydrocarbures paraffiniques et alicycliques qui peuvent contenir un faible pourcentage d'hydrocarbures aromatiques légers. Il s'agit de coupes de pétrole raffinées, distillant à des températures comprises entre 30 et 160 °C (tableau 1), ce qui permet de les différencier en classes (essences A à G) [11,12].

n° EINECS 265-151-9 / 265-178-6 (liste non exhaustive)  
n° CAS 64742-49-0 / 64742-73-0 (liste non exhaustive)

TABLEAU 1	COMPOSITION DE CERTAINES ESSENCES SPÉCIALES				
	essence A	essence C	essence E	essence F	essence G <sup>1</sup>
Température de distillation	40 à 100 °C	70 à 100 °C	100 à 130 °C	100 à 160 °C	30 à 75 °C
Composition en hydrocarbures					
Hydrocarbures paraffiniques (pentane, méthylpentane, n-hexane, méthylhexane, heptane, etc.)	80 à 90 %	70 à 80 % <sup>2</sup>	70 à 75 % (C <sub>7</sub> et C <sub>8</sub> )	65 à 85 % (C <sub>7</sub> , C <sub>8</sub> , C <sub>9</sub> )	90 à 95 %
Hydrocarbures alicycliques (cyclopentanes, méthylcyclopentane, diméthylcyclopentane, etc.)	6 à 15 %	20 à 25 %	20 à 25 % (C <sub>7</sub> et C <sub>8</sub> )	20 à 25 % (C <sub>7</sub> , C <sub>8</sub> , C <sub>9</sub> )	5 à 10 %
Hydrocarbures aromatiques totaux	<1 %	<1 %	<5 %	<14 %	<0,1 %

1 : éther de pétrole

2 : l'essence C contient beaucoup d'hexane (25 %)

## 1.4.2 Production

Les essences spéciales sont obtenues à partir d'une coupe pétrolière appelée naphta, obtenue après distillation du pétrole. Cette fraction naphta subit un hydrotraitement, procédé permettant d'enlever le soufre contenu dans les fractions légères, puis une séparation en différentes petites fractions, dont les essences spéciales.

## 1.4.3 Utilisation

Les **essences spéciales** présentent différentes utilisations [13] :

- nettoyage, dégraissage ;
- solvants d'extraction des graisses végétales ou animales ;
- solvant de nettoyage des machines (imprimerie) ;
- préparation, dissolution du caoutchouc ;
- solvant pour la formulation de colles et d'adhésifs.

En France, l'utilisation des essences spéciales comme solvants a été estimée à 15 000 tonnes en 2004 [2].

## 1.5 LES WHITE-SPIRITS ET AUTRES COUPES LÉGÈRES AROMATIQUES

### 1.5.1 Définition

Les **white-spirits** sont des coupes pétrolières distillant entre 135 et 220 °C. Ils sont composés en grande majorité d'hydrocarbures paraffiniques de C<sub>8</sub> à C<sub>12</sub> (teneur comprise entre 40 et 60 %) et cycloparaffiniques de C<sub>9</sub> à C<sub>12</sub> (teneur en général voisine de 30 %) ; ils peuvent toutefois renfermer entre 1 et 20 % d'hydrocarbures aromatiques (traces de toluène, xylènes, éthylbenzène, triméthylbenzènes...) [14,15].

Les white-spirits désaromatisés ont une composition identique mais ils contiennent moins de 5 % d'hydrocarbures aromatiques.

À l'heure actuelle, les white-spirits ne contiennent en principe que très peu de benzène (moins de 0,05 %), mais ils ont pu en contenir des quantités plus importantes antérieurement (voir réglementation concernant les solvants contenant du benzène § 1.2.3.1).

Les "autres coupes aromatiques" ou "solvants naphta aromatiques" sont composés en majorité (jusqu'à 90 %) d'hydrocarbures aromatiques comportant entre 8 et 20 carbones et ont un point d'ébullition compris entre 140 et 320 °C [16].

n° EINECS 232-489-3 / 265-150-3 / 265-185-4 (liste non exhaustive)

n° CAS : 8052-41-3 / 64742-48-9 / 64742-82-1 (liste non exhaustive)

Les hydrocarbures aromatiques légers (toluène, xylènes...) font aussi partie de cette catégorie.

### 1.5.2 Production

Ces coupes pétrolières (white-spirits et autres coupes aromatiques légères) sont obtenues à partir de la coupe pétrolière naphta issue de la distillation du pétrole. Cette fraction naphta subit un hydrotraitement, procédé permettant d'enlever le soufre contenu dans les fractions légères, puis une séparation en différentes fractions.

## 1.5.3 Utilisation

Les white-spirits et les coupes aromatiques légères ont à peu près les mêmes utilisations, à savoir :

- diluant pour les peintures, les vernis et les encres d'imprimerie ;
- dégraissant en métallurgie ;
- préparation d'insecticides et de produits d'entretien (cirages et encaustiques).

En France en 2004, les white-spirits représentaient plus de 60 % des solvants pétroliers utilisés dans la formulation de produits solvantés. La consommation de white-spirits en 2004 était de 59 000 tonnes [2].

## 1.6 LE KÉROSÈNE (PÉTROLE LAMPANT), LE GAZOLE ET LES FIOULS

### 1.6.1 Définition

Le **kérosène** (ou pétrole lampant) est un mélange d'hydrocarbures distillant entre 140 et 300 °C, dont les principaux constituants sont des hydrocarbures de C<sub>9</sub> à C<sub>16</sub> [17], des hydrocarbures n- et iso-aliphatiques (paraffiniques et isoparaffiniques), des hydrocarbures cycloaliphatiques (cycloparaffiniques ou naphténiques) et des hydrocarbures aromatiques (environ 15 à 20 % et ≤5 % si désaromatisé). Le benzène est en général absent de ces coupes.

n° EINECS 265-184-9 / 265-149-8 (liste non exhaustive)

n° CAS 64742-81-0 / 64742-47-8 (liste non exhaustive)

Le **gazole** est un mélange d'hydrocarbures plus lourds que ceux de l'essence carburant distillant entre 230 et 260 °C. Sa composition diffère de celle de l'essence ordinaire par :

- l'absence de benzène ;
- l'absence de dope antidétonant ;
- la teneur en soufre plus élevée (maximum 0,50 %) ;
- la présence facultative d'additifs : peroxyde d'acétone, nitrate d'éthyle et d'isoamyle.

Il est constitué d'hydrocarbures paraffiniques, naphténiques, aromatiques et oléfiniques, principalement des hydrocarbures de C<sub>9</sub> à C<sub>20</sub>.

n° EINECS 269-822-7

n° CAS 68334-30-5

Les **fiouls légers** sont constitués d'hydrocarbures en C<sub>9</sub> à C<sub>20</sub> avec un point d'ébullition compris entre 163 et 357 °C. Le fioul domestique fait partie des fiouls légers et a une composition très proche du gazole.

n° EINECS 269-822-7 (fioul domestique)

270-671-4 / 270-673-5 (autres fiouls légers)

n° CAS 68334-30-5 (fioul domestique)

68476-30-2 / 68476-31-3 (autres fiouls légers)

Les **fiouls lourds** sont des produits issus de diverses fractions de raffinerie, en général les plus lourdes. Leur composition est complexe et varie selon la provenance du pétrole brut. Les fiouls lourds sont constitués de produits d'origine paraffinique, naphthénique et aromatique. Ils peuvent contenir des dérivés soufrés et des acides organiques. Les fiouls lourds sont classés selon leur teneur en soufre. En France, depuis 2003, seuls les fiouls lourds à faible teneur en soufre peuvent être utilisés [18].

n° EINECS 270-675-6  
n° CAS 68476-33-5

### 1.6.2 Production

Le **kérosène** est une coupe pétrolière issue de la distillation atmosphérique du pétrole. Cette coupe est traitée à l'hydrogène afin de convertir le soufre organique en hydrogène sulfuré qui est ensuite éliminé.

Le **gazole** est obtenu par distillation et par traitement des coupes moyennes du pétrole. Le gazole est la coupe qui vient après le kérosène et avant les fiouls. Le fioul domestique est issu de la même coupe d'extraction que le gazole.

Les **fiouls lourds** sont des produits denses, obtenus par distillation du pétrole. Selon la nature du brut raffiné, on extrait de 10 à 20 % de fioul lourd.

### 1.6.3 Utilisation

Durant le XIX<sup>e</sup> siècle, le "**pétrole lampant**" était presque exclusivement utilisé à des fins d'éclairage, comme combustible des lampes à pétrole

(d'où son nom). Ce n'est qu'à partir des années 1950 qu'il trouve une importance industrielle, comme carburant des avions à réaction et on parle alors de **kérosène**. Il a également été utilisé comme dégraissant des métaux.

Le **gazole** est utilisé pour l'alimentation des moteurs diesel et des turbines à combustion.

La consommation de gazole progresse d'année en année du fait du nombre croissant de voitures diesel dans le parc automobile français (le gazole représente 70 % des volumes distribués).

Le **fioul domestique** est utilisé en remplacement du charbon pour la production de chaleur dans les installations de combustion et pour l'alimentation des moteurs à combustion interne.

En France, son utilisation est restreinte au chauffage domestique, industriel ou agricole, ainsi que comme carburant pour les engins agricoles, les bateaux de pêche, et les engins de travaux publics. Ses caractéristiques administratives le différencient du gazole sur quelques points importants comme l'indice de cétane (40 contre 51) et une taxation inférieure.

Les **fiouls lourds** sont utilisés comme combustible pour :

- les chaudières à vapeur de centrales thermiques ou de navires ;
- les fours industriels.

## 2. Effets sur la santé

Les solvants pétroliers ont des effets toxiques aigus ou chroniques communs à la plupart des solvants, qui consistent essentiellement en des atteintes de la peau, des muqueuses et du système nerveux central. Certains ont également des effets toxiques spécifiques. En milieu professionnel, les principales voies de pénétration sont la voie respiratoire et à un moindre degré la voie cutanée.

Les expositions à court terme à des concentrations élevées ont des effets neurotoxiques (maux de tête, somnolence, sensation d'ébriété), pouvant aller jusqu'au coma en cas d'exposition à de très fortes doses. Le contact cutané entraîne des irritations et des dermatoses. Une exposition chronique peut amener des altérations des fonctions cognitives et des troubles psychiatriques.

L'exposition à certains solvants pétroliers (benzène, toluène, xylènes) peut également provoquer des troubles gastro-intestinaux. L'exposition chronique à l'hexane est à l'origine d'atteintes du système nerveux, en particulier des polynévrites périphériques sensitivo-motrices.

Le benzène est le solvant pétrolier dont les effets sur la santé sont les mieux connus et qui présente la plus grande toxicité. Le benzène agit principalement sur la moelle osseuse, entraînant une diminution du nombre de lymphocytes, leucocytes, hématies, plaquettes et provoquant diverses hémopathies bénignes allant de l'anémie au syndrome myéloprolifératif. De plus, le benzène est cancérigène. Il a été classé comme cancérigène pour l'homme (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer en 1987 et est classé cancérigène de catégorie 1 par la Communauté Européenne depuis 2004. Le benzène est responsable de l'apparition de leucémies. D'autres affections du système hématopoïétique ont également été rapportées (lymphome non hodgkinien).

Il faut noter que les solvants pétroliers sont en général des mélanges, et qu'il est souvent difficile de déterminer leurs effets sur la santé qui varient selon leur composition.

### Classement du Centre international de recherche sur le cancer (Circ/IARC) [19]

Produit	Classement Circ
Benzène	G1 cancérigène pour l'homme
Toluène	G3 ne peut pas être classé du point de vue de sa cancérigénicité pour l'homme
Xylènes	G3 ne peut pas être classé du point de vue de sa cancérigénicité pour l'homme

### Classification européenne CMR (cancérigène, mutagène et reprotoxique) [20]

Produit	Classement CMR
Benzène	C1 cancérigène pour l'homme
	M2 substance devant être assimilée à une substance mutagène pour l'homme
N-hexane	R3 substance préoccupante pour la fertilité dans l'espèce humaine
Toluène	R3 substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement

Les autres carburants et solvants pétroliers sont soumis à la réglementation CMR suivant leur composition en produits classés.

### Tableaux de maladies professionnelles

Des affections engendrées par l'ensemble des solvants organiques liquides y compris les solvants pétroliers (hydrocarbures liquides aliphatiques, alicycliques, hétérocycliques et aromatiques et leurs mélanges (white-spirit, essences spéciales)) et donnant droit à une indemnisation sont répertoriées dans le **tableau 84** pour le régime général et le **tableau 48** pour le régime agricole. Ces affections sont le syndrome ébrieux ou narcotique, la dermite irritative, les lésions eczématiformes, ainsi que certaines encéphalopathies (**tableau 84**).

Le **tableau 4** du régime général et le **tableau 19** du régime agricole concernent les hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant.

Le **tableau 4bis** du régime général et le **tableau 19bis** du régime agricole concernent les affections gastro-intestinales provoquées par le benzène, le toluène, les xylènes et tous les produits en renfermant.

Le **tableau 59** du régime général et le **tableau 41** du régime agricole concernent l'utilisation d'hexane pour les travaux de collage et les intoxications professionnelles consécutives (polynévrites).

### 3. Exposition professionnelle aux carburants et aux solvants pétroliers

#### 3.1 VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Les valeurs limites d'exposition professionnelle définissent les niveaux dans l'atmosphère à ne pas dépasser. Elles sont définies pour des expositions de courte durée, inférieure à 15 minutes (VLCT : valeur limite d'exposition à court terme ou VLE : valeur limite d'exposition), et pour des expositions estimées sur une durée du poste de travail de huit heures (VME : valeur moyenne d'exposition).

Compte tenu de la variété de composition des carburants et des solvants pétroliers, les valeurs limites d'exposition professionnelles ne sont pas définies pour chaque produit. En France, des valeurs limites ont été définies pour les solvants dont la composition est simple. Par ailleurs, il existe des valeurs limites d'exposition pour les autres mélanges d'hydrocarbures.

- Pour les **hydrocarbures en C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>** (tous hydrocarbures confondus, y compris benzène) :
  - VME=1 000 mg/m<sup>3</sup> (une valeur d'objectif de 500 mg/m<sup>3</sup> avait été prévue par une circulaire de juillet 1993, elle devait être réexaminée en 1995, mais ne l'a pas été [21]) ;
  - VLE=1 500 mg/m<sup>3</sup>
- pour les **hydrocarbures benzéniques en C<sub>9</sub>-C<sub>12</sub>** :
  - VME=150 mg/m<sup>3</sup>.
- pour le **toluène** :
  - VME=192 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) ;
  - VLE=384 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm).
- pour les **xylènes** :
  - VME=221 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) ;
  - VLE=442 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm).

- pour le **benzène** (tableau 2) :

TABLEAU 2 VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AU BENZÈNE DANS DIFFÉRENTS PAYS			
Pays	VME mg/m <sup>3</sup>	VME ppm	VLE (15 min) ppm
France	3,25	1	
Union européenne	3,25	1	
États-Unis		0,5	2,5

- pour les **white-spirits** :
  - en France, il n'existe pas de valeurs limites d'exposition professionnelle aux white-spirits, mais des valeurs existent dans d'autres pays (tableau 3).

TABLEAU 3 VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX WHITE-SPIRITS DANS DIFFÉRENTS PAYS [22]		
Pays	VME mg/m <sup>3</sup>	VME ppm
Australie	790	
Belgique	525	100
Canada	525	100
Danemark	145	25
Pays-Bas	575	100
Norvège (≤22 % aromatiques)	275	50
Norvège (>22 % aromatiques)	120	25
Suède	300	50
Royaume-Uni	575	100
USA (ACGIH)	525	100

### 3.2 SECTEURS D'ACTIVITÉ

Les principaux secteurs d'activité concernés par l'exposition aux carburants et aux solvants pétroliers sont :

- les secteurs de la chimie (pétrochimie, fabrication de peintures, de colles, synthèses organiques, etc.) ;
- les activités nécessitant le dégraissage des métaux ;
- les activités de transports et de distribution de carburants.

Une étude réalisée par l'INRS [2] fournit un panorama de l'utilisation des solvants en France en 2004 et permet de préciser, pour le white-spirit et les essences spéciales, les secteurs industriels consommateurs.

<u>White-spirit</u>	74 %	peintures, vernis et encres
	17 %	autres produits chimiques à usage industriel
	5 %	produits détergents
	4 %	produits cosmétiques
<u>Essences spéciales</u>	85 %	colles
	15 %	peintures, vernis et encres

### 3.3 PROFESSIONS

Les professions concernées par l'exposition aux solvants pétroliers :

- utilisent les solvants pétroliers pour le nettoyage de pièces métalliques ou de machines (mécaniciens d'entretien, outilleurs) ;
- utilisent les solvants pétroliers pour la synthèse (ouvriers de la chimie) ;
- utilisent les solvants pétroliers comme diluants (peintures, colles).

L'enquête Sumer menée en 2003 permet de documenter l'utilisation des produits pétroliers dans la population des salariés français à cette date [23,24] :

- benzène en dehors de l'exposition au carburant : 47 400 personnes (0,3 % de la population de Sumer) ;
- toluène : 253 600 personnes exposées (1,4 % de la population) ;
- white-spirit, solvants naphtha et essences spéciales : 906 400 personnes exposées (5,2 % de la population) ;
- essence automobile : 423 200 personnes exposées (2,4 % de la population) ;
- autres carburants (fioul, gazole, kérosène...) : 773 100 personnes exposées (4,4 % de la population) ;
- n-hexane : 75 100 personnes exposées (0,4 % de la population).

## 4. Matrice emplois-expositions aux carburants et aux solvants pétroliers

La matrice emplois-expositions spécifique de l'exposition aux carburants et aux solvants pétroliers fournit une évaluation de l'**exposition respiratoire et cutanée** pour tous les emplois sur la période de 1947 à 2005. Pour les carburants, la matrice prend en compte l'exposition aux produits eux-mêmes et n'intègre pas l'exposition aux produits de combustion et gaz d'échappements qui peut advenir dans le même temps.

Comme précisé précédemment, les carburants et solvants pétroliers considérés dans la matrice sont classés suivant cinq catégories :

- **le benzène** ;
- **les essences spéciales** (essences A à G) **et les coupes pétrolières non ou faiblement aromatiques** ;
- **l'essence carburant** (essence ordinaire, super plombé, super sans plomb) ;
- **les white-spirits et les autres coupes aromatiques légères** ;
- **le kérosène (pétroles lampants), le gazole, les fiouls (légers et lourds).**

Les fiouls légers et lourds ont été groupés du fait de l'utilisation simultanée du fioul léger lors de l'utilisation du fioul lourd ; de ce fait, l'évaluation aux fiouls lourds seuls ne se justifiait pas, d'autant plus qu'il s'agit d'un produit à viscosité élevée pour lequel l'exposition pulmonaire est limitée.

De plus, pour chaque emploi identifié comme étant exposé à l'une des catégories de solvant ou carburant, une évaluation de l'exposition à **au moins un carburant ou un solvant pétrolier** quel qu'il soit, a également été réalisée.

### 4.1 STRUCTURE DE LA MATRICE

La matrice présente, pour chaque catégorie de solvants ou carburants, des indices d'exposition pouvant varier par période d'exposition identifiée.

Les périodes d'exposition ont été définies pour chaque catégorie de solvant ou carburant. Cependant, le secteur du raffinage du pétrole concerne l'ensemble des carburants et solvants pétroliers de la matrice et les périodes définies ont été appliquées à toutes les catégories. Pour ce secteur, deux périodes (avant et après 1970) ont été introduites pour prendre en compte d'une façon générale les évolutions technologiques et la mise en place de systèmes de protection (a priori, production en vase clos très ancienne datant des années 1950). Ces périodes s'appliquent aux postes et aux ambiances de production pour la synthèse des différents carburants et solvants pétroliers.

**Pour les cinq catégories de carburants et solvants pétroliers**, les indices de probabilité et de fréquence d'exposition sont communs et définis ci-après.

#### • la probabilité d'exposition

La probabilité d'exposition représente la proportion de personnes dans l'emploi donné qui sont exposées au produit.

0	<1 %
1	entre 1 et <10 %
2	entre 10 et <50 %
3	entre 50 et <90 %
4	>90 %

Lorsque dans un emploi donné, moins de 1 % des personnes sont exposées, l'emploi est considéré comme non exposé et n'est pas présenté dans la matrice.

#### • la fréquence d'exposition

La fréquence d'exposition représente la proportion du temps de travail pendant laquelle la personne est exposée à la nuisance.

0	<0,5 % du temps de travail	nulle
1	entre 0,5 et 5 %	occasionnelle
2	entre 5 et 30 %	intermittente
3	entre 30 et 70 %	fréquente
4	supérieure à 70 %	permanente

#### • l'intensité d'exposition

Contrairement aux deux indices précédents, les intensités d'exposition ainsi que les périodes ont été définies de manière différente pour chaque catégorie de carburant ou de solvant et sont présentées dans les paragraphes suivants. D'une manière générale, l'utilisation de carburants ou de solvants pétroliers dans le cadre de la vie courante est considérée comme l'exposition de base de la population générale.

Pour l'évaluation de l'exposition à un carburant ou solvant pétrolier quel qu'il soit, les indices de fréquence et d'intensité ont été regroupés et exprimés par un niveau moyen d'exposition (cf. § 4.1.6).

### 4.1.1 Matrice dédiée à l'exposition au benzène

La matrice dédiée à l'exposition au benzène prend en compte l'exposition liée au produit pur, mais aussi l'exposition à des mélanges contenant du benzène, comme l'essence carburant.

#### 4.1.1.1 Les périodes d'exposition au benzène

Pour l'exposition au benzène, les périodes prises en compte diffèrent suivant qu'il s'agit de l'exposition au benzène pur, à l'essence carburant ou à d'autres produits contenant du benzène (diluants, peintures, colles, etc.). Ces périodes sont définies par rapport à la teneur en benzène dans ces produits, teneur elle-même liée à la législation.

Les dates susceptibles d'engendrer une modification de l'évaluation de l'exposition au benzène ont donc été définies comme suit :

- 1970 : amélioration des conditions de travail dans le secteur de la raffinerie et la production des huiles essentielles ; évolution de la consommation de carburants pour les engins agricoles et du BTP (essence vers gazole) ; prise en compte de la réglementation concernant la teneur en benzène de préparations solvantées (décret de 1969) ;
- 1975 : disparition de l'utilisation du benzène dans les activités non spécifiques (décret de 1973) ;

- 1980 : évolution de la consommation de carburants pour les automobiles et les poids lourds (essence vers gazole) ;
- 1986 : réglementation concernant la teneur en benzène de préparations solvantées (décret de 1986) ;
- 1989 : diminution de la teneur en benzène dans l'essence ;
- 1995 : évolution des solvants d'extraction dans la production d'huiles essentielles.

1	entre 0,1 et 1 ppm	faible
2	entre 1 et 5 ppm	moyenne
3	entre 5 et 15 ppm	forte
4	>15 ppm	très forte

Pour l'évaluation du niveau d'exposition au benzène, il a été fait une distinction entre :

- les professions exposées au produit pur (production, utilisation en synthèse, transport, etc.) ;
- les professions exposées du fait de l'utilisation d'essence (teneur en benzène plus élevée que dans les autres compositions) ;
- les professions exposées du fait de l'utilisation de diluants, peintures, autres, contenant du benzène.

Les critères pris en compte pour définir les niveaux d'exposition au benzène sont :

- la quantité de benzène pur dans le produit exposant ;
- la quantité de produit exposant mis en œuvre ;
- les tâches réalisées avec le produit exposant.

#### 4.1.1.2 L'intensité de l'exposition au benzène

L'intensité d'exposition représente le niveau moyen d'exposition auquel a pu être soumis le travailleur pendant les tâches exposantes, en fonction de la période, de la nature habituelle de ces tâches et de son environnement de travail.

Une base de données reprenant les résultats de prélèvements a été constituée à partir de la littérature [25-53]. Ces métrologies ont permis de définir quatre niveaux d'exposition intégrant les spécificités de l'exposition par emploi ainsi que les évolutions technologiques (tableau 4).

TABLEAU 4		RÉPARTITION DES AMBIANCES DE TRAVAIL ET DES PROFESSIONS PAR NIVEAU D'EXPOSITION AU BENZÈNE		
Niveau	Échelle quantitative	Utilisation essence carburant	Utilisations de préparations avec du benzène	
		Professions	Ambiance	Professions
1	0,1 - 1 ppm	- pompiste (1989-2005) - garagiste (1989-2005)	- ambiance production en vase clos (1970-2005) - ambiance production de tout mélange avec benzène (1970-1985)	- dégraisseur, nettoyeur de textile (1970-1985) - mécanicien d'entretien dans une industrie exposant au benzène (1970-1985) - imprimeur (1970-1985) - peintre au pistolet et autre peintre en construction (1970-1985) - mécanicien de précision (1970-1985) - cordonnier réparateur (1970-1985) - chimiste, ingénieur, technicien dans les laboratoires (1970-1985) - poste de collage du cuir (1970-1985) - poste de production dans l'industrie des préparations solvantées (1970-2005) - poste exposé dans l'industrie du caoutchouc (1970-1985)
2	1 - 5 ppm	- garagiste (1947-1988) - pompiste (1947-1988) - citerniste (1989-2005)	- ambiance production en vase clos (1947-1969) - ambiance production de tout mélange avec benzène (1947-1969)	- mécanicien de précision (1947-1969) - cordonnier réparateur (1947-1969) - mécanicien d'entretien dans une industrie exposant au benzène (1947-1969) - peintre au pistolet et autre peintre en construction (1947-1969) - chimiste, ingénieur, technicien dans les laboratoires (1947-1969) - imprimeur (1947-1969) - dégraisseur, nettoyeur de textile (1947-1969)
3	5 - 15 ppm	- citerniste (1947-1988)		- imperméabilisateur de textile (1947-1969) - poste de production dans l'industrie des préparations solvantées (1947-1969) - poste de collage du cuir (1947-1969)
4	>15 ppm			- poste exposé dans l'industrie du caoutchouc (1947-1969)

#### 4.1.2 Matrice dédiée à l'exposition aux essences spéciales et aux autres coupes pétrolières non aromatiques

Cette matrice prend en compte l'exposition aux essences spéciales et aux coupes pétrolières qui ne contiennent que des hydrocarbures aliphatiques (hexane, cyclohexane, etc.).

##### 4.1.2.1 Les périodes d'exposition

Dans le secteur de la production de mélanges à base de solvants, trois périodes (1947-1969 ; 1970-1985 ; 1986-2005) ont été introduites pour intégrer les évolutions technologiques, les mises en place des systèmes de protection pour la synthèse des mélanges à base d'essences spéciales et l'évolution de la réglementation. Elles s'appliquent aux ambiances de production dans ces secteurs. Pour les postes de production, seulement deux périodes ont été définies : 1947-1985 et 1986-2005.

Les dates susceptibles d'engendrer une modification de l'évaluation de l'exposition aux essences spéciales sont les suivantes :

- 1970 : amélioration des conditions de travail dans le secteur de la raffinerie ;

- 1986 : amélioration des conditions de travail dans les secteurs de la production de mélanges à base de solvants ;
- 1989 : évolution des dispositifs de protection (capteurs, mode de dépotage) lors du dépotage d'essences spéciales et des autres coupes pétrolières non aromatiques ;
- 1995 : évolution des solvants d'extraction dans la production d'huiles essentielles.

##### 4.1.2.2 L'intensité de l'exposition

L'intensité d'exposition représente le niveau moyen d'exposition auquel a pu être soumis le travailleur pendant les tâches exposantes, en fonction de la période, de la nature habituelle de ces tâches et de son environnement de travail.

Trois niveaux d'exposition semi quantitatifs intégrant les spécificités de l'exposition par emploi ainsi que les évolutions technologiques ont été définis (tableau 5).

L'utilisation d'agents de dégraissage (produits d'entretien à base d'essences spéciales) dans le cadre de la vie courante est considérée comme l'exposition de la population générale à ces produits et n'a donc pas été prise en compte dans le cadre des expositions professionnelles.

TABLEAU 5		RÉPARTITION DES AMBIANCES DE TRAVAIL ET DES PROFESSIONS PAR NIVEAU D'EXPOSITION AUX ESSENCES SPÉCIALES ET AUTRES COUPES PÉTROLIÈRES NON AROMATIQUES	
Intensité	Ambiance	Professions	
1 (faible)	- production (vase clos) (1970-2005) - production de mélanges à base de solvants (1986-2005)	- nettoyage en mécanique de précision (1947-2005) - mécanicien d'entretien dans l'imprimerie (1947-2005) - dégraisseur, nettoyeur des textiles pour les particuliers (1947-2005)	
2 (moyenne)	- production (vase clos) (1947-1969) - production de mélanges à base de solvants (1947-1985)	- poste de collage en milieu artisanal (1947-2005) - contrôleur, dégraisseur des textiles en milieu industriel (1947-2005) - poste de collage en milieu industriel (1986-2005) - poste de l'industrie du caoutchouc et des colles (1970-2005) - poste de production en raffinerie (1970-2005) - poste de production de préparations solvantées (1970-2005)	
3 (forte)		- poste de collage en milieu industriel (1947-1985) - poste d'imperméabilisation des textiles (1947-1969) - poste de l'industrie du caoutchouc et des colles (1947-1969) - poste de production en raffinerie (1947-1969) - poste de production de préparations solvantées (1947-1969)	

### 4.1.3 Matrice dédiée à l'exposition aux white-spirits et autres coupes aromatiques légères

Cette matrice prend en compte l'exposition aux coupes pétrolières distillant entre 135 et 220°C (white-spirits) et aux coupes pétrolières qui contiennent des hydrocarbures aromatiques comportant entre 8 et 20 carbones (toluène, xylènes, etc.).

#### 4.1.3.1 Les périodes d'exposition

Le kérosène et les white-spirits ont été utilisés pour certaines tâches similaires (ex : dégraissage de métaux) à des périodes différentes : le kérosène a été petit à petit abandonné pour laisser place aux white-spirits. Les périodes retenues sont **avant 1960** (kérosène très largement utilisé et white-spirits peu), **entre 1960 et 1975** (les deux sont utilisés), **après 1975** (le kérosène en tant que dégraissant a pratiquement disparu).

Dans le secteur de la production de mélanges à base de solvants, trois périodes (**1947-1969 ; 1970-1985 ; 1986-2005**) ont été introduites pour intégrer les évolutions technologiques, les mises en place des systèmes de protection pour la synthèse des mélanges à base de white-spirits et l'évolution de la réglementation. Elles s'appliquent aux ambiances de production dans ces secteurs. Pour les postes de production, seulement deux périodes ont été définies : **1947-1985 et 1986-2005**.

Les dates susceptibles d'engendrer une modification de l'évaluation de l'exposition aux white-spirits et autres coupes aromatiques légères sont les suivantes :

- 1970 : amélioration des conditions de travail dans le secteur de la raffinerie ;
- 1975 : passage du kérosène aux white-spirits pour le dégraissage des métaux ;
- 1986 : amélioration des conditions de travail dans les secteurs de la production de mélanges à base de solvants ;
- 1989 : évolution des dispositifs de protection (capteurs, mode de dépotage) lors du dépotage de white-spirits et des autres coupes aromatiques légères.

#### 4.1.3.2 L'intensité de l'exposition

L'intensité d'exposition représente le niveau moyen d'exposition auquel a pu être soumis le travailleur pendant les tâches exposantes, en fonction de la période, de la nature habituelle de ces tâches et de son environnement de travail.

Une base de données reprenant les résultats de prélèvements a été constituée à partir de la littérature [39,54-56]. Ces métrologies ont permis de définir une échelle quantitative pour les trois niveaux d'exposition intégrant les spécificités de l'exposition par emploi ainsi que les évolutions technologiques (tableau 6).

1	entre 1 et 20 ppm	faible
2	entre 20 et 50 ppm	moyenne
3	>50 ppm	forte

L'utilisation de white-spirits dans le cadre de la vie courante (activité de peinture occasionnelle à son domicile) est considérée comme l'exposition de base de la population générale et n'a donc pas été prise en compte dans le cadre des expositions professionnelles.

TABLEAU 6		RÉPARTITION DES AMBIANCES DE TRAVAIL ET DES PROFESSIONS PAR INTENSITÉ D'EXPOSITION AUX WHITE-SPIRITS ET AUTRES COUPES AROMATIQUES LÉGÈRES	
Intensité	Échelles quantitatives	Ambiance	Professions
1	1 - 20 ppm	- production en vase clos (1970-2005) - production de mélanges à base de solvants (1986-2005)	- mécanicien d'entretien (1947-2005)
2	20 - 50 ppm	- production en vase clos (1947-1969) - production de mélanges à base de solvants (1947-1985)	- peintre en bâtiment (1947-2005) - peintre industriel (1986-2005) - poste de production en raffinerie (1970-2005) - poste de production des peintures et des préparations solvantées (1986-2005)
3	>50 ppm		- peintre industriel (1947-1985) - poste de production en raffinerie (1947-1969) - poste de production des peintures et des préparations solvantées (1947-1985)

#### 4.1.4 Matrice dédiée à l'exposition à l'essence carburant

Cette matrice prend en compte l'exposition à toutes les essences carburant (ordinaire, super, super sans plomb, etc.).

##### 4.1.4.1 Les périodes d'exposition

Des périodes d'exposition prenant en compte les évolutions technologiques des carburants ont été définies pour l'exposition à l'essence carburant :

- pour les machines agricoles et les machines de BTP, il a été défini deux périodes, **1947-1969** et **1970-2005** puisque dans les années 1960, ces machines fonctionnaient surtout à l'essence (et un peu au gazole), alors que dans les années 1970, le gazole était largement répandu ;
- pour les camions, l'utilisation de gazole s'est surtout développée à partir de 1980, alors que pour les voitures, le gazole est arrivé entre 1970 et 1985 et son développement a été assez lent. Les périodes définies pour marquer le changement de carburant des voitures et camions sont donc : **1947-1979** et **1980-2005**.

Pour les employés de station-service, deux périodes ont été définies (**1947-1979** et **1980-2005**) pour l'exposition aux carburants (essence et gazole) pour prendre en compte l'introduction des stations libre-service.

Les dates susceptibles d'engendrer une modification de l'évaluation de l'exposition à l'essence carburant sont les suivantes :

- 1970 : amélioration des conditions de travail dans le secteur de la raffinerie ;  
évolution de la consommation de carburant pour les engins agricoles et du BTP (essence vers gazole) ;

- 1980 : évolution de la consommation de carburant pour les automobiles et les camions (essence vers gazole) ; développement des stations de distribution de carburant libre-service ;
- 1986 : interdiction d'utiliser l'essence comme dégraissant ;
- 1989 : évolution des dispositifs de protection (capteurs, mode de dépotage) lors du dépotage de l'essence carburant.

##### 4.1.4.2 L'intensité de l'exposition

L'intensité d'exposition représente le niveau moyen d'exposition auquel a pu être soumis le travailleur pendant les tâches exposantes, en fonction de la période, de la nature habituelle de ces tâches et de son environnement de travail.

Une base de données reprenant les résultats de prélèvements spécifiques de l'essence carburant a été constituée à partir de la littérature [27,31,40,47,57]. Ces métrologies ont permis de définir les échelles quantitatives associées aux trois niveaux d'exposition intégrant les spécificités de l'exposition par emploi ainsi que les évolutions technologiques (tableau 7).

1	entre 1 et 50 ppm	faible
2	entre 50 et 150 ppm	moyenne
3	>150 ppm	forte

Pour les essences carburants, le fait de faire le plein d'essence de sa voiture (jusqu'à une fois par jour) a été considéré comme l'exposition de base de la population générale et n'a donc pas été pris en compte dans le cadre des expositions professionnelles. Toute autre utilisation d'essence carburant (solvant, agent de dégraissage, remplissage des réservoirs plus fréquent) est considérée comme exposante.

TABLEAU 7		RÉPARTITION DES AMBIANCES DE TRAVAIL ET DES PROFESSIONS PAR NIVEAU D'EXPOSITION À L'ESSENCE CARBURANT	
Intensité	Échelles quantitatives	Ambiance	Professions
1	1 - 50 ppm	- production (vase clos) (1970-2005) - station-service (1947-2005) - garage (1947-2005)	- pompiste (1947-2005)
2	50 - 150 ppm	- production (vase clos) (1947-1969)	- mécanicien de machines thermiques (1947-2005) - mécanicien de véhicules (1947-2005) - poste de production en raffinerie (1970-2005) - citerniste (1989-2005) - chargeur de bateaux-citerne (1989-2005)
3	>150 ppm		- poste de production en raffinerie (1947-1969) - citerniste (1947-1988) - chargeur de bateaux-citerne (1947-1988)

#### 4.1.5 Matrice dédiée à l'exposition au kérosène, gazole ou aux fiouls

Cette matrice prend en compte l'exposition professionnelle au gazole, au kérosène, ainsi qu'aux fiouls légers et lourds.

##### 4.1.5.1 Les périodes d'exposition

Des périodes d'exposition prenant en compte les évolutions technologiques des carburants ont été définies pour l'exposition au gazole :

- pour les machines agricoles et les machines de BTP, il a été défini deux périodes, **1947-1969 et 1970-2005** puisque dans les années 1960, ces machines fonctionnaient surtout à l'essence (et un peu au gazole), alors que dans les années 1970, le gazole était largement répandu ;
- pour les camions, l'utilisation de gazole s'est surtout développée à partir de 1980, alors que pour les voitures, le gazole est arrivé entre 1970 et 1985 et son développement a été assez lent. Les périodes définies pour marquer le changement de carburant des voitures et camions sont donc : **1947-1979 et 1980-2005**.

Pour les employés de station-service, deux périodes ont été définies (**1947-1979 et 1980-2005**) pour l'exposition aux carburants (essence et gazole) pour prendre en compte l'introduction des stations libres-services.

Le kérosène et les white-spirits ont été utilisés pour certaines tâches similaires (ex : dégraissage de métaux) à des périodes différentes : le kérosène a été petit à petit abandonné pour laisser place aux white-spirits. Les périodes retenues sont **avant 1960** (kérosène très largement utilisé et white-spirits peu), **entre 1960 et 1974** (les deux sont utilisés), **après 1975** (le kérosène en tant que dégraissant a pratiquement disparu).

Les dates susceptibles d'engendrer une modification de l'évaluation de l'exposition au kérosène, au gazole ou aux fiouls sont listées ci-dessous ainsi que les périodes spécifiques de certains secteurs ou professions :

- 1960 : évolution de l'utilisation de carburant pour les installations à vapeur (charbon vers fioul) ;
- 1970 : amélioration des conditions de travail dans le secteur de la raffinerie ;  
évolution de l'essence carburant vers le gazole pour les engins agricoles et de BTP ;
- 1975 : diminution de l'utilisation du kérosène en tant que dégraissant des métaux au profit des white-spirits ;
- 1980 : évolution de la consommation de carburant pour les automobiles et les camions (essence vers gazole) ;  
développement des stations de distribution de carburant en libres-services ;
- 1986 : limitation de l'utilisation de solvants pétroliers ;
- 1989 : évolution des dispositifs de protection (capteurs, mode de dépotage) lors du dépotage du kérosène, du gazole ou des fiouls.

##### 4.1.5.2 L'intensité de l'exposition

L'intensité d'exposition représente le niveau moyen d'exposition auquel a pu être soumis le travailleur pendant les tâches exposantes, en fonction de la période, de la nature habituelle de ces tâches et de son environnement de travail.

Trois niveaux d'exposition semi quantitatifs intégrant les spécificités de l'exposition par emploi ainsi que les évolutions technologiques ont été définis (tableau 8).

Le fait de faire le plein de gazole de sa voiture (jusqu'à une fois par jour) a été considéré comme l'exposition de base de la population générale et n'est pas pris en compte dans le cadre d'expositions professionnelles. Toute autre utilisation de gazole sera considérée comme exposante.

TABLEAU 8		RÉPARTITION DES AMBIANCES DE TRAVAIL ET DES PROFESSIONS PAR NIVEAU D'EXPOSITION AU KÉROSÈNE, GAZOLE OU FIOULS	
Niveau	Ambiance	Professions	
1 (faible)	- production (vase clos) (1970-2005) - station-service (1947-2005) - garage (1947-2005)	- pompiste (1947-2005) - mécanicien d'entretien (1947-1974)	
2 (moyen)	- production (vase clos) (1947-1969)	- mécanicien de machines thermiques (1947-2005) - mécanicien de véhicules (1947-2005) - citerniste (1989-2005) - chargeur de bateaux-citerne (1989-2005) - poste de production en raffinerie (1970-2005)	
3 (fort)		- poste de production en raffinerie (1947-1969) - citerniste (1947-1988) - chargeur de bateaux-citerne (1947-1988)	

#### 4.1.6 Matrice dédiée à l'exposition à au moins un carburant ou un solvant pétrolier

Cette matrice évalue une exposition professionnelle à au moins un carburant ou un solvant pétrolier quel qu'il soit.

##### 4.1.6.1 Les périodes d'exposition

Les périodes d'exposition intégrées dans l'évaluation à l'exposition générale à un carburant ou un solvant pétrolier sont définies à partir des périodes d'exposition repérées pour les cinq catégories de solvants pétroliers précédentes.

##### 4.1.6.2 Les indices d'évaluation d'exposition

###### - la probabilité d'exposition

La probabilité d'exposition à un quelconque carburant ou solvant pétrolier représente la proportion de personnes au sein d'un emploi exposée à au moins l'un des produits pétroliers définis dans les différentes catégories. Elle a été évaluée à partir des probabilités estimées pour chacune des catégories de carburant ou solvant. La définition des niveaux de probabilité est la même que pour les évaluations par catégorie.

L'évaluation a été faite au cas par cas, soit en retenant la probabilité d'exposition la plus élevée qui avait été évaluée pour une catégorie de carburant ou de solvant, soit en additionnant les probabilités des différentes catégories.

###### - le niveau d'exposition

Pour l'évaluation de l'emploi à au moins un carburant ou un solvant pétrolier, un niveau moyen d'exposition a été défini, qui combine l'intensité et la fréquence d'exposition définies pour les catégories de carburant ou de solvant.

Pour un emploi donné, l'évaluation du niveau d'exposition à au moins un carburant ou un solvant pétrolier quel qu'il soit, a été réalisée à partir des intensités et des fréquences attribuées par catégorie. Trois niveaux d'exposition semi quantitatifs ont été définis (tableau 9).

TABLEAU 9		RÉPARTITION DES PROFESSIONS PAR NIVEAU D'EXPOSITION À AU MOINS UN CARBURANT OU UN SOLVANT PÉTROLIER	
Niveau	Profession	Période	
1 (faible)	- mécanicien de précision	1970-2005	
	- cordonnier réparateur	1970-2005	
	- peintre en bâtiment	1986-2005	
	- imprimeur	1986-2005	
	- chimiste et ingénieur dans les laboratoires	1986-2005	
	- poste de production dans l'industrie des préparations solvantées	1986-2005	
	- poste de raffinage du pétrole	1989-2005	
2 (moyen)	- peintre au pistolet	1947-2005	
	- pompiste	1947-2005	
	- mécanicien automobile	1947-2005	
	- mécanicien de précision	1947-1969	
	- cordonnier réparateur	1947-1969	
	- peintre en bâtiment	1947-1985	
	- imprimeur	1947-1985	
	- chimiste et ingénieur dans les laboratoires	1947-1985	
	- poste de production dans l'industrie des préparations solvantées	1970-1985	
	- poste de raffinage du pétrole	1970-1988	
	- poste exposé dans l'industrie du caoutchouc	1970-2005	
	- dégraisseur, nettoyeur de textile	1970-2005	
- citerniste	1989-2005		
3 (fort)	- imperméabilisateur de textile	1947-1969	
	- poste de production de préparations solvantées	1947-1969	
	- poste de raffinage du pétrole	1947-1969	
	- poste exposé dans l'industrie du caoutchouc	1947-1969	
	- dégraisseur, nettoyeur de textile	1947-1969	
	- citerniste	1947-1988	

## 4.2 NOMENCLATURES UTILISÉES

Les évaluations de l'exposition aux carburants et aux solvants pétroliers ont été réalisées pour des couples de professions et d'activité codés suivant la nomenclature nationale française (PCS1994 [58] pour les professions et NAF2000 [59] pour les activités) et la nomenclature internationale (CITP1968 [60] pour les professions et CITI1975 [61] pour les activités).

Trois matrices sont disponibles :

- la matrice CITP1968 / CITI1975 ;
- la matrice PCS1994 / NAF2000 ;
- la matrice CITP1968 / NAF2000.

**Seuls les couples de professions et de secteurs d'activité considérés exposés aux carburants ou aux solvants pétroliers sont indiqués dans la matrice ; les professions ou secteurs d'activité non identifiés sont considérés comme non exposés, ou exposés en dessous des niveaux minima définis en fréquence, probabilité ou intensité.**

La matrice a été élaborée en premier lieu dans la version CITP1968 x NAF2000 car cette dernière intègre les intitulés de professions et de secteurs les plus précis et permet ainsi une évaluation de l'exposition la plus fine. Les versions CITP1968 x CITI1975 et PCS1994 x NAF2000 ont ensuite été élaborées par déclinaison de cette première version.

### **Passage de la version CITP1968 x NAF2000 à la version CITP1968 x CITI1975**

La méthode utilisée pour élaborer la version CITPxCITI est donnée ci-dessous :

1. Les codes CITI associés à chacun des codes NAF présents dans la matrice ont été recherchés. À un code NAF donné, correspond en général un seul code CITI ; par contre, un code CITI est très souvent associé à plusieurs codes NAF.

2. Pour l'ensemble des codes CITI sélectionnés, l'ensemble des codes NAF associés a également été recherché. À partir des données du recensement de l'Insee de 1999, il est possible de connaître la répartition des emplois en France par code NAF. Pour chaque code CITI sélectionné, la répartition des emplois dans les différents codes NAF associés a donc été évaluée.
3. Compte tenu de la représentativité des secteurs d'activité dans les deux nomenclatures d'activité (NAF et CITI), les indices d'exposition évalués dans la version CITPxNAF ont été revus et ajustés pour les appliquer à la version CITPxCITI.

### **Passage de la version CITP1968 x NAF2000 à la version PCS1994 x NAF2000**

La méthode utilisée pour élaborer la version PCS x NAF est donnée ci-dessous :

1. Les codes professions PCS concernés par l'exposition aux carburants et aux solvants pétroliers ont été recherchés à partir de la nomenclature. La codification PCS étant beaucoup plus restreinte et moins technique que la nomenclature CITP, il a été nécessaire d'introduire des croisements avec des codes NAF non retenus dans la version CITP x NAF initiale.
2. Pour chacun des emplois PCSxNAF identifié, il a été défini de quel emploi CITPxNAF il devait être rapproché.
3. Compte tenu des différences de précisions entre les deux nomenclatures des professions (PCS et CITP), les indices d'exposition évalués dans la version CITPxNAF ont été revus et ajustés pour les appliquer à la version PCSxNAF.

## 5. Lexique

Sources : Union française de l'industrie pétrolière (Ufip) [62] et Société française de chimie (SFC) [63]

**Craquage** : le craquage consiste à casser les chaînes carbonées des hydrocarbures du pétrole brut pour obtenir des produits plus légers.

**Coupe pétrolière** : une coupe pétrolière désigne, en raffinage, un mélange d'hydrocarbures obtenu lors de la distillation fractionnée, défini par un intervalle de températures d'ébullition très précis ou par le nombre d'atomes de carbone de ses composants.

**Distillation** : la distillation est un procédé de raffinage qui consiste à traiter le pétrole brut préalablement chauffé à 360 degrés afin d'en séparer les différentes fractions. Après vaporisation, il est envoyé dans une tour de distillation atmosphérique. Chaque niveau de température correspond à une étape du fractionnement et donne un produit spécifique.

**Hydrocarbures** : les hydrocarbures sont des composés organiques comportant uniquement des atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H), de formule  $C_nH_m$  (avec n et m entiers). Les hydrocarbures se déclinent suivant différentes familles :

- les **hydrocarbures aromatiques** regroupent tous les composés renfermant un ou plusieurs cycles benzéniques. Les plus connus sont le benzène, le toluène, les xylènes, l'éthylbenzène, les propylbenzènes et le mésithylène ;
- les **hydrocarbures paraffiniques** regroupent les hydrocarbures comportant des chaînes hydrocarbonées linéaires ( $C_nH_{2n+2}$ ), sans cycle et dont le plus courant est le méthane ( $CH_4$ ) ;
- les **hydrocarbures cycloparaffiniques** regroupent les hydrocarbures comportant des chaînes hydrocarbonées cycliques ;

- les **hydrocarbures oléfiniques** regroupent les hydrocarbures insaturés (alcènes), caractérisés par une double liaison covalente entre deux atomes de carbone. L'alcène le plus simple est l'éthylène ;
- les **hydrocarbures naphténiques** sont constitués en grande partie de molécules cycliques, dont la plus simple est le naphène, de formule chimique  $C_{10}H_{12}$ .

**Hydrotraitement** : réaction de l'hydrogène sur une coupe pétrolière, en présence d'un catalyseur, permettant la transformation des composés soufrés en sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ), qui est éliminé par la suite.

**Indice de cétane** : Indice conventionnel qui mesure le délai d'auto-inflammation d'un gazole dans un moteur diesel. En France, l'indice de cétane d'un gazole moteur doit être égal ou supérieur à 48.

**Indice d'octane** : l'indice d'octane sert à mesurer la résistance à l'auto-inflammation d'un carburant. On l'exprime par un nombre compris entre 0 et 100 correspondant à un mélange particulier de deux hydrocarbures : l'heptane normal doté par convention d'un indice zéro et l'iso-octane très résistant d'indice 100. L'indice est défini comme le taux d'iso-octane du mélange iso-octane / heptane qui provoque l'apparition du cliquetis naissant.

**Raffinage du pétrole** : le raffinage a pour objet de séparer et d'améliorer les produits composant le pétrole.

**Reformage** : le reformage a pour but de transformer une coupe pétrolière à faible indice d'octane (naphta) en une essence à indice d'octane élevé.

## 6. Références

- [1] Testud, F., Pathologie toxique en milieu de travail. 1993, Lyon : Éditions Alexandre Lacassagne. 373 p.
- [2] Triolet, J., Panorama de l'utilisation des solvants en France fin 2004. Cahiers de notes documentaires, 2005. 199: p. 65-97.
- [3] Brignon, J., Benzène. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. 2006, INERIS. 18 p.
- [4] Normand, J.C., A. Bergeret, and G. Prost, Benzène, in Encyclopédie Médicale et Chirurgicale, Elsevier, Editor. 1997, Elsevier : Paris. 7 p.
- [5] Ministère de l'Économie des Finances et de l'Industrie, Indices mensuels de production du benzène. 2005.
- [6] INRS, Fiche toxicologique "Benzène". 2004, INRS : Paris. 8 p.
- [7] Browning, E., Toxicity and metabolism of industrial solvents. 1965, Elsevier. 739 p.
- [8] Simonin, C., Médecine du travail. 2<sup>e</sup> ed. Les précis pratiques. 1967, Paris : librairie Maloine SA. 1406 p.
- [9] Directive 1998/70/CE du Parlement européen et du conseil du 13 octobre 1998 concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel modifiant la directive 93/12/CEE du Conseil, in Journal officiel des Communautés européennes. 1998. p. 58-68.
- [10] Delon, J., Approche de la toxicologie des garages. 1986, Comité d'hygiène industrielle.
- [11] INRS, Fiche toxicologique "Essences spéciales". 1999, INRS. 5 p.
- [12] Total Solvants, Essences spéciales. 1987, Total.
- [13] Vallaud, A., L'hygiène et la sécurité dans l'emploi des hydrocarbures benzéniques, ed. INRS. 1977.
- [14] IARC, Some organic solvents, resin monomers and related compounds, pigments and occupational exposures in paint manufacture and painting. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, ed. IARC. Vol. 47. 1989, Lyon: International Agency for Research on Cancer. 535 p.
- [15] INRS, Fiche toxicologique "White-spirit". 1998, INRS. 5 p.
- [16] INRS, Fiche toxicologique "Solvants naphta et solvants aromatiques". 1999, INRS : Paris. 5 p.
- [17] INRS, Fiche toxicologique "Pétroles lampants". 1998, INRS. 5 p.
- [18] Boust, C. and R. Lebreton, Combustibles et carburants pétroliers. 2006, INRS.
- [19] IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>
- [20] INRS, Produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - Classification réglementaire. 2006, INRS: Paris. 68 p.
- [21] Courtois, B., Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. 2006, INRS : Paris. 23 p.
- [22] Groupe de travail OMS, White-spirit. Environmental Health Criteria. Vol. 187. 1996, Genève. 122 p.
- [23] Enquête SUMER 2006; <http://www.travail.gouv.fr/etudes-recherche-statistiques/staistiques/sante-au-travail/enquetes/sumer-2013.html>
- [24] Équipe Sumer, Les expositions aux risques professionnels. Les produits chimiques. Résultats SUMER 2003, DARES : Paris. 363 p.
- [25] Bogadi-Sare, A., M. Zavalic, and R. Turk, Utility of a routine medical surveillance program with benzene exposed workers. Am J Ind Med, 2003. 44(5): p. 467-73.
- [26] Bond, G.G., *et al.*, An update of mortality among chemical workers exposed to benzene. Br J Ind Med, 1986. 43(10): p. 685-91.
- [27] Davenport, A.C., T.J. Glynn, and H. Rhambarose, Coast Guard exposure to gasoline, MTBE, and benzene vapors during inspection of tank barges. Aihaj, 2000. 61(6): p. 865-72.
- [28] Dosemeci, Cohort study among workers exposed to benzene in China. II exposure assessment. Am J Ind Med, 1994. 26(3): p. 401-411.

- [29] Fu, H., *et al.*, Cancer mortality among shoe manufacturing workers: an analysis of two cohorts. *Occup Environ Med*, 1996. 53(6): p. 394-8.
- [30] Gaudin, R., *et al.*, Exposition au benzène chez les mécaniciens - Évaluation atmosphérique et surveillance biologique. *Cahiers de notes documentaires*, 2002(188).
- [31] Halder, C.A., *et al.*, Gasoline vapor exposures. Part I. Characterization of workplace exposures. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1986. 47(3): p. 164-72.
- [32] Hotz, P., *et al.*, Biological monitoring of vehicle mechanics and other workers exposed to low concentrations of benzene. *Int Arch Occup Environ Health*, 1997. 70(1): p. 29-40.
- [33] Irving, W. and T. Grumbles, Benzene exposures during gasoline leading at bulk marketing terminals. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1979. 40(6): p. 468-473.
- [34] Javelaud, B., *et al.*, L'exposition au benzène des mécaniciens et des citernistes. *Documents pour le médecin du travail*, 2000(82): p. 125-131.
- [35] Javelaud, B., *et al.*, Benzene exposure in car mechanics and road tanker drivers. *Int Arch Occup Environ Health*, 1998. 71(4): p. 277-83.
- [36] Levery, G., *et al.*, Evaluation du risque lié à l'exposition au benzène chez les mécaniciens de garage. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1989: p. 368-371.
- [37] Lewis, S.J., *et al.*, Retrospective estimation of exposure to benzene in a leukaemia case-control study of petroleum marketing and distribution workers in the United Kingdom. *Occup Environ Med*, 1997. 54: p. 167-175.
- [38] Machefer, J., P. Bidron, and P. Guigner, Exposition aux hydrocarbures benzéniques chez les mécaniciens et les pompistes. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1990. 51(2): p. 89-94.
- [39] Madl, A.K. and D.J. Paustenbach, Airborne concentrations of benzene and mineral spirits (stoddard solvent) during cleaning of a locomotive generator and traction motor. *J Toxicol Environ Health A*, 2002. 65(23): p. 1965-79.
- [40] McDermott, H.J. and G.A. Vos, Service station attendants' exposure to benzene and gasoline vapors. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1979. 40(4): p. 315-21.
- [41] Mériot, A., *et al.*, Évaluation de l'exposition au benzène de 100 mécaniciens du Finistère. *Archives des Maladies professionnelles*, 1994. 55(8): p. 595-602.
- [42] Moszczynski, P., The effect of cigarette smoking on the indexes of immunity and acute phase reaction in subjects with occupational exposure to organic solvents. *Cent Eur J Public Health*, 1993. 1(1): p. 41-45.
- [43] Nisse, C., *et al.*, Evaluation de l'exposition au benzène chez les transporteurs de carburant. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1999. 60(5): p. 430-432.
- [44] Ott, M.G., *et al.*, Mortality among individuals occupationally exposed to benzene. *Arch Environ Health*, 1978. 33(1): p. 3-10.
- [45] Pagnotto, L., H. Elkins, and H. Brugsch, Benzene exposure in the rubber coating industry. A follow-up. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1979. 40(137).
- [46] Panev, T., *et al.*, Assessment of the correlation between exposure to benzene and urinary excretion of t,t-muconic acid in workers from a petrochemical plant. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2002. 75 (Suppl): p. S97-S100.
- [47] Phillips, C.F. and R.K. Jones, Gasoline vapor exposure during bulk handling operations. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1978. 39(2): p. 118-28.
- [48] Solvignon, L., Mesure de l'exposition au benzène des citernistes dans leur activité de livraison de super carburant, in *Faculté de Médecine Alexis Carrel*. 1995, Université Claude Bernard : Lyon. 29 p.
- [49] Tetu, S., Surveillance des salariés faiblement exposés au benzène par le dosage de l'acide muconique urinaire, in *Institut Universitaire de Médecine du Travail*. 1997, Université Claude Bernard : Lyon. 15 p.

- [50] Tsai, S.P., *et al.*, Retrospective mortality and medical surveillance studies of workers in benzene areas of refineries. *J Occup Med*, 1983. 25(9): p. 685-92.
- [51] Van Ert, M., *et al.*, Worker exposures to chemical agents in the manufacture of rubber tires. *Am Ind Hyg Asso J*, 1980. 41(3): p. 212-219.
- [52] Waidyanatha, S., *et al.*, Urinary benzene as a biomarker of exposure among occupationally exposed and unexposed subjects. *Carcinogenesis*, 2001. 22(2): p. 279-286.
- [53] Yu, I.T., *et al.*, Occupational exposure to mixtures of organic solvents increases the risk of neurological symptoms among printing workers in Hong Kong. *J Occup Environ Med*, 2004. 46(4): p. 323-30.
- [54] Lindstrom, K. and G. Wickstrom, Psychological function changes among maintenance house painters exposed to low levels of organic solvent mixtures. *Acta psychiatr Scan Suppl*, 1983. 303: p. 81-91.
- [55] Niemela, R., P. Pfaffli, and H. Harkonen, Ventilation and organic solvent exposure during car washing. *Scand J Work Environ Health*, 1987. 13(5): p. 424-30.
- [56] Riala, R., *et al.*, Solvent exposure in construction and maintenance painting. *Scand J Work Environ Health*, 1984. 10(4): p. 263-6.
- [57] Smith, T.J., S.K. Hammond, and O. Wong, Health effects of gasoline exposure. I. Exposure assessment for U.S. distribution workers. *Environ Health Perspect*, 1993. 101 Suppl 6: p. 13-21.
- [58] Nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles PCS. 2<sup>nd</sup>e ed. 1994: INSEE. 417 p.
- [59] Nomenclature d'activités et de produits françaises NAF-CPF. 1999, Paris : INSEE. 741 p.
- [60] Classification internationale type des professions. Édition révisée ed. 1968, Genève : Bureau international du travail. 415 p.
- [61] Index de la classification internationale, type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique. Série M n° 4, Rev.2/Add.1. 1975, New York: Nations Unies. 266 p.
- [62] Union française des industries pétrolières. PétroDico. Le lexique de l'industrie pétrolière. 2007; <http://www.ufip.fr>
- [63] Société française de chimie. 2007; <http://www.sfc.fr>

## Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers

### Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers

Ce guide a pour but de présenter la matrice emplois-expositions spécifique des carburants et des solvants pétroliers développée par le Département santé travail (DST) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Umrestte (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en transport travail environnement, Inrets/UCBL/InVS), et de donner des éléments techniques sur l'exposition professionnelle à ces produits en France. La matrice emplois-expositions fournit, pour l'ensemble des emplois considérés exposés en France, la probabilité, la fréquence et l'intensité d'exposition pour cinq catégories de carburants ou solvants pétroliers (benzène ; essences spéciales et autres coupes pétrolières non aromatiques ; essence carburant ; white-spirits et autres coupes aromatiques légères ; gazole, fiouls et kérosène), ainsi qu'une probabilité et un niveau pour l'exposition à au moins l'un de ces produits.

La matrice, accompagnée d'une plaquette synthétique de présentation, est consultable sur le site Internet de l'InVS (<http://www.invs.sante.fr>).

## Technical data on occupational exposure to fuel oils and petroleum solvents

### Job-exposure matrix for fuel oils and petroleum solvents

*The aim of this guide is to present the specific job-exposure matrix for fuel oils and petroleum solvents that was developed by the Occupational Health department at the French Institute for Public Health Surveillance (Institut de veille sanitaire, InVS) and the Umrestte (Epidemiological Research and Surveillance Unit in Transport Occupation and Environment, Inrets/UCBL/InVS). The guide will provide technical data on occupational exposure to those products in France. For all of the jobs considered as exposed in France, the job-exposure matrix provides the probability, frequency and exposure intensity for five fuel oils or petroleum solvents (benzene, other aliphatic mineral spirits, motor gasoline, white-spirits and other light aromatic mixtures, gasoil, fuels and kerosene), as well as the probability and an exposure-level to one of those products at least.*

*The matrix, together with its presentation booklet, is available for consultation on the InVS website (<http://www.invs.sante.fr>).*

#### Citation suggérée :

Pilorget C, Dananché B, Luce D, Févotte J – Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers – Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers – Institut de veille sanitaire – Saint-Maurice (Fra), Umrestte – Lyon, 2007, 21 p. Disponible sur [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)