



---

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**  
Formation des ingénieurs du  
génie sanitaire  
2001-2002

---

# REJETS À L'ATMOSPHÈRE DES CABINES DE PEINTURE

-éléments en vue d'une Évaluation des Risques Sanitaires-

---

**Présenté par :**

M. Christophe CORBEL  
Ingénieur ENSIL

**Lieu de stage :**

DDASS de la Sarthe  
Service Santé Environnement

**Accompagnant professionnel :**

M. Yvonnick Guillois Bécel, IGS

**Référent pédagogique :**

Pr. Michel Clément, ENSP

---

## REMERCIEMENTS

*Je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur Guillois Bécél qui a su se montrer disponible. Ses conseils m'ont été fort utiles tout au long de ce stage. Je le remercie également de m'avoir donné l'opportunité de travailler dans son service à la DDASS de la Sarthe.*

*Je tiens également à remercier l'ensemble des carrossiers qui m'ont présenté leurs installations. L'accueil des professionnels de l'automobile fut chaleureux et leurs explications très profitables.*

*Je remercie l'équipe du service santé environnement de la DDASS 72 qui a permis que ce stage se déroule dans les meilleures conditions, et en particulier Robert Derouineau, Guy Poidvin et Sylvie Gaudin qui m'ont apporté les informations nécessaires au bon déroulement du mémoire.*

*Enfin, je voudrais remercier l'ensemble des professeurs de l'École Nationale de la Santé Publique pour cette année enrichissante. Mes remerciements vont tout particulièrement à Monsieur Clément pour ses conseils prodigués au cours de cette période de fin d'étude.*

## RESUME

La directive européenne [44] impose une réduction des émissions de composés organiques volatils (COV) afin de limiter la production d'ozone troposphérique. La transposition en droit français de cette directive s'est traduite par une modification de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Depuis le 30 avril 2002, les carrosseries sont soumises à cette réglementation dès lors qu'elles utilisent plus de **500 kg.an<sup>-1</sup> de solvant**.

De nombreux produits différents sont utilisés dans le cadre de l'activité de peinture des carrosseries. La réduction d'émission de COV imposée par la directive européenne stipule qu'en **2007**, les carrosseries auront adopté des systèmes de peinture émettant moins de COV (produits hydrodiluable et haut extrait sec). Les cabines de peinture sont en effet équipées de système de filtration efficace pour retenir les matières solides contenues dans les peintures, mais les **COV ne sont pas traités** avant rejet à l'atmosphère.

Le mémoire présente des éléments pour une Évaluation des Risques Sanitaire (**ERS**) de **premier niveau** d'approche. Cette ERS est illustrée par un exemple prenant en considération deux carrosseries **théoriques**, l'une utilisant les produits traditionnels, l'autre utilisant des produits contenant moins de COV.

**155 substances** dangereuses entrant dans la composition des produits utilisés par les peintres ont été recensées. **6 traceurs** de risques ont ensuite été sélectionnés parmi elles afin d'évaluer les troubles olfactifs, les effets toxiques -aigus et chroniques- et les effets cancérigènes.

Une approche des expositions par **modélisation** de la dispersion atmosphérique des rejets est ensuite présentée. Le modèle choisi (ISCST3) a été développé par l'US-EPA, il est de type gaussien.

Les résultats de la modélisation suggèrent que les risques toxicologiques et cancérigènes induits par l'activité de la cabine de peinture sont acceptables. Ces résultats **ne** peuvent toutefois **pas** être appliqués à une installation existante. La **spécificité** de chaque cabine devant être prise en compte, notamment les produits utilisés, l'activité de la cabine, les conditions de dispersion, les populations exposées.

## MOTS – CLES

cabine de peinture ; carrosserie automobile ; évaluation des risques sanitaires ;  
dispersion ; modélisation

# ABSTRACT

## SPRAY BOOTH'S DISCHARGE INTO THE ATMOSPHERE

-tools for an health risk assessment-

In order to avoid tropospheric ozone formation, an **European law** imposes the reduction of volatile organic compound (VOC) emissions. The field of vehicle refinishing will be affected and **paint formulation** will be modified to reach the requirement laid down by the European Regulation. Two kinds of products are already available: the first ones are high solid content products and the second ones are waterborne products.

A **health risk assessment** has been realized, considering two theoretical spray booths. More than 150 substances were brought out. Several hazards were associated with these substances: olfactory nuisance, acute and chronic toxicological hazards, and carcinogenic effects. Six risk tracers were considered amongst these substances. Exposures of population were then estimated by **modeling the atmospheric dispersion**. The model used was ISCST3, a gaussian model developed by the US-EPA. Only olfactory nuisance appeared.

Theoretical spray booths results must not be applied to a real case. Indeed, numerous **differentiations** must be considered when a risk assessment is realized: types of substances, spray booth's activity, discharge into the environment conditions and population exposure are key parameters that must be taken into account for each case.

## KEY-WORDS

spray booth; bodyshop; health risk assessment; dispersion; modeling

# SOMMAIRE

<b>1 - Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2 - L'activité de peintre carrossier</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Contexte économique</b>	<b>2</b>
2.1.1 Le marché	2
2.1.2 La chaîne de distribution	3
2.1.3 Les fabricants	4
2.1.4 Les distributeurs	4
2.1.5 Les peintres carrossiers	5
<b>2.2 Le procédé de mise en peinture en carrosserie</b>	<b>5</b>
2.2.1 Présentation des produits et de leurs constituants	6
2.2.1.1 Présentation des produits	6
2.2.1.1.1 Les produits de nettoyage	6
2.2.1.1.2 Les mastics	7
2.2.1.1.3 Les apprêts	7
2.2.1.1.4 Les peintures	8
2.2.1.1.5 Les vernis	8
2.2.1.2 Présentation des constituants	9
2.2.1.2.1 Les liants	9
2.2.1.2.2 Les pigments	11
2.2.1.2.3 Les solvants	11
2.2.1.2.4 Les durcisseurs	12
2.2.1.2.5 Autres substances entrant dans la composition des peintures	12
2.2.1.2.6 Substances propres aux peintures en phase aqueuse	13
2.2.1.3 Les différents types de réparation	13
2.2.2 Présentation des installations et description de leurs fonctions	14
2.2.2.1 Le laboratoire	14
2.2.2.1.1 Stockage des peintures et produits d'application	15
2.2.2.1.2 Préparation des mélanges	15
2.2.2.1.3 Nettoyage des instruments	15
2.2.2.2 La cabine de peinture	16
<b>2.3 Émissions relatives aux activités de peinture</b>	<b>17</b>
2.3.1 Rejets gazeux	17
2.3.1.1 Rejets canalisés	17
2.3.1.2 Les rejets diffus	18
2.3.2 Rejets liquides	18
2.3.3 Rejets solides	18
<b>3 - Contexte législatif et réglementaire relatif aux rejets atmosphériques des cabines de peinture</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Législation européenne</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Législation et réglementation françaises</b>	<b>20</b>
3.2.1 Le Code de l'environnement : veiller à la santé publique !	20
3.2.2 Revue des textes législatifs et réglementaires	20
3.2.2.1 Législation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)	20
3.2.2.1.1 Situation avant 1996	20
3.2.2.1.2 ... de 1996 à 2002 ...	21
3.2.2.1.3 ... et depuis le 30 avril 2002	22
3.2.2.1.4 Autres textes applicables aux carrosseries classées	22
3.2.2.2 Règlement sanitaire départemental (RSD)	23
3.2.2.3 Code du travail	23
3.2.2.4 Code de l'urbanisme	24
3.2.3 Jurisprudence [43]	24
3.2.3.1 Affaire Renaux : Rôle du préfet, des communes et statut d'ICPE	24
3.2.3.2 Affaire Elia contre garage du gymnase	25
3.2.3.3 Affaire Malin : construction en zone UD d'un POS	25
3.2.3.4 Jurisprudence générale relative aux odeurs [32]	26

<b>3.3 Bilan sur la réglementation en vigueur</b>	<b>26</b>
<b>4 - Éléments de réflexion en vue d'une Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) de premier niveau</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Identification des dangers, relations dose-réponse et dose-effet</b>	<b>27</b>
4.1.1 Recensement des substances présentes	27
4.1.2 Recherche du potentiel dangereux, relations dose-réponse et dose-effet	28
4.1.3 Sélection des substances dangereuses	29
4.1.3.1 Première étape : 20 substances prioritaires	29
4.1.3.2 Seconde étape : 6 traceurs de risque	32
4.1.3.2.1 L'acétate de butyle	32
4.1.3.2.2 L'éthylène glycol mono butyle éther (EGBE)	33
4.1.3.2.3 Le formaldéhyde	33
4.1.3.2.4 Le 1,6 diisocyanate d'hexaméthylène (HDI)	33
4.1.3.2.5 L'oxyde de nickel	33
4.1.3.2.6 Le toluène	34
4.1.4 Application à un cas particulier	34
<b>4.2 Estimation des expositions</b>	<b>35</b>
4.2.1 Caractérisation des flux de rejets	35
4.2.1.1 Estimation de la quantité de substance dans chaque produit	36
4.2.1.2 Estimation de la consommation par catégorie de produit	36
4.2.1.3 Calcul des quantités émises	37
4.2.1.4 Contrôle des hypothèses	39
4.2.2 Approche par modélisation	39
4.2.2.1 Choix du modèle	39
4.2.2.2 Définition des rejets	40
4.2.2.2.1 Géométrie du site « type »	40
4.2.2.2.2 Caractérisation des flux émis	41
4.2.2.3 Paramétrage des données météo	42
4.2.2.3.1 Données disponibles	42
4.2.2.3.2 Données non disponibles	42
4.2.2.3.3 Données non prises en compte	42
4.2.2.4 Résultats de la modélisation	43
4.2.2.4.1 Types de résultats fournis par ISCST3	43
4.2.2.4.2 Concentrations modélisées	43
4.2.3 Approche analytique des expositions	44
4.2.4 Détermination des niveaux d'exposition	44
4.2.4.1 Hypothèses relatives aux expositions des populations	44
4.2.4.1.1 Définition du budget espace temps	44
4.2.4.1.2 Définition de la dose d'exposition	45
<b>4.3 Vers une caractérisation des risques sanitaires</b>	<b>46</b>
4.3.1 Approche par modélisation	46
4.3.1.1 Nuisances olfactives et effets non cancérigènes	46
4.3.1.1.1 Nuisances olfactives	46
4.3.1.1.2 Effets toxiques non cancérigènes	47
4.3.1.2 Effets cancérigènes	48
4.3.1.3 Incertitudes de la modélisation	49
4.3.2 Approche analytique	50
<b>5 - Conclusion</b>	<b>51</b>
<b>Table des ANNEXES</b>	<b>52</b>
<b>Glossaire</b>	<b>106</b>
<b>Bibliographie : [1] à [43]</b>	<b>111</b>
<b>Références réglementaires : [44] à [53]</b>	<b>112</b>
<b>Sites internet : [54] à [84]</b>	<b>113</b>
<b>Personnes ressources : [85] à [95]</b>	<b>114</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Fabricants de peintures – répartition du marché en 1994 [61, 10]	4
Tableau 2 : Évolution du nombre d’ateliers de carrosseries prévue de 1999 à 2007 [10]	5
Tableau 3 : Répartition des principaux constituants des produits de système de peinture et abondance relative	9
Tableau 4 : Teneur en COV des principaux produits commercialisés [10]	12
Tableau 5 : Couches appliquées en fonction du type de finition [70, 41]	14
Tableau 6 : Réduction des émissions de COV : dates d’applications et objectifs [44]	19
Tableau 7 : Synoptique de l’évolution de la nomenclature des ICPE concernant l’activité de peintre carrossier, de 1996 à 2002	22
Tableau 8 : Débit d’odeur maximum conseillé en fonction de la hauteur d’émission [32]	23
Tableau 9 : Sources d’informations utilisées pour la recherche des dangers et les définitions de relations dose-réponse et dose-effet	28
Tableau 10 : Méthodologie employée pour la sélection des substances	29
Tableau 11 : Liste des substances dangereuses prioritaires contenues dans les produits de peinture	31
Tableau 12 : Durée de <i>process</i> (minutes) pour différents types d’application [10]	37
Tableau 13 : Estimation de la masse (gramme) de substance émise au cours d’une retouche automobile, en fonction de la taille de réparation	38
Tableau 14 : Paramètres constants retenus pour caractériser les rejets de cabine de peinture	40
Tableau 15 : Flux des traceurs de risque pris en compte pour la modélisation	41
Tableau 16 : Concentrations modélisées par ISCST3 aux points de valeurs maximales	44
Tableau 17 : Valeurs utilisées pour le calcul des concentrations moyennes d’exposition (CI)	45
Tableau 18 : Récapitulatif des troubles olfactifs attribuables aux cabines de peinture théoriques modélisées	46
Tableau 19 : Récapitulatif des effets toxiques aigus attribuables aux cabines de peinture théoriques modélisées	47
Tableau 20 : Récapitulatif des effets toxiques chroniques attribuables aux cabines de peinture théoriques modélisées	48
Tableau 21 : Calculs pour la caractérisation de l’effet cancérigène d’après les résultats modélisés	49
Tableau 22 : Influence des différents facteurs sur les concentrations modélisées	50
Tableau 23 : Synoptique concernant l’acétate de butyle	58
Tableau 24 : Synoptique concernant l’EGBE	63
Tableau 25 : Synoptique concernant le formaldéhyde	65
Tableau 26 : Synoptique concernant le HDI	66
Tableau 27 : Synoptique concernant l’oxyde de nickel	70
Tableau 28 : Synoptique concernant le toluène	71
Tableau 29 : Définition des substances cancérigènes selon l’US-EPA, l’OMS et la CEE	74
Tableau 30 : Hypothèses relatives aux émissions des peintures solvantées %	76
Tableau 31 : Hypothèses relatives aux émissions des peintures hydrodiluable %	77
Tableau 32 : Quantité de produit utilisée en fonction du type de réparation	78
Tableau 33 : Teneur en COV (g.L <sup>-1</sup> ) des produits utilisés en carrosserie	79
Tableau 34 : Émissions de COV en fonction du type de couche appliquée [10]	82
Tableau 35 : Correspondance entre stabilité atmosphérique, dispersion des polluants et classe de Pasquill [82], [74]	84
Tableau 36 : Détermination des classes de Pasquill en fonction des conditions météorologiques [82]	84

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Évolution du marché de la peinture carrosserie de 1990 à 2000 [61]	3
Figure 2 : Exemple de séquence de préparation d'une peinture	8
Figure 3 : Polymérisation des polyuréthanes [30]	10
Figure 4 : Représentation schématique d'une cabine de peinture	16
Figure 5 : Comparaison des émissions d'acétate de butyle mesurées [33] et calculées	80
Figure 6 : Comparaison des émissions de toluène mesurées [33] et calculées	81
Figure 7 : Comparaison des émissions de xylènes mesurées [33] et calculées	81
Figure 8 : Modélisation de la dispersion : représentation schématique des concentrations en deux points situés sur l'axe des concentrations maximales	83
Figure 9 : Concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la vitesse du vent	86
Figure 10 : Concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la hauteur du garage	87
Figure 11 : Concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la classe de stabilité	88
Figure 12 : Concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la hauteur de couche de mélange	89
Figure 13 : Concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la période de demi-vie	90
Figure 14 : Représentation graphique des concentrations maximales horaires ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-900 ; -900) à (900 ; 900), avec un pas de 100 m	92
Figure 15 : Représentation graphique des concentrations maximales horaires ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-900 ; -900) à (900 ; 900), avec un pas de 30 m	93
Figure 16 : Représentations graphiques des concentrations maximales horaires ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-100 ; -100) à (100 ; 100), avec un pas de 5 m	93
Figure 17 : Représentations graphiques des concentrations moyennes annuelles ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-900 ; -900) à (900 ; 900), avec un pas de 30 m	94
Figure 18 : Principe de fonctionnement du modèle ISC	102

## SIGLES ET ABREVIATIONS

Sigle ou abréviation	équivalent anglais	signification
	ACGHI	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
	ARB	Air Resources Board (dépendant de l'état de Californie)
	ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (dépend des CDC d'Atlanta)
CA		chiffre d'affaire
CAA		Cours Administrative d'Appel
	CASRN	Chemical Abstract Service Registry Number
cat.		catégorie
	CDC	Center for Disease Control
CEE	EEC	Communauté Économique Européenne
CEPE		Conseil Européen de l'industrie des Peintures des Encres d'imprimerie et des couleurs d'art
CIRC	IARC	Centre International de Recherche sur le Cancer
COV	VOC	composé organique volatil = ([2]) tout composé organique ayant une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus à une température de 293,15 K (20 °C) ou ayant une volatilité correspondante dans les conditions d'utilisation particulières
CRAM		Caisse Régionale d'Assurance Maladie
D		diamètre intérieur de la cheminée [L]
DDASS		Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
	DHS	Department of Health Service (dépend de l'état de Californie)
DIS		Déchet Industriel Spécial
DRIRE		Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DSENO	NOAEL	Dose Sans Nocif Effet Observé -No Observed Adverse Effect Level
DSEO	NOEL	Dose Sans Effet Observé - No Observed Effect Level
e		mis à droite d'une valeur pour signifier que celle-ci a été obtenue à partir d'une extrapolation (pression de vapeur en dehors d'une plage d'application de la loi d'Antoine par exemple)
EGBE		éthylène glycol monobutyle éther
	EHC	Environmental Health Criteria (mené par l'OMS)
ENSIL		École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges
ENSP		École Nationale de la Santé Publique
ERI		Excès de Risque Individuel
ERU		Excès de Risque Unitaire
F		Femelle

FDS	MSDS	Fiches de Données de Sécurité - Material Safety Data Sheet
	FID	Flame Induction Detector (détecteur à induction de flamme)
FIPEC		Fédération des Industries des Peintures, Encres, Couleurs, colles et adhésifs
FNA		Fédération Nationale de l'automobile
GB		Grande Bretagne
	GC	Gas Chromatography - chromatographie en phase gazeuse
HAP	PAH	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC		HydroCarbure
HDI		1,6 Hexaméthylène Diisocyanate
HS	HS	produit à Haut extrait Sec - High Solids
	HSDB	Hazardous Substances Data Base
IC <sub>95</sub>		Intervalle de Confiance au seuil de 95% de précision
ICPE		Installation Classée pour la Protection de l'environnement (~/D : soumis à déclaration, ~/A : soumis à autorisation)
IES		Ingénieur d'Étude Sanitaire
IGS		Ingénieur du Génie Sanitaire
INÉRIS		Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
InVS		Institut de Veille Sanitaire
	IPCS	International Program on Chemical Safety (sous l'égide de l'OMS)
IPSN		Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire
IR		Indice de Risque = concentration moyenne inhalée / VTR
	IRIS	Integrated Risk Information System
	ISCST3	Industrial Source Complex – Short Term (Version 3)
	ITER	International Toxicity Estimates for Risk
JOCE		Journal Officiel de la Communauté Européenne
JORF		Journal Officiel de la République Française
kF		kilofranc
LCPP		Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris
M		Mâle
MAK		voir VME
MATE		Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'Environnement (désormais dénommé Ministère de l'Écologie et du Développement Durable)
mg C.Nm <sup>-3</sup>		milligrammes de carbone par normaux mètres cubes
nb		nombre

NFS		Numération de la Formulation Sanguine
	NLM	National Library of Medicine
OMS	WHO	Organisation Mondiale de la Santé
ONU		Organisation des Nations Unies
	OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PC		Permis de Construire
PLU		Plan Local d'Urbanisme
POS		Plan d'Occupation des Sols
PUR		PolyURéthane
	RfC	Concentration de Référence
	RfD	Dose de Référence
	rfu	ready for use - prêt à l'emploi
RSD		Règlement Sanitaire Départemental
SNC		Système Nerveux Central
T		Tonne
TA		Tribunal Administratif
	TERA	Toxicology Excellence for Risk Assessment
TS		Travail et Sécurité
u		vitesse du vent au niveau de la sortie de cheminée [ $L.T^{-1}$ ]
UE		Union Européenne
US EPA		United States' Environmental Protection Agency - agence de protection de l'environnement des états unis d'Amérique
	USA	états UniS d'Amérique
	UTC	Universal Time Coordinated (heure universelle : ajouter 1 h en hiver, 2 heures en été pour avoir l'heure française)
VME	TVL	Valeur Maximale d'Exposition (GB: TVL = Threshold Limit Value, allemand: MAK = Maximal Arbeitsplatz Konzentration) = limite d'exposition professionnel ( VTR)
vs		vitesse d'éjection des gaz [ $L.T^{-1}$ ]
VTR		Valeur Toxicologique de Référence (terme général englobant les MRL de l'ATSDR, RfC de l'IRIS, valeurs guide de l'OMS, les ERU...) Les VTR ne sont pas des VME : elles sont établies dans le but de préserver la santé publique (population et durée d'exposition différentes).
	WB	WaterBorne (produits hydrodiluable)
ZAC		Zone d'Aménagement Concerté
	2K	2 composantes
/a	pa	par an
@		à la température de ... ([71])

# 1 - INTRODUCTION

En dépit de l'**amélioration de la qualité** de l'air observée depuis quelques décennies en France et en Europe, la pollution atmosphérique reste un risque majeur pour la santé. De récentes études épidémiologiques montrent que les effets se font ressentir même aux faibles niveaux de pollution (effets sans seuil). L'ensemble de la population étant exposé, l'impact collectif s'avère être élevé (plusieurs centaines de milliers de décès prématurés en Europe chaque année [38]). Les principales sources de pollution mises en cause étant le trafic routier et les sources industrielles.

Les sources de **pollution atmosphérique urbaine** sont nombreuses et variées. Parmi elles, les installations artisanales de **peinture** émettent de nombreuses substances pouvant être à l'origine de plainte de voisinage. Les riverains associent alors parfois nuisance olfactive et effet toxique, les produits utilisés dans le cadre des activités de peinture étant connus pour leur nocivité. Les rejets atmosphériques des cabines de peinture de carrosseries automobiles en particulier seront étudiées dans le cadre de ce mémoire.

Les produits utilisés par les peintres carrossiers sont en train d'évoluer, sous la pression réglementaire. En effet, pour limiter la formation d'ozone troposphérique la réglementation européenne vise à diminuer la consommation de composés organiques volatils. Cette restriction concerne tous les secteurs d'activité émettant des COV, dont la peinture, grande utilisatrice de solvants. Ainsi deux nouveaux types de produits, moins émissifs, sont récemment apparus : des produits à teneurs réduites en solvants (Haut extrait Sec) et des produits dont le principal solvant est l'eau (produits hydrodiluables). Les carrosseries devraient utiliser ces produits d'ici 2007.

La **compétence** des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (**DDASS**) peut être **engagée** pour les petites installations de peinture qui ne relèvent pas de la réglementation des installations classées. Aussi ce mémoire propose-t-il d'aider les agents concernés afin :

- ⇒ d'appréhender les activités de carrosserie ;
- ⇒ d'orienter leurs choix dans une démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS).

Pour cela, le mémoire sera construit autour de trois axes :

- ⇒ la présentation de l'activité du peintre carrossier, des produits et méthodes employés ;
- ⇒ une revue des textes réglementaires concernant cette activité ;
- ⇒ des éléments pour une évaluation des risques sanitaires.

## 2 - L'ACTIVITE DE PEINTRE CARROSSIER

L'**activité de carrosserie** est définie par la directive européenne 1999/13/CE [44] de la façon suivante : « *toutes les réparations, l'entretien ou la décoration exécutés en dehors des installations du constructeur, et toutes les opérations de remise en peinture des véhicules, ainsi que les opérations connexes de dégraissage à appliquer* ».

Ce mémoire **ne concerne** donc **pas** les activités de peinture automobile de première monte (sur les chaînes de production des fabricants de voiture). Les produits utilisés en première monte sont légèrement différents et les installations de mise en peinture de première monte sont systématiquement des installations classées pour la protection de l'environnement.

Le **principe** de mise en **peinture** d'un objet est relativement simple : après une mise à nu et un nettoyage soigneux de la surface, plusieurs couches sont appliquées, ces couches forment un feuillet par séchage (évaporation des solvants) et durcissement (réticulation<sup>☆a</sup> par action des durcisseurs).

Le but de la peinture est triple :

- ⇒ protection contre la corrosion ;
- ⇒ aspect esthétique ;
- ⇒ reconnaissance des différents véhicules (services de secours).

### 2.1 Contexte économique

Le marché de la « peinture carrosserie » correspond aux produits de réparation et d'entretien des carrosseries de véhicules. Il est distinct du marché des constructeurs automobiles de première monte. Les autres marchés de la peinture sont le bâtiment, les marchés grand public et l'industrie (application sur les chaînes de montage en général).

#### 2.1.1 Le marché

En 2000, le volume du marché **français** des peintures de carrosserie était le suivant [61] :

- ⇒ **2,3.10<sup>9</sup> de francs soit** 350 millions d'euros (+3,3 % par rapport à 1999) ;
- ⇒ 21 000 T (-0,2 % par rapport à 1999).

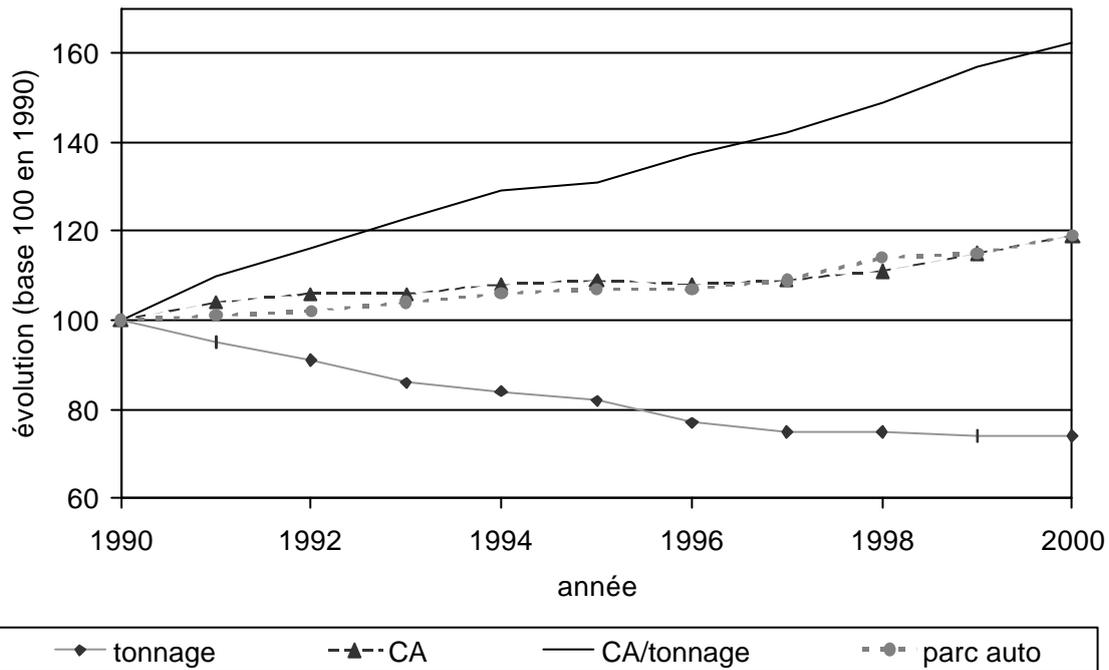
La **diminution du volume des ventes** observée au cours des dernières années s'explique par une amélioration du rendement d'application (moins de pertes lors du pistelage) et surtout par une concentration des peintures liée à une diminution des solvants (utilisation de nouvelles technologies de peintures telles que les « haut extrait sec »). De plus les peintures

---

<sup>a</sup> Les étoiles (☆) renvoient au glossaire pour la consultation de la définition.

de première monte sont de meilleure qualité depuis les années 1980, ce qui diminue le nombre de retouches effectuées en carrosserie (en **1980 30 %** des opérations de retouche automobile étaient liées à des **défauts** de peinture de première monte [10]).

L'augmentation du chiffre d'affaires (CA) ne correspondrait pas à une hausse du prix des produits liée au changement de technologie selon la Fédération des Industries des Peintures, Encres, Couleurs, colles et adhésifs (FIPEC), mais à l'augmentation du parc automobile.



**Figure 1 : Évolution du marché de la peinture carrosserie de 1990 à 2000 [61]**

La figure ci-dessus indique clairement que le marché de la peinture automobile s'est profondément modifié au cours des dix dernières années. Les prévisions laissent penser que ce secteur continuera d'évoluer avec la même tendance grâce au passage progressif des peintures traditionnelles vers les peintures à base d'eau, qui possèdent un meilleur pouvoir couvrant.

Le marché des peintures de carrosserie en Europe est estimé à  $150 \cdot 10^6$  L (soit  $188 \cdot 10^3$  T) [10] en 1994, ce qui est légèrement supérieur au volume utilisé en première monte.

### 2.1.2 La chaîne de distribution

La chaîne classique de distribution (et le nombre d'acteurs en France) est la suivante :

Fabricants (4-8) » distributeurs (600-700) » peintres carrossiers (18 000-20 000)

### 2.1.3 Les fabricants

Les fabricants produisent les systèmes de peinture à partir de substances de l'industrie chimique. Le marché est partagé entre plusieurs sociétés, dont chacune possède une ou deux marques pour distribuer leurs lignes de produits.

**Tableau 1 : Fabricants de peintures – répartition du marché en 1994 [61, 10]**

Société	pays	marques	Lignes de produits [10,(55,58,78)]	Part de marché UE [10]	Tonnage France (T) [61]	CA France (kF) [61]
<b>BASF</b>	Allemagne	R-M	Onyx, uno, diamont	<b>20 %</b>	3083	188
		Glasurit	90 line (WB)		1987	156
<b>Akzo Nobel</b>	Hollande-Suède	Sikkens	Autowave, autocryl	<b>13 %</b>	2236	143
		Lessonal				
<b>Du Pont de Nemours</b>	USA		Centari (Sol.), Cromax (WB)	<b>30 %</b>	2530	183
Herberts Hoechst	Allemagne	Standox	Standohyd, Standocyl		1756	96
			Permahyd			
Spies Hecker	Allemagne				1943	124
<b>PPG</b>	USA		Deltron, aquatron (WB)	<b>25 %</b>	2183	153
ICI Max Meyer	GB		Autocolor, Belco		2604	170
	Italie		Aquamax, Durlit		1136	65
<b>somme</b>					<b>7866</b>	<b>512</b>

Le marché mondial est dominé par quatre grands groupes : Akzo-Nobel, BASF, Dupont (qui a récemment acheté Herberts Hoechst) et PPG (qui a racheté ICI et Max Meyer). La colonne intitulée « part de marché UE » reprend les parts de marché de ces quatre grands groupes.

A cette liste, il convient d'ajouter la société Sodicom (marque IXELL, filiale de Renault) et quelques autres sociétés de taille beaucoup plus modeste, qui sont également présentes dans le secteur.

### 2.1.4 Les distributeurs

Entre 600 et 700 distributeurs font l'intermédiaire entre les fabricants et les carrossiers. En parallèle à ces fournisseurs de peinture, des commerçants proposent des accessoires et produits consommables, compatibles avec les systèmes de peinture.

### 2.1.5 Les peintres carrossiers

L'estimation du nombre exact de carrosseries existantes en France varie selon les sources entre 18 000 [61], 19 000 [94], et 20 000 [10]. La répartition en catégories d'installation est la suivante [94] :

- ⇒ 5 000 carrossiers ;
- ⇒ 12 000 garagistes réparateurs ;
- ⇒ 2 000 concessionnaires automobiles.

Une partie des carrossiers est regroupée en réseaux (7 réseaux, comptant chacun entre 25 et 200 adhérents). Le nombre total de personnes employées dans le secteur serait de 80 000 personnes [10], soit une moyenne de 4 personnes par structure.

La tendance au cours des années à venir serait une concentration des petits ateliers de réparation vers des structures plus importantes. Ce regroupement serait provoqué par la pression qu'exercent les compagnies d'assurance, qui attendent une gamme complète de services de la part des carrosseries. Le tableau ci-dessous montre la tendance à venir dans la répartition en taille des carrosseries.

**Tableau 2 : Évolution du nombre d'ateliers de carrosseries prévue de 1999 à 2007 [10]**

Taille de la carrosserie (nb d'employés)	Nombre de carrosseries en 1999	Nombre de carrosseries en 2007
Petite (1-5)	13 000	5 000
Moyenne (6-10)	5 000	7 000
Grande (> 10)	2 000	4 000
Somme	20 000	16 000

### 2.2 Le procédé de mise en peinture en carrosserie

La mise en peinture en réparation automobile permet de repeindre seulement la partie endommagée de la voiture. La peinture de véhicule entier est plus rare, mais également possible. Le déroulement de la mise en peinture comporte classiquement cinq étapes ( finition bicouche, cf. § 2.2.1.3) :

- ⇒ préparation de la surface :
  - nettoyage du subjectile\* ;
  - dégraissage ;
  - réparation (application du mastic) ;
  - ponçage, généralement mécanique ;
  - dégraissage et essuyage ;
  - masquage des pièces intactes ;

- ⇒ application du système de revêtement :
  - un ou plusieurs apprêts ;
  - de une à trois couches de peinture sont appliquées, avec éventuellement un temps de séchage entre chacune ;
  - application du vernis, si le système de peinture n'est pas à brillant direct ;
- ⇒ nettoyage de l'équipement ;
- ⇒ traitement des déchets.

La réparation automobile consiste donc à appliquer plusieurs **produits**<sup>a</sup> : mastic, apprêts, peinture et vernis. Ces applications se font de manière successive. Les différents produits étant généralement préparés par mélange de **constituants**<sup>b</sup> (contenant un grand nombre de **substances**<sup>c</sup>). Les produits « deux **composantes** » (2K) réfèrent à ceux préparés en additionnant un **durcisseur** à la préparation de base, la durée de vie du produit est alors de quelques heures (il peut également y avoir une addition de solvant (*i.e.* un 3<sup>ème</sup> constituant) pour diminuer la viscosité, mais il s'agit toujours de produits 2K).

## 2.2.1 Présentation des produits et de leurs constituants

Le but de cette partie est de présenter les produits utilisés par les peintres : quelles sont leurs fonctions et quelles sont les évolutions dans les utilisations [36,23,70,87].

La pression législative initie un important changement dans les produits actuellement utilisés. Les nouveaux produits doivent contenir moins de solvants et les carrossiers sont donc en train de se ré-équiper progressivement.

### 2.2.1.1 Présentation des produits

Les produits sont ici présentés dans l'ordre d'utilisation. Les différents produits sont dans la plupart des cas préparés extemporanément par le peintre, la durée de vie du produit prêt à appliquer étant de quelques heures. Le fabricant indique toujours les proportions de mélange à respecter pour préparer un produit à appliquer.

#### 2.2.1.1.1 Les produits de nettoyage

Les produits de nettoyage sont utilisés lors de la préparation de la carrosserie ou lors du nettoyage des instruments (pistolet). Ces mêmes produits peuvent parfois servir de diluant

---

<sup>a</sup> Le terme produit concernera dans ce rapport les matériaux tels qu'ils sont appliqués (par exemple un mastic ou un vernis).

<sup>b</sup> Le terme constituant réfère aux sous-produits mélangés afin de former le produit appliqué (par exemple le mastic contient deux constituants : une pâte de base et un durcisseur).

<sup>c</sup> Le terme de substance et ici préféré à celui de molécule car il peut désigner soit un ensemble de molécules (typiquement les coupes d'hydrocarbures telles que le *white spirit*) soit une molécule.

pour les peintures et être utilisés dans d'autres activités de la carrosserie (dégraissage en mécanique par exemple). Le décapage des carrosseries est effectué de manière mécanique, et les solvants chlorés ne sont plus utilisés (en France et dans la plupart des pays industrialisés) pour le décapage des anciennes peintures [80].

- ◆ Nettoyage des carrosseries

Les carrosseries doivent être soigneusement nettoyées et dégraissées pour permettre une bonne accroche de la peinture. Pour cela, les produits utilisés sont soit des solvants organiques (100 % de COV, soit environ 850 g.L<sup>-1</sup> de COV), soit des détergents en phase aqueuse dont la teneur en COV peut être réduite à 200 g.L<sup>-1</sup> [17].

- ◆ Nettoyage des instruments

Le nettoyage des pistolets dépend du type de produit appliqué (cf. § 2.2.2.1.3).

#### 2.2.1.1.2 Les mastics

Les mastics sont les seuls produits à ne pas être appliqués par pulvérisation : ils se présentent en effet sous forme de **pâte** épaisse. Le mastic est généralement appliqué au couteau sur les zones endommagées pour corriger la surface de la carrosserie et **combler** les creux. Les mastics sont le plus souvent des résines polyester, auxquelles le durcisseur est ajouté avant application. Il s'agit donc de systèmes à deux composantes. Les mastics sont caractérisés par leurs très forte teneur en matière sèche (85 à 95 % d'extrait sec).

#### 2.2.1.1.3 Les apprêts

On distingue deux types d'apprêt, ils peuvent cependant être réunis dans une même et unique préparation afin de limiter le nombre d'applications.

Les apprêts des systèmes solvantés traditionnels sont typiquement des systèmes à 2 composantes utilisant des résines polyuréthane - acrylique ou époxy. Les apprêts hydrodiluable sont disponibles en systèmes une ou deux composantes, avec le même type de résine (acrylique – polyuréthane et époxy).

- ◆ Les apprêts primaires

Les apprêts primaires (ou couche d'impression) servent à prévenir la **corrosion** de la carrosserie et permettent une parfaite accroche des couches supérieures. Ils sont appliqués sur la tôle préparée ou sur le mastic.

- ◆ Les apprêts surfaceurs

Les apprêts surfaceurs sont également appelés surfaceurs intermédiaires ou simplement apprêt. Leur rôle est de **niveler** la surface et de préparer l'application des bases colorées.

#### 2.2.1.1.4 Les peintures

Les peintures sont des produits liquides (dans le cas des carrosseries) destinés à être appliqués sur une surface pour former un revêtement opaque doté de qualités **protectrices** et **décoratives** particulières.

Le peintre possède une gamme de 30 à 90 couleurs initiales. Il mélange de deux à quatre pots (préparation de base) afin de retrouver la **teinte exacte** de la voiture à réparer. Pour cela, il dispose de teintes de référence, et de fiches de préparation (éventuellement informatisées sur la balance) mises à disposition par le fabricant de peinture.

Les systèmes traditionnels solvantés de peinture sont généralement des systèmes deux composants polyuréthane – acrylique à brillant direct ou vernis (25 à 55 % d'extrait sec), ils sont en déclin au profit des peintures à haut extrait sec ou hydrodiluable.

Les peintures hydrodiluable utilisent des résines polyuréthane ou époxy, la teneur en COV de ces peintures est abaissée à 150 - 400 g.L<sup>-1</sup>.

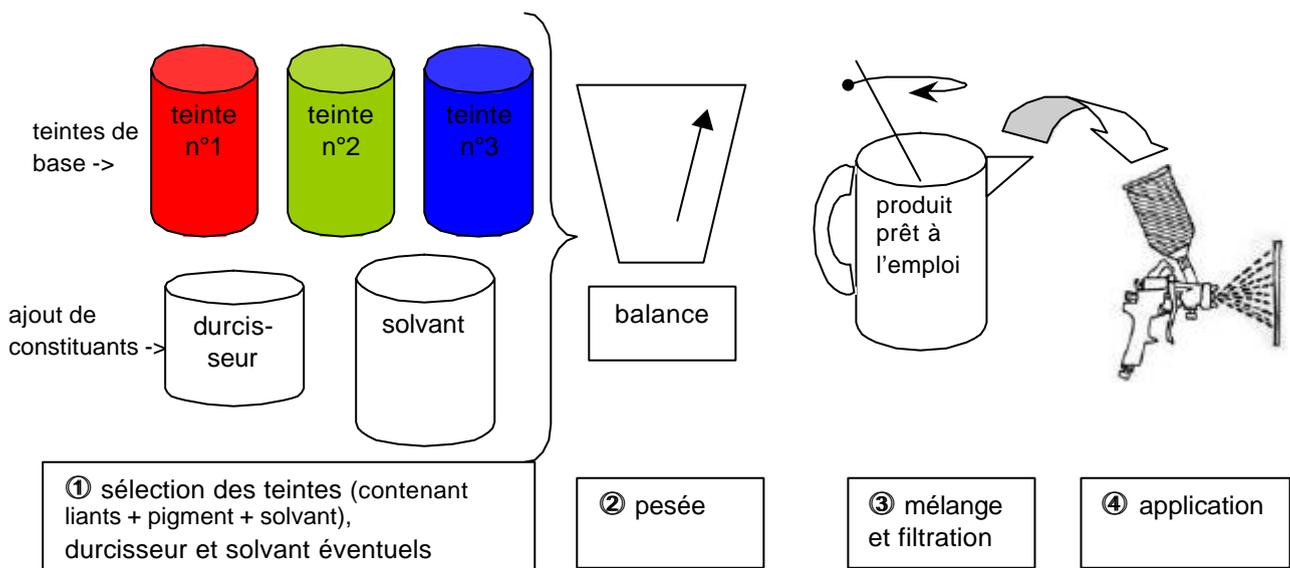


Figure 2 : Exemple de séquence de préparation d'une peinture

#### 2.2.1.1.5 Les vernis

Le vernis est un produit destiné à être appliqué sur une surface pour former un revêtement dur, transparent, doté de qualités **protectrices**, décoratives ou techniques particulières. Le terme *vern*is s'applique traditionnellement aux revêtements transparents ou translucides, le terme *peinture* aux revêtements opaques ou de manière plus générale aux produits de peinture.

Les vernis employés sont des vernis traditionnels ou fréquemment des vernis à haut extrait sec, mais jamais des vernis hydrodiluable (dans le cas de la réparation automobile).

### 2.2.1.2 Présentation des constituants

Quatre grandes catégories de constituants sont présentes dans les produits énumérés dans la partie précédente :

- ⇒ les liants ;
- ⇒ les pigments ;
- ⇒ les solvants ;
- ⇒ les durcisseurs.

Ces quatre constituants se retrouvent dans les mastics, les apprêts, les peintures et les vernis dans des proportions variables (Tableau 3). Les **liants**, les **pigments** et une partie des **solvants** sont réunis dans une **préparation de base** (fournie par les fabricants) le peintre prépare ses produits avec cette préparation de base et par addition éventuelle de durcisseur <sup>et/ou</sup> de solvant.

**Tableau 3 : Répartition des principaux constituants des produits de système de peinture et abondance relative**

Produit ↓	constituant			
	liant	pigment	solvant	durcisseur
nettoyant	-	-	+++	-
mastic	+++	-	+	+
apprêt	+	+/-	++	+
peinture	+	++	++	+
vernis	+	-	++	++

+++ : très abondant ; ++ : abondant ; + : présent ; - : absence

#### 2.2.1.2.1 Les liants

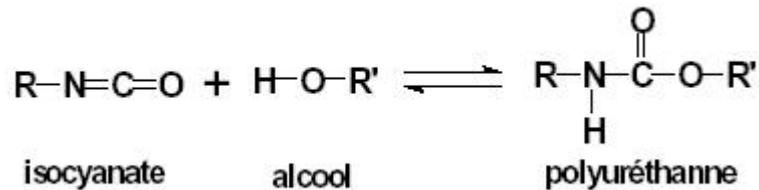
Ce sont les parties non volatiles d'une matière de revêtement, qui garantissent la **formation d'un film** régulier (polymérisation). Les différentes peintures sont généralement classées en fonctions de leurs liants. Ce sont généralement des **résines ou polymères** qui enrobent les pigments et qui les lient avec la surface du métal. Les liants sont essentiels pour le bon fonctionnement des laques et des peintures. **Plusieurs liants** peuvent entrer dans la composition d'une peinture.

Les liants des peintures industrielles sont classés en huit grandes catégories [62] ; deux résines se retrouvent le plus fréquemment dans le domaine des peintures de retouche automobile : **les résines polyuréthane et les résines acrylique**.

- ◆ Les résines polyuréthane (PUR)

Ce type de résine provient de la réaction d'isocyanate avec un composé hydroxylé (polyalcool, polyester, résine acrylique). Elles présentent une grande résistance aux acides

et à l'eau. Elles peuvent être associées aux résines acryliques dans le domaine de la retouche automobile, et sont très utilisées avec les peintures et vernis pour bois.



**Figure 3 : Polymérisation des polyuréthannes [30]**

Les peintures polyuréthane destinées aux carrossiers se présentent en deux parties [26] :

- ⇒ un polyalcool contenant les pigments additionnés de solvants ;
- ⇒ un durcisseur polyisocyanate.

Les solvants pouvant être utilisés avec ce système « 2 composants » sont nombreux [26] : acétate d'éthyle, d'isopropyle, d'amyle, de butyle, de méthylglycol, d'éthylglycol ; méthyle éthyle cétone, éthylamylcétone, cyclohexanone, nitropropane, diacétone - alcool...

◆ Les résines acrylique

Les résines acrylique dérivent de la pétrochimie. Ce type de résine est commercialisé sous forme de polymères dissous dans un mélange de solvants ou sous forme de monomères jouant le rôle de solvants. Elles sont de deux types :

- ⇒ les résines acrylique **thermoplastiques** sèchent rapidement par évaporation des solvants. Elles présentent une bonne rétention du brillant et une bonne résistance aux intempéries. Ce type de résine est largement employé en carrosserie, pour les peintures **HS** et pour les **peintures hydrodiluable**s [59] ;
- ⇒ les résines acrylique **thermodurcissables** ont une excellente capacité de résistance aux agents chimiques et physiques. Elles sont utilisées dans l'industrie automobile, en première monte.

Les solvants utilisés avec les résines acryliques sont des hydrocarbures, des esters, des cétones ou encore une phase aqueuse.

Ce type de résine est utilisé par la plupart des fabricants de peintures pour les systèmes hydrodiluable (à l'exception de BASF qui utilise des résines polyuréthannes [85]). D'autres liants sont parfois utilisés dans les peintures et l'industrie, ils sont présentés en annexe I.

◆ les résines acrylique - uréthane

Il existe aussi des résines acrylique - uréthane ou polyuréthane – acrylique formées à partir d'un polyisocyanate et d'une résine acrylique hydroxylée.

#### 2.2.1.2.2 Les pigments

Ces substances, généralement en poudre fine à l'état sec, sont pratiquement insolubles dans les milieux de suspension usuels. Les pigments sont utilisés en raison de certaines de leurs caractéristiques, essentiellement de leur **pouvoir opacifiant** élevé et accessoirement de leur **pouvoir colorant**.

#### 2.2.1.2.3 Les solvants

##### ◆ Propriétés

Il s'agit de constituants liquides, simples ou mixtes, **volatils** dans les conditions normales d'utilisation, ayant la propriété de **solubiliser totalement le liant**. Les solvants facilitent l'application du produit (déterminent sa viscosité). Bien que l'eau puisse être un solvant, on distingue :

- ⇒ les produits à base de solvants organiques (produits solvantés traditionnels) pour lesquels la teneur en solvant organique est de l'ordre de 80 %<sup>a</sup> ;
- ⇒ les produits à Haut extrait Sec dont la formulation est légèrement modifiée pour conserver des caractéristiques rhéologiques satisfaisantes (les liants notamment sont des polymères de masse molaire inférieure à celle des produits traditionnels) ;
- ⇒ les produits en phase aqueuse ou *WaterBorne products* (WB) qui contiennent toujours un certain pourcentage de solvants organiques (10 % à 20 % [85]), mais mélangé à environ 70 % d'eau. Le mélange est réalisé grâce à l'ajout d'éthers de glycol. Les solvants utilisés dans ce type de produits sont essentiellement des alcools. Les liants utilisés pour les systèmes de peintures en phase aqueuse sont les mêmes que ceux que l'on trouve pour les produits solvantés traditionnels. Deux types de produits en phase aqueuse sont à distinguer :
  - les produits **hydrodiluable**s : pour lesquels le liant et les pigments sont en émulsion ou dispersion colloïdale, produits disponibles pour les carrosseries ;
  - les produits hydrosolubles : le liant est en solution (utilisés en première monte).

Selon les sources, le taux d'utilisateurs de produits hydrodiluable varie de 15 [61] à 25 %. Ainsi, début 2002, 25 % des carrossiers utilisant les produits BASF sont équipés en peinture hydrodiluable, et la conversion devrait être terminée d'ici 2005 [85].

Tous les produits d'un système de peinture ne sont **pas disponibles** en version **hydrodiluable** : les vernis n'existent qu'en préparation solvantée traditionnelle ou HS, le développement de vernis hydrodiluable n'est plus d'actualité (temps de séchage trop long [85]).

---

<sup>a</sup> Sauf indication contraire, les % sont des pourcentages pondéraux.

◆ Teneur moyenne en COV

La teneur en COV ne peut-être donnée avec précision, car le peintre ajoute une quantité de solvant qui peut varier en fonction des conditions d'application. L'ordre de grandeur de la teneur en COV des différentes préparations **telles qu'elles sont commercialisées** (et donc non prêtes à l'emploi : il manque le solvant <sup>et/ou</sup> le durcisseur) est présenté dans le tableau suivant.

**Tableau 4 : Teneur en COV des principaux produits commercialisés [10]**

Catégorie	Produit	technologie	Teneur en COV (g.L <sup>-1</sup> )
Produit de nettoyage	Nettoyage pistolet	Solvantée	850
		HS	850
		WB	0-200
	Nettoyage surface	Solvantée	850
		HS	500-850
		WB	0-200
Couches de préparation	Mastic		40-150
	Apprêt primaire	Solvantée	480-840
		HS	200-470
		WB	50-100
	Apprêt surfaceur	Solvantée	500-840
		HS	300-500
WB		225	
Couches de finition	Brillant direct	Solvantée	550-760
		HS	130-420
	Base colorée	Solvantée	430-840
		HS	150-500
		WB	150-400
	Vernis	Solvantée	600-740
HS		350-500	

2.2.1.2.4 *Les durcisseurs*

Le durcisseur est un composé chimique qui provoque la formation d'un film et règle le **degré de réticulation** du liant. Il réagit avec le liant et lui confère ainsi les propriétés requises (dureté, résistance aux intempéries *etc.*). Exemples : polyisocyanates, 1,6 diisocyanate d'hexaméthylène, polyamines, *etc.*

2.2.1.2.5 *Autres substances entrant dans la composition des peintures*

◆ Les charges minérales

Ce sont souvent des substances d'origine naturelle minérale, économiques, utilisées pour conférer certaines propriétés au film (diminution du brillant, viscosité, vitesse de sédimentation *etc.*).

- ◆ Les adjuvants ou additifs

Ce sont des substances incorporées à faible dose dans les produits de peinture pour améliorer certaines qualités et caractéristiques (brillance, vitesse de séchage). Parmi les adjuvants, on compte par exemple:

- ⇒ les agents dispersants qui assurent une bonne dispersion des composants ;
- ⇒ les agents anti-peau : des substances qui évitent la formation d'une «peau» à la surface du liquide ;
- ⇒ les conservateurs ;
- ⇒ les absorbants de rayons U.V. contenus dans les laques transparentes et qui empêchent le jaunissement et le craquelage du revêtement sous les effets du soleil ;
- ⇒ les plastifiants : substances non volatiles qui donnent de la souplesse durable au film de peinture.

#### 2.2.1.2.6 Substances propres aux peintures en phase aqueuse

- ◆ Amines de neutralisation

Les amines de neutralisation permettent une meilleure dilution et stabilité au stockage (réaction de salification et solvant auxiliaire). Il s'agit d'alcalinoamines (diméthyléthanolamine dans la majorité des cas) introduite entre 0,2 et 0,8 %.

- ◆ Biocides

Afin d'éviter un développement bactérien dans les peintures en phase aqueuse, un biocide est nécessaire en faible quantité : générateur de formol (0,000 1 à 0,04 %) ou dérivés isothiazoline [20].

#### 2.2.1.3 Les différents types de réparation

Les produits sont appliqués successivement sur la carrosserie, ils sont présentés dans le tableau suivant, de l'extérieur vers la tôle, en fonction du type de finition :

- ⇒ **finition monocouche** : ce type de finition était utilisé pour 80 % du parc automobile il y a 10 ans mais il ne représente plus que 20 % aujourd'hui, il est amené à être remplacé par les autres types de finitions. Ce terme est utilisé par opposition aux finitions multicouches pour indiquer qu'il n'y a pas de vernis appliqué par dessus la peinture (mais il peut y avoir plusieurs couches de peinture) ;
- ⇒ **finition multicouche** : système de réparation le plus fréquent : le peintre applique successivement une ou plusieurs couches de base colorée, suivie d'une couche de vernis. La finition bicouche est la plus courante, elle est désormais utilisée par l'ensemble des constructeurs en première monte.

Le peintre choisit généralement l'ensemble de la gamme d'un fournisseur [80], il est capable d'effectuer les réparations sur tous les types de peintures. Ainsi, même si la carrosserie est équipée avec un système de peinture hydrodiluable, le peintre possède également quelques pots de peinture solvantée traditionnelle pour pouvoir traiter les finitions en brillant direct. Les apprêts et les couches de finition ne sont pas obligatoirement tous les deux hydrodilubles : il est possible d'associer des apprêts HS avec une finition hydrodiluable (il faut se référer aux fiches de données techniques établies par les fabricants pour voir quelles sont les associations possibles).

**Tableau 5 : Couches appliquées en fonction du type de finition [70, 41]**

Type de finition	Monocouche	<b>Bicouche</b>	Tricouche nacré	Tricouche vernis teinté
<b>MILIEU EXTÉRIEUR (atmosphère)</b>				
Couches de finition	Brillant direct : peinture sans addition de vernis (2 couches) (Solvantée/HS)	Vernis (Solvantée/HS)		
		Base mate (PUR ou WB, 2 à 3 couches) (Solvantée/HS/Hydro)	Nacré	Vernis teinté
			Teinte de fond (blanc) (Solvantée/HS/Hydro)	Teinte de fond (couleur) (Solvantée/HS/Hydro)
Couches de préparation	Apprêt surfaceur (rôle de lissage) (Solvantée/HS/Hydro)			
	Impression, Apprêt primaire (rôle d'anti-corrosion et d'accroche) (Solvantée/HS/Hydro)			
	Mastic le cas échéant (application suivie de polissage) (Solvantée/HS)			
<b>TÔLE (carrosserie)</b>				

## 2.2.2 Présentation des installations et description de leurs fonctions

### 2.2.2.1 Le laboratoire

Le laboratoire est un lieu clos, le renouvellement de l'air y est important (air prélevé généralement dans le garage et extrait à l'extérieur). Les trois utilisations principales du laboratoire sont les suivantes :

- ⇒ stockage des peintures et produits d'application ;
- ⇒ préparation des mélanges ;
- ⇒ nettoyage des instruments.

Les carrossiers ne sont toutefois pas systématiquement équipés de laboratoire, dans ce cas, ils utilisent leur garage. Ces trois activités sont décrites ci-dessous.

### 2.2.2.1.1 Stockage des peintures et produits d'application

Les différents produits doivent être stockés selon les indications des fournisseurs afin de préserver leurs caractéristiques.

Les bases de couleurs, contenant les pigments, doivent être placées dans une armoire permettant l'agitation régulière du contenu des pots. Dans le cas des peintures à l'eau, le respect des conditions de température de stockage est primordial.

Les visites rendues aux garagistes ([86] à [90]) ont permis de constater l'absence de laboratoire dans certaines installations, les rejets diffus seront alors plus importants.

### 2.2.2.1.2 Préparation des mélanges

La préparation des mélanges se fait généralement par ajouts successifs des différents constituants. Pour cela, le peintre dispose soit :

- ⇒ d'une balance électronique (mise à disposition par le fabricant de peinture) qui lui indique quelle quantité de produit introduire pour obtenir une teinte ;
- ⇒ soit d'une réglette et de fiches pour préparer le mélange par ajouts de volumes.

La peinture préparée ne pourra pas être réutilisée, il est donc nécessaire de connaître les volumes nécessaires à chaque type de réparation. Les nouvelles générations de balance permettent d'ajuster le plus exactement possible ces volumes en fonction de la taille de la réparation. Les pertes de produits sont donc diminuées.

### 2.2.2.1.3 Nettoyage des instruments

Le nettoyage du pistolet et de son réservoir est réalisé rapidement après chaque application. Ce nettoyage est différent en fonction du type de produit utilisé.

#### ◆ Peintures solvantées

Le nettoyage se fait par rinçage au solvant, sous une hotte d'aspiration. Des appareils de recyclage des solvants de nettoyage existent mais ils restent peu utilisés en raison de leur coût.

#### ◆ Peintures à l'eau

Un bac spécial permet de recueillir les eaux de rinçage (utilisation d'eau distillée uniquement). Ces eaux sont coagulées puis filtrées :

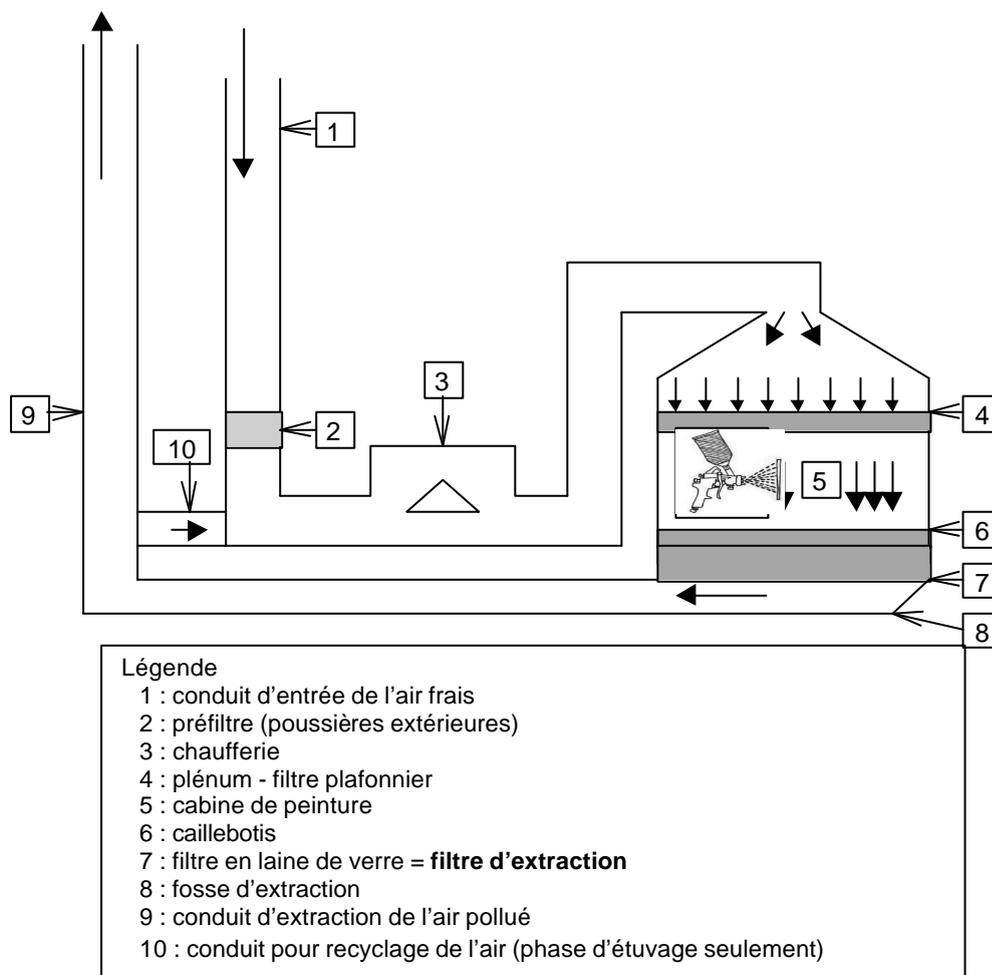
- ⇒ le filtrat est évacué en tant que déchet industriel spécial ;
- ⇒ les eaux traitées sont rejetées à l'égout [85, 87].

### 2.2.2.2 La cabine de peinture

La cabine de peinture sert à **appliquer** les produits sur la carrosserie et à faire **sécher** les objets peints en diminuant au maximum les risques liés à l'application de peinture (risques d'intoxication, d'incendie et d'explosion). La taille de la cabine doit permettre au peintre de tourner autour de l'objet, ses dimensions sont généralement d'environ 6,5 x 4 m et environ 4 m de hauteur. Les conditions de ventilation dans une cabine de peinture sont détaillées dans une publication de l'INRS [25].

Dans le cas des carrosseries automobiles, les cabines sont **fermées et à flux d'air vertical** : l'air est introduit au niveau du plafond, après passage par un préfiltre, au travers d'un caisson (plénum\*), équipé d'un filtre fin pour retenir les poussières. Le flux d'air dans la cabine doit être homogène et supérieur à **0,4 m.s<sup>-1</sup>** lorsque la voiture est en place.

L'air est extrait par le plancher au travers de caillebotis, un filtre est placé sous les caillebotis (**filtre d'extraction**) pour retenir les **matières solides** de la peinture. La surface des caillebotis comme celle du plénum doit être maximale afin d'éviter les turbulences.



**Figure 4 : Représentation schématique d'une cabine de peinture**

La circulation d'air dépend de l'utilisation de la cabine :

- ⇒ en phase d'application, le circuit de l'air est obligatoirement ouvert ;
- ⇒ en phase d'étuvage (séchage), une partie de l'air peut être recyclée.

Le **débit** d'air entrant est de l'ordre de 20 000 à 30 000 Nm<sup>3</sup> [36, 22], le débit d'air extrait est légèrement inférieur, de manière à mettre la cabine en légère surpression (éviter l'introduction de poussières). Ce débit important vise à assurer la protection des travailleurs (les débits imposés dans les cabines françaises sont très élevés, environ le double de ceux rencontrés chez nos voisins européens [93]).

La filtration de l'air est donc réalisée par trois filtres. Deux assurent un faible niveau d'empoussièrément dans la cabine : le préfiltre et le filtre du plafonnier. Ces deux filtres ne sont d'aucune utilité quant à la qualité de l'air sortant.

Le **filtre d'extraction** assure la filtration des particules de peintures. Les matières solides sont piégées de manière très efficace (97 %) [93], cependant le filtre n'est **d'aucune utilité vis-à-vis des COV**. Ces filtres de type « laine de verre » doivent être changés toutes les 100 heures. Le changement du filtre d'extraction est basé en pratique sur les observations du peintre qui constate un mauvais fonctionnement de la ventilation. Un capteur de pression différentielle peut également être mis en place.

Les filtres à charbon actif ne sont pas utilisés dans le domaine de la retouche automobile, en raison des coûts très élevés d'installation et d'exploitation.

## 2.3 Émissions relatives aux activités de peinture

Bien que ce mémoire ne traite que des rejets gazeux émis par les activités de carrosserie, il apparaît utile de faire le point sur les différents types de rejets.

### 2.3.1 Rejets gazeux

Les rejets gazeux peuvent être **canalisés** (captés à l'émission) ou **diffus**.

#### 2.3.1.1 Rejets canalisés

Les rejets canalisés englobent tous les rejets liés aux activités de pulvérisation. Les rejets canalisés auront lieu pendant la phase de pulvérisation essentiellement (environ **84 % des COV sont émis durant la phase d'application** [36]), les COV émis lors de la phase de séchage ne représentent donc qu'une faible proportion. Une autre source de rejet canalisé est due à la chaudière, utilisée pour chauffer l'air de la cabine. Les rejets sont alors des gaz de combustion classiques et non spécifiques, ils ne sont pas traités dans ce mémoire.

### 2.3.1.2 Les rejets diffus

La réglementation européenne impose de canaliser les rejets au maximum, les rejets diffus ne doivent pas dépasser 25 % des rejets. Les rejets diffus sont émis dans l'aire de préparation de la voiture : les solvants du mastic, les poussières éventuelles de ponçage sont émises dans l'atelier.

Dans certains garages, on pourra également observer des rejets diffus liés à un non-respect de la réglementation :

- ⇒ l'absence de laboratoire, entraînant les rejets diffus lors de la préparation et du stockage des produits ;
- ⇒ un stockage des déchets de peinture dans des récipients non clos ;
- ⇒ une application hors de la cabine (parfois réalisée pour de petites réparations, car cela permet un gain de temps).

### 2.3.2 Rejets liquides

Les **restes de peinture solvantée**, ainsi que les solvants de nettoyage doivent être entreposés dans des **fûts** individualisés et identifiés, en vu d'une **incinération** en centre spécialisé. Ils ne doivent pas être envoyés dans les réseaux d'assainissement [4].

Les eaux de lavage des pistolets ayant servis à l'application de produits **hydrodiluable**, ainsi que les restes de peintures hydrodiluable peuvent faire l'objet d'un **traitement** par coagulation floculation *in-situ*, grâce au matériel fourni par le fabricant de peinture suivi d'une filtration. Les eaux issues de ce traitement peuvent être dirigées vers les réseaux d'assainissement [85].

### 2.3.3 Rejets solides

Trois types de déchets solides sont classés « déchet industriel spécial » (DIS) et doivent être dirigés vers un centre d'incinération spécialisé [4] :

- ⇒ les poussières de ponçage ;
- ⇒ les filtres d'extraction usagés ;
- ⇒ les consommables souillés par les produits tels que les papiers et rubans adhésifs servant à masquer les parties intactes, les adsorbants...

Dans le cas d'utilisation de peintures à l'eau, les boues issues du traitement des eaux de lavage et des restes de peintures devront également être considérées comme DIS.

### 3 - CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE RELATIF AUX REJETS ATMOSPHERIQUES DES CABINES DE PEINTURE

Le rôle de L'Union Européenne (UE) est primordial en matière d'environnement. La **pression législative** de l'UE est à l'origine de la **modification des formulations** des peintures. Le but recherché étant initialement une **diminution** des émissions de composés organiques volatils (**COV**). En effet les COV sont des précurseurs de l'ozone. Ils réagissent sous l'influence des ultra-violets et aboutissent à la formation d'ozone troposphérique, polluant secondaire responsable d'effets délétères sur la santé humaine et sur la végétation.

#### 3.1 Législation européenne

La **directive 1999/13/CE** [44] fixe les objectifs de réduction des émissions de COV dans l'union européenne. Parmi les activités visées par cette directive se trouve celle des garages automobiles (revêtement et retouche de véhicules). Cette directive concerne les carrosseries qui utilisent **plus de 500 kg.an<sup>-1</sup>** de solvant pour leurs activités de peintures. Les garages peuvent également être concernés par l'application de cette directive s'ils utilisent plus de 1 T/an de solvants à des fins de nettoyage de surface. Les objectifs de réduction et les dates d'application sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 6 : Réduction des émissions de COV : dates d'applications et objectifs [44]**

		Étape intermédiaire	Étape finale
date limite d'application	aux installations nouvelles	10/2001	10/2004
	aux installations existantes	10/2005	<b>10/2007</b>
Réduction <sup>a</sup> des émissions due au schéma de réduction		40 %	60 %
Maximum de la teneur moyenne en solvant (de l'ensemble des produits) [17]		64,3 %	54,5 %

La directive préconise une réduction des émissions à la source, en appliquant le principe de la meilleure technique disponible, plutôt qu'un traitement des rejets. Deux seuils sont également imposés à l'annexe II A de la directive [44] :

- ⇒ la valeur limite **d'émission diffuse** est fixée à **25 %** ;
- ⇒ la valeur limite d'émission de **gaz résiduels** est fixée à **50 mg C.Nm<sup>-3</sup>**.

La valeur moyenne de 54,5 % en solvant imposera aux carrossiers d'utiliser un système de peinture hydrodiluable.

<sup>a</sup> La directive [2] précise que le point de référence pour la réduction des émissions devrait correspondre autant que possible aux émissions qui seraient obtenues si aucune mesure n'était prise. La réduction est calculée par rapport aux produits traditionnels solvantés, sur la base d'une quantité déposée constante.

## 3.2 Législation et réglementation françaises

La législation est présentée en fonction des différentes sources de droit.

### 3.2.1 Le Code de l'environnement : veiller à la santé publique !

Le code de l'environnement codifie la loi sur l'air de 1996 qui reconnaît le droit à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Cette déclaration reste cependant délicate à mettre en œuvre dans la pratique.

Livre II ; Titre II : Air et atmosphère ; Art. L. 220-1 : « *L'État et ses établissements publics, les collectivités territoriales et leurs établissements publics ainsi que les personnes privées concourent, chacun dans le domaine de sa compétence et dans les limites de sa responsabilité, à une politique dont l'objectif est la mise en œuvre **du droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé**. Cette action d'intérêt général consiste à prévenir, à surveiller, à réduire ou à supprimer les pollutions atmosphériques, à préserver la qualité de l'air....* »

La définition de l'**OMS** selon laquelle « *La **santé** est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* » peut amener à reconnaître les nuisances olfactives comme étant des troubles pour la santé. Le champ d'application de l'article L 220-1 devient alors extrêmement large.

### 3.2.2 Revue des textes législatifs et réglementaires

#### 3.2.2.1 Législation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

La loi du 19 juillet 1976 sur les ICPE (désormais codifiée dans le livre V, titre I du code de l'environnement) et la nomenclature associée (mise à jour par décret du conseil d'état) prennent en compte l'activité de peintre carrossier. Cette nomenclature a été modifiée deux fois en ce qui concerne l'activité de peintre carrossier depuis 1996.

##### 3.2.2.1.1 Situation avant 1996

Avant le décret n° 96-197 [47], dans l'ancienne nomenclature, les installations étaient **toujours** soumises au moins à **déclaration** (point 405 de la nomenclature : Vernis, peintures, encres). Les installations étaient alors regroupées en deux sous-groupes :

- ⇒ 405.A : Vernis à base de liquides inflammables de **deuxième catégorie**, odorants ou toxiques (405.A.1 = application par pulvérisation, 405.A.2 = quantité présente dans l'installation > 100 L) ;
- ⇒ 405.B : Vernis à base d'alcools ou liquide inflammable de **première catégorie** (405.B.1 : application par pulvérisation, quantité < 25 L.j<sup>-1</sup> ; 405.B.2 : application par trempé, produit présent en quantité comprise entre 20 et 100 L ; 405.B.3 : autre procédé, produit présent en quantité comprise entre 20 et 200 L).

Dans tous les cas, les prescriptions applicables précisait qu'en cas de gêne pour le voisinage, un dispositif de traitement des rejets gazeux pouvait être exigé.

Ainsi l'arrêté type 404, dans la partie IV. - Prescriptions d'ensemble- précise à l'article 29 : « *Il est interdit d'émettre dans l'atmosphère des fumées épaisses, des buées, des suies, des poussières ou des gaz odorants, toxiques ou corrosifs, susceptibles d'incommoder le voisinage, de nuire à la santé ou à la sécurité publique...* »

L'arrêté type 405 est également clair sur les rejets provenant des carrosseries : les articles 4 et 5 spécifient : « *les vapeurs [...] seront refoulées au-dehors par une cheminée de hauteur telle qu'il n'en résulte ni incommodité ni insalubrité pour le voisinage ; si l'emplacement de l'atelier et ses conditions d'exploitation constituent cependant une gêne pour le voisinage, un dispositif efficace de captation ou de neutralisation des vapeurs ou des poussières [...] pourra être exigé* ».

#### 3.2.2.1.2 ... de 1996 à 2002 ...

Après le décret n° 96-197 les cabines de peintures ont été visées par la **rubrique 2940** : « *Vernis, apprêt, colle, enduit, etc* ». Lorsque la quantité<sup>a</sup> de produit susceptible d'être utilisée est supérieure à 100 kg.j<sup>-1</sup>, l'installation est soumise à autorisation (2940.2.A). Si la quantité de produit utilisée est comprise entre 10 et 100 kg.j<sup>-1</sup>, l'installation est soumise à déclaration (2940.2.B).

Les **seuils** d'autorisation et de déclaration apparaissent toutefois relativement **élevés** par rapport aux quantités de produits généralement utilisées dans les cabines de peinture artisanales. Aussi, la plupart des installations artisanales de peinture n'ont plus été concernées par la réglementation ICPE (80% environ auraient été déclassées [92]).

---

<sup>a</sup> Pour le calcul des quantités de produits, appliquer un coefficient 1 aux liquides inflammables de 1<sup>ère</sup> catégorie (point éclair < 55°C), et ½ aux liquides inflammables de seconde catégorie.

### 3.2.2.1.3 ... et depuis le 30 avril 2002

La transposition en droit français de la directive européenne [44] imposait une modification de la nomenclature pour prendre en compte le seuil des 500 kg.an<sup>-1</sup> de solvant. La nomenclature a donc été modifiée par le décret du 30 avril 2002<sup>a</sup> (décret n° 2002-680).

La **rubrique 2930.2**, concerne désormais spécifiquement les installations de carrosserie automobile : cette rubrique reprend les termes de la rubrique 2940.2, en ajoutant la contrainte de 500 kg.an<sup>-1</sup> de solvant utilisé pour seuil ICPE/D.

**Tableau 7 : Synoptique de l'évolution de la nomenclature des ICPE concernant l'activité de peintre carrossier, de 1996 à 2002**

date	seuil		nomenclature	
	critère	valeur	rubrique	classement
avant 1996	pas de seuil		405.A	ICPE/D
	consommation L.j <sup>-1</sup>	< 25	405.B	ICPE/D
		> 25	405.B	ICPE/A
1996-2002	consommation kg.j <sup>-1</sup>	< 10	non classé	
		10-100	2940	ICPE/D
		> 100	2940	ICPE/A
depuis avril 2002	consommation annuelle de solvant (t.an <sup>-1</sup> )	< 0,5	non classé	
	consommation annuelle de solvant (t.an <sup>-1</sup> )	> 0,5	2930.2.b	ICPE/D
	consommation kg.j <sup>-1</sup>	10-100	2930.2.b	ICPE/D
	consommation kg.j <sup>-1</sup>	> 100	2930.2.a	ICPE/A

### 3.2.2.1.4 Autres textes applicables aux carrosseries classées

La **circulaire 95-80** du ministère de l'environnement [46] précise que les installations de peinture automobile (soumises à la réglementation ICPE) devront poursuivre les efforts engagés en matière de réduction des rejets de COV. Cette directive appelle à mettre en œuvre de nouvelles techniques, notamment des peintures hydrodiluable et des procédés de traitement de l'air.

**L'arrêté du 2 février 1998** [47] fixe les seuils de rejets des ICPE/A. On peut noter que cet arrêté est utilisé, en cas de conflit, par la DRIRE 72 [92] pour proposer des seuils d'émission à une cabine de peinture ICPE/D (gaz à l'émission < 150 mg C.Nm<sup>-3</sup>).

Concernant les odeurs [32], l'article 29 de l'annexe à la circulaire du 27 décembre 1998, pris en application de l'arrêté du 2 février 1998, précise les hauteurs d'émission conseillées en fonction du débit d'odeur<sup>\*</sup> (cf. Tableau 8).

<sup>a</sup> L'arrêté type 2930 n'est pas paru au JORF à la date de rédaction de ce mémoire (08/2002).

**Tableau 8 : Débit d'odeur maximum conseillé en fonction de la hauteur d'émission [32]**

hauteur d'émission (m)	débit d'odeur (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )
0	1.10 <sup>6</sup>
5	3,6.10 <sup>6</sup>
10	21.10 <sup>6</sup>
20	180.10 <sup>6</sup>
30	720.10 <sup>6</sup>
50	3 600.10 <sup>6</sup>
80	18 000.10 <sup>6</sup>
100	36 000.10 <sup>6</sup>

### 3.2.2.2 Règlement sanitaire départemental (RSD)

Les conditions de rejets sont brièvement précisées dans le règlement sanitaire départemental pour les installations dont la consommation de solvant est inférieure à 500 kg.an<sup>-1</sup> (installations non classées). Le RSD type [43] précise de manière sommaire les **conditions de rejets** auxquelles doivent satisfaire les locaux à pollution spécifique (Titre III Dispositions applicables aux bâtiments autres que ceux à usage d'habitation et assimilés ; Section II. - Ventilation des locaux ; art. 63) :

*« Les prises d'air neuf et les ouvrants doivent être placés en principe à au moins huit mètres de toute source éventuelle de pollution [...]. Des **dispositions plus strictes** peuvent être décidées par l'autorité compétente lorsqu'il y a voisinage d'une grande quantité d'air pollué [...] L'air extrait des locaux doit être **rejeté à au moins huit mètres** de toute fenêtre ou de toute prise d'air neuf sauf aménagements tels qu'une reprise d'air pollué ne soit pas possible. L'air extrait des locaux à pollution spécifique doit, en outre, être rejeté sans recyclage. »*

### 3.2.2.3 Code du travail

Le code du travail [43] précise de manière stricte les conditions d'emploi des cabines de peinture. Les dispositions présentes dans le code du travail ne concernent pas directement les riverains des cabines de peinture. Toutefois, le contrôle des conditions de fonctionnement de l'atelier peut être utile en cas de conflit.

Les articles R 232-5-1 à R 232-5-14 et R 235-2-4 à R 235-2-8 concernent les conditions d'aération et assainissement des lieux de travail.

Il apparaît notamment que les applications de peintures ne sont envisageables que dans des cabines de peinture (R 232-5-7). Les règles de conception et construction spécifiques aux cabines de peinture sont précisées aux articles R 233-140 à R 233-149. Les cabines de peinture destinées à peindre des voitures (subjectile fixe) doivent obligatoirement être à flux d'air vertical.

Le décret 90-53 [50] ajoute les cabines de peinture au champ d'application des articles R 233-85 à R 233-149. Les conditions de ventilation sont précisées dans l'arrêté du 3 mai 1990 [51] (au moins  $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ ) et rend d'application obligatoire la norme NF T 35.009 [2].

Enfin, il apparaît que la Caisse Régionale d'Assurance Maladie (CRAM) de Nantes préfère s'assurer du **respect des conditions de ventilation** plutôt que de surveiller les expositions professionnelles (les conditions de ventilation sont censées permettre le respect des limites d'expositions professionnelles).

#### 3.2.2.4 Code de l'urbanisme

Si la commune est dotée d'un Plan d'Occupation des Sols (POS) ou d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU), le maire peut mettre en demeure l'exploitant de mettre ses installations en **conformité avec la zone** d'urbanisme dans laquelle il est implanté (cf. § 3.2.3.3 ; annexe II).

On peut noter que certaines ICPE, telles que les pressings, peuvent être autorisées en zones urbaines (sous conditions) car reconnues comme installation de proximité. Il est donc nécessaire de consulter les POS ou PLU locaux.

### 3.2.3 Jurisprudence [43]

Quelques affaires relatives à des nuisances issues d'installations de peinture ont récemment été jugées.

#### 3.2.3.1 Affaire Renaux : Rôle du préfet, des communes et statut d'ICPE

Dans cette affaire, des riverains ont attaqué un atelier de peinture à cause des nuisances olfactives provoquées par celui-ci.

L'installation en cause n'entre pas sous la rubrique 2940 des ICPE car les quantités de produits utilisés sont trop faibles (rapport inspecteur ICPE). Le préfet du Val d'Oise décide par arrêté du 15 novembre 1999 d'imposer des **prescriptions** techniques au propriétaire (notamment **traitement de l'air** par charbon actif), en considérant l'article 1<sup>er</sup> de la loi du 19 juillet 1976 (*i.e.* considérer l'installation comme une ICPE, en regard de son danger grave et immédiat).

Suite aux expertises [39, 11] réalisées dans le cadre de cette affaire, il a été montré que « *les produits rejetés [...] sont en quantité tellement minime qu'ils ne sont pas susceptibles de porter atteinte à la santé des riverains* ». Le tribunal de Cergy-Pontoise a donc annulé l'arrêté du préfet, en considérant que la réglementation ICPE ne pouvait s'appliquer à

l'installation de peinture artisanale. Cette expertise n'a pas mis en évidence un polluant particulier, mais des soupçons sont apparus vis-à-vis des durcisseurs.

Dans la même affaire, en 1997, le maire de la commune où se trouve le garage avait ordonné la fermeture de l'installation. La cour administrative d'appel de Paris a décidé que le maire ne pouvait ordonner une telle fermeture, car l'établissement ne présente pas de danger grave et imminent. Cette affaire montre donc que **tant qu'il n'a pas été fait preuve d'un danger grave** et imminent :

- ⇒ ni le maire ni le préfet ne sont compétents pour fermer ou imposer des prescriptions à une installation de peinture artisanale ;
- ⇒ les cabines de peinture non classées ne peuvent être considérées comme ICPE au regard de l'article 1 de la loi du 19/07/1976.

### **3.2.3.2 Affaire Elia contre garage du gymnase**

Dans cette affaire (audience du 22 mai 1997), les époux Elia se plaignent des « *troubles du voisinage* » causés par la cabine de peinture automobile d'un garage proche. Les époux Elia demandent des dommages et intérêts car :

- ⇒ la commune est dotée d'un POS et le garage est construit en zone UA ;
- ⇒ la cabine de peinture provoque des nuisances sonores et olfactives (odeurs d'hydrocarbures).

L'arrêt rendu par la cour de cassation lors de cette affaire condamne le garage à payer 9 000 FRF de dommages et intérêts aux époux Elia, mais ne demande pas la suppression d'activité de la cabine. L'affaire a été renvoyée à la cour d'appel de Paris.

### **3.2.3.3 Affaire Malin : construction en zone UD d'un POS**

M. Malin désire construire une cabine de peinture en zone UD, dans une ZAC. Une association de riverain a contesté le PC qui avait été délivré (4/02/1992). Ce PC a été annulé par le TA de Chalon sur Marne (15/03/1992) car l'article 1.3 du règlement d'urbanisme applicable à la ZAC impose des conditions sur les installations pouvant engendrer des nuisances pour les habitations de la ZAC (en 1992, la cabine de peinture était encore soumise à déclaration).

Le 30/06/1994, la CAA de Nancy a confirmé la décision d'annulation du PC qui avait été accordé, notamment en considérant que la cabine de peinture « *entraînerait forcément des nuisances olfactives* ». Toutefois, on peut se demander si cette décision serait appliquée de la même manière, maintenant que la cabine ne constitue plus une ICPE/D.

### 3.2.3.4 Jurisprudence générale relative aux odeurs [32]

La jurisprudence relative aux odeurs fait apparaître des décisions relatives à :

- ⇒ un **préjudice olfactif**, dans ce cas le juge peut accorder des réparations à des plaignants gênés par des odeurs, sans qu'il n'y ait de notion de toxicité attachée au préjudice ;
- ⇒ un tribunal administratif peut imposer des **prescriptions complémentaires** pour réduire les odeurs émises par une ICPE ;

## 3.3 Bilan sur la réglementation en vigueur

Lorsque l'atelier de carrosserie utilise plus de **500 kg de solvant par an**, il est **classé** ICPE/D. S'il consomme plus de  $100 \text{ kg.j}^{-1}$  (ce qui correspond à la consommation d'une installation industrielle) de produit il est classé ICPE/A. La réglementation qui s'applique dans ces deux cas est bien définie et permet de gérer les éventuels conflits.

Dans le cas où la cabine de peinture n'est **pas classée**, la **réglementation** existante est très **précise** par rapport à la **protection des travailleurs**, mais elle reste **limitée** en ce qui concerne les rejets ou la protection des **riverains** : le RSD pourra être utilisé pour justifier de la nécessité de travaux sur les conduits de rejet.

Il peut donc se révéler utile de disposer d'éléments facilitant le déroulement d'une évaluation des risques, pour pouvoir se référer ensuite à l'article L 220-1 du code de l'environnement.

## 4 - ÉLÉMENTS DE REFLEXION EN VUE D'UNE ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS) DE PREMIER NIVEAU

Cette quatrième partie permet d'étudier comment peuvent être appliquées les étapes de l'ERS aux rejets d'une cabine de peinture. Le travail mené dans le cadre de ce mémoire s'applique aux substances utilisées dans le cadre de **l'activité de peinture** uniquement (*i.e.* pas aux autres substances présentes dans les garages carrosseries, pour des activités connexes, telle que la réparation mécanique). De plus, seuls les **rejets gazeux** émis sur le site sont considérés, qu'ils soient diffus ou canalisés.

Les **quatre étapes** conceptuelles de l'ERS seront abordées ici [18] :

- ⇒ **l'identification des dangers** : recherche des substances dangereuses, élaboration d'une base de données aussi exhaustive que possible ;
- ⇒ la définition des **relations dose-réponse<sup>☆</sup> ou dose-effet<sup>☆</sup>** : consultation des bases de données toxicologiques, choix des valeurs toxicologiques de référence (**VTR**) ;
- ⇒ l'approche des **expositions** (faite sur deux sites théoriques) ;
- ⇒ la caractérisation des **risques** : comparaison des VTR aux valeurs d'exposition (illustrée ici par les résultats obtenus sur les sites théoriques).

### 4.1 Identification des dangers, relations dose-réponse et dose-effet

L'identification des dangers et la recherche des relations dose-réponse et dose-effet ont été réalisées de façon concomitante :

- ⇒ une **liste** aussi **exhaustive** que possible des substances présentes dans les produits utilisés lors de l'activité de peinture a été établie (à partir de fiches de données de sécurité et comparaison avec la littérature) ;
- ⇒ la recherche des **dangers** associés à ces molécules et la définition des **relations** dose-réponse et dose-effet ont été faites essentiellement par consultation des bases de données sur internet ;

#### 4.1.1 Recensement des substances présentes

Les systèmes de peinture utilisent de très nombreuses substances. L'inventaire des substances dangereuses est réalisé, **d'une part** grâce à la consultation des fiches de données de sécurité (**FDS**), mises à disposition par les fabricants. Pour les besoins de cette étude, les FSD consultées correspondent essentiellement aux gammes de peintures proposées par Dupont de Nemours. Les substances utilisées par les différents fabricants

sont généralement identiques pour un système donné. Cette similarité entre gammes de produit a été confirmée par le responsable technique des peintures BASF [85] et au cours de diverses rencontres. Toutefois, afin de confirmer cette similitude, certaines FDS d'Akzo-Nobel ont également été consultées, mais de manière plus sommaire. **D'autre part**, afin d'établir une liste aussi exhaustive que possible des substances dangereuses contenues dans les peintures, les informations recueillies au travers des FDS sont confrontées à la **littérature** relative aux peintures ([36, 26, 23, 29, 10]). Le document le plus complet à cet égard ayant été l'étude de la CEE [10].

Les informations ainsi recueillies ont permis d'élaborer une base de données regroupant 155 substances (jointe en annexe XIV). Le recoupement entre les substances identifiées à partir des FDS et de la littérature est correct. Sur les 155 substances dangereuses identifiées (FDS et littérature), 9 l'ont été uniquement à partir de la littérature. Ces substances sont susceptibles de se retrouver dans les produits de nettoyage, les mastics, les apprêts, les peintures (solvantés, HS et WB) et les vernis. Les FDS de Dupont de Nemours ont permis de renseigner la fréquence à laquelle les substances se retrouvent dans les différents produits et également de donner une fourchette de concentration, fourchette confirmée par certains auteurs [10, 26, 23, 29].

#### 4.1.2 Recherche du potentiel dangereux, relations dose-réponse et dose-effet

**Tableau 9 : Sources d'informations utilisées pour la recherche des dangers et les définitions de relations dose-réponse et dose-effet**

institution (origine)	organisme -programme-	type de données - commentaires	réf.
CDC (USA)	ATSDR	fournit deux VTR : les MRL aigus et chroniques ; concerne uniquement les effets déterministes.	[54]
CEE (UE)		classification réglementaire des produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction (mise à jour 12/1998, publication INRS)	[28]
INRS (F)		fiches toxicologiques de 4 à 10 pages, fournit les VME	[63]
NLM (USA)	HSDB	base de données de proposant des informations très détaillées sur de nombreuses substances.	[73]
OMS (ONU)	CIRC	évaluation de la cancérigénicité des substances	[76]
	EHC	nombreuses monographies	[65]
	<i>Guidelines on Air Quality</i>	propose des valeurs guides pour 35 substances (les plus fréquentes) Information détaillée pour ces substances : effets aigus, chroniques, effet cancérigène	[38]
	IPCS	FDS synthétiques, substance par substance, renseigne les expositions professionnelles	[75]
TERA (USA)	ITER	site proposant une synthèse des informations toxicologiques des principaux sites institutionnels <b>Attention</b> les mises à jours ne sont pas régulières et quelques erreurs sont à noter (conversions)	[68]
US EPA (USA)	IRIS	revue des études toxicologiques, propose des VTR pour les effets chroniques(RfC) et cancérigènes (ERU)	[60]

Le Tableau 9 indique les principales sources d'informations utilisées pour la recherche des dangers, et pour la définition des relations dose-réponse et dose-effet.

De plus, quelques paramètres physico-chimiques ont été recherchés ([71]) :

- ⇒ la tension de vapeur pour estimer la volatilité des substances ;
- ⇒ la masse molaire pour les conversions ppm – mg.m<sup>-3</sup> (lorsque nécessaire, cette conversion a été faite en supposant T = 25 °C et P = 101 325 Pa).

#### 4.1.3 Sélection des substances dangereuses

Le grand nombre de substances dangereuses contenues dans les produits de peinture empêche de faire une évaluation des risques sanitaires pour chacune d'elles. Il a donc été procédé à un **classement** des substances en fonction de plusieurs critères, afin de faire ressortir celles qui seraient le plus à même de poser des problèmes de santé publique.

La hiérarchisation des molécules a été réalisée en deux temps, comme le montre le Tableau 10. Une première étape a permis de faire ressortir une liste de 20 substances jugées prioritaires. La seconde étape ayant été le choix des traceurs de risque.

**Tableau 10 : Méthodologie employée pour la sélection des substances**

	nb de substances	renseignements recherchés	But de la liste de substance
Base de donnée exhaustive	155	dangers, relations dose-réponse dose-effet, volatilité	identifier l'ensemble des molécules susceptibles d'être émises
<b>première sélection</b> (danger, VTR, VME, proportion de chaque substance par type de produit...)			
Liste des substances prioritaires	20	seuil olfactif, odeurs, méthode de dosage, persistance	faire ressortir les molécules les plus dangereuses et/ou présente en forte proportion
<b>seconde sélection</b> (scénarii d'émission)			
Traceurs de risques	6	-	réaliser une ERS de premier niveau

##### 4.1.3.1 Première étape : 20 substances prioritaires

Les critères de sélection pour le choix des substances prioritaires ont été :

- ⇒ le **potentiel dangereux** des substances, notamment le caractère cancérigène, aux vues des données disponibles ;
- ⇒ la **fréquence** à laquelle la substance se retrouve (par exemple est-elle présente dans tous les produits utilisés ou seulement dans une teinte particulière) ;
- ⇒ la **quantité** de substance dans les différents produits (on pourra noter à cet effet que les substances présentes en très faible concentration n'apparaissent pas dans les

FDS, par exemple certains biocides qui peuvent être inclus dans la formulation des peintures à l'eau n'ont pas été pris en compte).

À la suite de la hiérarchisation des molécules, 20 substances sont apparues prioritaires pour l'évaluation des risques. La plupart de ces substances préoccupantes sont utilisées en tant que solvant ou co-solvant, ainsi qu'une substance utilisée en tant que durcisseur.

Bien que les pigments et les matières solides soient retenus sur les filtres de la cabine de peinture en fonctionnement normal, il est apparu nécessaire de prendre en considération certaines de ces matières solides en raison de leur potentiel dangereux élevé (cancérogènes avérées).

Pour ces substances, l'étude des dangers a été complétée par la consultation de HSDB et/ou d'autres bases de données (INRS, OMS EHC). Ces dernières ont permis d'accéder à des informations complémentaires telles que durée de demi-vie dans l'atmosphère, seuil olfactif, métabolisme, persistance éventuelle, méthode de dosage *etc...* Les fiches synthétisant les données relatives à ces 20 substances sont présentées en annexe III.

Le tableau suivant reprend la liste de ces substances et les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) associées qui ont été retenues. Ces **VTR** sont représentatives d'une **exposition chronique par inhalation**, pour une **population générale**. Les VTR retenues sont en priorité celles proposées par les organismes les plus reconnus au plan international : OMS, IRIS et ATSDR. Lorsque plusieurs VTR étaient proposées, les plus conservatives ont été retenues. Les effets chroniques ont été considérés en priorité, car il paraissait peu probable que les émissions des cabines de peinture puissent provoquer des effets toxiques aigus, dans des conditions de fonctionnement normal. Ces effets aigus sont toutefois recherchés par la suite pour les traceurs de risques retenus.

Les indications relatives au seuil olfactif ont également été mentionnées lorsque la substance était particulièrement odorante.

Parmi les substances dangereuses figurent 7 molécules pour lesquelles il n'existe pas de VTR. Elles ont été retenues en raison de leur proportion dans les produits utilisés par le peintre et de leurs dangers, ou en raison de leur seuil olfactif. Les valeurs maximales d'expositions (VME) reportées dans le tableau suivant sont les plus faibles ayant été rencontrées dans la littérature.

Les produits de dégradation des substances émises n'ont pas été pris en compte, car la dispersion des polluants était supposée rapide. Cela se justifie *a posteriori* en regardant les résultats de la dispersion (cf. annexe XII) : la zone d'influence de la cabine de peinture est très limitée. Les produits de dégradation, formés en quelques heures dans le pire des cas, le sont donc à de très faibles concentrations.

Tableau 11 : Liste des substances dangereuses prioritaires contenues dans les produits de peinture

nom	CASRN	effets NON cancérogènes (chronique par inhalation)			seuil de détection olfactif ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	effets cancérogènes classement		ERUI ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{a}^{-1}$ )
		seuil d'exposition ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	source	cible		(OMS / EPA / CEE)	( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{a}^{-1}$ )	
éthylbenzène	100-41-4	RfC = 1 000	[IRIS]	développement	(2000)	( 2B / D / - )	-	
propylènes glycol méthyle éther	107-98-2	MRL = 34	[ATSDR]	respiratoire		( - / - / - )		
toluène	108-88-3	VG = 260	[OMS]	neurologique	(1000)	( 3 / D / - )	-	
éthylène glycol monobutyléther	111-76-2	MRL = 980	[ATSDR]	hématologique	490	( - / C / - )	-	
oxyde de nickel	1313-99-1	VG = 0,020	[Santé Canada]	respiratoire		( 1 / - / 1 )	3,8.10 <sup>-4</sup> [OMS]	
xylénes	1330-20-7	MRL = 440	[ATSDR]	neurologique	(4350)	( 3 / D / - )	-	
chromate de plomb <i>composé du chrome (sauf Cr VI)</i>	18454-12-1					( 3 / D / - )	-	
formaldéhyde	50-00-0	VG = 0,5	[OMS]	neurologique		( 2B/B2 / - )	-	
acétone	67-64-1	MRL = 10	[ATSDR]	respiratoire	(60)	( 2A/B1 / - )	1,3.10 <sup>-5</sup> [IRIS]	
acide phosphorique	7664-38-2	MRL = 31 000	[ATSDR]	neurologique	10 000	( - / - / - )		
ammoniaque	7664-41-7	RfC = 10	[IRIS]	respiratoire	?	( - / - / - )		
méthyle éthyle cétone MEK	78-93-3	RfC = 100	[IRIS]	respiratoire	(33 000)	( - / - / - )		
1, 6 hexaméthylène diisocyanate	822-06-0	RfC = 1 000	[IRIS]	développement	(5 900)	( - / - / - )		
		RfC = 0,010	[IRIS]	respiratoire	?	( - / - / - )		
méthyle isobutyle cétone	108-10-1	VME = 208 000	[ACGHI]	regl° travail	1600	( - / - / - )		
acétate de butyle	123-86-4	VME = 480 000	[MAK]	regl° travail	<b>200</b>	( - / - / - )		
noir de charbon	1333-86-4	VME = 3 500	[ACGHI]	regl° travail		( 2B / - / - )	-	
méthanol	67-56-1	VME = 266 000	[ACGHI]	regl° travail		( - / - / - )		
alcool isopropylique	67-63-0	VME = 1 000 000	[ACGHI]	regl° travail	8000	( - / - / - )		
méthyle pyrrolidone	872-50-4	VME = 82 000	[MAK]	regl° travail	?	( - / - / - )		
1,2,4-triméthyl benzène	95-63-6	VME = 125 000	[OSHA]	regl° travail	?	( - / - / - )		

réglementation du travail (effets aigus)

Données Toxicologiques disponibles

#### 4.1.3.2 Seconde étape : 6 traceurs de risque

Les substances présentées dans le Tableau 11 sont trop nombreuses pour permettre de réaliser une ERS de premier niveau. Il est donc nécessaire de faire ressortir celles qui seront les plus représentatives des risques sanitaires. Les scénarii de rejet (cf. Tableau 13) réalisés pour les substances retenues précédemment (substances prioritaires) permettent d'évaluer de manière plus précise les quantités rejetées lors de la mise en peinture d'une voiture.

Finalement, six substances seront retenues pour caractériser les nuisances olfactives et les risques sanitaires (toluène, éthylène glycol mono butyle éther, formaldéhyde, acétate de butyle, 1,6 hexaméthylène diisocyanate, oxyde de nickel).

Ces traceurs de risques doivent permettre de mettre en évidence :

- ⇒ les nuisances olfactives ;
- ⇒ les effets toxiques non cancérigènes (par inhalation) :
  - aigu (exposition inférieure à 7 jours : les VTR aiguës sont généralement fournies par l'ATSDR, elles correspondent cependant mal aux expositions réellement observées dans le cadre des rejets de cabines de peinture - quelques heures par jour -) ;
  - chronique (exposition supérieure à 1 an selon l'ATSDR, 7 ans pour L'US-EPA).
- ⇒ les effets cancérigènes.

Les Valeurs Maximales d'Exposition professionnelle (VME) ne sont pas retenues pour caractériser les effets aigus. Les VME ne sont en effet pas adaptées pour la protection des populations en général : par exemple, concernant le formaldéhyde<sup>a</sup>, la VME la plus faible est 0,3 ppm (TVL = 0,3 ppm (soit 375 µg.m<sup>-3</sup>), MAK = 0,5 ppm). Cela correspond à un ERI inacceptable de 5.10<sup>-3</sup> (cf. § 4.3.1.2 pour le calcul). Le choix des polluants traceurs de risque est discuté ci-dessous.

##### 4.1.3.2.1 L'acétate de butyle

L'acétate de butyle (cf. Tableau 23) semble être la molécule la plus représentative pour caractériser l'impact en terme d'odeur d'une cabine de peinture. Les effets toxiques apparaissent relativement faibles, aucune VTR n'est proposée. De plus, cette molécule est citée par le LCPP comme traceur d'activité des cabines de peinture, en raison de sa (relative) spécificité. Seuls les troubles olfactifs pouvant être induits par cette molécule seront pris en compte :

- ⇒ seuil olfactif : 200 µg.m<sup>-3</sup> [33].

---

<sup>a</sup>Le même raisonnement pour l'oxyde de nickel aboutit à un ERI de 0,76 (sic).

#### 4.1.3.2.2 L'éthylène glycol mono butyle éther (EGBE)

L'EGBE (cf. Tableau 24) est un éther de glycol employé uniquement dans les systèmes de peinture à l'eau. Son utilisation est de plus en plus répandue, alors que celle du propylène glycol méthyle éther est en régression. Cette substance a été retenue en raison de ses dangers, elle est en effet cancérogène, génotoxique, et mutagène à forte dose [29] :

- ⇒ seuil de détection olfactif :  $490 \mu\text{g.m}^{-3}$  [INRS] ;
- ⇒ effet toxique aigu (toux, somnolence<sup>\*</sup>, céphalées<sup>\*</sup>, nausée) :  $29\,500 \mu\text{g.m}^{-3}$  [ATSDR] ;
- ⇒ effet toxique chronique (hémolyse) :  $980 \mu\text{g.m}^{-3}$  [ATSDR].

#### 4.1.3.2.3 Le formaldéhyde

Le formaldéhyde (cf. Tableau 25) est utilisé en très petite quantité dans les systèmes de peinture, il est toutefois retenu dans l'évaluation des risques en raison de son potentiel cancérogène :

- ⇒ effet toxique aigu (sensation de brûlure, toux, céphalées, nausée, souffle court) :  $50 \mu\text{g.m}^{-3}$  [ATSDR] ;
- ⇒ effet toxique chronique (atteinte respiratoire) :  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  [ATSDR] ;
- ⇒ effet cancérogène (cancers nasopharyngés) : excès de risque unitaire de  $1,3 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$  [IRIS].

#### 4.1.3.2.4 Le 1,6 diisocyanate d'hexaméthylène (HDI)

Le HDI (cf. Tableau 26) est retenu en raison de son très large emploi dans le domaine de la carrosserie. Il est présent dans les systèmes solvantés traditionnels et dans une moindre mesure dans les carrosseries utilisant des produits hydrodiluable (vernis essentiellement). Cette molécule est très réactive, il est difficile de connaître son comportement à l'émission et dans l'atmosphère.

Les VTR retenues par les différents organismes sont extrêmement basses :

- ⇒ effet toxique aigu (sensation de brûlure, toux, difficultés respiratoires, souffle court) :  $50 \mu\text{g.m}^{-3}$  [ATSDR] ;
- ⇒ effet toxique chronique (dégénération de l'épithélium olfactif) :  $0,01 \mu\text{g.m}^{-3}$  [IRIS].

#### 4.1.3.2.5 L'oxyde de nickel

Cette substance (cf. Tableau 27) est un cancérogène avéré pour l'homme selon l'OMS et la CEE, elle est donc particulièrement préoccupante. L'US-EPA n'a pas évalué le caractère cancérogène du monoxyde de nickel, mais a reconnu que plusieurs autres composés du nickel étaient cancérogènes. Les niveaux de pollution généralement rencontrés dans les

pays industrialisés sont de l'ordre de 1 à 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Les risques aigus ne se présentent qu'à de très fortes doses. Seuls les effets chroniques et cancérigènes seront donc évalués.

Une exposition chronique est susceptible de provoquer une irritation des voies respiratoires, une altération du système immunitaire et de l'asthme.

- ⇒ effet toxique chronique (augmentation du nombre de granulocytes et lymphocytes dans les poumons<sup>a</sup>) :  $0,02 \mu\text{g.m}^{-3}$  [Santé Canada].
- ⇒ effet cancérigène (cancer du poumon) :  $3,8.10^{-4} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$  [OMS].

#### 4.1.3.2.6 Le toluène

Le toluène (cf. Tableau 28) est le composé benzénique le plus largement employé dans les systèmes de peinture. Il est retenu en raison de ses faibles MRL. Les valeurs seuil retenues sont en effet :

- ⇒ valeur guide pour une exposition de 30 minutes (basée sur le seuil olfactif) :  $1\ 000 \mu\text{g.m}^{-3}$  [OMS] ;

Les effets aigus possibles sont des atteintes du SNC et du système reproducteur. La VTR retenue sera celle de l'OMS, basée sur une exposition d'une **semaine**. Cette VTR de l'OMS est préférée à celle de l'ATSDR car elle porte sur des observations humaines et est plus conservative par rapport aux MRL de l'ATSDR.

- ⇒ effets toxiques aigus :  $260 \mu\text{g.m}^{-3}$  [OMS].

Le MRL concernant l'effet toxique chronique est de  $307 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Étant donné qu'il est égal<sup>a</sup> à la valeur guide de l'OMS, l'effet chronique (sur un an) ne sera pas pris en considération.

#### 4.1.4 Application à un cas particulier

La démarche suivie dans cette partie (§ 4.1) a été menée dans le but d'identifier les dangers des cabines de peinture **dans leur ensemble**. Elle ne saurait être directement transposable. Il est en effet indispensable de connaître les produits utilisés dans une carrosserie et **valider** les produits traceurs de risque (par exemple il n'est pas nécessaire de prendre en compte l'EGBE pour une carrosserie utilisant des produits solvantés). Pour cela il est nécessaire d'obtenir les **fiches de données de sécurité** des produits utilisés par le peintre carrossier :

- ⇒ soit directement à la carrosserie (le fabricant de peinture est *censé* fournir les FDS aux utilisateurs de ses produits) ;
- ⇒ si le carrossier ne possède pas les FDS de ses produits, noter les références **exactes** des produits employés, et se procurer les FDS auprès du fabricant.

---

<sup>a</sup> 15% d'écart seulement, mais le MRL correspond à une exposition annuelle, tandis que la valeur guide de l'OMS est donnée pour une exposition hebdomadaire.

## 4.2 Estimation des expositions

Les étapes précédentes constituent les premiers éléments sur lesquels des agents des DDASS pourraient faire reposer une ERS de premier niveau. Cette partie présente quelques outils utilisables pour approcher au cas par cas les expositions. Il existe deux types de démarches auxquelles peuvent avoir recours les agents des DDASS :

- ⇒ une démarche **analytique**, basée sur des résultats ponctuels ;
- ⇒ une démarche par **modélisation**, basée sur des calculs théoriques.

Ces deux approches présentent chacune des avantages et inconvénients propres. Dans les deux cas, il est nécessaire de recueillir un certain nombre d'informations, notamment concernant :

- ⇒ les conditions de **fonctionnement**, afin de quantifier les rejets :
  - la fréquence de passage en cabine ;
  - le type de réparation (tailles type de finition) ;
  - les conditions de rejet à l'atmosphère.
- ⇒ les **populations** exposées :
  - le nombre de personnes (et distances à la cabine de peinture) ;
  - la nature des populations (s'agit-il de populations sensibles ?) ;
  - le budget espace temps.

L'approche de l'exposition par la modélisation de la dispersion sera plus particulièrement abordée dans le cadre de ce mémoire.

### 4.2.1 Caractérisation des flux de rejets

Un préalable à toute mesure ou modélisation est de connaître les quantités approximatives de rejets. Ces hypothèses de rejets ont également permis d'identifier les traceurs de risque parmi les molécules dangereuses. La caractérisation des rejets permet :

- ⇒ de cibler les analyses nécessaires (il est impensable de vouloir réaliser des mesures pour l'ensemble des substances rejetées, pour des raisons de coût et d'exploitation des résultats) ;
- ⇒ de définir des données d'émissions dans le cas de la modélisation.

La caractérisation des rejets sera ici orientée dans l'optique d'une modélisation. On cherchera pour cela à bâtir des hypothèses de rejets de deux installations théoriques.

#### 4.2.1.1 Estimation de la quantité de substance dans chaque produit

L'estimation des quantités de substances rejetées impose de poser des hypothèses sur les concentrations de chaque substance, pour chaque produit, tel qu'il sera appliqué (par exemple le mastic contient 0,05 % d'HDI, un apprêt surfaceur en contient 0,38 %, le vernis 0,5 %). Les concentrations, estimées substance par substance, pour chacun de ces produits sont présentées en annexe V.

Les rejets atmosphériques seront estimés pour deux types de systèmes de peintures (solvantés et hydrodiluable), sur l'ensemble des étapes de la réparation (nettoyage, mastic, apprêt, peinture, vernis). Dans les deux cas, l'hypothèse sera faite que les carrosseries utilisent des produits à **deux composants** durcis aux isocyanates, et la réparation sera de type **bicouche** revernie :

- ⇒ les étapes prises en compte pour estimer les rejets de la carrosserie utilisant les peintures **solvantées traditionnelles** sont les suivantes :
  - nettoyage aux solvants classiques ;
  - application de mastic ;
  - application d'apprêts ;
  - application de peinture solvantée ;
  - application du vernis ;
  - le volume de solvant nécessaire au nettoyage des pistolets est pris en compte dans le premier point (pas de recyclage des solvants).
- ⇒ les étapes prises en compte pour estimer les rejets de la carrosserie utilisant les peintures **hydrodiluable**s sont les suivantes :
  - nettoyage aux détergents ;
  - application de mastic ;
  - application d'apprêts à Haut extrait Sec ;
  - application de peinture hydrodiluable ;
  - application du vernis à Haut extrait Sec ;
  - le nettoyage des pistolets est effectué avec une solution à base d'eau.

#### 4.2.1.2 Estimation de la consommation par catégorie de produit

Les volumes de produits consommés sont définis à partir des données fournies par le « *Thatcham Research Centre* » [10]. Les consommations sont définies en fonction de la taille de la réparation (petite réparation à peinture complète).

Ces volumes permettent d'accéder à la masse émise pour chaque substance. Pour cela, les consommations sont croisées avec les pourcentages de substance contenus produit par

produit (§ 4.2.1.1). Les ratios (quantité utilisée / quantité émise) considérés sont les suivants : 1 pour les solvants, 0,5 pour le HDI et 0,03 matières solides (cf. § 4.2.1.3).

Les volumes utilisés sont supposés être les mêmes pour les deux types de technologies (peinture solvantée et hydrodiluable), bien qu'une légère baisse de la consommation puisse être associée à l'utilisation de peintures hydrodilubles (meilleur pouvoir couvrant et meilleur rendement à l'application).

Les hypothèses considérées pour quantifier les volumes utilisés au cours des différentes réparations sont indiquées en annexe VI.

#### 4.2.1.3 Calcul des quantités émises

Les hypothèses posées précédemment (§ 4.2.1.1 et 4.2.1.2) permettent de calculer les masses de polluant, substance par substance, pour trois tailles de retouche et pour les deux types de peinture. Le résultat de ces calculs est présenté dans le Tableau 13.

Le rejet de COV total a été calculé à partir :

- ⇒ des valeurs indiquées par la CEPE [9] pour le système de peintures solvantées ;
- ⇒ des valeurs dites « *de référence* » proposées dans le rapport de la commission européenne [10] (cf. annexe VII).

Cette valeur de rejet de COV n'a pas pour but principal de quantifier les émissions, mais elle doit permettre de situer l'activité du garage, notamment par rapport au seuil ICPE.

La durée d'application est variable en fonction du fournisseur de produit, de la taille de la réparation, du type de produit employé et de l'expérience du peintre. Les durées de *process* de quelques applications sont présentées dans le Tableau 12. Ces durées ne prennent pas en compte les temps nécessaires aux couches de préparation (mastic, apprêt).

**Tableau 12 : Durée de *process* (minutes) pour différents types d'application [10]**

fournisseur → application ↓	Dupont	Glasureit	ICI	PPG	Stadox/ Herberts
peinture WB	26'	20'	24 à 26'	26'	18 à 24'
peinture WB + vernis HS	66,5'	57,5'	36 à 56'	66,5'	34'
peinture et vernis traditionnel	51'	60'	43'	41,5'	36'

Dans un souci de simplification, l'hypothèse sera faite que le rejet est réparti de manière uniforme sur 60 minutes. Ces 60 minutes englobant l'ensemble des étapes de la retouche. L'erreur faite dans cette hypothèse peut être estimée à environ 30 % de la durée réelle.

**Tableau 13 : Estimation de la masse (gramme) de substance émise au cours d'une retouche automobile, en fonction de la taille de réparation**

		Utilisation de système solvanté			Utilisation de système avec des peintures WB		
		petite réparation (<0,39 m <sup>2</sup> )	réparation importante (0,8-1,59 m <sup>2</sup> )	peinture complète	petite réparation (<0,39 m <sup>2</sup> )	réparation importante (0,8-1,59 m <sup>2</sup> )	peinture complète
pigments	chromate de plomb	78	156	1 161	0	0	0
	abattement de 97 %	2	5	35	0	0	0
	noir de charbon	61	127	964	61	127	964
	abattement de 97 %	2	4	29	2	4	29
	oxyde de nickel	5	9	70	5	9	70
	abattement de 97 %	0,14	0,28	2,1	0,14	0,28	2,1
du rc.	1, 6 hexaméthylène diisocyanate	4,1	8,4	62,2	2,4	5,0	36,8
	overspray de 50%	2,1	4,2	31,1	1,2	2,5	18,4
solvants	éthylbenzène	273	380	2 013	132	199	1 154
	propylène glycol méthyle éther	405	467	1 831	176	235	945
	méthyle isobutyle cétone	50	64	292	50	64	292
	toluène	548	774	4 187	118	237	1 748
	éthylène glycol monobutyléther	0	0	0	219	271	1 209
	acétate de butyle	724	1 128	6 789	637	954	5 495
	xylènes	600	770	3 652	79	121	713
	formaldéhyde	8	11	50	8	11	50
	méthanol	5	10	80	31	44	241
	alcool isopropylique	6	12	92	360	426	1 756
	acétone	325	416	1 952	114	170	986
	acide phosphorique	35	74	595	133	201	1 194
	ammoniaque	0	0	0	1,1	2,2	16,3
	méthyle pyrrolidone	0	0	0	61	84	444
	1,2,4-triméthyl benzène	152	207	1 062	71	111	669
	méthyle éthyle cétone MEK	325	453	2 392	139	200	1 081
	COV tot.	1 093	1 577	8 788	506	857	5 499
réduction d'émission de COV				54%	46%	37%	

On supposera que la totalité de la masse des solvants utilisés est émise à l'atmosphère ; ce qui ne sera pas le cas des pigments et du durcisseur. Concernant les pigments, l'abattement de 97 % indiqué (nickel, noir de charbon, chromate de plomb) correspond à l'abattement du filtre d'extraction [93]. Pour le durcisseur, on considère que 50 % est émis à l'atmosphère lors de la pulvérisation (pertes par *overspray*), le reste étant déposé sur la carrosserie.

La réduction des émissions de COV calculée (comparaison des systèmes WB et solvanté) est inférieure aux 60 % prévus par la directive européenne 1999/13/CE [44], cela peut-être dû au fait que :

- ⇒ les valeurs de référence pour les teneurs en COV considérées ne sont pas proposées par le même organisme ([9] et [10]) ;
- ⇒ il n'a pas été considéré de réduction de volume utilisé (meilleur rendement...).

#### 4.2.1.4 Contrôle des hypothèses

Afin de contrôler la validité des hypothèses prises pour estimer les rejets de carrosseries utilisant des systèmes solvantés traditionnels, les valeurs calculées sont comparées aux valeurs mesurées par le LCCP [33]. Pour cela les masses émises à l'atmosphère sont supposées être rejetées dans les conditions de fonctionnement présentées dans la partie 4.2.2.2.

Les résultats de cette comparaison sont représentés en annexe VIII. Cette comparaison montre que les hypothèses posées majorent raisonnablement les situations réelles. Les hypothèses prises pour les trois substances toluène, xylène et acétate de butyle sont proches des valeurs observées dans les faits.

Le manque de données pour les autres substances ne permet toutefois pas de contrôler toutes les hypothèses. Les valeurs indiquées dans le Tableau 13 pour les réparations importantes semblent majorer de manière raisonnable les émissions réellement observées et seront donc utilisées par la suite dans les hypothèses de modélisation.

#### 4.2.2 Approche par modélisation

Les expositions des populations riveraines des cabines de peinture sont estimées par modélisation informatique en suivant le raisonnement suivant :

- ⇒ établissement d'un scénario de rejet pour les substances identifiées (Tableau 13) pour des carrosseries utilisant des peintures **solvantées** traditionnelles, ainsi que pour des carrosseries utilisant des peintures **hydrodiluable**s.
- ⇒ modélisation de la dispersion des rejets :
  - définition de la géométrie d'un site « type » et des hypothèses de rejet ;
  - calcul des concentrations.

##### 4.2.2.1 Choix du modèle

Deux ouvrages ont orienté le choix du modèle

- ⇒ le guide méthodologique de l'ERS publié par l'INÉRIS [18] ;
- ⇒ les « *Guideline on Air Quality Models* » de l'US-EPA [14].

Le modèle retenu pour modéliser les rejets de la cabine de peinture est ISC ST3. Il s'agit d'un modèle de dispersion gaussien, élaboré pour modéliser les rejets de complexes industriels.

## 4.2.2.2 Définition des rejets

### 4.2.2.2.1 Géométrie du site « type »

#### ◆ Conditions de rejet

Le tableau suivant récapitule les paramètres de rejet des cabines de peinture théoriques qui seront modélisées. Les caractéristiques géométriques ont été estimées à partir des observations sur le terrain. Le flux de gaz correspond à un débit de  $20\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  (estimé d'après les valeurs observées par l'INRS [25], [22]). La température d'émission est celle à laquelle les couches sont appliquées :  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Le diamètre de la cheminée est estimé à partir des observations faites sur le terrain.

**Tableau 14 : Paramètres constants retenus pour caractériser les rejets de cabine de peinture**

paramètre	valeur	unité
hauteur de rejet	12	m
diamètre intérieur de cheminée	0,8	m
vitesse de sortie	11,1	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
flux des gaz	5,6	$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
température d'émission	298	K

#### ◆ Choix du repère

Les rejets seront modélisés dans un repère cartésien orthonormé (unité mètre). L'axe x correspond à la direction nord, et l'axe y à la direction est. Ce repère a pour origine le pied de la cheminée de la cabine de peinture (coordonnées du rejet : (0 ; 0 ; 12)).

Le repère s'étend de (-900 ; -900) à (900 ; 900)<sup>a</sup> la zone d'étude correspond donc à un carré de 1,8 km de côté. Les résultats de la modélisation seront calculés sur une grille d'espacement de 30 m en x et y ( $61 \times 61 = 3\,721$  points). Pour des raisons de commodité, aucun relief ne sera pris en compte. Les choix de taille de repère et de finesse de maille sont présentés en annexe XI.

#### ◆ Caractéristiques géométriques du garage

Afin de tenir compte de l'éventuel rabattement des gaz dû à la présence de bâtiment autour de la cheminée, un bâtiment carré de vingt mètres de côté et 10 m de hauteur est simulé pour représenter la carrosserie. Ce bâtiment n'est pas centré par rapport à la cheminée ni au repère car les cabines de peinture sont typiquement implantées au fond des garages, par soucis d'économie de place. Le bâtiment est donc implanté de (-5 ; -5) à (15 ; 15).

---

<sup>a</sup> Ici (comme par la suite), un couple de point caractérise un objet rectangulaire en donnant son sommet sud ouest puis son sommet nord est.

#### 4.2.2.2 Caractérisation des flux émis

Afin de tenir compte de l'évolution des produits utilisés (solvantés vs hydrodiluable), deux types de carrosseries seront modélisés (cf. § 4.2.2.1) :

- ⇒ une carrosserie utilisant un système de produits solvantés traditionnels ;
- ⇒ une carrosserie utilisant un système de produits hydrodiluable (+ haut extrait sec).

Pour chacune de ces carrosseries, les rejets simulés correspondront à cinq grandes réparations quotidiennes (cf. Tableau 13) : à 8 h, 10 h, 12 h, 14 h et 16 h. Les rejets sont supposés être répartis de manière uniforme pendant une heure.

Le tableau suivant récapitule les hypothèses prises pour caractériser les rejets. Les valeurs de demi-vie [HSDB] sont également fournies pour permettre de répéter la modélisation : les données du tableau suivant étant les seules prises en compte dans le modèle (la densité par exemple n'est pas nécessaire) pour caractériser le polluant.

**Tableau 15 : Flux des traceurs de risque pris en compte pour la modélisation**

substance	période de demi-vie (heure)	flux (g.s <sup>-1</sup> ) pour une cabine utilisant un système		flux annuel (kg.an <sup>-1</sup> ) équivalent		
		solvanté	hydrodiluable	solvanté	hydrodiluable	
acétate de butyle	infinie	0,31	0,27	2 100	1 700	
EGBE	17	0	0,075	0	490	
Formaldéhyde	3	0,003 1		20		
HDI	16	0,001 2	0,000 7	7,7	4,6	
oxyde de nickel	infinie	0,000 08		0,5		
toluène	13	0,22	0,065	1 400	430	
COV	non modélisé	0,44	0,24	2 900	1 600	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Les flux des colonnes (3) et (4) du Tableau 15 exprimés en g.s<sup>-1</sup> correspondent aux rejets pris en considération lors d'une grande réparation et répartis sur une heure. Les colonnes 5 et 6 correspondent au flux équivalent rejeté en une année avec les hypothèses prises en considération :

- ⇒ 5 réparations quotidiennes ;
- ⇒ rejet identique 365 j.an<sup>-1</sup>.

La ligne « COV » permet d'estimer et de comparer l'activité du garage type pris pour hypothèse avec celle d'une carrosserie non classée (seuil de consommation de solvant = 500 kg.an<sup>-1</sup>).

Ces hypothèses sont élevées, mais réalistes par rapport aux flux horaires (cf. annexe VIII) reportés dans la littérature. Les volumes annuels consommés sont importants mais le cas d'une peinture complète réalisée dans la cabine de peinture n'a pas été pris en considération, cela aurait conduit à une surestimation des volumes rejetés. Les hypothèses sont volontairement majorantes, dans le cadre d'une ERS de premier niveau.

### 4.2.2.3 Paramétrage des données météo

#### 4.2.2.3.1 Données disponibles

Les données météo utilisées pour modéliser la dispersion sont celles de la station météorologique du Mans. Le fichier de données couvre l'ensemble de l'année civile 2001.

Les données sont fournies par **pas horaire**, pour les quatre paramètres suivants (supposés constant pendant une heure) :

- ⇒ **direction** du vent (en degré par rapport au nord), avec une précision de 10° ;
- ⇒ **force** du vent, en  $\text{m.s}^{-1}$  (précision de 1  $\text{m.s}^{-1}$ ) ;
- ⇒ **température** de l'air, avec une précision de 0,05 °C ;
- ⇒ classe de **stabilité** (classe de Pasquill, cf. annexe X), enregistrée à partir d'observations humaines et disponible pour les heures d'ouverture du centre météo France (de 5 h à 17 h en hiver et de 4 h à 16 h en été – heures UTC) ;

#### 4.2.2.3.2 Données non disponibles

Afin de pouvoir utiliser le modèle ISCST3, certaines hypothèses ont été faites :

- ⇒ la hauteur de la couche de mélange (non disponible simplement auprès de Météo France) a été supposée constante à une valeur défavorable à la dispersion : 100 m. Toutefois, dans le cas des rejets à basse altitude, ce paramètre influe très peu ( cf. annexe XI) ;
- ⇒ les classes de Pasquill non renseignées (*i.e.* de nuit) ont été fixées à la valeur F, correspondante aux conditions de dispersion les plus défavorables. Cette hypothèse n'affectera pas les résultats de la dispersion, car les rejets de la cabine de peinture ont lieu de jour.
- ⇒ Les valeurs de direction et force du vent n'ont pas été renseignées entre le 21/09/2001 à 1 h et le 22/09/2001 à 8 h (soit 32 enregistrements manquants). Les valeurs sont alors fixées à 0 et ne sont pas traitées par le modèle ( cf. § 4.2.2.3.3).

#### 4.2.2.3.3 Données non prises en compte

Les modèles de dispersion gaussiens ne permettent pas de calculer la dispersion lors des épisodes de **calme** (vent < 1  $\text{m.s}^{-1}$ ). Lorsque ces conditions se présentent, elles ne sont pas prises en compte dans les calculs. En 2001, au Mans de telles conditions ont été enregistrées à 312 reprises, et l'anémomètre n'a pas fonctionné pendant 32 h. 350 h de l'année (sur les 8 760) ne seront donc pas prises en compte dans les calculs.

#### 4.2.2.4 Résultats de la modélisation

Les résultats détaillés sont présentés en annexe XII. Une annexe est également proposée pour présenter le fonctionnement du modèle (annexe XIII). Certains fichiers informatiques utilisés pour la modélisation sont joints en annexe XIV.

##### 4.2.2.4.1 Types de résultats fournis par ISCST3

Le modèle ISCST3 calcule les concentrations de polluant en chaque point de la grille, et pour chaque heure de l'année. Deux types de résultats, exprimés en concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de polluant dans l'air, sont obtenus :

- ⇒ les **moyennes horaires maximales** : parmi les  $365 \times 24^a$  moyennes horaires calculées en chaque point de la grille, la valeur maximale est retenue pour :
  - évaluer les **gênes olfactives** ;
  - caractériser les **effets toxiques aigus**.
- ⇒ la **moyenne annuelle** (moyenne des  $365 \times 24$  résultats) quant à elle est utilisée pour :
  - caractériser les **effets toxiques chroniques** ;
  - caractériser les **effets cancérogènes** ;
- ⇒ le modèle ne permet pas de calculer les moyennes hebdomadaires.

##### 4.2.2.4.2 Concentrations modélisées

Les résultats détaillés sont présentés en annexe XII. D'une manière générale, on pourra remarquer :

- ⇒ les valeurs maximales ne sont pas situées à l'origine, cela est dû au fait que la source est située à 12 m et que les résultats de la modélisation sont les concentrations au niveau du sol ;
- ⇒ deux pics sont observés (angles sud-ouest et nord est du bâtiment), cela est lié à l'influence des vents ;
- ⇒ les valeurs de maxima horaires présentent un aspect « drapé » qui est dû à la précision des valeurs de direction du vent (pas de  $10^\circ$ ) ;
- ⇒ les moyennes annuelles sont plus élevées au nord-est de la cabine de peinture, cela est dû aux vents dominants ;
- ⇒ l'influence de la cabine de peinture se fait ressentir dans un rayon d'environ 700 m en ce qui concerne les maxima horaires, et environ 150 m en ce qui concerne les moyennes annuelles.

---

<sup>a</sup> Un peu moins, pour être exact =  $(365 \times 24) - 350$ , les 350 correspondent aux valeurs non calculées à cause de l'absence de vent (cf. § 4.2.2.3.3).

Les résultats de la modélisation varient énormément en fonction de la localisation. Toutefois, dans le cadre d'une ERS de premier niveau d'approche, on ne considérera que la valeur maximale modélisée, dans un souci de simplification.

**Tableau 16 : Concentrations modélisées par ISCST3 aux points de valeurs maximales**

système de peinture utilisé par le carrossier →  substance ↓	Concentration maximale moyenne horaire ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		Concentration moyenne annuelle ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
	système solvanté	système hydrodiluable	système solvanté	système hydrodiluable
acétate de butyle	145	122	nc	nc
EGBE	absence	35	absence	0,54
formaldéhyde	1,4	1,4	0,022	0,022
HDI	0,54	0,32	0,008 5	0,005 1
oxyde de nickel	nc	nc	0,000 6	0,000 6
toluène	99	30	1,6	0,47

nc : non considéré (car non pertinent pour la durée d'exposition correspondante)

### 4.2.3 Approche analytique des expositions

La liste des laboratoires agréés pour les mesures de qualité de l'air est mise à jour par l'INÉRIS [19]. Les mesures réalisées ne reflètent jamais qu'un résultat ponctuel, il est donc nécessaire d'estimer la concentration d'exposition moyenne en tenant compte de la durée des rejets. L'approche analytique peut également venir en complément de la modélisation : les mesures à l'émission permettant de réduire l'incertitude sur les hypothèses d'émission.

### 4.2.4 Détermination des niveaux d'exposition

#### 4.2.4.1 Hypothèses relatives aux expositions des populations

##### 4.2.4.1.1 Définition du budget espace temps

La population exposée aux rejets des cabines de peinture est supposée être exposée aux polluants de la manière suivante :

- ⇒ les riverains sont en permanence à leur domicile (exposition 100 % du temps à la concentration mesurée ou modélisée) ;
- ⇒ pour les effets cancérigènes, une durée d'exposition de trente ans sera prise en compte, ce qui correspond au 95<sup>ème</sup> percentile de la distribution de durée de résidence d'une personne dans un même logement.

#### 4.2.4.1.2 Définition de la dose d'exposition

Dans le cas considéré ici, seule la voie d'exposition par inhalation est considérée. La dose d'exposition correspond donc à la concentration inhalée. Pour les **expositions chroniques**, on considérera la concentration moyenne inhalée par jour CI [18] :

$$\Rightarrow CI = \sum_i (C_i \times t_i) \times F \times \frac{T}{T_M}$$

⇒ les termes de cette équation étant :

- CI : concentration moyenne d'exposition [M.L<sup>-3</sup>] ;
- C<sub>i</sub> : concentration d'exposition relative au milieu i [M.L<sup>-3</sup>] ;
- t<sub>i</sub> : fraction de temps d'exposition dans le milieu i ;
- T : durée d'exposition [T] ;
- F : fréquence d'exposition [sans unité] ;
- T<sub>M</sub> : période sur laquelle l'exposition est moyennée [T].

Pour les effets à seuil, le risque est associé au dépassement d'une dose donnée pendant la période d'exposition. Les quantités inhalées seront moyennées sur la durée de l'exposition T = T<sub>M</sub>. Par contre, pour les effets sans seuil (effets cancérigènes) on considère que l'effet de chaque dose s'ajoute et que la survenue de la réponse cancéreuse est fonction de la somme totale des doses reçues. T<sub>M</sub> est alors assimilée à la durée de la vie entière (70 ans).

Le milieu « i » considéré (pour la concentration C<sub>i</sub> et la fraction t<sub>i</sub>) est l'atmosphère au point de concentration annuelle maximale (hypothèse péjorative prise en première approche).

**Tableau 17 : Valeurs utilisées pour le calcul des concentrations moyennes d'exposition (CI)**

paramètre	valeur considérée pour les effets chroniques à seuil	valeur considérée pour les effets cancérigènes
T <sub>M</sub> (an)	30	70
T (an)	30	
t <sub>i</sub> (sans unité)	1	
C <sub>i</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	concentration moyenne annuelle (au point de concentration maximale dans le cas de la modélisation)	
F (sans unité)	1 (365 j/365 j)	

En résumé, deux cas de figure seront à envisager pour les effets chroniques :

- ⇒ pour les effets déterministes : CI = C<sub>i</sub> ;
- ⇒ pour les effets cancérigènes :  $CI = C_i \times \frac{30}{70} = 0,43.C_i$ .

Concernant les **expositions aiguës**, ainsi que les dépassements de seuils olfactifs, les concentrations prises en compte seront directement les concentrations moyennes maximales horaires. Cette approche est extrêmement conservatrice et ne peut être faite qu'en première approche : les durées d'exposition sont très inférieures à celles pour

lesquelles les VTR ont été définies et seule la concentration maximale est prise en compte. Les hypothèses prises en considération ici correspondent donc à un scénario très pénalisant, elles seraient à affiner au cas où les résultats mettraient un risque non acceptable en évidence.

### 4.3 Vers une caractérisation des risques sanitaires

La caractérisation des risques sanitaires doit être propre à chaque site pour tenir compte des spécificités locales (populations exposées, activité de la cabine, conditions de dispersion etc.). En aucun cas, les exemples fournis ici ne peuvent être transposés ou appliqués à une cabine particulière. Ils sont seulement présentés pour illustrer ce que pourrait être une caractérisation des risques sanitaires dans un cas réel.

#### 4.3.1 Approche par modélisation

##### 4.3.1.1 Nuisances olfactives et effets non cancérogènes

###### 4.3.1.1.1 Nuisances olfactives

Les troubles olfactifs ne constituent pas un effet toxique à proprement parler. Toutefois, en raison du caractère répétitif de la gêne, ces troubles peuvent constituer un problème de santé<sup>a</sup> pour les populations riveraines.

Les troubles olfactifs sont estimés à partir des moyennes maximales horaires. Le fait de moyenner sur une heure les émissions a pour effet de lisser les pics de concentration. Les concentrations horaires moyennes maximales ( $C_h$  max) auront donc tendance à sous-estimer la gêne réelle.

**Tableau 18 : Récapitulatif des troubles olfactifs attribuables aux cabines de peinture théoriques modélisées**

Traceur de risque	système de peinture solvantée	système de peinture hydrodiluable
acétate de butyle seuil olfactif : $200 \mu\text{g.m}^{-3}$	$C_h$ max = $145 \mu\text{g.m}^{-3}$ gêne possible	$C_h$ max = $122 \mu\text{g.m}^{-3}$ gêne possible
EGBE seuil olfactif : $490 \mu\text{g.m}^{-3}$	absence	$C_h$ max = $35 \mu\text{g.m}^{-3}$ gêne peu probable
toluène seuil olfactif : $1\,000 \mu\text{g.m}^{-3}$	$C_h$ max = $100 \mu\text{g.m}^{-3}$ gêne possible	$C_h$ max = $30 \mu\text{g.m}^{-3}$ gêne peu probable

<sup>a</sup> ... si l'on considère la définition de la santé donnée par l'OMS (cf. § 3.2.1).

Les résultats de la modélisation suggèrent donc que les dépassements des seuils olfactifs pourront se produire fréquemment autour des cabines de peinture théoriques. Ceci est confirmé par les plaintes de voisinage relatives à ce type d'installation.

De plus, l'acétate de butyle n'est pas la seule molécule odorante, et les riverains sont exposés à un mélange complexe. Il serait préférable de connaître le débit d'odeur plutôt que de se baser sur une ou deux molécules pour estimer les nuisances olfactives (impossible par manque de données).

#### 4.3.1.1.2 Effets toxiques non cancérogènes

La caractérisation du risque pour les toxiques déterministes (avec effet de seuil) s'exprime via un indice de risque (IR). L'indice de risque IR est déterminé ainsi :

⇒  $IR = CI / VTR$

⇒ les paramètres de l'équation étant :

- CI : concentration moyenne d'exposition [ $M.L^{-3}$ ] ;
- VTR : valeur toxicologique retenue pour le polluant et l'effet considéré [ $M.L^{-3}$ ].

L'indice de risque est donc un rapport sans unité. Lorsque **IR** est **inférieur à 1**, le risque est considéré comme **acceptable**.

#### ◆ Effet toxique aigu

Les VTR aiguës sont généralement définies pour des expositions sur une semaine. Les moyennes horaires maximales prises en considération pour estimer l'effet aigu auront donc tendance à fortement majorer le risque.

**Tableau 19 : Récapitulatif des effets toxiques aigus attribuables aux cabines de peinture théoriques modélisées**

Traceur de risque	Système de peinture solvantée	Système de peinture hydrodiluable
EGBE VTR : 29 500 $\mu g.m^{-3}$	absence	$C_h \text{ max} = 35 \mu g.m^{-3}$ IR = 0,001 risque acceptable
formaldéhyde VTR : 50 $\mu g.m^{-3}$	$C_h \text{ max} = 1,4 \mu g.m^{-3}$ IR = 0,03 risque acceptable	id solvanté
HDI VTR : 50 $\mu g.m^{-3}$	$C_h \text{ max} = 0,5 \mu g.m^{-3}$ IR = 0,01 risque acceptable	$C_h \text{ max} = 0,3 \mu g.m^{-3}$ IR = 0,006 risque acceptable
toluène VTR : 260 $\mu g.m^{-3}$	$C_h \text{ max} = 100 \mu g.m^{-3}$ IR = 0,4 risque acceptable	$C_h \text{ max} = 30 \mu g.m^{-3}$ IR = 0,1 risque acceptable

Les résultats de la modélisation n'indiquent pas de risque d'effet aigu pour les cabines modélisées ; les indices de risque étant inférieurs à la valeur repère de 1. Les valeurs obtenues pour le toluène sont toutefois proche de 1. Il convient de relativiser les résultats car

ces IR de 0,4 et 0,1 sont obtenus en comparant des **concentrations** moyennes **horaires** à une VTR définie pour une **exposition hebdomadaire**. L'indice de risque réel serait donc plus faible, en prenant des hypothèses moins conservatives.

◆ Effet toxique chronique

**Tableau 20 : Récapitulatif des effets toxiques chroniques attribuables aux cabines de peinture théoriques modélisées**

Traceur de risque	système de peinture solvantée	système de peinture hydrodiluable
<b>EGBE</b> VTR : 980 $\mu\text{g.m}^{-3}$	absence	$C_{\text{an}} \text{ moy} = 0,5 \mu\text{g.m}^{-3}$ IR = $5.10^{-4}$ risque acceptable
<b>formaldéhyde</b> VTR : 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	$C_{\text{an}} \text{ moy} = 0,02 \mu\text{g.m}^{-3}$ IR = 0,002 risque acceptable	id. solvanté
<b>HDI</b> VTR : 0,01 $\mu\text{g.m}^{-3}$	$C_{\text{an}} \text{ moy} = 0,0085 \mu\text{g.m}^{-3}$ <b>IR = 0,85</b> proche de 1 !	$C_{\text{an}} \text{ moy} = 0,005 \mu\text{g.m}^{-3}$ <b>IR = 0,5</b> proche de 1 !
<b>oxyde de nickel</b> VTR : 0,02 $\mu\text{g.m}^{-3}$	$C_{\text{an}} \text{ moy} = 0,0006 \mu\text{g.m}^{-3}$ IR = 0,029 risque acceptable	id. solvanté

Les indices de risques calculés dans le tableau ci-dessus sont tous inférieurs à 1 et indiquent donc des **risques acceptables** pour toutes les substances traceurs de risque retenues.

Toutefois, les indices de risques calculés pour le HDI sont proches de 1. Ils sont donc préoccupants. Il convient de considérer les hypothèses (conservatives) et incertitudes (majorantes) relatives à cette substance :

- ⇒ cela suppose que la personne se trouve en permanence au point de concentration maximale (il serait donc nécessaire de prendre en compte les budgets espace-temps pour se ramener à un indice de risque plus réaliste) ;
- ⇒ l'estimation de la consommation est élevée ;
- ⇒ il existe une forte incertitude concernant le ratio quantité émise / quantité consommée (comment le HDI se comporte-t-il dans le filtre d'extraction, au niveau du film ?), une autre source d'incertitude est liée au comportement de la molécule dans l'atmosphère (forte réactivité) ;
- ⇒ l'indice de risque est ici calculé au point où la concentration maximale a été modélisée, il diminue rapidement lorsque l'on s'éloigne du point de rejet.

#### 4.3.1.2 Effets cancérigènes

Les effets cancérigènes sont estimés à partir de l'excès de risque unitaire (ERU) par inhalation. La probabilité pour un individu de développer un cancer suite à l'exposition aux

traceurs de risque est exprimée par l'excès de risque individuel. ERI et ERU sont reliés de la manière suivante :

- ⇒ ERI = CI x ERU
- ⇒ les paramètres de l'équation étant :
  - ERI : excès de risque individuel (sans unité) ou probabilité pour une personne de développer un cancer suite à l'exposition considérée ;
  - CI : concentration moyenne d'exposition [ $M.L^{-3}$ ] ;
  - ERU : excès de risque unitaire [ $M^{-1}.L^3$ ].

Les valeurs acceptables concernant les ERI sont variables en fonction des sources, on considère généralement qu'un ERI inférieur à  $10^{-5}$  ou  $10^{-6}$  est acceptable. Une circulaire émanant du MATE de décembre 1999 a fixé, dans le domaine des sols pollués, une valeur d'acceptabilité à  $10^{-5}$ .

**Tableau 21 : Calculs pour la caractérisation de l'effet cancérigène d'après les résultats modélisés**

	formaldéhyde	oxyde de nickel
$C_{an}$ moy ( $\mu g.m^{-3}$ )	0,022	0,000 6
CI ( $\mu g.m^{-3}$ )	0,009 4	0,000 26
ERU ( $\mu g.m^{-3}$ ) <sup>-1</sup>	$1,3.10^{-5}$	$3,8.10^{-4}$
ERI (sans unité)	$1,2.10^{-7}$	$9,7.10^{-8}$

Les excès de risques individuels pour les deux substances traceurs de risque cancérigène sont inférieurs à  $10^{-6}$ . Dans l'exemple considéré, le risque lié aux effets cancérigènes est donc acceptable.

À titre de comparaison, il est intéressant de citer les concentrations généralement rencontrées pour ces deux polluants :

- ⇒ le formaldéhyde est un des principaux polluants de l'**air intérieur**, lié notamment au relargage des colles et de divers matériaux. Il est généralement présent à des concentrations de l'ordre de 20 à 60  $\mu g.m^{-3}$  [38] ;
- ⇒ l'oxyde de nickel est un polluant ubiquitaire, dont les principales sources d'émission sont les cimenteries et les incinérateurs d'ordures ménagères la concentration atmosphérique **urbaine** en nickel étant de l'ordre de 10  $ng.m^{-3}$  [8,5,56].

#### 4.3.1.3 Incertitudes de la modélisation

De nombreuses hypothèses ont dues être posées pour permettre la modélisation des rejets de cabines de peinture. Parmi celles-ci, certaines vont contribuer à majorer les valeurs

moyennes calculées, d'autres au contraire auront tendance à minimiser les impacts des rejets. Le tableau suivant dresse la liste de ces principales sources d'erreur.

**Tableau 22 : Influence des différents facteurs sur les concentrations modélisées**

	facteurs <b>majorant</b> la concentration	facteurs <b>minorant</b> la concentration	Influence non maîtrisée
moyenne horaire			✓ rejet réparti sur une heure
moyenne annuelle	✓ nombreux passages en cabine ✓ activité 365 j.an <sup>-1</sup>		
Les deux moyennes (horaire et annuelle)	✓ hypothèses majorantes sur la constitution des produits	✓ bonnes conditions de rejet (2 mètres au-dessus du faîtage, et vertical) ✓ non prise en compte des périodes de calme	✓ géométrie complexe des sites urbains ✓ validité des équations utilisées ✓ validité du modèle pour ce type de rejet

Les résultats de la modélisation devront donc être appréciés avec une incertitude relativement importante. Les principales limites du modèle semblent être l'impossibilité de modéliser les valeurs aux points très proches de la source et la prise en compte du relief des bâtiments. De plus l'approche visant à estimer la quantité de produit rejeté est également entachée d'incertitude.

Les résultats obtenus concernant l'oxyde de nickel doivent être considérés avec une précaution particulière. En effet, la modélisation n'a pas pris en compte les dépôts par voie humide (non prise en compte des précipitations) ni les dépôts par voie sèche. Ces simplifications provoquent une surestimation des concentrations réelles.

Une mesure de la concentration d'oxyde de nickel à l'émission serait utile pour contrôler l'efficacité réelle du filtre et pour déterminer la granulométrie des particules.

#### 4.3.2 Approche analytique

Les valeurs mesurées par le **LCPP** [33] mettent en évidence des **gènes olfactives**. Toutefois, les molécules recherchées étaient des **traceurs d'activité** et non des traceurs de risque. Seul le **toluène** appartient aux deux catégories : la valeur maximale en toluène mesurée chez un riverain a été de 1000 µg.m<sup>-3</sup> (elle n'apparaît toutefois que dans une mesure, sur 54). En supposant que cette concentration soit atteinte chez le riverain 5 h.j<sup>-1</sup> et 5 j.semaine<sup>-1</sup>, la concentration moyenne hebdomadaire serait de 150 µg.m<sup>-3</sup> (inférieure à la valeur guide de l'OMS - indice de risque de 0,6).

## 5 - CONCLUSION

Les carrosseries utilisant **moins de 500 kg.an<sup>-1</sup>** de solvant ne relèvent pas de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement et sont donc du **ressort des DDASS**.

L'impact de la réglementation européenne sur les produits employés dans le domaine de la retouche automobile est important. Les nouvelles gammes de produits permettent de **réduire** les émissions de **COV**. Les substances employées sont également moins dangereuses et moins odorantes, à l'exception des éthers de glycol employés dans les peintures hydrodiluable.

Toutefois, comme le montrent les plaintes de riverains, les installations de peinture peuvent être mal perçues et poser des problèmes de nuisances olfactives. Les émissions ne constituent pas pour autant un risque toxicologique. Une évaluation des risques sanitaires **propre à chaque site** doit donc être réalisée lorsque des riverains sont susceptibles d'être fortement exposés. Les **spécificités** de chaque installation sont en effets nombreuses :

- ⇒ les **substances** dangereuses employées devront être recherchées à partir des fiches de données de sécurité (en particulier les durcisseurs et les solvants) ;
- ⇒ **l'activité** de la cabine de peinture devra être quantifiée (en fréquence : nombre de passages quotidiens ou hebdomadaires **et** en volume : quantité de produit utilisé) ;
- ⇒ les **populations** exposées devront être identifiées (nombre de personnes, budget espace temps, sensibilité particulière) ;
- ⇒ les **expositions** pourront être approchées par des méthodes analytiques ou par modélisation.

La **gestion** des situations conflictuelles peut être envisagée de différentes façons :

- ⇒ modification des conditions de rejet : cette solution est la plus employée, bien que son efficacité soit limitée dans certain cas. Il s'agit de rehausser la cheminée et de diriger les gaz verticalement afin d'améliorer les conditions de dispersion ;
- ⇒ changement de système de produits : si le carrossier utilise des produits solvantés traditionnels, un passage au système hydrodiluable pourrait être envisagé, en concertation avec le peintre, afin de réduire les nuisances olfactives ;
- ⇒ le traitement des rejets ne semble pas une solution applicable de manière simple. La seule technique envisageable serait la filtration des effluents gazeux sur filtre à charbon actif. Toutefois cette solution présente des inconvénients majeurs : les coûts d'installation et de fonctionnement sont extrêmement lourds et la filtration des COV ne reste efficace qu'avec un suivi régulier des filtres.

## TABLE DES ANNEXES

<b>ANNEXE I. Résines autres que PUR et acrylique utilisées dans les domaines de la peinture et de l'industrie</b>	<b>54</b>
---	-----------

<b>ANNEXE II. POS et PLU</b>	<b>55</b>
------------------------------	-----------

❖ Le plan d'occupation des sols (POS)	55
❖ Le plan local d'urbanisme (PLU)	55

<b>ANNEXE III. Fiches de synthèse relatives aux principales substances dangereuses</b>	<b>56</b>
--	-----------

❖ 1,2,4-triméthylbenzène	56
❖ 2-méthyl isobutyl cétone	57
❖ 2-propanol	57
❖ Acétate de butyle	58
❖ Acétone	59
❖ Acide phosphorique	60
❖ Ammoniac	60
❖ Butanols	61
❖ Chromate de plomb	62
❖ Éthylbenzène	62
❖ Éthylène glycol mono butyle éther (EGBE)	63
❖ Éthylène glycol monobutyle éther acétate	65
❖ Formaldéhyde	65
❖ HDI : 1,6-hexaméthylène diisocyanate	66
❖ Méthanol	67
❖ Méthyle éthyle cétone (MEK)	68
❖ Méthyle pyrrolidone	68
❖ Noir de charbon	69
❖ Oxyde de nickel	70
❖ Propylène glycol méthyle éther	71
❖ Toluène	71
❖ White spirit	72
❖ Xylènes	73

<b>ANNEXE IV. Classifications des substances canérogènes selon l'US EPA, l'OMS et la CEE</b>	<b>74</b>
--	-----------

<b>ANNEXE V. Hypothèses prises pour estimer les concentrations de substance dans chaque produit</b>	<b>75</b>
---	-----------

❖ Peinture solvantée	76
❖ Système hydrodiluable	77

<b>ANNEXE VI. Volumes de produits utilisés en carrosserie</b>	<b>78</b>
---	-----------

<b>ANNEXE VII. Teneur en COV par type de produit</b>	<b>79</b>
--	-----------

<b>ANNEXE VIII. Comparaison des valeurs d'émission calculées vs mesurées</b>	<b>80</b>
--	-----------

❖ Mesures du LCPP [33]	80
❖ Mesures rapportées par la commission européenne [10]	82

<b>ANNEXE IX. Notions de base pour la compréhension du fonctionnement des modèles de dispersion gaussiens</b>	<b>83</b>
---	-----------

<b>ANNEXE X. Définition des Classes de stabilité atmosphérique (classes de Pasquill)</b>	<b>84</b>
--	-----------

<b>ANNEXE XI. Influence des Principaux paramètres de dispersion sur les résultats de la modélisation</b>	<b>85</b>
--	-----------

❖ Vitesse du vent	86
❖ Présence de bâtiment	87
❖ Classes de Pasquill	88
❖ Influence de la hauteur de couche de mélange	89
❖ Terme de décroissance exponentielle	90
❖ Définition de la zone d'étude	91

<b>ANNEXE XII. Résultats de la modélisation</b>	<b>95</b>
---	-----------

❖ acétate de butyle – système solvanté	96
❖ acétate de butyle – système hydrodiluable	97
❖ EGBE – système hydrodiluable	97
❖ Formaldéhyde – systèmes solvanté et hydrodiluable	98
❖ HDI – système solvanté	98
❖ HDI – système hydrodiluable	99
❖ Oxyde de nickel – systèmes solvanté et hydrodiluable	100
❖ Toluène – système solvanté	100
❖ Toluène – système hydrodiluable	101

<b>ANNEXE XIII. Utilisation d'ISCST3</b>	<b>102</b>
--	------------

<b>ANNEXE XIV. Fichiers informatiques</b>	<b>105</b>
---	------------

## **ANNEXE I. RESINES AUTRES QUE PUR ET ACRYLIQUE UTILISEES DANS LES DOMAINES DE LA PEINTURE ET DE L'INDUSTRIE**

### ◆ Les résines butyral-polyvinylique

Ces résines entrent dans la composition des primaires, avec des additifs anti-corrosion. Elles sèchent très rapidement.

### ◆ Les huiles

Ce type de liant présente de mauvaises qualités en terme de vitesse de séchage et en terme de résistance, et sont surtout utilisées associées avec des résines glycérophtaliques.

### ◆ Les alkydes

Ce sont des résines obtenues par estérification de polyalcools (glycérines...), par des diacides phtaliques. Ce sont au sens propre des polyesters, mais ce terme a pris un sens plus restreint dans l'industrie chimique [26].

Les résines glycérophtaliques représentent une part importante des résines alkydes, elles résultent de la cuisson de polyalcools et de polyacides et ont de meilleures qualités que les huiles. Elles sont utilisées dans le domaine de la peinture industrielle.

### ◆ Les résines aminoplaste

Il est possible de distinguer deux types de résines aminoplastes : les mélamines et les urées-formol. La polymérisation de ces résines se fait thermiquement, ces résines sont utilisées en combinaison avec les glycérophtaliques. Ce type de résine est utilisé pour les laques automobiles en première monte.

### ◆ Les nitro-celluloses

Ces résines proviennent de l'estérification incomplète de la cellulose par l'acide nitrique. Elles nécessitent l'ajout d'un plastifiant, mais leurs performances restent inférieures à celles des résines acryliques. Elles nécessitent un pourcentage important de solvant et ont donc un faible pouvoir garnissant par couche, compensé par un temps de séchage court [36].

### ◆ Les résines époxy

Ce type de résine durcit par combinaison avec d'autres éléments (durcissement chimique). Elles sèchent à l'air (époxy-polyamines, époxy-polyamides, époxy-isocyanates) ou thermiquement (époxy-phénolique).

## ANNEXE II. POS ET PLU

### ❖ Le plan d'occupation des sols (POS)

Les différentes zones du POS sont les suivantes :

- ⇒ les **zone U** (urbaines) sont les zones où les équipements (voirie, réseaux d'eau, d'assainissement, d'électricité...) existent ou sont programmés :
  - zone UA correspond au noyau ancien de la ville où la densité est forte ;
  - zone UB zone de centre-ville aéré ;
  - zone UC extension récente destinée au collectif, pavillonnaire, activité ;
  - zone UD zone mixte principalement pavillonnaire ;
  - zone UE zone pavillonnaire ;
  - zone UX zone réservée aux activités industrielles et artisanales ;
- ⇒ les **zones N** (naturelles non équipées) se composent de 4 familles :
  - les zones NA destinées à devenir des Zones U lorsqu'elles seront équipées ;
  - les zones NB zones naturelles ordinaires où peuvent être admises des constructions de façon diffuse ;
  - les zones NC protégées pour raison de richesses naturelles ;
  - les zones ND protégées en raison de la qualité du site et paysage (parc naturel *etc....*) et à cause de nuisances et risques, (éboulement, inondations....)

### ❖ Le plan local d'urbanisme (PLU)

Le Plan Local d'Urbanisme remplace le POS dans la nouvelle loi SRU. Il traduit un projet urbain dans un cadre réglementaire, il intègre l'urbanisme opérationnel et les ZAC. Des zonages nouveaux sont introduits pour « *favoriser la mixité sociale et le renouvellement urbain* ». Les concertations préalables et les enquêtes publiques sont généralisées. Le PLU exprime un projet d'aménagement et de développement durable (PADD) tout en définissant le droit des sols sur une ou **plusieurs** communes. Les PLU déterminent quatre types de zonage :

- ⇒ les zones urbaines (U) ;
- ⇒ les zones à urbaniser (AU) ;
- ⇒ les zones agricoles (A) ;
- ⇒ les zones naturelles et forestières (N).

### ANNEXE III. FICHES DE SYNTHÈSE RELATIVES AUX PRINCIPALES SUBSTANCES DANGEREUSES

Les fiches présentées ici sont extraites de la base de données annexée (annexe « Fichiers informatiques »). Les expositions par inhalation ont été recherchées en priorité. Lorsqu'il n'apparaissait pas de danger pour ce type d'exposition et que des dangers étaient reportés pour une autre voie, ces autres dangers ont été reportés. Les dangers liés aux expositions orales ou cutanées ne sont donc pas systématiquement reportés.

#### ❖ 1,2,4-triméthylbenzène

<b>Physico-chimie</b>		1,2,4-trimethyl benzene	CASRN : 95-63-6
Tension de vapeur (kPa)		7@44°C	
masse molaire (g/mol)		120,2	
seuil de détection olfactif		ppm mg.m <sup>-3</sup>	
<b>Effet non cancérogène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	confusion, toux, étourdissement <sup>*</sup> , somnolence, céphalées, angine <sup>*</sup> , vomissement	TVL = 25 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	peut affecter les poumons et provoquer une bronchite chronique. Peut également avoir des effets sur le SNC et le sang	
ATSDR	Non renseigné		
IRIS	aucune donnée disponible		
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérogène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

Le 1,2,4-triméthylbenzène est présent dans les atmosphères urbaines à des concentrations de l'ordre de 10 ppb.

La dégradation de ce composé dans l'atmosphère se fait par réaction photochimique avec les radicaux libres ·OH. La demi-vie estimée est de 12 h.

La dégradation du 1,2,4-triméthylbenzène aboutit à la formation de d'acide 3,4-diméthylhippurique essentiellement (données obtenues par gavage sur des rats).

❖ 2-méthyl isobutyl cétone

<b>Physico-chimie</b>		methyl isobutylketone MIBK CASRN : 108-10-1	
Tension de vapeur (kPa)		2,1@20°C et 15@25°C	
masse molaire (g/mol)		100,2	
seuil de détection olfactif		0,4 ppm soit 1,6 mg.m <sup>-3</sup>	
<b>Effet non cancérogène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, diarrhée <sup>*</sup> , étourdissement, somnolence, céphalée, vomissement, perte de conscience, faiblesse, perte d'appétit	50 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
OMS	exposition cutanée répétée	dermite <sup>*</sup>	
ATSDR	Pas de données		
IRIS	seulement expo chronique orale		pas de RfD estimée
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérogène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non classé	
CEE		non évalué	

❖ 2-propanol

<b>Physico-chimie</b>		isopropyl alcool, isopropanol CASRN : 67-63-0	
Tension de vapeur (kPa)		4,4@20°C et 33@25°C	
masse molaire (g/mol)		60,1	
seuil de détection olfactif		3 ppm 8 mg.m <sup>-3</sup>	
<b>Effet non cancérogène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, étourdissement, somnolence, céphalées, angine	400 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
OMS	exposition cutanée répétée	dermite	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	aucune donnée disponible		
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérogène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	Une augmentation de l'incidence des cancers paranasal et laryngale a été rapportée chez des travailleurs de l'industrie chimique. Une étude cas-témoins chez des travailleurs n'a toutefois pas permis de mettre en évidence une augmentation	groupe 3	

	significative de l'incidence des cancers. / Les études sur l'inhalation par des rats et des souris manquent de fiabilité, mais une augmentation non significative des tumeurs testiculaires a été observée chez les rats M.		
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

Cet alcool est présent dans l'atmosphère urbaine à de fortes concentrations (jusqu'à 35 mg.m<sup>-3</sup>) il se retrouve également dans les boissons non alcooliques (0,2 à 300 mg/L) et l'alimentation (50 à 300 mg/kg).

Sa demi-vie dans l'atmosphère est de l'ordre de 2 jours, l'isopropanol étant photo oxydé par des radicaux ·OH et produit notamment de faibles quantités de formaldéhyde.

Une fois inhalé, l'isopropanol est partiellement métabolisé en acétone. Son excrétion se fait essentiellement au niveau pulmonaire (sous forme inchangée et sous forme d'acétone).

L'analyse de ce composé peut se faire par adsorption sur charbon actif et détection GC-FID, avec une limite de détection de 0,25 mg.m<sup>-3</sup>.

#### ❖ Acétate de butyle

L'acétate de butyle ne possède pas un fort potentiel dangereux, mais cette molécule est très largement employée comme solvant (principale substance retrouvée à l'émission) et peut être à l'origine de nuisances olfactives importantes en raison de son seuil olfactif bas. De plus cette molécule peut-être utilisée comme traceur d'activité [33] car elle est beaucoup plus spécifique que les composés aromatiques, également émis en grande quantité, mais ubiquitaires (lié à la pollution automobile).

**Tableau 23 : Synoptique concernant l'acétate de butyle**

Physico-chimie		butyl acetate	CASRN : 123-86-4
Tension de vapeur (kPa)		1,16@20°C et 2@25°C	
masse molaire (g/mol)		116,2	
seuil de détection olfactif		0,04 ppm 0,2 mg.m <sup>-3</sup>	
Effet non cancérogène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, étourdissement, céphalées, nausées, angine	100 ppm (MAK)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
OMS	exposition cutanée répétée	dermite	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	aucune donnée disponible		0
CEE		non évalué	

Effet cancérigène			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

Le dosage de l'acétate de n-butyle peut-être réalisé par adsorption sur charbon actif, suivi de désorption (CS<sub>2</sub>) et quantification sur GC-FID. Des tubes colorimétriques DRÄGER et GASTEC non spécifiques sont également disponibles (10-300 ppm).

#### ❖ Acétone

Physico-chimie		acetone	CASRN : 67-64-1
Tension de vapeur (kPa)		24@20°C et 31@25°C	
masse molaire (g/mol)		58,1	
seuil de détection olfactif		4 ppm soit 10 mg.m <sup>-3</sup>	
Effet non cancérigène			
Source	type d'exposition	Danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	angine, toux, confusion céphalées, étourdissement, somnolence, perte de connaissance	750 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	l'acétone peut avoir des effets sur le sang et la moelle osseuse <sup>*</sup>	100 ppm (IPCS) TWA sur 6 h par jours
ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte neurologique	MRL = 13 ppm (facteur d'incertitude : 100)
IRIS	rat - gavage subchronique	données seulement pour la voie <b>orale</b> (NOEL = 100mg/kg.d)	RfD = 0,1 mg/kg.d
CEE		non évalué	
Effet cancérigène			
Source	étude réalisée	Danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		classe D	
CEE		non évalué	

L'acétone est présent à faible concentration dans l'atmosphère (bruit de fond de l'ordre de 1 ppb). Il est dégradé par photolyse et photo oxydation radicalaire, avec une demi-vie moyenne de 30 jours. Son échantillonnage peut être réalisé par adsorption sur charbon actif ou piège cryogénique puis dosé par GC-FID.

L'acétone est un métabolite intermédiaire, il est exhalé ou métabolisé au niveau du foie<sup>\*</sup> en acétoï puis méthylglyoxal.

❖ Acide phosphorique

<b>Physico-chimie</b>		phosphoric acid	CASRN : 7664-38-2
Tension de vapeur (kPa)		4@20°C et 5,7@25°C	
masse molaire (g/mol)		98	
<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	sensation de brûlure, toux, souffle court, angine	
OMS	exposition chronique par inhalation	non évalué	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	rat : inhalation sur 13 semaines	fibrose bronchiolaire (BMC10 = 3,4 mg.m <sup>-3</sup> )	RfC = 0,01 mg.m <sup>-3</sup> (UFxMF = 300x1)
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non classé	
CEE		non évalué	

❖ Ammoniac

<b>Physico-chimie</b>		ammonia	CASRN : 7664-41-7
Température d'ébullition		-33°C	
masse molaire (g/mol)		17.03	
seuil de détection olfactif		47 ppm soit 33 mg.m <sup>-3</sup>	
<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	Danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	Sensation de brûlure, , toux, difficultés respiratoires, angine, souffle court, les symptômes peuvent apparaître en retard	
OMS	exposition chronique par inhalation	Non évalué	
ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte respiratoire	MRL = 0,3 ppm (facteur d'incertitude : 10)
IRIS	travailleurs	augmentation de la gravité des rhinites et pneumonies avec lésions respiratoires, manque d'évidence vis-à-vis de la diminution de la fonction respiratoire (NOAEL = 2,3 mg.m <sup>-3</sup> )	0,1 mg.m <sup>-3</sup>
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC		non classé	
IRIS		non classé	
CEE		non évalué	

Les concentrations en ammoniac dans les atmosphères rurales et urbaines sont proches, respectivement 5 et 20  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Cette présence est due à la fois à l'activité naturelle et industrielle. Une fois dans l'atmosphère, l'ammoniac va subir plusieurs types de réactions : thermiques, photochimiques, et hydrolyse, mais sa demi-vie n'est pas connue.

#### ❖ Butanols

Les isomères du butanol peuvent être éliminés par plusieurs voies, la principale est l'oxydation en sous produits (acides aldéhydes, cétones,  $\text{CO}_2$ ) et élimination urinaire et dans l'air exhalé. Leur dosage se fait classiquement par adsorption sur charbon actif et détection GC-FID.

⇒ n-butanol

<b>Physico-chimie</b>		n-butyl alcool, n-butanol	CASRN : 71-36-3
Tension de vapeur (kPa)		0,6e@20°C et 0,89@25°C	
masse molaire (g/mol)		74,1	
seuil de détection olfactif		1 ppm soit 3 $\text{mg.m}^{-3}$	
<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, étourdissement, somnolence, céphalées	50 ppm pendant 15' (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	peut augmenter les pertes d'audition liées au bruit	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	rat - gavage subchronique	données seulement pour la voie orale (NOAEL = 125mg/kg.d)	RfD = 0,1 mg/kg.d
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		classe D	
CEE		non évalué	

⇒ 2-butanol

<b>Physico-chimie</b>		2-butanol	CASRN : 78-92-2
Tension de vapeur (kPa)		1,5@20°C et 2,2@25°C	
masse molaire (g/mol)		74,1	
seuil de détection olfactif		1 ppm soit 3 $\text{mg.m}^{-3}$	
<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	étourdissement, somnolence, céphalées,	100 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
OMS	exposition cutanée répétée	dermite	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	aucune donnée disponible		0
CEE		non évalué	

Effet cancérogène			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

⇒ Alcool isobutylique

<b>Physico-chimie</b>	isobutyl alcohol	CASRN : 78-83-1
Tension de vapeur (kPa)	1,2@20°C et 1,39e@25°C	
masse molaire (g/mol)	74,1	
seuil de détection olfactif	1 ppm soit 3 mg.m <sup>-3</sup>	

Effet non cancérogène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, étourdissement, somnolence, céphalées,	50 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
OMS	exposition cutanée répétée	dermite	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	rat - gavage subchronique	données seulement pour la voie orale (NOEL = 316mg/kg.d)	RfD = 0,3 mg/kg.d
CEE		non évalué	

Effet cancérogène			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non classé	
CEE		non évalué	

#### ❖ Chromate de plomb

Certains nouveaux systèmes de peinture prennent pour argument publicitaire l'absence de chrome et de plomb, toutefois, il est toujours possible de retrouver du chrome et du plomb dans les pigments des systèmes de peintures traditionnels.

#### ❖ Éthylbenzène

<b>Physico-chimie</b>	ethylbenzene	CASRN : 100-41-4
Tension de vapeur (kPa)	0,9@20°C et 7@25°C	
masse molaire (g/mol)	106	
seuil de détection olfactif	0,4 ppm soit 2 mg.m <sup>-3</sup>	

Effet non cancérogène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, étourdissement, somnolence, céphalée	100 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
OMS	exposition cutanée répétée	dermite	
ATSDR	exposition intermédiaire par inhalation	atteinte du développement	MRL = 1 ppm (facteur d'incertitude : 100)

IRIS	Rat et lapin - inhalation (1981)	atteinte du développement (NOAEL = 434 mg.m <sup>-3</sup> )	RfC = 1 mg.m <sup>-3</sup> (UFxMF = 300x1)
CEE		non évalué	
Effet cancérigène			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	<b>homme</b> : deux études de cohorte n'ont pas permis de mettre en évidence d'excès de mortalité par cancer <b>animale</b> par inhalation : <b>souris M</b> : augmentation de l'incidence d'adénomes <sup>*</sup> du poumon, souris F : augmentation de l'incidence d'adénomes du foie; <b>rat M</b> augmentation de l'incidence adénomes et carcinomes <sup>*</sup> du tube urinaire rat F : augmentation de l'incidence d'adénomes rénaux	groupe 2B	
IRIS		classe D	
CEE		non évalué	

La faible pression de vapeur de l'éthylbenzène provoque sa migration vers l'atmosphère, cette substance présente un faible potentiel pour migrer vers les autres milieux (peu de déposition lors de pluies). L'éthylbenzène se dégrade rapidement par photo oxydation avec les radicaux libres ·OH. Son temps de demi-vie est estimé entre 12 et 15h en présence de soleil. La concentration dans l'air en milieu urbain dépend de l'activité industrielle et de l'intensité du trafic automobile, elle varie entre 1 et 100 µg.m<sup>-3</sup>. En milieu rural, la concentration est généralement inférieure à 2 µg.m<sup>-3</sup> [65].

#### ❖ Éthylène glycol mono butyle éther (EGBE)

L'éthylène glycol mono butyle éther est l'éther de glycol le plus répandu dans les systèmes de peintures à l'eau. Toutefois, il n'est pas présent dans les systèmes de peintures solvantés (utilisation de propylène glycol méthyle éther).

**Tableau 24 : Synoptique concernant l'EGBE**

Physico-chimie		2-butoxyéthanol ou EGBE	CASRN : 111-76-2
Tension de vapeur (kPa)		0,1@20°C et 0,6@25°C	
masse molaire (g/mol)		118,2	
seuil de détection olfactif		490	
Effet non cancérigène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, somnolence, céphalées, nausées	25 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	atteinte du système hématopoïétique, trouble sanguins	

ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte du système hématologique	MRL = 0,2 ppm (facteur d'incertitude : 3)
IRIS	rat par inhalation subchronique	modification NFS ( $BMC_5 = 380 \text{ mg.m}^{-3}$ )	RfC = $13 \text{ mg.m}^{-3}$ (UFxMF = 30x1)
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérogène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		classe C	
CEE		non évalué	

La toxicité aiguë de l'EGBE est identique quelle que soit la voie d'administration, les effets sur la santé sont une dépression du SNC, une hémolyse, et une atteinte de la tubule rénale. Les effets chroniques sont une hémolyse et des anomalies hépatiques (qui traduisent plus une adaptation à l'hémolyse qu'une hépatotoxicité). L'EGBE s'est révélé mutagène lorsqu'il était administré à très forte dose (10 mM en concentration cellulaire). Sa cancérogénicité a été mise en évidence par une étude du NIEHS (NTP 1998). L'étude a porté sur des souris M et F exposées deux ans par inhalation à l'EGBE. Des hémangiosarcomes hépatiques sont apparues de manière dose dépendante à des doses de 61 à 125 ppm chez les souris M. Les souris F ont développé des papillomes et des carcinomes stomacales. Aucun effet cancérogène n'a été mis en évidence chez le rat.

Quelques effets sur le système reproducteur ont été rapportés, mais dans une seule étude. D'autres études réalisées sur le système reproducteur n'ont pas permis de mettre en évidence de toxicité testiculaire.

Effet sur le développement : une augmentation de la mortalité fœtale a été mise en évidence chez des souris gestantes (dose par inhalation de 50 à 200 ppm). Des retards de croissance *in utero* ont également été observés. Des expérimentations sur culture d'embryon ont permis de mettre en évidence un effet de retard de croissance, des malformations, et une embryotoxicité totale à de forte dose [29].

Les hématies humaines seraient plus résistantes que les hématies de rat et de souris, l'hémolyse apparaissant plus tard chez l'homme, en cas d'extrême intoxication.

Une fois émis à l'atmosphère, l'éthylène glycol mono butyle éther est dégradé par photo oxydation radicalaire, sa demi-vie est estimée à 17 h. Cet éther de glycol est métabolisé en 2-butoxoacétaldéhyde puis en acide 2-butoxoacétique, excrété rapidement par voie urinaire.

Le dosage de l'EGBE se fait généralement par prélèvement sur charbon actif suivi de désorption sur GC-FID pour la quantification.

❖ Éthylène glycol monobutyle éther acétate

Physico-chimie		ethylene glycol monobutyl ether acetate - EGBEA	CASRN : 112-07-2
Tension de vapeur (kPa)		0,3-0,4@20°C et 0,3@25°C	
masse molaire (g/mol)		160	
seuil de détection olfactif		ppm mg.m <sup>-3</sup>	
Effet non cancérigène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, céphalées, nausées,	Non établie
OMS	exposition chronique par inhalation	possibilité d'œdème * pulmonaire en cas d'inhalation répétée à forte concentration, effets néfastes sur le foie et la moelle osseuse	-
ATSDR	non renseigné		
IRIS	aucune donnée disponible		
CEE		non évalué	
Effet cancérigène			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

L'acétate de l'EGBE (EGBEA) est beaucoup moins bien renseigné que l'EGBE, il est également moins employé dans les systèmes de peinture.

❖ Formaldéhyde

Tableau 25 : Synoptique concernant le formaldéhyde

Physico-chimie		formaldéhyde	CASRN : 50-00-0
Température d'ébullition		-20°C	
masse molaire (g/mol)		30	
seuil de détection olfactif		0.05 à 0.18 ppm soit 0.06 à 0.22mg.m <sup>-3</sup>	
Effet non cancérigène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	sensation de brûlure, toux, céphalées, nausées, souffle court	0,3 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte respiratoire	MRL = 0,008 ppm (facteur d'incertitude : 30) (soit 0,01 mg.m <sup>-3</sup> )

IRIS	rat - gavage sur 2 ans	données seulement pour la voie orale (NOAEL = 15mg/kg.d)	RfD = 0,2 mg/kg.d
CEE		non évalué	
Effet cancérigène			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	les études cas-témoins sur des travailleurs aux USA tendent à montrer une augmentation de l'incidence des cancers nasopharyngés, mais les conclusions restent délicates en raison du faible nombre de cas; d'autres études suggèrent un rôle dans le développement d'épithélioma spinocellulaire des cavités nasales./ plusieurs études sur l'inhalation par des rats de formaldéhyde montrent une augmentation de l'incidence de l'épithélioma spinocellulaire des cavités nasales.	groupe 2A	
IRIS	Augmentation du risque de cancer de l'épithélium spinocellulaire lors d'exposition par inhalation	classe B1	ERU <sub>i</sub> = 0,013 ( mg.m <sup>-3</sup> ) <sup>-1</sup> soit une concentration pour un risque de 10 <sup>-5</sup> de 8.10 <sup>-4</sup> mg.m <sup>-3</sup>
CEE		non évalué	

Le formaldéhyde est formé dans l'atmosphère par dégradation radicalaire du méthane, la concentration en site rural est généralement inférieure à 1 µg.m<sup>-3</sup> et inférieure à 20 µg.m<sup>-3</sup> en milieu urbain. Ce composé est également émis par les véhicules (non équipés de pots catalytiques) et les matériaux de construction. La concentration en formaldéhyde dans l'air intérieur varie entre 20 et 60 µg.m<sup>-3</sup> (est donc supérieur au MRL de l'ATSDR !).

La demi-vie du formaldéhyde dans l'atmosphère est brève, environ 3 h. Une fois inhalé, le formaldéhyde est métabolisé en acide formique et excrété par les urines ou transformé en CO<sub>2</sub> et exhalé.

#### ❖ HDI : 1,6-hexaméthylène diisocyanate

Le HDI est la molécule la plus largement utilisée en tant que **durcisseur** : on le retrouve donc dans les mastics les apprêts, les peintures PUR et les vernis rfu.

**Tableau 26 : Synoptique concernant le HDI**

<b>Physico-chimie</b>	1, 6 hexamethylene diisocyanate	CASRN : 822-06-0
Tension de vapeur (kPa)	@20°C et 7@25°C	
masse molaire (g/mol)	168,2	

<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	sensation de brûlure, toux, difficultés respiratoires, souffle court, angine	0,005 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	asthme	-
ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte respiratoire	MRL = 0,000 01 ppm (facteur d'incertitude : 90)
IRIS	rat : inhalation chronique	dégénération de l'épithélium olfactif (NOAEL = 0,001 mg.m <sup>-3</sup> )	RfC = 0,000 01 mg.m <sup>-3</sup> (UFxMF = 100x1)
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC		non évalué	
IRIS		non classé	
CEE		non évalué	

Le HDI est facilement vaporisé, (faible tension de vapeur), sa demi-vie dans l'atmosphère est estimée à 16 h. Le HDI réagit rapidement avec l'eau (nuage, pluie) pour former des amines ou des polyurées. L'élimination du HDI est rapide par la voie urinaire (demi-vie de 1,2 h).

❖ Méthanol

<b>Physico-chimie</b>		methyl alcohol	CASRN : 67-56-1
Tension de vapeur (kPa)		13,1@20°C et 17@25°C	
masse molaire (g/mol)		32	
seuil de détection olfactif		légère odeur alcoolique à l'état pur	
<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, étourdissement, céphalées, nausées, faiblesse, vision troublée,	200 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	peut avoir des effets sur le SNC, amenant à des céphalées récurrentes ou des troubles de la vision	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	rat - gavage subchronique	données seulement pour la voie orale (NOEL = 500mg/kg.d)	RfD = 0,5 mg/kg.d
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non classé	
CEE		non évalué	

Le méthanol est présent naturellement dans l'alimentation (fruits, boissons) en quantités importantes (jus de fruits jusqu'à 140 mg/L) il est également présent dans les urines de sujets non exposés en tant que métabolites (de l'ordre de 0,7 mg/L).

Le bruit de fond du méthanol dans l'atmosphère est de 1 µg.m<sup>-3</sup> en milieu rural et 40 µg.m<sup>-3</sup> en milieu urbain ; il est dégradé par photo oxydation radicalaire en 7 à 18 j.

Le méthanol est métabolisé au niveau hépatique en formaldéhyde puis en acide formique et en CO<sub>2</sub>.

#### ❖ Méthyle éthyle cétone (MEK)

<b>Physico-chimie</b>		methyl ethyl ketone, 2-butanone, MEK	CASRN : 78-93-3
Tension de vapeur (kPa)		10,5@20°C et 12,1e@25°C	
masse molaire (g/mol)		72,1	
seuil de détection olfactif		2 ppm 5,9 mg.m <sup>-3</sup>	
<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, étourdissement, somnolence, céphalées, nausées, vomissement	200 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	des essais sur animaux semblent montrer une toxicité vis-à-vis de la reproduction humaine	-
ATSDR	non renseigné		
IRIS	développement de souris	diminution de la masse des fœtus (NOAEL = 2978 mg.m <sup>-3</sup> )	RfC = 1 mg.m <sup>-3</sup> (UFxMF = 1000x3)
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		classe D	
CEE		non évalué	

Le MEK est métabolisé dans le foie, où il est oxydé en 3-hydroxy-2-butanone puis réduit en 2,3-butanediol. L'excrétion du MEK et de ses métabolites se fait essentiellement via les poumons, bien qu'une petite partie soit excrétée par les reins<sup>\*</sup>.

Sa décomposition dans l'atmosphère est rapide, mais n'a pas été quantifiée [IPCS]

#### ❖ Méthyle pyrrolidone

<b>Physico-chimie</b>		methyl pyrrolidone	CASRN : 872-50-4
Tension de vapeur (kPa)		0,2@25°C	
masse molaire (g/mol)		99	
seuil de détection olfactif		?	

<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	céphalées,	20 ppm (MAK)
OMS	exposition chronique par inhalation	des essais sur animaux semblent montrer une toxicité vis-à-vis de la reproduction humaine	
ATSDR	non renseigné		
IRIS	aucune donnée disponible		
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

❖ Noir de charbon

<b>Physico-chimie</b>		carbon black	CASRN : 1333-86-4
Tension de vapeur (kPa)		pulvérulent	
<b>Effet non cancérigène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, angine,	3,5 mg.m <sup>-3</sup> (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	effets néfastes sur les poumons en cas d'exposition répétée ou prolongée à de très hautes concentrations	
ATSDR	non renseigné		
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérigène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	caractère cancérigène lié aux HAP adsorbés sur les particules. Études de cohorte sur des travailleurs de l'industrie USA ne montrent aucune augmentation de l'incidence des tumeurs, GB montre augmentation de l'incidence des tumeurs respiratoires (ratio de mortalité standardisé 1,5 IC95=1,0-2,2) / rats F et M augmentation de l'incidence des tumeurs pulmonaires significatives	groupe 2B	
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

Le potentiel dangereux du noir de charbon est estimé à partir des résidus de combustion essentiellement. Sa présence dans les rejets des cabines de peintures sous-entend un dysfonctionnement du dispositif de filtration.

❖ Oxyde de nickel

**Tableau 27 : Synoptique concernant l'oxyde de nickel**

<b>Physico-chimie</b>		nickel oxide	CASRN : 1313-99-1
Tension de vapeur (kPa)		poudre cristalline	
masse molaire (g/mol)		74,7	
seuil de détection olfactif		Sans objet	
<b>Effet non cancérogène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux,	2 mg.m <sup>-3</sup> Ni (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	asthme, effet sur les poumons, cancérogène pour l'homme	-
ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte respiratoire	MRL = 0,000 2 mg.m <sup>-3</sup> (facteur d'incertitude : 30) (1997)
IRIS	aucune donnée disponible		0
Santé Canada	Exposition subchronique de rat par inhalation	Augmentation du nombre de granulocytes et lymphocytes dans les poumons LOEL = 0.02 mg.m <sup>-3</sup>	20 ng.m <sup>-3</sup> (sic) (facteur d'incertitude de 1000) (1993)
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérogène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	Des études de cohorte ont mis en évidence une augmentation du risque de développer des cancers des poumons ou nasal, chez les travailleurs de la métallurgie exposés au nickel (présent sous différentes formes) études animales réalisées sur l'oxyde de nickel se révèlent inadéquates pour l'évaluation du risque cancérogène.	groupe 1	3,8.10 <sup>-4</sup> (µg.m <sup>-3</sup> ) <sup>-1</sup>
DHS	revue de la littérature		2,6.10 <sup>-4</sup> (µg.m <sup>-3</sup> ) <sup>-1</sup>
IRIS		Non évalué	
CEE		cancérogène cat. 1	

Les niveaux de contaminations dans l'atmosphère de 4 grandes villes américaines montrent des concentrations comprises entre 8 et 42 ng.m<sup>-3</sup> [8] Les niveaux de pollutions relevés en Californie sont de 2 à 11 ng.m<sup>-3</sup>. La moyenne pondérée sur le nombre d'habitants y étant de 7 ng.m<sup>-3</sup> [5,56]. Le séjour dans l'atmosphère des particules dépend de leur taille. Le dosage de ce composé est délicat et les risques de contaminations sont élevés, de plus, les limites de détections des méthodes de dosage ne permettent pas d'atteindre la valeur de 20 ng.m<sup>-3</sup>. D'importantes contraintes analytiques sont donc à prévoir lors de la recherche de ce composé.

❖ Propylène glycol méthyle éther

Physico-chimie		PGME	CASRN : 107-98-2
Tension de vapeur (kPa)		11,8@25°C	
masse molaire (g/mol)		90,1	
Effet non cancérrogène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	toux, somnolence, céphalée, angine	100 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	pas de donnée	
OMS	exposition cutanée répétée	dermite	
ATSDR	Une étude <b>sur le propylène glycol</b> a fournit les résultats suivants : exposition intermédiaire par inhalation	atteinte respiratoire	MRL = 0,009 ppm (facteur d'incertitude : 1000)
IRIS	rat et lapin inhalation subchronique	sédation* modérée réversible (NOAEL = 658 mg.m <sup>-3</sup> )	RfC = 2 mg.m <sup>-3</sup> (UFxMF = 300x1)
CEE		non évalué	
Effet cancérrogène			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	aucune donnée disponible	non classé	
IRIS		non évalué	
CEE		non évalué	

❖ Toluène

Tableau 28 : Synoptique concernant le toluène

Physico-chimie		toluene	CASRN : 108-88-3
Tension de vapeur (kPa)		2,9@20°C et 22@25°C	
masse molaire (g/mol)		92,1	
seuil de détection olfactif		0.26-2,6 ppm 1-10 mg.m <sup>-3</sup>	
Effet non cancérrogène			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	étourdissement, somnolence, céphalées, nausées, perte de connaissance,	50 ppm (ACGHI)
OMS	exposition chronique par inhalation	effets possibles sur le SNC et le système reproducteur LOAEL basée sur étude de travailleur = 332 mg.m <sup>-3</sup> troubles olfactifs	0,26 mg.m <sup>-3</sup> (moyenne hebdo. UF = 300) ; (2000)  1 mg.m <sup>-3</sup> (moyenne 30 minutes) (2000)

ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte neurologique	MRL = 0,08 ppm (facteur d'incertitude : 100) (2000)
IRIS	travailleurs (1990)	atteinte neurologique (et dégénération de l'épithélium nasal) (LOAEL = 119 mg.m <sup>-3</sup> )	RfC = 0,4 mg.m <sup>-3</sup> (UFxMF = 300x1) soit 0,1 ppm
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérogène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	homme : 8 études sur des travailleurs ne permettent pas de conclure à un effet cancérogène animal : une étude sur souris et une autre sur rats n'ont pas montré d'augmentation de l'incidence de tumeurs	groupe 3	
IRIS		classe D	
CEE		non évalué	

Les effets du toluène sont assez bien connus. Il est intéressant de noter que deux seuils sont proposés par l'OMS pour l'exposition au toluène : un premier seuil établi sur la base d'un LOAEL et pour exposition hebdomadaire est fixé à 0,26 mg.m<sup>-3</sup> (soit 0,06 ppm) ; mais l'OMS estime également que pour une exposition de courte durée, la valeur seuil retenue peut-être la limite de perception olfactive soit 1 mg.m<sup>-3</sup> (0,23 ppm).

Une fois émis à l'atmosphère, le toluène se dégrade relativement rapidement, par photo oxydation radicalaire, sa demi-vie est estimée à 12,8 h. Lorsqu'il est absorbé par inhalation, le toluène est métabolisé en acide benzoïque puis en acide hippurique. À forte concentration la métabolisation du toluène peut aboutir à la formation d'isomères de crésol (essentiellement ortho-).

#### ❖ White spirit

Le White spirit est une coupe légère d'HC aliphatiques alicycliques et aromatiques en C<sub>9</sub>-C<sub>11</sub>. Il existe plusieurs types de white spirit en fonction des procédés d'obtention. La tendance actuelle est de limiter la proportion d'HC aromatiques contenus dans ces mélanges.

Le white spirit est facilement absorbé, il passe dans le sang très rapidement puis est éliminé en deux phases : une première phase très rapide suivie d'une seconde phase d'élimination lente (demi-vie dans le sang de 46 h)

Pb : il s'agit d'un mélange de molécules, les VTR sont établies pour une molécule donnée. Cette substance est classée cancérogène par l'UE, si la concentration en benzène > 1% ;

## ❖ Xylènes

Ce § regroupe les données relatives aux trois isomères de xylènes, lorsqu'un triplet d'information est fourni, il correspond aux informations relatives à l'ortho puis méta et en troisième para-xylène.

<b>Physico-chimie</b>		xylene	CASRN : 1330-20-7 108-38-3 95-47-6 106-42-3
Tension de vapeur (kPa)		0,7-0,8-0,9@20°C et 9@25°C	
masse molaire (g/mol)		106,2	
seuil de détection olfactif		1 ppm ou 4,35 mg.m <sup>-3</sup>	
<b>Effet non cancérogène</b>			
Source	type d'exposition	danger	VTR - VME
OMS	exposition aiguë par inhalation	étourdissement, somnolence, céphalées, nausées	50 ppm (EU OEL)
OMS	exposition chronique par inhalation	effet possible sur le SNC, expérimentation animale montre une possible toxicité pour la reproduction ou le développement humain	
ATSDR	exposition chronique par inhalation	atteinte neurologique	MRL = 0,1 ppm (facteur d'incertitude : 100)
IRIS	rat - gavage chronique	données seulement pour la voie orale (NOAEL = 179 mg/kg.d)	RfD = 2 mg/kg.d
CEE		non évalué	
<b>Effet cancérogène</b>			
Source	étude réalisée	danger	VTR
CIRC	Données insuffisantes chez l'homme (expo multiples) / pas d'augmentation de l'incidence de tumeurs chez les souris et rats exposés aux xylènes seuls. Aucune donnée sur les isomères seuls	groupe 3	
IRIS		classe D	
CEE		non évalué	

Les xylènes sont présents à de faibles concentrations dans les atmosphères urbaines : typiquement entre 1 et 30 µg.m<sup>-3</sup>. Leur photo oxydation est très rapide en présence de radicaux ·OH : la demi-vie des xylènes est en effet inférieure à trois heures (2,6-1,5-2,4 h).

La métabolisation des xylènes aboutit à la formation d'acide méthyle benzoïque, puis d'acide méthyle hippurique, éliminé par voie urinaire.

Le dosage des xylènes se fait par échantillonnage sur charbon actif, suivi de désorption sur GC-FID.

## ANNEXE IV. CLASSIFICATIONS DES SUBSTANCES CANEROGENES SELON L'US EPA, L'OMS ET LA CEE

**Tableau 29 : Définition des substances cancérogènes selon l'US-EPA, l'OMS et la CEE**

		US EPA	CIRC		CEE	
<b>Potentiel cancérogène décroissant</b>  <b>Attention : il n'y a pas d'équivalence entre les différentes lignes de ce tableau</b>	A	Cancérogène pour l'homme	1	Cancérogène pour l'homme : données suffisantes	cat.1	Substances que l'on sait être cancérogène pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition de cancer
	B1	Probablement cancérogène pour l'homme : données limitées	2A	Probablement cancérogène pour l'homme : connaissances limitées chez l'homme mais suffisantes chez l'animal	cat.2	Substance devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme on dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer.
	B2	Probablement cancérogène pour l'homme : données uniquement chez l'animal				
	C	Cancérogène possible pour l'homme	2B	Cancérogène possible pour l'homme : connaissances limitées chez l'homme ou suffisantes chez l'animal	cat.3	Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles mais pour lesquels les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante. il existe des informations issues d'études adéquates sur les animaux, mais elles sont insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie.
	D	Non classable	3	Inclassable		
E	Il existe des preuves de non cancérogénicité chez l'homme	4	Probablement non cancérogène pour l'homme			

## ANNEXE V. HYPOTHESES PRISES POUR ESTIMER LES CONCENTRATIONS DE SUBSTANCE DANS CHAQUE PRODUIT

Les deux tableaux suivants reprennent les hypothèses posées pour le calcul des émissions de substances dangereuses, ils indiquent les pourcentages massiques de chaque substance, par catégorie de produit pour :

- ⇒ pour un garage utilisant un système classique (système solvanté, page suivante) ;
- ⇒ pour un garage utilisant un système de peintures hydrodiluable (Tableau 31, page 77) ;

La lecture de ces tableaux se fait de la manière suivante :

- ⇒ les lignes indiquent le nom de la substance considérée, les colonnes les produits, ou leurs constituants :
  - les colonnes dont la police est {Arial, 10pt, bleu}, réfèrent aux produits tels qu'ils sont appliqués ;
  - les colonnes dont la police est {Garamond, 8pt, noir}, réfèrent aux sous-constituants de chaque produit : par exemple le mastic est composé de durcisseur et de pâte, les pourcentages de chaque substance étant connus pour les produits commercialisés et non pas pour les produits rfu, cette décomposition était indispensable.

Les hypothèses sur les fourchettes de concentration ont été faites à partir de plusieurs sources [59], [10], [29], [63].

La deuxième ligne des deux tableaux suivant indique le pourcentage massique de chaque sous-produit nécessaire à la préparation du produit rfu. Ainsi le mastic est composé de 98 % de pâte à mastic et de 2 % de durcisseur. Ces hypothèses ont été faites à partir des observations sur le terrain, des fiches techniques de BASF, et des fiches techniques d'Akzo-Nobel.

Les deux tableaux suivants ont été obtenus à partir du fichier émission.xls présenté en annexe XIV. La largeur des tableaux ne permet pas de présenter suffisamment de chiffres significatifs (notamment pour le HDI), le fichier émission pourra donc être consulté lorsque nécessaire.

❖ Peinture solvantée

Tableau 30 : Hypothèses relatives aux émissions des peintures solvantées %

Produit	constituants des produits			mastic (101 : tous types)			primaire réactif (101 : primaire général, promoteur d'adhésion)				primaire surfaceur 1 (101 : primaire surfaceurs, sous-couches, mouillé sur mouillé, mastic pulvérisable)				base (101 : pour système base/vernis)				vernis			
	nettoyant pour pistolet (101 : DILUANT, dégraisseur, décapant)	pré-nettoyant (101 : essuyage, anti silicone, décapant de peinture temporaire, agent de matité, polisher)	total nettoyant	-pâte de base	-durcisseur	base	diluant	durcisseur	base	diluant	durcisseur	base	diluant	durcisseur	base	diluant	durcisseur					
constituants : % (base, diluants, durcisseurs) ->	rfu	rfu	rfu	100	98	2	100	70	15	15	100	70	15	15	100	60	15	25	100	60	20	20
ethylbenzene	25	25	25	2,5	2	25	15	10	25	25	15	10	25	25	13	5	25	25	16	10	25	25
propylene glycol methyl ether	50	50	50	0	0	0	8	0	50	0	8	0	50	0	8	0	50	0	10	0	50	0
methyl isobutylketone	5	5	5	10	10	0	4	5	5	0	4	5	5	0	1	0	5	0	1	0	5	0
toluene	50	50	50	11	10	60	38	30	50	60	38	30	50	60	29	10	50	60	28	10	50	60
ethylene glycol monobutylether	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
butyl acetate	50	50	50	11	10	80	55	50	50	80	55	50	50	80	58	50	50	80	56	50	50	80
nickel oxide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0
xylene	80	50	65	10	10	10	21	10	80	10	24	15	80	10	30	25	80	10	18		80	10
carbon black	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	10	0	0	6	10	0	0	0	0	0	0
chromate de plomb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	50	0	0	0	0	0	0
-> composé du chrome	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-> sel de plomb	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
formaldehyde	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
methyl alcohol	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
isopropyl alcool	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0
acetone	50	30	40	0	0	5	15	10	50	5	15	10	50	5	9	0	50	5	17	10	50	5
phosphoric acid	0	0	0	0	0	0	7	10	0	0	7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ammonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
methyl ethyl ketone	30	30	30	25	25	15	24	25	30	15	7	0	30	15	32	40	30	15	18	15	30	15
1, 6 hexamethylene diisocyanate	0	0	0	0,06	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	3	1	0	0	3
methyl pyrrolidone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2,4-trimethyl benzene	15	15	15	0	0	5	7	5	15	5	7	5	15	5	7	5	15	5	10	10	15	5

❖ Système hydrodiluable

Tableau 31 : Hypothèses relatives aux émissions des peintures hydrodilubles %

Produit	constituants des produits			←			←			←			←			←						
	nettoyant pour pistolet (10) : DILUANT, dégraisseur, décapant)	pré-nettoyant (10) : essuyage, anti silicone, décapant de peinture temporaire, agent de matité, polisher)	total nettoyant	mastic (10) : tous types)	pâte de base -durcisseur	primaire réactif (10) : primaire général, promoteur d'adhésion)	base diluant durcisseur	primaire surfacteur 1 (10) : primaire surfacteurs, sous-couches, mouillé sur mouillé, mastic pulvérisable)	base diluant durcisseur	base (10) : pour système base/vernis)	base diluant durcisseur	vernis	base diluant durcisseur									
constituants : % (base, diluants, durcisseurs) ->				100	98	2	100	70	15	15	100	70	15	15	100	80	20	0	100	60	20	20
ethylbenzene	10	10	10	2,5	2	25	12	10	10	25	12	10	10	25	2	0	10		13	10	10	25
propylene glycol methyl ether	20	20	20	0	0	0	8	0	50	0	8	0	50	0	14	10	50		10	0	50	0
methyl isobutylketone	5	5	5	10	10	0	4	5	5	0	4	5	5	0	1	0	5		1	0	5	0
toluene	0	0	0	11	10	60	30	30	0	60	30	30	0	60	0	0	0		18	10	0	60
ethylene glycol monobutylether	25	25	25	0		0	4		25	0	4		25	0	13	15	25		5		25	0
butyl acetate	50	50	50	11	10	80	55	50	50	80	55	50	50	80	20	20	50		56	50	50	80
nickel oxide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0		0	0	0	0
xylene	5	5	5	10	10	10	9	10	5	10	13	15	5	10	1	1	5		3		5	10
carbon black	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	10	0	0	6	10	0		0	0	0	0
chromate de plomb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
-> composé du chrome	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
-> sel de plomb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
formaldehyde	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1		0	0	1	0
methyl alcohol	3	3	3	0	0	0	3	3	3	0	3	3	3	0	2	3	3		1	0	3	0
isopropyl alcool	50	50	50	0	0	0	8	0	50	0	8	0	50	0	14	10	50		10	0	50	0
acetone	10	10	10	0	0	5	9	10	10	5	9	10	10	5	8	10	10		9	10	10	5
phosphoric acid	5	5	5	0	0	0	8	10	5	0	8	10	5	0	4	5	5		1	0	5	0
ammonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		0	0	0	0
methyl ethyl ketone	10	10	10	25	25	15	21	25	10	15	4	0	10	15	8	10	10		14	15	10	15
1, 6 hexamethylene diisocyanate	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0		1	0	0	3
methyl pyrrolidone	5	5	5	0	0	0	1	0	5	0	1		5	0	7	10	5		1	0	5	0
1,2,4-trimethyl benzene	5	5	5	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5		8	10	5	5

## ANNEXE VI. VOLUMES DE PRODUITS UTILISES EN CARROSSERIE

Le tableau suivant présente les volumes considérés pour quantifier les rejets. Les calculs sont basés sur les volumes indiqués dans les colonnes 3 à 5. à titre de vérification, les statistiques CEPE sont fournies en colonne 2. Les colonnes 6 à 8 permettent de vérifier que les chiffres annoncés par le *Thatcham Research Centre* [10] et le CEPE sont proches.

**Tableau 32 : Quantité de produit utilisée en fonction du type de réparation**

Type de produit prêt à l'emploi	% moyen vol CEPE [9] (1992)	Quantité de matériau utilisé en fonction de la surface de la réparation [10] (1999)					
		en Litre			en % du volume utilisé (hypothèse de réparation bicouche)		
		petite réparation (<0,39 m <sup>2</sup> )	réparation importante (0,8-1,59 m <sup>2</sup> )	peinture complète	petite réparation (<0,39 m <sup>2</sup> )	réparation importante (0,8-1,59 m <sup>2</sup> )	peinture complète
nettoyant pour pistolet ([10] : diluant, dégraisseur, décapant)	6 %						
pré-nettoyant ([10] : essuyage, anti silicone, décapant de peinture temporaire, agent de matité, polisher)	8 %						
total nettoyant dégraisseur+diluant	14 %	0,75	0,75	2	49 %	32 %	14 %
primaire réactif ([10] : primaire général, promoteur d'adhésion)	5 %	0,05	0,1	0,91	3 %	4 %	7 %
primaire surfaceur 1 ([10] : primaire surfaceurs, sous-couches, mouillé sur mouillé, mastic pulvérisable)	4 %	0,21	0,46	3,57	14 %	20 %	26 %
primaire surfaceur 2 ([10] : solution de mordage, apprêt primaire )	10 %						
surfaceur wet/wet	3 %						
finition 2 couches ([10] : multicouche, métallique, effet perlé)	26 %						
finition MONOcouches		0,37	0,49	3,64			
<b>S monocouche</b>		0,63					
base ([10] : pour système base/vernis)	18 %	0,26	0,52	3,87	17 %	22 %	28 %
vernis	15 %	0,26	0,52	3,64	17 %	22 %	26 %
<b>S bicouche reverniss</b>		0,78	1,6	11,99	51 %	68 %	86 %
spécial/plastiques ([10] : monocouche métallique, effet perlé, couleurs et vernis hautes performances)	5 %						
somme	100 %	1,5	2,4	14,0	100 %	100 %	100%

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

## ANNEXE VII. TENEUR EN COV PAR TYPE DE PRODUIT

**Tableau 33 : Teneur en COV (g.L<sup>-1</sup>) des produits utilisés en carrosserie**

Type de produit prêt à l'emploi	état en 1992 [9]	Valeurs de références proposées	
		Propositions CEPE [9]	Proposition CE [10]
nettoyant pour pistolet ([10] : DILUANT, dégraissant, décapant)	850	850	850 *
pré-nettoyant ([10] : essuyage, anti silicone, décapant de peinture temporaire, agent de matité, polisher)	850	200	100
primaire réactif ([10] : primaire général, promoteur d'adhésion)	780	780	150
précouche		540	
primaire surfaceur 1 ([10] : primaire surfaceurs, sous-couches, mouillé sur mouillé, mastic pulvérisable)	720	540	500
primaire surfaceur 2 ([10] : solution de mordage, apprêt primaire )	600	540	650
surfaceur wet/wet	600	540	500
finition 2 couches ([10] : multicouche, métallique, effet perlé)	600	420	150
finition MONOCouche			420
base ([10] : pour système base/vernis)	800	420	
vernis	600	420	420
spécial/plastiques ([10] : monocouche métallique, effet perlé, couleurs et vernis hautes performances)	840	840	650

\* : la valeur de 850 g.L<sup>-1</sup> proposée ici semble élevée par rapport aux teneurs rencontrées réellement (FDS et littérature). Pour le calcul des émissions de COV, une valeur de 200 g.L<sup>-1</sup>, plus probable sera donc utilisée.

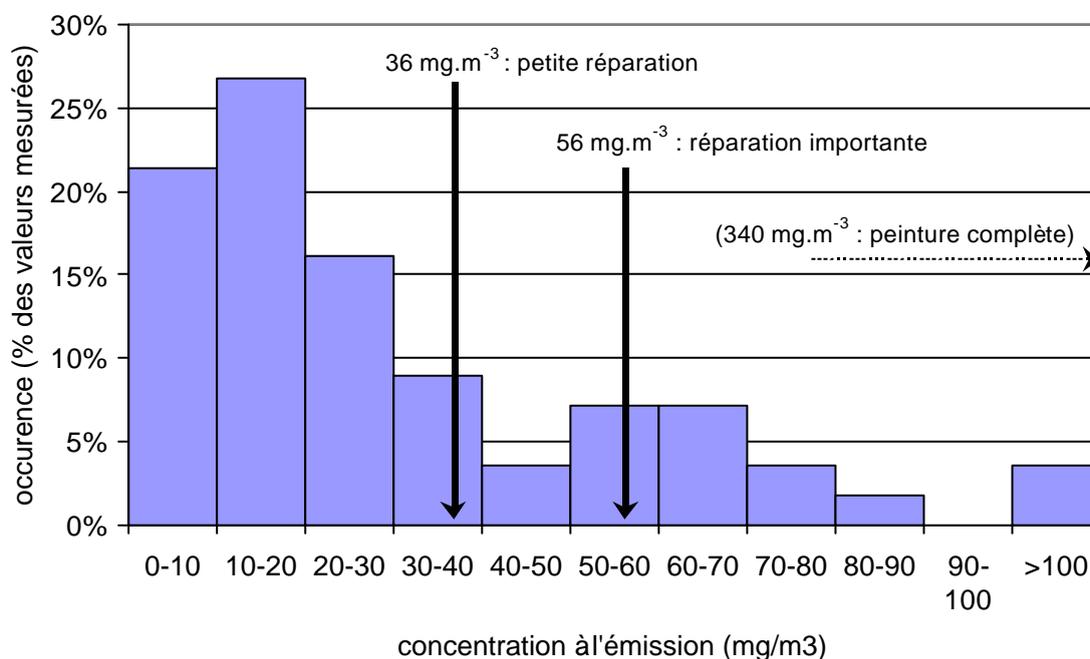
## ANNEXE VIII. COMPARAISON DES VALEURS D'EMISSION CALCULEES VS MESUREES

### ❖ Mesures du LCPP [33]

Les trois graphiques ci-dessous représentent les valeurs relevées par le LCPP [33] lors de **54 mesures** réalisées à l'**émission** de cabines de peinture. Ces mesures ont été réalisées dans le cadre de **contentieux**, de 1996 à 2001. Toutes les mesures ont été effectuées sur des installations utilisant des produits solvantés.

Les flèches ajoutées sur les graphiques correspondent aux valeurs d'émissions calculées à partir des hypothèses synthétisées dans le Tableau 13. Ces deux types de données permettent de montrer que :

- ⇒ l'étendue des valeurs observées à l'émission est importante ( cf. histogrammes) ;
- ⇒ les hypothèses posées sont réalistes, et légèrement pessimistes.
- ⇒ il convient de noter que les hypothèses faites sont basées sur un rejet réparti de manière uniforme sur une heure, dans la pratique, la durée d'application d'une couche varie beaucoup (cf. Tableau 12).



**Figure 5 : Comparaison des émissions d'acétate de butyle mesurées [33] et calculées**

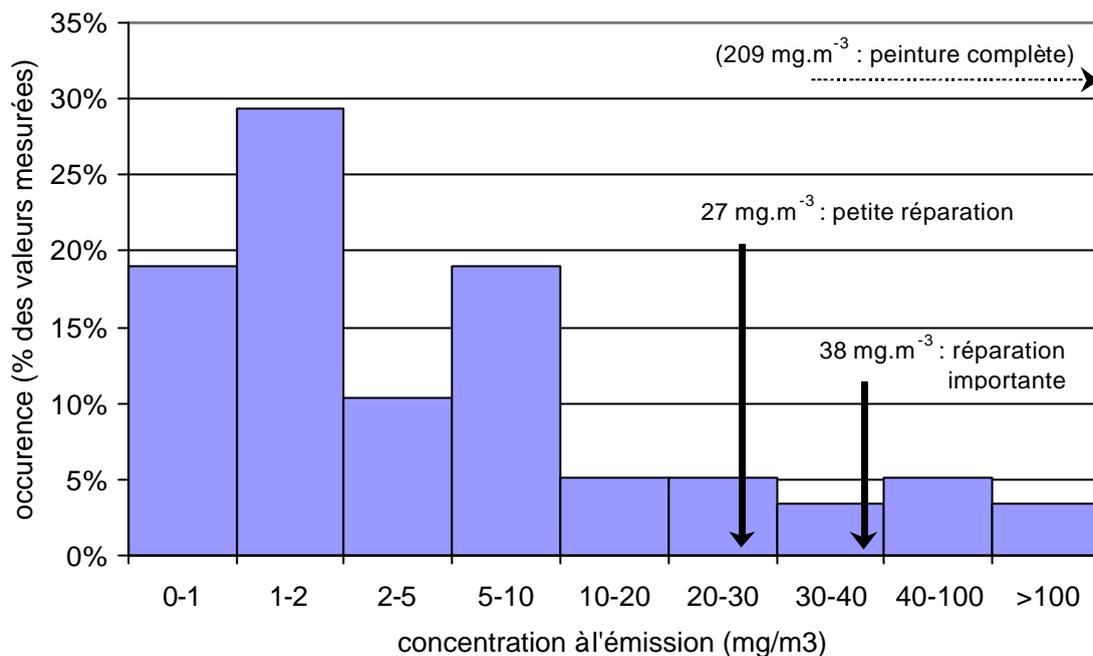


Figure 6 : Comparaison des émissions de **toluène** mesurées [33] et calculées

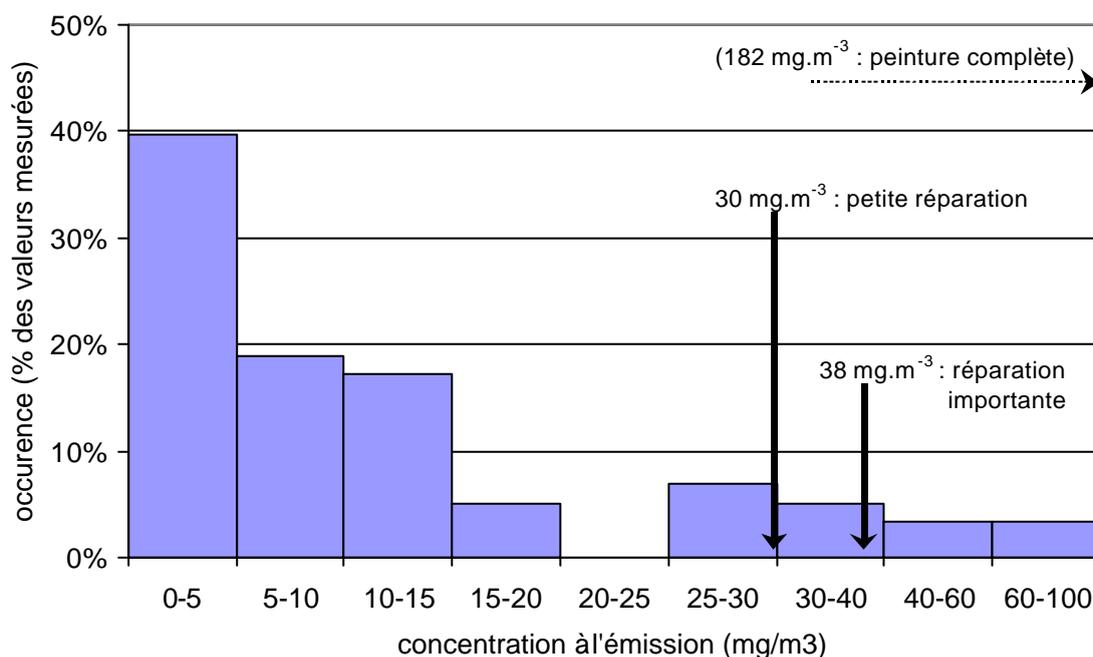


Figure 7 : Comparaison des émissions de **xylènes** mesurées [33] et calculées

**NB** : Ces 3 représentations graphiques doivent être considérées avec **prudence** car les **largeurs d'intervalle ne sont pas proportionnelles** aux dimensions réelles (graphiques réalisés à partir d'Excel).

❖ Mesures rapportées par la commission européenne [10]

Le rapport de la commission européenne mentionne les valeurs observées pour les émissions de COV totaux. Ces émissions sont classées par type de couches appliquées, dans le cas de cabines de peinture utilisant des systèmes solvantés traditionnels à forte teneur en COV. Les conditions de ventilation ne sont toutefois pas spécifiées. Ces valeurs sont rapportées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 34 : Émissions de COV en fonction du type de couche appliquée [10]**

type de couche appliquée	émission de COV correspondante (mg.m <sup>-3</sup> )
apprêt	200
peinture	380
vernis	220

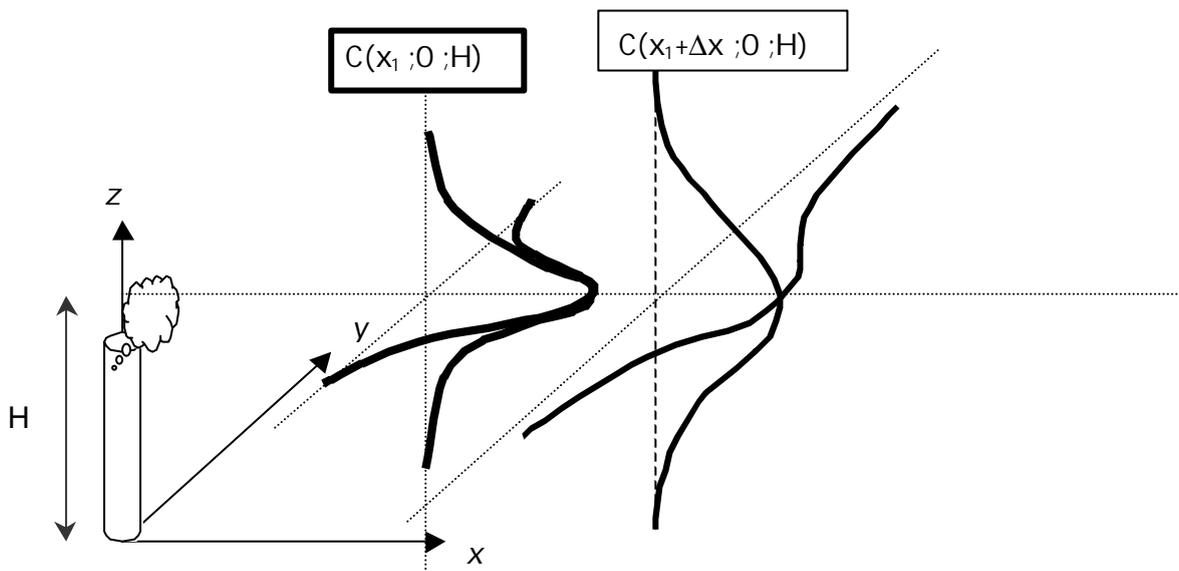
Les hypothèses formulées au § 4.1.3.2 englobent l'ensemble des couches et supposent une réparation dans son ensemble. L'hypothèse d'un rejet sur une heure pour l'application de l'ensemble de ces couches a également été faite. Ces hypothèses aboutissent aux valeurs suivantes, en fonction du type de réparation et pour un garage utilisant des peintures solvantés :

- ⇒ petite réparation : 55 mg.m<sup>-3</sup> de COV émis, pendant une heure ;
- ⇒ réparation importante : 79 mg.m<sup>-3</sup> de COV émis, pendant une heure ;
- ⇒ peinture complète : 440 mg.m<sup>-3</sup> de COV émis, pendant une heure ;

Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles indiquées dans le tableau précédent. L'écart observé étant dû au fait que l'on suppose une durée d'application d'une heure.

## ANNEXE IX. NOTIONS DE BASE POUR LA COMPREHENSION DU FONCTIONNEMENT DES MODELES DE DISPERSION GAUSSIENS

Le repère utilisé dans ce mémoire est un **repère cartésien** en trois dimensions ; dans l'ensemble du mémoire, une seule source est considérée pour modéliser les rejets à l'atmosphère des cabines de peinture : cette source ponctuelle est placée en  $x=0$  et  $y=0$ . La hauteur de cheminée est supposée égale à 12 m. La concentration est supposée suivre une **distribution gaussienne** selon les directions  $y$  et  $z$  (lorsque le vent est orienté selon l'axe  $x$ ).



**Figure 8 : Modélisation de la dispersion : représentation schématique des concentrations en deux points situés sur l'axe des concentrations maximales**

L'équation qui permet de calculer la concentration en chaque point de l'espace est basée sur la conservation de la matière (lire [81] et [16] pour une explication détaillée et la présentation des -nombreuses- autres équations utilisées par ISCST3) :

$$C(x, y, z) = \frac{QD}{2p \cdot u_s \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \times \left[ \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right] \times \left[ \exp\left(\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

avec pour paramètres de l'équation :

- C : concentration au point  $x, y, z$  [ $M.L^{-3}$ ] ;
- Q : débit masse de polluant [ $M.T^{-1}$ ] ;
- D : terme de décroissance [sans unité (*sic*)] ;
- $u_s$  : vitesse du vent au niveau de la cheminée (*stack* en anglais) [ $L.T^{-1}$ ] ;
- $\sigma_y, \sigma_z$  : écarts types des concentrations latérales et verticales de la distribution de concentration [L] dépendant de la distance ( $\mathbf{x}$ ) à la source et des classes de stabilité. Ils sont obtenus à partir d'abaques (ou de systèmes d'équations dans les modèles) ;
- H : hauteur effective de la cheminée [L] (prise en compte de la vitesse de rejet, de la température des gaz (poussée d'Archimède)).

## ANNEXE X. DEFINITION DES CLASSES DE STABILITE ATMOSPHERIQUE (CLASSES DE PASQUILL)

Les classes de Pasquill permettent de définir les  $\sigma_y$  et  $\sigma_z$  nécessaires à la modélisation de la dispersion des rejets (cf. annexe IX). Le tableau ci-dessous présente les différentes classes de stabilité et les classes de Pasquill correspondantes.

**Tableau 35 : Correspondance entre stabilité atmosphérique, dispersion des polluants et classe de Pasquill [82], [74]**

Conditions de stabilité atmosphérique	Capacité à la dispersion des polluant	Classe de Pasquill	Code ISC
très instable	excellente	<b>A</b>	1
instable	très bonne	<b>B</b>	2
légèrement instable	bonne	<b>C</b>	3
neutre	moyenne	<b>D</b>	4
stable	faible	<b>E</b>	5
très stable	très faible	<b>F</b>	6

Météo France peut fournir les classes de Pasquill pour les heures d'ouvertures du centre (détermination basée sur les observations humaines, aux heures d'ouvertures du centre : 5-17 h UTC en hiver, et 4-16 h UTC en été). Les classes de Pasquill non disponibles (nuit) sont supposées de classe F. Cette hypothèse n'influe pas de manière considérable les résultats, car les rejets de la cabine de peinture sont supposés avoir lieu entre 8 et 16 h UTC.

**Tableau 36 : Détermination des classes de Pasquill en fonction des conditions météorologiques [82]**

insolation ou couverture nuageuse		vitesse du vent (m.s <sup>-1</sup> )				
		< 2	[2 ;3[	[3 ;5[	[5 ;6[	> 6
Jour	forte insolation	A	A-B	B	C	C
	insolation modérée	A-B	B	B-C	C-D	D
	légère insolation	B	C	C	D	D
Jour ou nuit	ciel couvert	D	D	D	D	D
Nuit	> 50 % de couverture nuageuse	-	E	D	D	D
	< 40 % de couverture nuageuse	-	F	E	D	D

## ANNEXE XI. INFLUENCE DES PRINCIPAUX PARAMETRES DE DISPERSION SUR LES RESULTATS DE LA MODELISATION

Afin de bien cerner l'influence des différents paramètres utilisés pour la modélisation, différentes situations sont comparées où tous les paramètres sont fixes, sauf un. Ce paramètre variable prend les valeurs extrêmes pouvant être rencontrées. Les conditions sont fixées pour les différentes modélisations et, sauf indication contraire, les paramètres retenus sont :

- ⇒ Rejet :
  - le polluant traceur considéré dans toute cette annexe sera le **toluène** ;
  - les rejets correspondent à **cinq passages** en cabine quotidien ;
  - 400 g de toluène sont utilisés à chaque passage en cabine ;
  - le flux émis est supposé **constant** pendant **une heure**.
- ⇒ Météorologie :
  - vent soufflant du sud ouest vers le nord est (45°) ;
  - vitesse du vent constante à 1,5 m.s<sup>-1</sup> (hauteur de l'anémomètre = 20 pieds);
  - température de l'air de 298 K (25°C) ;
  - Classe de Pasquill fixée à D (condition défavorable) ;
  - hauteur de couche de mélange de 100 m.
- ⇒ Bâtiment :
  - rejet en (0 ;0) ;
  - hauteur de cheminée de 12 m ;
  - hangar carré de 20\*20 m, (coin sud ouest en (-5 ; -5) et coin nord-est en (15 ;15)) ;
  - hauteur uniforme du hangar de 10 m ;
- ⇒ Le relief est supposé plat, les conditions de dispersion utilisées sont celles représentatives d'un milieu urbain.

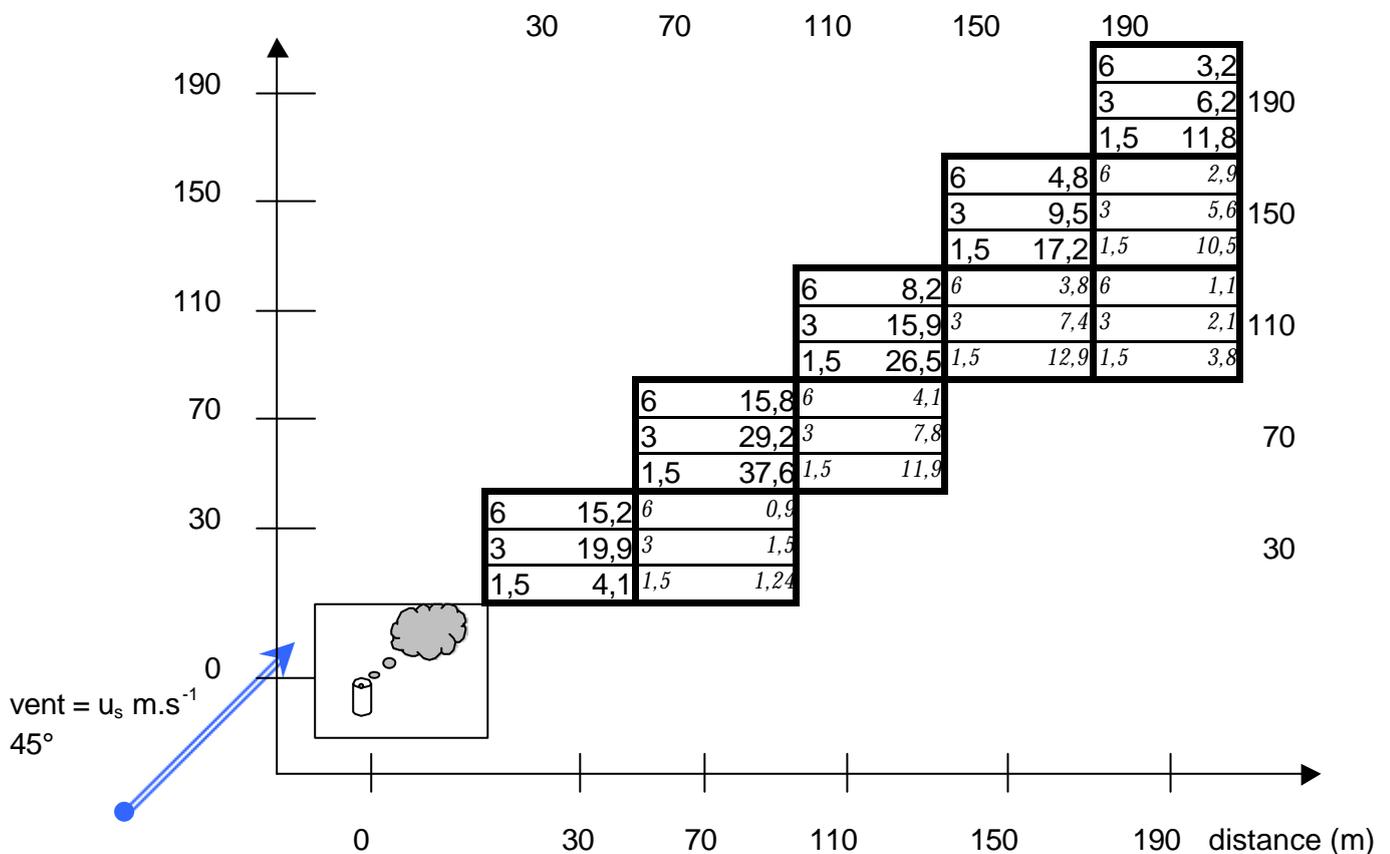
Les résultats (Figure 9 à Figure 13) sont représentés dans un repère cartésien ; les résultats correspondent à des **concentrations moyennes horaires** maximales (en  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) calculées au niveau du sol. Chaque cellule de trois lignes représente les résultats modélisés en un point donné. La première ligne rapporte les résultats pour des conditions favorables, la ligne du milieu les conditions défavorables et la ligne du bas des conditions très défavorables.

Les cellules dont la police est {arial 11 pt} sont celles situées sous le panache, dans le **plan des concentrations maximales**. Les cellules dont la police de caractère est {garamond 9pt italique } sont celles situées à proximité de ce même plan.

## ❖ Vitesse du vent

La vitesse du vent est **LE** paramètre qui influe le plus sur la dispersion des polluants. ISC3 ne peut modéliser la dispersion que pour des **valeurs supérieures à 1 m.s<sup>-1</sup>**. Si la vitesse du vent est inférieure, alors le modèle ne prend pas en compte la ligne de donnée météo correspondante. Trois vitesses de vent sont ici représentées :

- vent fort (**6 m.s<sup>-1</sup>**, soit 22 km.h<sup>-1</sup>) ;
- vent modéré (**3 m.s<sup>-1</sup>**, soit 11 km.h<sup>-1</sup>) ;
- vent faible (**1,5 m.s<sup>-1</sup>**, soit 5 km.h<sup>-1</sup>) ;

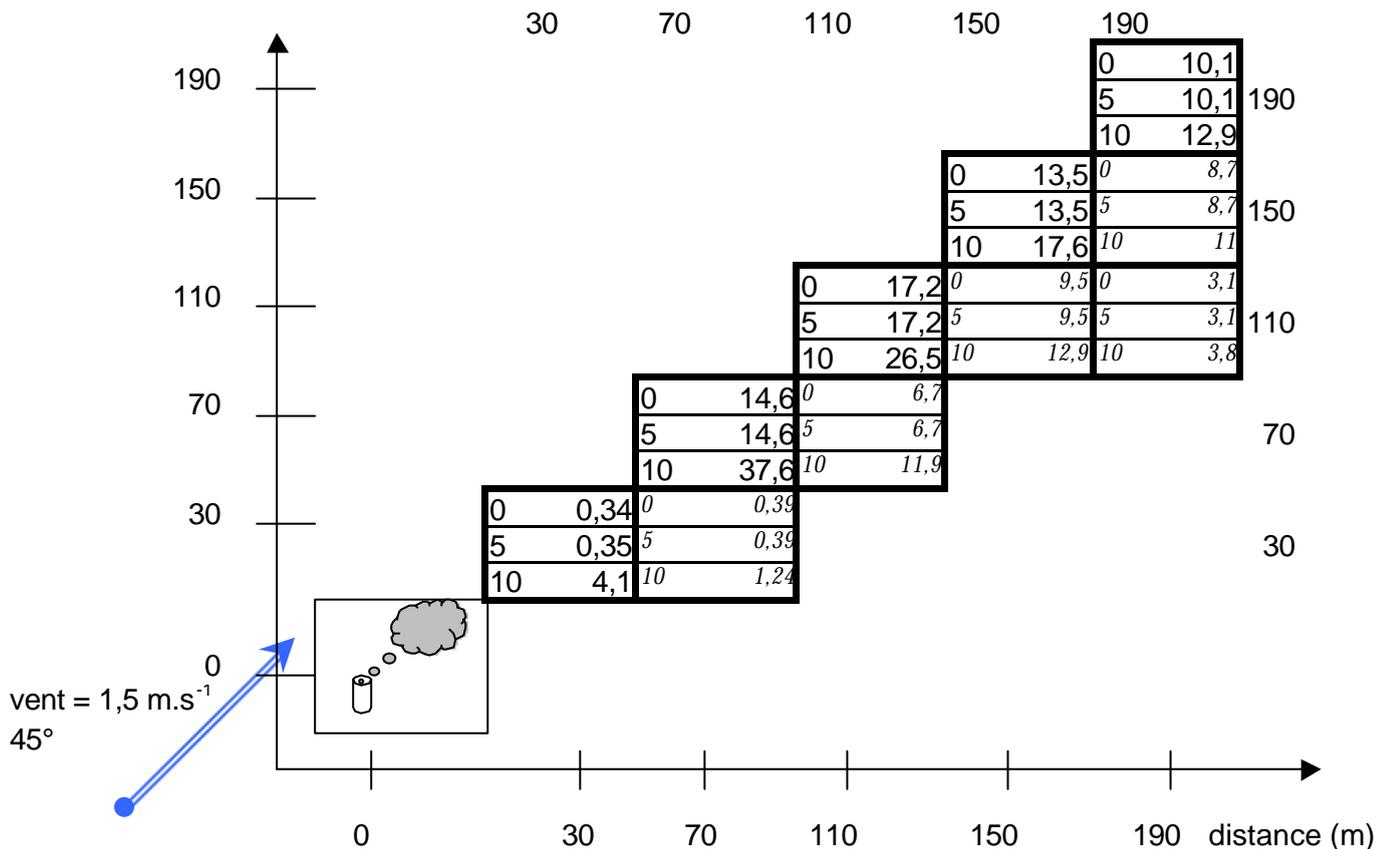


**Figure 9 : Concentrations (µg.m<sup>-3</sup>) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la vitesse du vent**

## ❖ Présence de bâtiment

Afin d'évaluer l'influence du bâtiment sur la dispersion du panache, trois situations sont comparées le bâtiment étant toujours implanté entre (-5 ; -5) et (15 ; 15) :

- absence de bâtiment (**0** m) ;
- hauteur de bâtiment de **5** m ;
- hauteur de bâtiment de **10** m.



**Figure 10 : Concentrations ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la hauteur du garage**

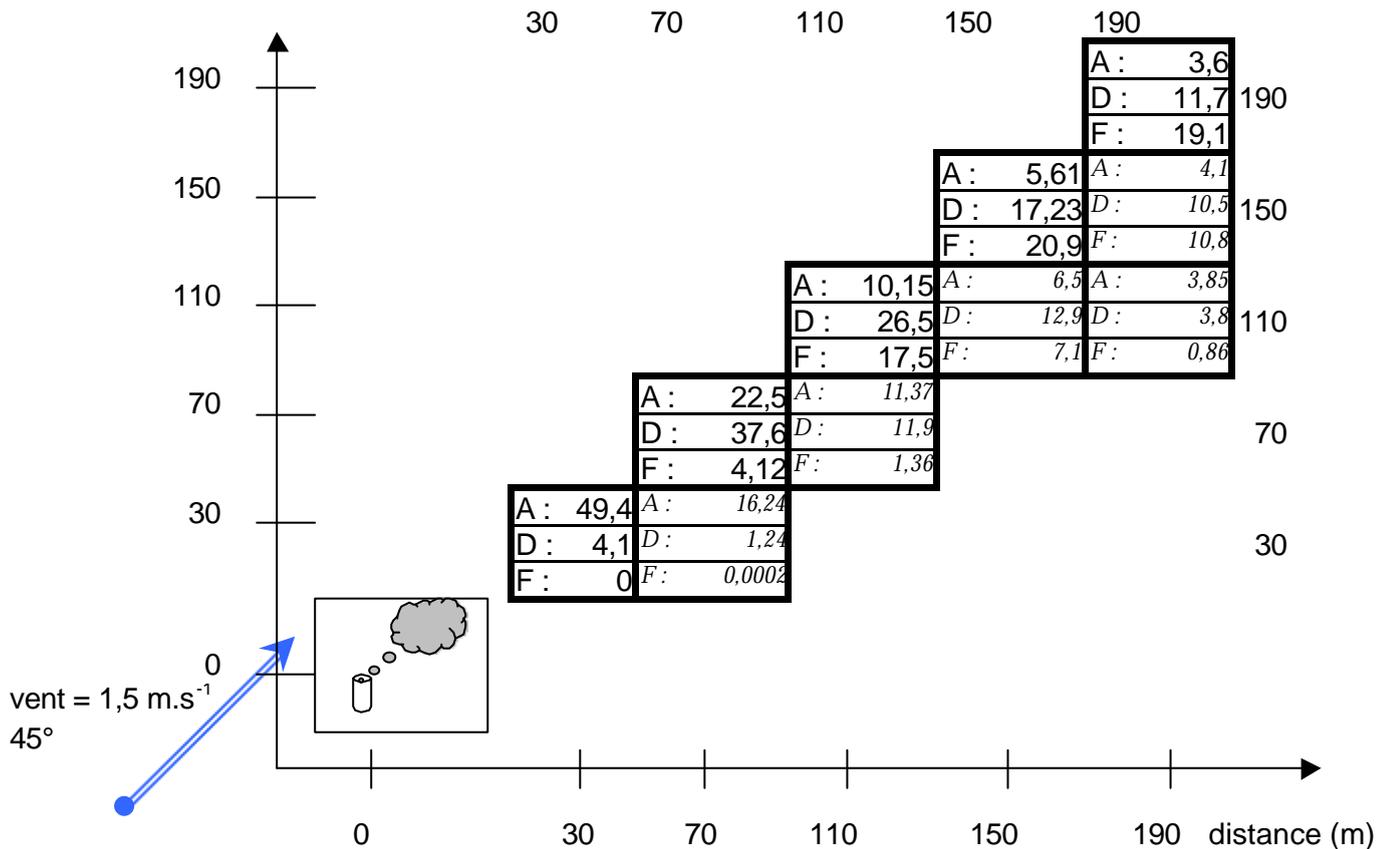
La présence du bâtiment provoque le rabattement des gaz à sa proximité directe. L'influence du bâtiment se fait ressentir de manière significative jusqu'au point (150 ; 150), dans les (mauvaises) conditions de dispersion prises pour hypothèses. À proximité immédiate du bâtiment, l'écart observé atteint un facteur 10 (11,7 exactement). Cela montre que les résultats obtenus devront être considérés avec précaution, car la géométrie des lieux est prépondérante pour la bonne dispersion.

La modélisation ne permet pas de prendre en compte la géométrie complexe d'une ville. La principale source d'erreurs entre les résultats obtenus par modélisation et des résultats de terrain provient certainement de ce fait (tout du moins en ce qui nous concerne : un rejet très bas et en site urbain).

## ❖ Classes de Pasquill

La figure ci-dessous compare trois situations de stabilité atmosphérique, prises en compte dans le modèle ISC3 par les classes de Pasquill (cf. annexe X) :

- situation favorable classe **A** ;
- situation défavorable classe **D** ;
- situation extrêmement défavorable (*sic*) classe **F**.



**Figure 11 : Concentrations ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la classe de stabilité**

La classe de stabilité influe essentiellement sur les distances où la concentration maximale sera trouvée. Une bonne dispersion permet une dilution rapide des rejets gazeux, mais avec une forte teneur en polluant à proximité du rejet.

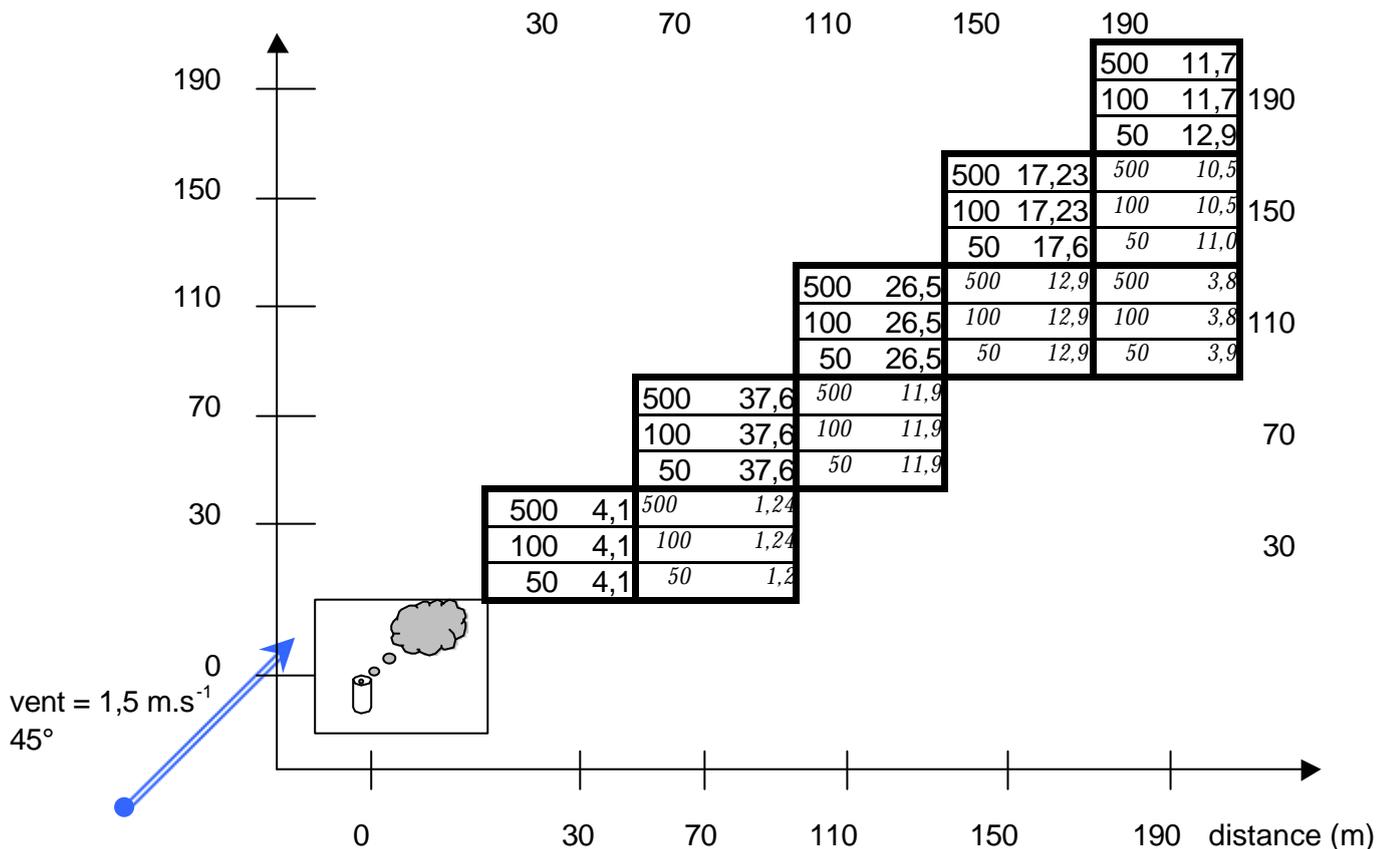
Une mauvaise dispersion aboutit à des concentrations élevées, sur une plus grande distance mais plus loin du rejet.

Les écarts sur les concentrations maximales sont de l'ordre d'un facteur 2 (100 % d'écart), et les points de concentrations maximales sont relativement distants (170 m).

## ❖ Influence de la hauteur de couche de mélange

La figure ci-dessous compare trois situations de hauteurs de couche de mélange :

- situation favorable UMH = **500 m** ;
- situation défavorable UMH = **100 m** ;
- situation extrêmement défavorable UMH = **50 m**.



**Figure 12 : Concentrations ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la hauteur de couche de mélange**

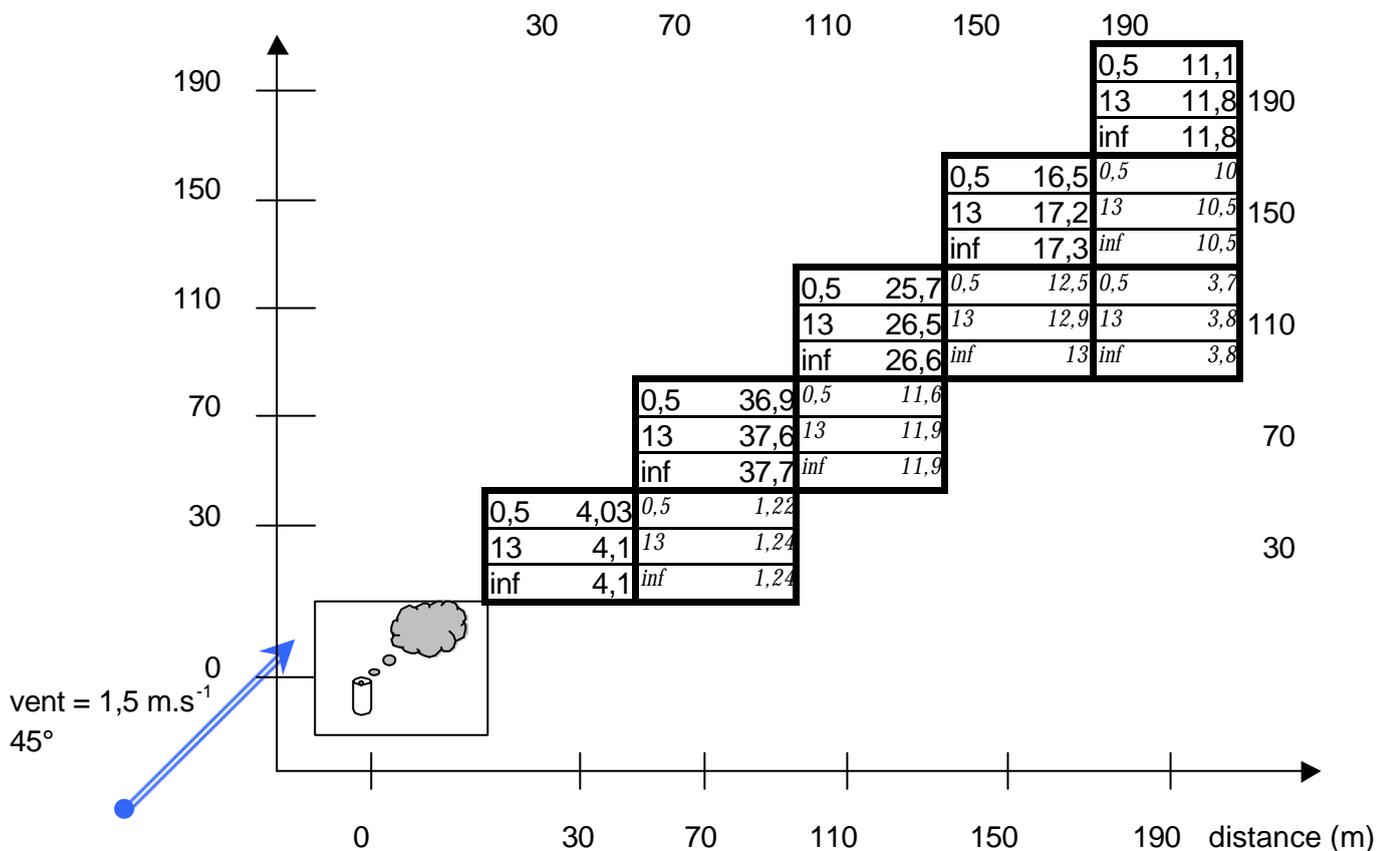
La figure ci-dessus montre de manière claire que la hauteur de couche de mélange n'influe quasiment pas sur les concentrations de polluant sous le panache. Cela s'explique par le fait que la pollution due à la cabine de peinture est émise à très basse altitude. L'effluent est très fortement dilué avant d'atteindre la hauteur de couche de mélange. Ainsi même une hauteur extrêmement basse de 50 m n'induit que 10 % d'écart (au plus) par rapport à une hauteur de mélange de 500 m.

La hauteur de la couche de mélange n'influera donc pas significativement les résultats pour la modélisation des rejets des cabines de peinture.

❖ Terme de décroissance exponentielle

Le modèle ISC3 permet d'introduire un terme de décroissance exponentielle pour tenir compte de la dégradation des molécules dans l'atmosphère (essentiellement photo oxydation radicalaire dans le cas des COV). La demi-vie du toluène est estimée à 13 h. La figure ci-dessous représente les résultats de la modélisation obtenus en considérant :

- une dégradation très rapide (0,5 h) ;
- la période de demi-vie estimée pour le toluène (13 h) [66] ;
- une molécule stable (pas de terme de décroissance, soit une demi-vie infinie (inf) .



**Figure 13 : Concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de toluène sous le panache de la conduite de refoulement d'une cabine de peinture en fonction de la période de demi-vie**

Comme le montre la figure ci-dessus, la période de demi-vie n'influe quasiment pas sur les résultats de la modélisation. En effet, ce paramètre est important pour les impacts à long terme. Dans notre cas l'impact des rejets est très limité, dans le temps comme dans l'espace.

Si l'on ne connaît pas la période de demi-vie d'un polluant, on pourra donc utiliser la valeur péjorative « infinie » sans que l'erreur ainsi réalisée ne soit significative.

## ❖ Définition de la zone d'étude

Deux types de résultats sont obtenus par la modélisation :

- ⇒ les moyennes horaires :
  - pour estimer la présence de gêne olfactive ;
  - pour évaluer la présence de risque toxicologique aigu ;
- ⇒ les moyennes annuelles, pour quantifier le risque chronique.

Il est nécessaire de déterminer deux paramètres de grille pour ces études :

- ⇒ l'**espacement** (résolution) doit permettre de faire ressortir les maxima locaux ;
- ⇒ l'**étendue** en x et y doit permettre d'identifier la zone d'influence de la carrosserie.

Le choix de ces deux paramètres est réalisé par itérations successives en se basant toujours sur le cas du toluène. Un compromis devant être trouvé pour réunir une précision suffisante, sans toutefois générer des fichiers trop lourds à gérer. Le fichier de données météo utilisé ici est celui de la station du Mans, année 2001.

Rappel du repère choisi :

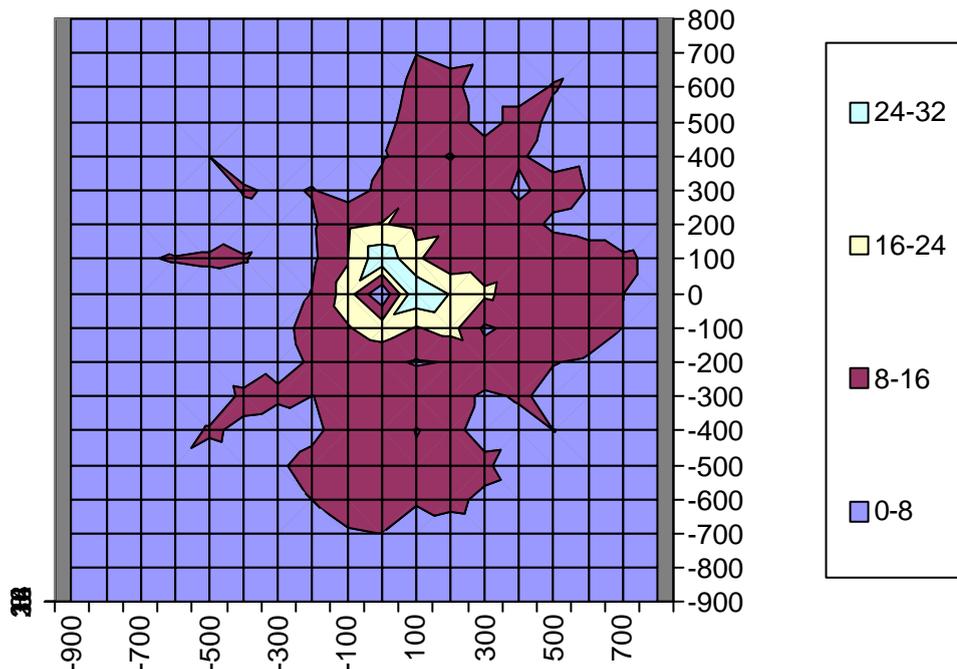
- ⇒ repère cartésien ;
- ⇒ centré sur la cheminée ;
- ⇒ bâtiment carré de hauteur 10 m, construit entre (-5 ; -5) et (15 ; 15).

◆ Choix de l'espacement entre points

Trois valeurs d'espacement sont testées : 100 m, 30 m puis 5 m. Pour les modélisations utilisant les espacements 100 et 30 m, la zone d'étude est comprise entre (-900 ; -900) et (900 ; 900). Pour l'espacement de 5 m, la zone d'étude a été réduite de (-100 ; 100) à (100 ; 100).

Les résultats montrent que l'espacement de 100 m ne permet pas d'apprécier les valeurs maximales correctement : la valeur maximale calculée est de 30,1  $\mu\text{g.m}^{-3}$  de toluène, alors qu'avec la grille de 30 m, la valeur maximale obtenue est 51,2  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Par contre, la grille espacée de 5 m (valeur maximale de 53,1  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) n'apporte rien de plus que la grille espacée de 30 m. La grille de 30 m sera donc retenue.

Les traînées observées sur la Figure 15 s'expliquent par le fait que les valeurs reportées sont dues à des maxima apparus à une reprise seulement, les directions de vent étant constante pendant une heure (on observe également le pas de 10° de précision pour les orientations du vent), il n'y a pas d'effet moyennant. Une seule situation très défavorable a été prise en compte pour la représentation graphique.



**Figure 14 : Représentation graphique des concentrations maximales horaires ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-900 ; -900) à (900 ; 900), avec un pas de 100 m**

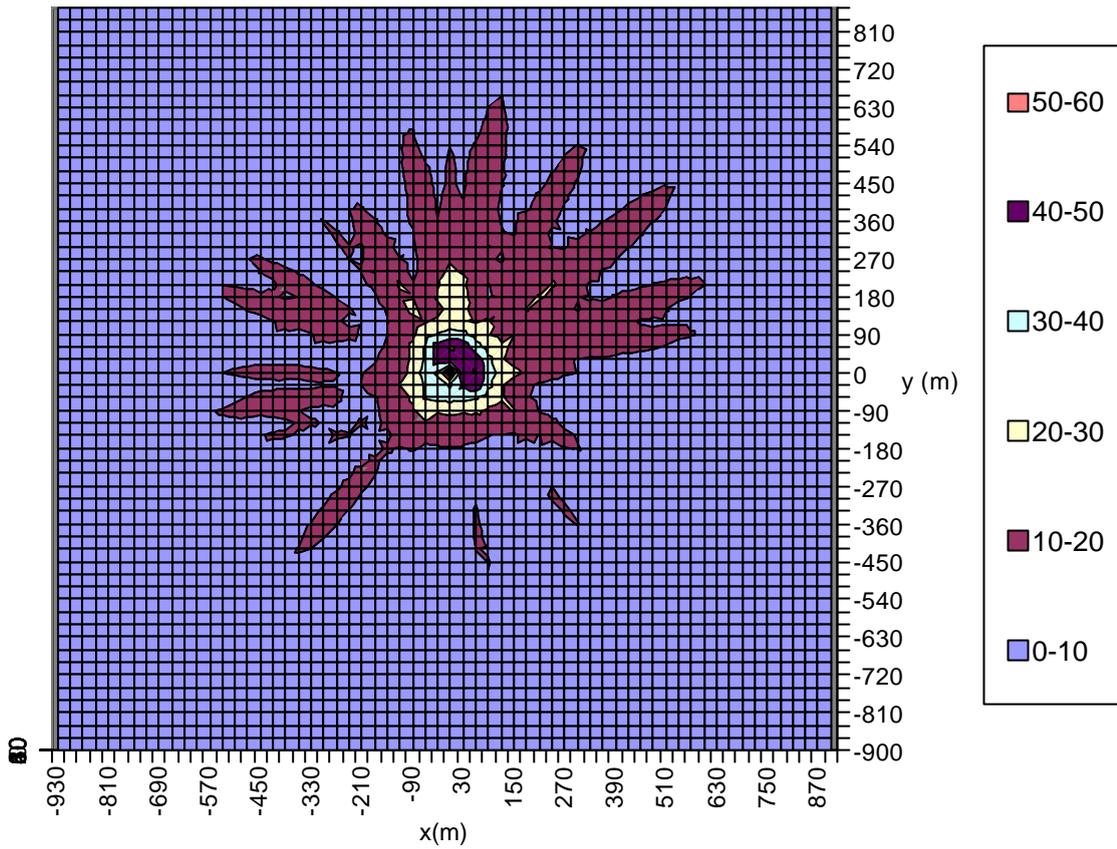


Figure 15 : Représentation graphique des concentrations maximales horaires ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-900 ; -900) à (900 ; 900), avec un pas de 30 m

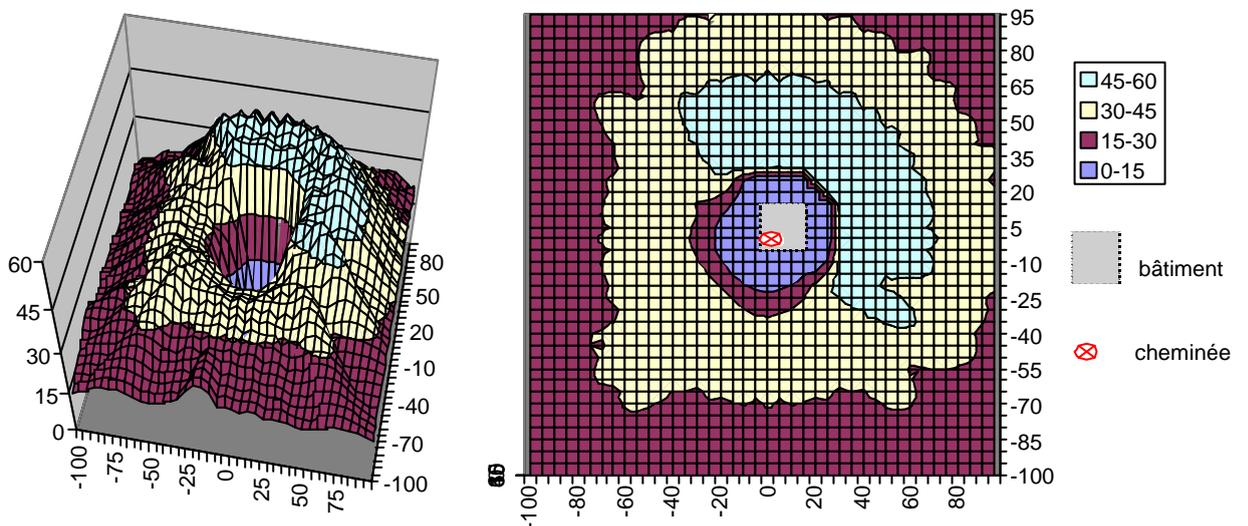
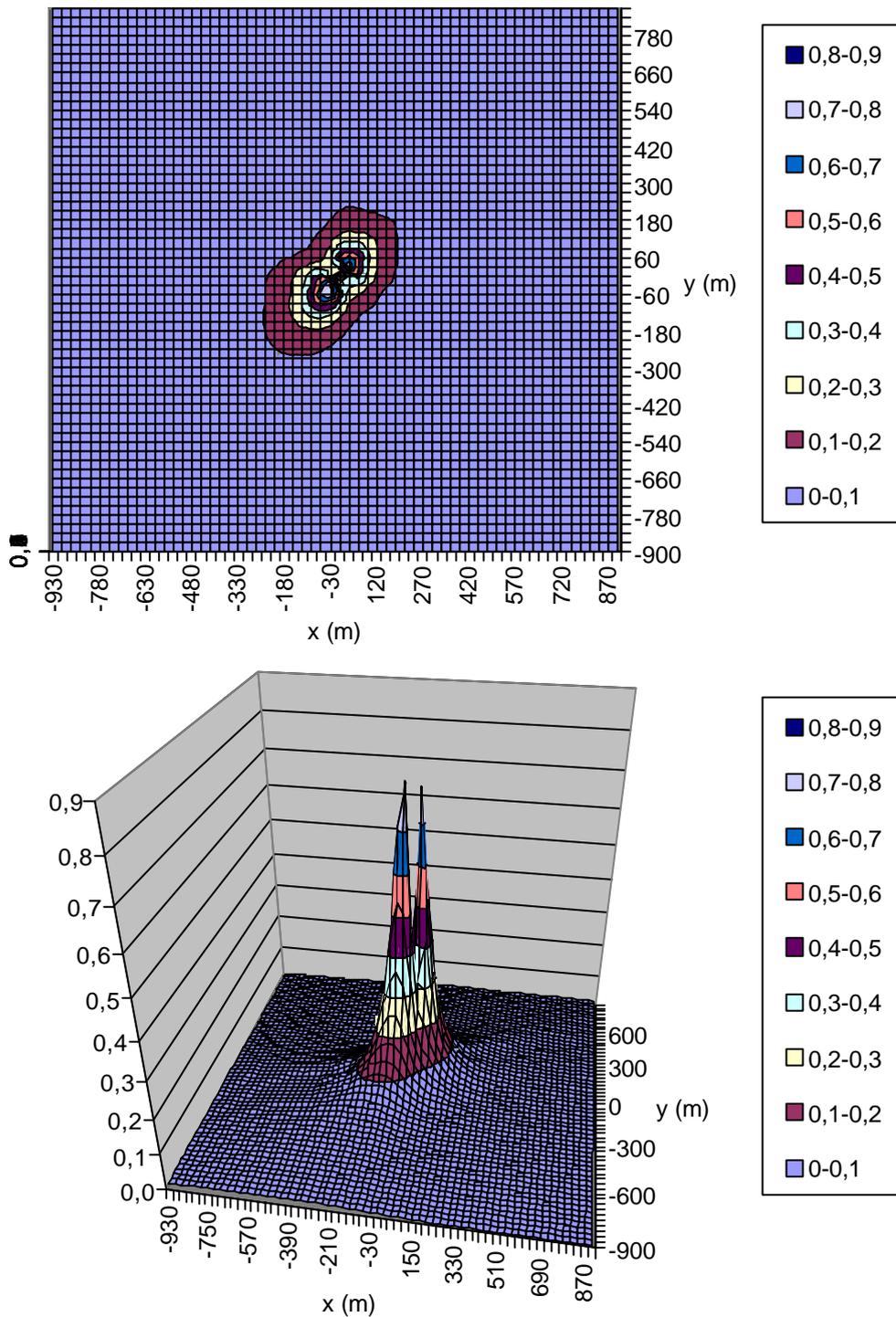


Figure 16 : Représentations graphiques des concentrations maximales horaires ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-100 ; -100) à (100 ; 100), avec un pas de 5 m

◆ Choix de la zone d'étude

La grille de 1,8 km de côté permet de prendre en compte les maxima horaires et les moyennes annuelles de manière satisfaisante et sera donc retenue. Pour plus de simplicité, une seule grille sera utilisée.



**Figure 17 : Représentations graphiques des concentrations moyennes annuelles ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en toluène, grille définie de (-900 ; -900) à (900 ; 900), avec un pas de 30 m**

## **ANNEXE XII. RESULTATS DE LA MODELISATION**

### ◆ Présentation des résultats obtenus

les résultats sont présentés dans l'ordre suivant :

- ⇒ acétate de butyle :
    - carrosserie utilisant un système de produits solvantés ;
    - carrosserie utilisant un système de produits hydrodiluable.
  - ⇒ EGBE : carrosserie utilisant un système de produits hydrodiluable (l'EGBE n'est pas employé dans les produits solvantés) ;
  - ⇒ formaldéhyde : carrosserie utilisant un système de produits solvantés ou hydrodiluable (les hypothèses d'émissions sont les mêmes) ;
  - ⇒ HDI :
    - carrosserie utilisant un système de produits solvantés ;
    - carrosserie utilisant un système de produits hydrodiluable.
  - ⇒ oxyde de nickel : carrosserie utilisant un système de produits solvantés ou hydrodiluable (les hypothèses d'émissions sont les mêmes) ;
  - ⇒ toluène :
    - carrosserie utilisant un système de produits solvantés ;
    - carrosserie utilisant un système de produits hydrodiluable.
- ◆ Choix de la mise en forme

### **CETTE VERSION A ÉTÉ ALLÉGÉE par rapport au mémoire complet**

afin d'obtenir un fichier tenant sur une disquette. Les résultats présentés ici sont très synthétiques, les représentations graphiques ne peuvent être incluses en raison de leur encombrement. Les versions du mémoire contenant les représentations graphiques sont disponibles à la bibliothèque de l'ENSP.

◆ Lecture des fiches synoptiques

- ⇒ nom du traceur de risque
- ⇒ système de produits utilisé (solvanté vs WB)
- ⇒ type de moyenne (max. horaire vs moyenne annuelle)

identification de la fiche

conc. Max :  $C_h$  max ou  $\mu\text{g.m}^{-3}$   
 $C_{an}$  moy

conc.	nb points	aire ég. (ha)
150,0	30	2,7
75,0	163	14,7
37,5	1151	104
18,8	1538	138
9,4	838	75,4
0,0	1	0,09

Cette ligne présente la concentration maximale modélisée dans l'ensemble de la grille

La troisième colonne présente l'aire impactée approximative (chaque point de la grille est supposé représentatif d'un carré de 30 m de côté) : lire dans cet exemple : « 2,7 ha ont une concentration comprise entre 75 et 150  $\mu\text{g.m}^{-3}$  »

La deuxième colonne présente le nombre de points de la grille pour lesquels une concentration donnée a été mesurée.  
 Ici par exemple, la valeur 0  $\mu\text{g.m}^{-3}$  a été modélisée en un point .

La première colonne donne l'intervalle de concentration considéré.  
 Ici par exemple, la ligne référencée 150 correspond à l'intervalle de concentration [150 ; 75  $\mu\text{g.m}^{-3}$  ] .

❖ acétate de butyle – système solvanté

◆ résultats concernant les moyennes horaires maximales

- ⇒ substance : acétate de butyle
- ⇒ système : solvanté
- ⇒ type de concentration : maxima horaires

conc. Max : 144,5  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire ég. (ha)
150,0	30	2,7
75,0	163	14,7
37,5	1151	104
18,8	1538	138
9,4	838	75,4
0,0	1	0,09

❖ acétate de butyle – système hydrodiluable

- ◆ résultats concernant les moyennes horaires maximales

⇒ substance : acétate de butyle

⇒ système : hydrodiluable

⇒ type de concentration : maxima horaire

conc. Max : 122,3  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
125,0	30	2,7
62,5	170	15,3
31,3	1183	106,47
15,6	1524	137,16
7,8	813	73,17
0,0	1	0,09

❖ EGBE – système hydrodiluable

- ◆ Résultats concernant les moyennes horaires maximales

⇒ substance : EGBE

⇒ système : hydrodiluable

⇒ type de concentration : maxima horaires

conc. Max : 34,60  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
35,0	32	2,88
17,5	173	15,57
8,8	1188	106,92
4,4	1522	136,98
2,2	805	72,45
0,0	1	0,09

- ◆ Résultats concernant les moyennes annuelles

⇒ substance : EGBE

⇒ système : hydrodiluable

⇒ type de concentration : moyennes annuelles

conc. Max : 0,544  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
0,6	14	1,26
0,3	40	3,6
0,2	80	7,2
0,1	192	17,28
0,0	3394	305,46
0,0	1	0,09

## ❖ Formaldéhyde – systèmes solvanté et hydrodiluable

### ◆ Résultats concernant les moyennes horaires maximales

- ⇒ substance : formaldéhyde
- ⇒ système : solvanté et WB
- ⇒ type de concentration : maxima horaires

conc. Max : 1,410  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
1,5	30	2,7
0,75	153	13,77
0,38	1006	90,54
0,19	1592	143,28
0,09	939	84,51
0,00	1	0,09

### ◆ Résultats concernant les moyennes annuelles

- ⇒ substance : formaldéhyde
- ⇒ système : solvanté et WB
- ⇒ type de concentration : moyenne annuelle

conc. Max : 0,0222  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
0,025	12	1,08
0,013	36	3,24
0,006	80	7,2
0,003	187	16,83
0,002	3405	306,45
0,000	1	0,09

## ❖ HDI – système solvanté

### ◆ Résultats concernant les moyennes horaires

- ⇒ substance : 1,6 diisocyanate d'hexaméthylène
- ⇒ système : solvanté
- ⇒ type de concentration : maxima horaires

conc. Max : 0,540  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
0,60	28	2,52
0,30	133	11,97
0,15	982	88,38
0,08	1625	146,25
0,04	952	85,68
0,0	1	0,09

◆ Résultats concernant les moyennes annuelles

⇒ substance : 1,6 diisocyanate d'hexaméthylène

⇒ système : solvanté

⇒ type de concentration : moyenne annuelle

conc. Max : 0,00849  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire ég. (ha)
0,0090	15	1,35
0,0045	41	3,69
0,0023	81	7,29
0,0011	211	18,99
0,0006	3372	303,48
0,0000	1	0,09

❖ HDI - système hydrodiluable

◆ Résultats concernant les moyennes horaires maximales

⇒ substance : 1,6 hexaméthylène diisocyanate

⇒ système : hydrodiluable

⇒ type de concentration : maxima horaires

conc. Max : 0,323  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire ég. (ha)
0,35	29	2,61
0,18	147	13,23
0,09	1035	93,15
0,04	1595	143,55
0,02	914	82,26
0,00	1	0,09

◆ Résultats concernant les moyennes annuelles

⇒ substance : 1,6 hexaméthylène diisocyanate

⇒ système : hydrodiluable

⇒ type de concentration : moyenne annuelle

conc. Max : 0,00508  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire ég. (ha)
0,0060	12	1,08
0,0030	33	2,97
0,0015	78	7,02
0,0008	179	16,11
0,0004	3418	307,62
0,0000	1	0,09

❖ Oxyde de nickel – systèmes solvanté et hydrodiluable

- ◆ Résultats concernant les moyennes annuelles

- ⇒ substance : oxyde de nickel
- ⇒ systèmes de peinture : solvanté et hydrodiluable
- ⇒ type de concentration : moyennes annuelles

conc. Max : 0,00058  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
0,0006	16	1,44
0,0003	40	3,6
0,0002	90	8,1
0,0001	257	23,13
0,00004	3209	288,81
0,0000	109	9,81

❖ Toluène – système solvanté

- ◆ Résultats concernant les moyennes horaires maximales

- ⇒ substance : toluène
- ⇒ système : solvanté
- ⇒ type de concentration : maxima horaires

conc. Max : 99,18  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
100	33	2,97
50	174	15,66
25	1187	106,83
13	1522	136,98
6	804	72,36
0,0	1	0,09

- ◆ Résultats concernant les moyennes annuelles

- ⇒ substance : toluène
- ⇒ système : solvanté
- ⇒ type de concentration : moyennes annuelles

conc. Max : 1,5606  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
1,6	17	1,53
0,8	43	3,87
0,4	87	7,83
0,2	218	19,62
0,1	3355	301,95
0,0	1	0,09

❖ Toluène – système hydrodiluable

◆ Résultats concernant les moyennes horaires maximales

- ⇒ substance : toluène
- ⇒ système : hydrodiluable
- ⇒ type de concentration : maxima horaires

conc. Max : 29,99  $\mu\text{g.m}^{-3}$

conc.	nb points	aire éq. (ha)
30,0	34	3,06
15,0	179	16,11
7,5	1201	108,09
3,8	1514	136,26
1,9	792	71,28
0,0	1	0,09

◆ Résultats concernant les moyennes annuelles

- ⇒ substance : toluène
- ⇒ système : hydrodiluable
- ⇒ type de concentration : moyennes annuelles

conc. Max : 0,47182  $\mu\text{g.m}^{-3}$

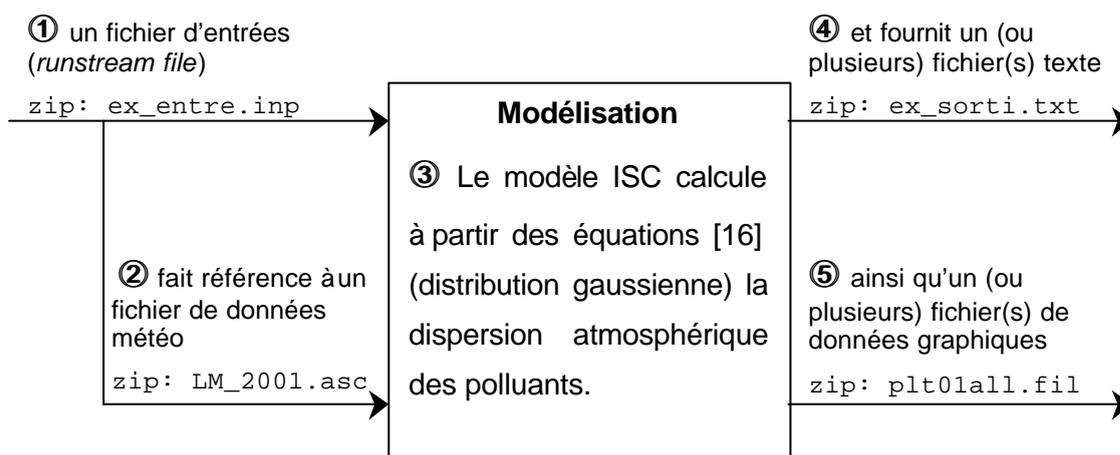
conc.	nb points	aire éq. (ha)
0,50	15	1,35
0,25	42	3,78
0,13	80	7,2
0,06	212	19,08
0,03	3371	303,39
0,0	1	0,09

## ANNEXE XIII. UTILISATION D'ISCST3

ISC est un logiciel visant à modéliser la dispersion atmosphérique des rejets de complexes industriels. Il a été développé par l'US-EPA et peut être téléchargé gratuitement avec ses guides d'utilisation [15, 16]. Son fonctionnement est relativement simple, l'interface utilisée est très peu conviviale. Le logiciel fonctionne sous MS-DOS, avec un système de mots clés permettant la définition des différents paramètres.

Le but de cette annexe n'est pas de détailler les fonctionnalités d'ISC, cela est fort bien fait dans le premier tome du guide d'utilisateur. Il s'agit ici de :

- ⇒ permettre d'orienter le choix du lecteur : l'utilisation du modèle ISC est-elle envisageable ?
- ⇒ faciliter la prise en main du logiciel.



**Figure 18 : Principe de fonctionnement du modèle ISC**

les textes en police {courier new} (zip : ...) font référence aux fichiers fournis en exemple dans l'annexe XIV (Fichiers informatiques).

### ◆ Les guides d'utilisateur

La documentation associée au modèle ISC est très complète. Elle se compose de deux tomes :

- ⇒ le **tome 1** (*user instructions*) détaille le fonctionnement du modèle. Sa lecture (au moins partielle) est indispensable pour saisir le fonctionnement du modèle, apprendre les mots clés et la syntaxe associée. Lors des premières utilisations, l'explication des messages d'erreurs peut également se révéler utile. Les parties 1. et 2. devraient être lues en détail **avant** de se lancer dans l'écriture d'un fichier d'entrées. Une lecture moins détaillée de la partie 3. sera également utile, afin d'avoir une idée des

possibilités offertes par le modèle. **Pendant** l'écriture, la consultation systématique de la partie 3. peut permettre d'éviter la plupart des erreurs de syntaxe. **Après** l'écriture du fichier d'entrées, l'annexe E permet de corriger les erreurs et messages d'avertissements.

- ⇒ le **tome 2** (*description of model algorithms*) est utile pour comprendre le fonctionnement interne du modèle. Toutefois la présentation des équations n'explique pas les phénomènes de dispersion atmosphérique, et l'utilisateur curieux pourra se référer au préalable à quelques cours sur la dispersion atmosphérique ([81, 82, 83]).

Le temps nécessaire à la compréhension des guides est de quatre à cinq jours, mais il vaut mieux étaler cette lecture dans le temps, pour la rendre plus digeste.

- ◆ les fichiers informatiques à élaborer

Au moins deux fichiers sont nécessaires pour faire fonctionner le modèle :

- ⇒ le fichier d'entrées (*runstream file*) ;
- ⇒ le fichier de données météo.

Il est également possible de tenir compte du relief, cela nécessite de connaître la cote du terrain à tous les points de grille.

- ◆ Le fichier d'entrées

Le fichier d'entrées est celui qui sera appelé par le programme ISC. Il peut être élaboré directement ou en s'appuyant sur un exemple, puis en adaptant les lignes du fichier à son cas particulier. Pour cette deuxième option, il est possible de partir du fichier *ex\_entree.inp* mis à disposition. De nombreux commentaires sont réalisés directement sur ce fichier afin de comprendre le rôle de chaque ligne de programme. Les lignes commençant par **\*\*** sont des lignes de commentaires non prises en compte dans le modèle. Dans tous les cas, le tome 1 est indispensable pour l'établissement de ce fichier (partie 3.).

- Le fichier de données météo

Aux USA, les fichiers météo, mis en forme pour l'utilisation sur ISC sont disponibles gratuitement sur le site de Webmet [84]. En France, il est nécessaire de contacter le centre Météo France le plus proche. Météo France fait parvenir les données désirées sur support informatique (disquette ou mail) au format texte ou Excel (compter 300 € pour les données sur une année).

Les données doivent être mises ensuite au format d'entrée compréhensible par ISC (format ASCII, la première ligne définit les paramètres de la station météo, puis chacune des lignes suivantes définit un enregistrement (au pas horaire) des paramètres météo nécessaires (voir la partie 3.5 du tome 1 pour les détails).

Cette mise en forme spécifique peut être réalisée en utilisant le fichier `outils pour ISC.xls` mis à disposition (suivre les instructions qui y sont fournies). Le fichier utilisé pour les modélisations est celui qui est fourni en annexe : `LM_2001.asc`.

- ◆ Les fichiers de sorties

De nombreuses possibilités sont offertes concernant les fichiers de sorties. Les paramètres pouvant être inclus dans ces fichiers sont très nombreux, ils sont détaillés dans la partie 3.8 du tome 1. Les fichiers de sorties peuvent être de deux types :

- ⇒ des fichiers texte ;
- ⇒ des fichiers de sorties graphiques.
  - Les fichiers texte

Ces fichiers sont utiles pour garder la trace du programme et mettre en évidence des phénomènes limités (connaître la concentration maximale en un point par exemple, ou la concentration maximale modélisée) toutefois, lorsque l'on désire rechercher une information sur la globalité de l'impact, l'utilisation de fichiers de sorties graphiques est préférable. En effet, la taille des fichiers texte peut très vite devenir importante si l'on ne prend pas garde à limiter les sorties demandées, ou si la grille est fine (le fichier `ex_sorti.txt` est fourni à titre d'exemple).

- Les fichiers de sorties graphiques

Le logiciel ISC n'est pas équipé de programme de visualisation des sorties. Il fournit les données au format ASCII. Deux types de données sont particulièrement intéressants : les concentrations moyennes et les dépassements de seuil.

L'utilisation d'un logiciel annexe à ISC est indispensable pour mettre en forme les résultats. Les courbes présentées dans ce mémoire ont été obtenues en utilisant Excel.

Le fichier de sortie `ex_plot.fil` et le fichier de représentation graphique `ex_plot.xls` associé sont mis à disposition. Les explications pour la transformation du fichier `*.fil` en représentation graphique au format `*.xls` sont fournies dans `ex_plot.xls`.

## ANNEXE XIV. FICHIERS INFORMATIQUES

Le fichier zip joint ci-dessous peut-être ouvert en double cliquant sur l'icône, si vous possédez la version informatique (word) de ce mémoire.

11 fichiers sont inclus dans cette annexe. Ces fichiers sont les suivants :

- ⇒ **substances\_peinture.xls** (dans le répertoire BD substance) présente la base de donnée réalisée dans le cadre de l'identification des dangers ;
- ⇒ **\_biblio peinture** est le fichier contenant l'ensemble des sources bibliographiques utilisées (y compris celles non citées) ;
- ⇒ **émission.xls** reprend les hypothèses faites pour les calculs d'émission.
- ⇒ Les huit fichiers contenus dans le **répertoire modélisation** ont été présentés dans l'annexe « Utilisation d'ISC ». Ils reprennent les calculs faits dans le cas du toluène, pour une carrosserie utilisant des produits solvantés.

Les notes d'utilisation ou d'explication de chacun des fichiers \*.xls sont incluses dans la feuille « lisez moi », placée en tête de chacun des classeurs excel.



# GLOSSAIRE

Le but de ce glossaire est double : présenter les termes techniques spécifiques utilisés dans ce mémoire et faciliter la lecture de la littérature anglaise. La plupart des définitions présentées sont fournies par l'office de la langue française (Canada), via son grand dictionnaire terminologique ([www.granddictionnaire.com](http://www.granddictionnaire.com)).

Le glossaire présente les termes issus de **trois champs lexicaux** distincts :

- ⇒ la **médecine** ||| (triple bordure gauche du glossaire) ;
- ⇒ la **peinture** | (simple bordure gauche du glossaire) ;
- ⇒ les termes **scientifiques** ou techniques || (double bordure gauche du glossaire) .

Français	Anglais	définition
<b>- Champ lexical de la médecine -</b>		
adénome	adenoma	Tumeur bénigne qui se développe sur une glande et qui reproduit sa structure.
angine	sore throat (pharyngitis)	Inflammation aiguë de l'oropharynx atteignant les amygdales et souvent les piliers du voile du palais.
cancer primitif du foie	hepatocellular carcinoma	
carcinome	carcinoma	Tumeur maligne qui se forme à partir d'un tissu épithélial malpighien, glandulaire ou transitionnel. Note(s) : Environ neuf cancers sur dix sont des carcinomes, les autres étant des sarcomes ou des tumeurs embryonnaires.
céphalée	headache	La céphalée peut être un symptôme d'une autre affection ou une maladie en soi. Le plus souvent bénignes, les céphalées peuvent aussi comporter un caractère d'urgence. Céphalée est un terme général qui sert à désigner toutes les douleurs affectant l'une ou l'autre partie de la tête, à l'exclusion des algies pharyngées, faciales et cervicales. Au sens étymologique, le terme désigne des douleurs affectant l'extrémité céphalique, c'est-à-dire le crâne et le visage. Dans l'usage, cependant, il désigne plus spécifiquement les sensations douloureuses provenant de la région de la voûte crânienne. Mal de tête est un terme familier.
déplaisir	dullness	Sentiment d'insatisfaction rencontré, par exemple, lorsque la vie nous paraît trop uniforme.
dermatose	dermatitis	Nom générique de toutes les affections de la peau, en général non tumorale.
dermite	dermatitis	Inflammation du derme, quelle qu'en soit la cause.
diarrhée	diarrhoea	Fréquence et liquidité des selles. Peut être due : 1) à un régime alimentaire défectueux; 2) à une infection bactérienne; 3) à des poisons tels que l'arsenic; 4) à des troubles nerveux.
<b>dose-effet</b>		relation entre la dose d'exposition et la sévérité de l'effet toxique (mesure d'effets déterministes seulement)
<b>dose-réponse</b>		relation entre la dose d'exposition et la fréquence de l'effet toxique (effet déterministe ou stochastique)

épithélioma spinocellulaire	squamous cell carcinoma	Variété d'épithélioma de la peau ou des muqueuses d'architecture lobulée, ainsi dénommé parce que ses cellules ressemblent à celles du corps muqueux de Malpighi et sont munies de ponts d'union ou épines. Note(s) : Terme créé par Krompecher, en 1900. Ces épithéliomas peuvent être différenciés et kératinisants, aboutissant à la formation de globes cornés ou indifférenciés. Les formes les moins différenciées sont considérées généralement comme les plus malignes. La variété dyskératosique ( <i>epithelioma dyskeratoticum segregans</i> ), qui prend souvent un aspect adénoïde ou pseudoglandulaire, est beaucoup moins évolutive.
étourdissement	dizziness	État de trouble, d'insécurité, voisin du vertige, d'origine vasculaire ou nerveuse et pouvant prélude à la perte de connaissance.
foie	liver	Volumineuse glande annexée au tube digestif, située dans la loge sous-phrénique droite, de forme ovoïde à grosse extrémité droite coupée obliquement, constituée d'une masse parenchymateuse dont l'unité élémentaire est le lobule hépatique.
glande surrénale	adrenal gland	Deux petits organes glandulaires à sécrétion interne annexés aux reins, dont ils coiffent l'extrémité supérieure.
hématopoïétique	hematopoietic	Se dit d'une substance biologique ou d'un processus qui est relatif à l'hématopoïèse.
hépatome	hepatoma	Tumeur maligne à foyers originels multiples avec prolifération exubérante des éléments du parenchyme hépatique proprement dit et à tendance extensive locale, particulièrement intravasculaire. Néoplasme bénin ou malin développé aux dépens des cellules hépatiques.
hyperplasie	hyperplasia	Développement exagéré d'un tissu ou d'un organe.
ictère (jaunisse)	jaundice	Symptôme consistant en une coloration jaune plus ou moins intense de la peau et des muqueuses, due à l'imprégnation des tissus par la bilirubine.
métaplasie	metaplasia	Transformation d'un tissu en un autre tissu, doué de propriétés physiques ou chimiques différentes. Transformation d'un tissu différencié en un autre tissu différencié qualitativement normal mais anormal de par sa localisation. Note(s) : Le phénomène de métaplasie est normal au cours du développement embryonnaire (exemple : le tissu conjonctif qui donne les tissus cartilagineux, osseux et médullaires); il est pathologique lorsqu'il se produit chez un individu déjà constitué. Ce phénomène s'observe aussi bien au niveau des tissus épithéliaux que des tissus conjonctifs (par exemple, métaplasie osseuse du cartilage ou métaplasie épidermoïde d'une muqueuse glandulaire). On oppose la métaplasie directe où la transformation porte sur la cellule adulte et la métaplasie indirecte secondaire à la transformation de cellules peu différenciées.
moelle osseuse (tissu myéloïde; tissu médullaire)	bone marrow	Tissu qui est présent dans les cavités osseuses et qui joue un rôle dans la production de tous les types de cellules sanguines. Note(s) : On distingue la moelle rouge, véritable tissu hématopoïétique, la moelle jaune, tissu adipeux qui provient de la dégénérescence de la moelle rouge, et la moelle grise, tissu conjonctif qui représente le dernier stade de vieillissement et qui apparaît chez l'adulte dans les os du crâne.

œdème	edema	Infiltration séreuse excessive, indolore et sans rougeur des tissus conjonctifs sous-cutanés et sous-muqueux dont l'étiologie peut être traumatique, chirurgicale, infectieuse ou métabolique et qui répond positivement au signe du godet. Note(s) : En effet, le signe pathognomonique de l'œdème est le signe du godet qui se manifeste comme suit : la région œdématiée conserve l'empreinte du doigt après une pression de celui-ci
poumon	lung	Organe pair de la respiration, conique et fait d'un ensemble de tubes aérifères ou bronchioles se terminant par de petites vésicules ou alvéoles. Chacun des deux organes de la respiration l'un droit et l'autre gauche, contenu dans la cage thoracique dans lesquels le sang veineux se transforme en sang artériel.
rein	kidney	Organe normalement situé dans la fosse lombaire dont la fonction est d'épurer les substances toxiques de l'organisme en sécrétant l'urine.
sédation	sedation	État de décroissance de l'activité fonctionnelle. Retour au calme ou décroissance de l'excitation.
somnolence	drowsiness	
sudation	sweating	Production de sueur.
tubule rénal tube urinifère	renal tubule	Formation canaliculaire du néphron, qui fait suite au glomérule et comporte, sur une longueur de 50 à 55 mm en moyenne chez l'homme, une membrane basale externe, ou vitrée, recouverte de cellules épithéliales qui bordent une lumière centrale où chemine l'urine.
vision floue	blurred vision	Vision indistincte des objets due soit à une amétropie, soit à une lésion de l'œil ou des centres visuels, etc

### - Champ lexical de la peinture -

atelier de carrosserie	body shop	
cabine de peinture - de pistolage	spray booth (paint booth; spray room)	
couche de finition	top coat	Couche de vernis ou de peinture appliquée en dernier lieu et n'étant pas recouverte d'une autre couche.
couche primaire	primer	Couche de vernis, de peinture ou d'une préparation assimilée, très diluée et fluide, appliquée directement sur un support non absorbant et assurant la meilleure adhérence possible.
décapant pour peinture (dérochant ; décapeur)	paint remover (paint stripper ; paint and varnish remover ; remover)	
diluant (produit fluidifiant ; allongeant ; diluant- allégeant)	reducer	Liquide simple ou mixte, volatil dans les conditions de séchage déterminées, miscible limitativement ou totalement au milieu de suspension, incorporé à la peinture, à la laque, à l'apprêt, à l'encre ou encore au ciment, au caoutchouc ou au vernis en cours de fabrication ou ajouté au moment de l'emploi afin d'en ajuster la viscosité. <u>Note</u> : Le terme diluant prête à équivoque, car on l'utilise tantôt pour désigner les liquides à base d'hydrocarbures tels le naphta et le benzène, tantôt pour désigner les liquides de dilution, ceux qui ont comme seule fonction de diminuer la concentration d'une matière solide et la viscosité d'une composition adhésive. Cette ambiguïté est levée en anglais par l'emploi de <i>thinner</i> au sens de « diluant pour peinture cellulosique » et de diluent au sens plus général de « diluant ». La distinction des deux emplois est

		entérinée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et l'Association française de normalisation (AFNOR).
laque transparente	clear lacquer	
liant	binders	Matière première consistant en une substance non volatile du milieu de suspension des vernis, peintures et préparations assimilées, permettant l'étalement du produit de finition en un feuil continu et servant de support aux pigments. Note(s) : La durabilité de la teinte d'une peinture dépend à la fois de son liant et de ses pigments.
mastic à carrosserie	body filler (filler ; putty)	Matière molle durcissant à l'air, très utilisée par les carrossiers pour compenser des imperfections d'étanchéité ou d'aspect.
mastic de rebouchage	sealer	Pâte permettant de boucher des interstices, des lézardes, des fissures
matière de remplissage	filler	
nettoyant	cleaner	Produit servant à nettoyer, à détacher. Note(s) : Terme générique.
peinture en phase aqueuse (peinture à l'eau)	water paint (waterborne paint ; water-base paint)	Peinture dont le milieu de suspension est constitué d'une dispersion aqueuse.
peinture laquée (émail)	enamel	Peinture brillante séchée à l'air libre ou au four (à température inférieure à 200 °C).
peinture primaire réactive (couche d'apprêt primaire ; couche primaire d'accrochage)	wash primer (etching primer ; etch primer ; pretreatment prime ; primer)	Peinture spécifiquement destinée à recouvrir en première couche un support non absorbant. Note(s) : La peinture primaire réactive peut posséder des propriétés spécifiques afin de protéger le support contre la corrosion, la rouille, etc., auxquels cas elle est désignée par les termes peinture primaire réactive anticorrosion et peinture primaire réactive antirouille.
plénum	plenum	Espace dans lequel l'air traité est envoyé en légère surpression en vue de sa distribution.
réticulation	cross-linking	Formation de liaisons additionnelles entre les chaînes d'atomes d'une substance polymérisée
support	base (surface)	Objet recevant la peinture. attention au faux ami en anglais !
vernis-laque	lacquer	Vernis, en général coloré, susceptible de produire, par séchage des feuil durs, résistants, lisses et tendus, et qui en raison de leurs propriétés optiques particulières, donnent en outre une impression de profondeur rappelant celle d'une laque
<b>- Champ lexical « sciences et techniques » -</b>		
calibration	gaging (calibration)	Positionnement des repères d'un instrument de mesure en fonction des valeurs correspondantes de la grandeur mesurée dans le but de s'assurer d'un fonctionnement et d'une justesse convenables. Note(s) : Il ne faut pas confondre les termes calibrage et étalonnage. Le terme étalonnage désigne l'ensemble d'opérations qui établissent la relation entre les valeurs indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure, ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée ou un matériau de référence, et les valeurs correspondantes obtenues à l'aide d'étalons dans le but de

		déterminer la valeur des erreurs.
chemin d'accès	access path (pathway)	Parcours que doit suivre un système d'exploitation pour accéder à des données.
cheminée	stack	Conduit vertical en maçonnerie de brique ou béton armé ou en tôle, servant à évacuer à une plus ou moins grande hauteur les fumées et produits de combustion, et le plus souvent à produire le tirage nécessaire au passage de l'air et des gaz à travers le foyer et l'appareil chauffé.
débit d'odeur		produit du débit d'air rejeté (m <sup>3</sup> /h) par le facteur de dilution
poussée d'Archimède	buoyancy	Force dirigée vers le haut, exercée sur tout corps plongé dans un liquide ou un gaz et égale au poids du fluide déplacé.
impacteur	impinger	Instrument d'échantillonnage fondé sur les effets d'impact et de rétention pour recueillir les particules et les gaz.
niveau d'odeur		facteur de dilution qu'il faut appliquer à un effluent pour qu'il ne soit plus ressenti comme odorant par 50% des personnes constituant un échantillon de la population
panache	plume	Effluent, souvent visible, d'une sortie donnée telle qu'une cheminée ou un événement.
Pression de vapeur	Vapor Pressure	la pression de vapeur est la pression de saturation au-dessus d'une substance liquide ou solide. A l'équilibre thermodynamique, la pression de vapeur est seulement fonction de la température.
rabattement de fumée	downwash	Lors d'épisode de fort vent, celui-ci provoque une descente des gaz dans la région turbulente à l'abri de la cheminée, il en résulte une diminution de la hauteur efficace de la cheminée. Le rabattement de fumée peut être évité en imposant une vitesse d'éjection des gaz suffisante (vitesse d'éjections > 1,5X la vitesse du vent)
refouler	scavenge, to	Les gaz brûlés, par exemple.

## BIBLIOGRAPHIE : [1] A [43]

- [1] : AFNOR - Chemin M : *Installation d'application et de séchage des peintures et vernis - Cabines d'application mixtes* ; NF T35-004 ; 1990-02
- [2] : AFNOR - Chemin M : *Installation d'application et de séchage des peintures et vernis - Cabines d'application - Conception, caractéristiques de fonctionnement et méthodes de mesurage.* ; NF T35-009 ; 1989-11
- [3] : AFNOR : *Installation d'application et de séchage des peintures et vernis - Terminologie et classification* ; NF T35-001 ; 1986-08
- [4] : Agence de l'eau Seine-Normandie : Brochure : "*Professionnels de l'automobile, avec l'agence de l'eau Seine-Normandie, protégez l'environnement*"
- [5] : ARB - State of California : *Nickel and Compounds* ; <http://www.arb.ca.gov/toxics/tac/factshts/nickel.pdf>
- [6] : ARB - DHS - State of California : *Initial Statement of reasons for rulemaking Proposed identification of nickel as a toxic air contaminant Staff report/ executive summary* ; [http://www.oehha.ca.gov/air/toxic\\_contaminants/pdf1/nickel.pdf](http://www.oehha.ca.gov/air/toxic_contaminants/pdf1/nickel.pdf)
- [7] : ATSDR - Research Triangle Institute : *Toxicological Profile For Lead* ; ([54]); 1999-07
- [8] : ATSDR - Sciences International, Inc. : *Toxicological Profile For Nickel* ; ([54]); 1997-09
- [9] : CEPE - Comité Technique : Guide technique "*Contrôle des émissions de solvants des peintures pour carrosserie et réparation automobile*" ; [www.cepe.org](http://www.cepe.org) ; 1999
- [10] : Commission Européenne DG XI - Entec UK Limited, The Paint Research Association : *Reducing VOC emissions from the Vehicle Refinishing Sector - Final Report* ; <http://europa.eu.int/comm/environment/air/vehrefinish.pdf> ; 2000-08 ; p. 192
- [11] : DRIRE - Bieth C : *Rapport à monsieur le préfet du Val d'Oise (Affaire Renaux)*; 1997-08-01
- [12] : EDF - InVS - Le Bis I; Le Goaster C : *Système d'information en santé environnementale ; environnement, Risques et Santé* ; 2002-05 ; vol. 1 ; n° 1
- [13] : EPA - Office of Air Quality : *Volatile Organic Compound Emission from Automobile Refinishing - Background Information for promulgated Standards* ; 1998-08 ; EPA-453/R-96-011b
- [14] : EPA : *Guideline on Air Quality Models* ; [http://www.epa.gov/scram001/guidance/guide/appw\\_01.pdf](http://www.epa.gov/scram001/guidance/guide/appw_01.pdf)
- [15] : EPA : *ISC 3 V1* ; <http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#isc>
- [16] : EPA : *ISC 3 V2* ; <http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#isc>
- [17] : FIPEC : Guide technique "*Contrôle des émissions de solvants des peintures pour carrosserie et retouche automobile*" (site FIPEC)
- [18] : INERIS : *Guide méthodologique Évaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Étude d'Impact des installations classées pour la protection de l'environnement* ; 2001-11-30 ; V 3.0
- [19] : INERIS : *liste des laboratoires agréés pour les mesures de qualité de l'air* ; <http://aida.ineris.fr/textes/arretes/text3241.htm>
- [20] : INRS - Charenton M., Falcy M., Triolet J. : *Peintures en phase aqueuse (ou peintures à l'eau) composition, risque toxicologique, mesures de prévention* (obtenu sur le site [63])
- [21] : INRS - comité national de la chimie : *Prévention des risques liés à l'utilisation des éthers de glycol* ; Travail et sécurité ; 2002-03 ; vol. 616 ; n° 2
- [22] : INRS - Delfosse M., Laureillard J. : *Cabines de peintures dans la carrosserie automobile - Dosage des isocyanates et des solvants, conformité des cabines* ; Cahier de notes documentaires - hygiène et sécurité du travail ; 1990 ; vol. 138 ;
- [23] : INRS - Jargot D., Dieudonné M., Hecht C., Masson A. Moulut O., Oury B. : *Peintures en phase aqueuse pour l'industrie automobile Formulation et risques à la mise en œuvre* ; Cahier de notes documentaires - hygiène et sécurité du travail ; 1999-09 ; vol. 177

- [24] : INRS - Poirot P., Subra I., Baudin V., Héry M., Chouanière D., Vincent R. : *Détermination du profil d'exposition à moyen terme de peintres en bâtiment* ; Cahier de notes documentaires - hygiène et sécurité du travail ; 1999-09 ; vol. 177
- [25] : INRS : Guide pratique de ventilation - 9.1 Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides ; La ligne prévention ; 2001-08
- [26] : INRS : *Peintures à solvant composition et risque toxicologique* ; Cahier de notes documentaires - hygiène et sécurité du travail ; 1994-11
- [27] : INRS : *La fiche de données de sécurité* ; Cahier de notes documentaires - hygiène et sécurité du travail ; 1998-10 ; ND 2089-173-98 ; n° 173
- [28] : INRS : *Produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - Classification réglementaire* ; Cahier de notes documentaires - hygiène et sécurité du travail ; 1998-12 ; n° 169 ; pp. 547-573
- [29] : INSERM : *Éthers de glycol Quels risques pour la santé?* ; Les éditions INSERM ; 1999-10 ; ISBN 2-85598-761-X
- [30] : Institut de recherche Robert - Sauvé en santé et sécurité du travail du Québec - Boutin M, Lesage J, Ostiquy C, Bertrand MJ : *Identification des Produits Émis lors de la Combustion des Polyuréthanes par Spectrométrie de Masse* ; [http://www.presst.qc.ca/actes01/pdf/boutin\\_michel.pdf](http://www.presst.qc.ca/actes01/pdf/boutin_michel.pdf)
- [31] : InVS - Bonvallet N, Dor F : *Valeurs toxicologiques de référence : méthodes d'élaboration* ; [http://www.invs.sante.fr/publications/2002/val\\_toxico\\_ref/val\\_toxico\\_ref.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2002/val_toxico_ref/val_toxico_ref.pdf)
- [32] : IPSN - Gourounec A.M. : *Aspects réglementaires relatifs aux odeurs en France* ; Pollution Atmosphérique ; 2002-01 ; vol. 173 ; pp. 55-74
- [33] : Laboratoire Central de la Préfecture de Police - Alary R., Deberle T., Eudes V., Sloim M. : *Nuisances issues d'installation de peinture* ; Pollution Atmosphérique ; 2001-07 ; vol. 171 ; pp. 401-409
- [34] : MATE - Brunet-Lecomte H. : *Application de l'article 26 de la loi du 19/07/1976 relative aux ICPE - Jugement du TA de Versailles du 6/5/97* ; courrier MATE -> DDASS 95 ; 1997-06-26
- [35] : MATE DGS - Meininghaus R. : *Facteurs d'émission des éthers de glycol présents dans les produits de consommation* ; Info Santé environnement intérieur ; 2002-03 ; n°1
- [36] : Ministère de la Santé Luxembourgeois - Welfring J. : *Le revêtement des surfaces de métal* ; [http://www.crte.lu/online/documentation/876/crte\\_cpp03.pdf](http://www.crte.lu/online/documentation/876/crte_cpp03.pdf) ; 2001-01
- [37] : Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du milieu atmosphérique, Québec - Leduc R. : *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* ; <http://www.menv.gouv.qc.ca/publication-pdf/modelisation.pdf> ; 1998-10 ; G1R 5V7
- [38] : OMS - : *Air Quality Guidelines for Europe Second Edition* ; 2000 ; ISBN 92 890 1358 3
- [39] : « expert » - Douchkine N : *Affaire Lombard/Renaux, Murelli* ; 1998-02-23
- [40] : « presse » - Basseur G. : *Innovation : l'auto à l'heure des biotechnologies* ; TS ; 2002-05 ; pp. 40-42
- [41] : « fiche conseil » - Eco-conseil Entreprise : *Eco-guide Professionnel - Les métiers de l'automobile* ; 1997-07
- [42] : « presse » - Gautier F. : *Un tissu de carbone activé piège les COV* ; Le Moniteur ; 2000-10-27
- [43] : « cdrom » : *CD permanent environnement et nuisances* ; éditions législatives ; 2002-05

## REFERENCES REGLEMENTAIRES : [44] A [53]

- [44] : JOCE ; Directive du Conseil n° 1999/13/CE du 11 mars 1999 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations (JOCE n° L85 du 29 mars 1999) ; 1999-03-11
- [45] : JOCE ; Directive 1999/45/CE Du Parlement Européen et du Conseil du 31 mai 1999 concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des états membres relatives à la classification, à l'emballage et à l'étiquetage des préparations dangereuses ; 1999-05-31
- [46] : JORF ; Circulaire 95-80 relative à la réduction des émissions de solvants à l'atmosphère lors de l'application de peintures aux carrosseries dans l'industrie automobile ; 1995-07-03

[47] : JORF ; Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE/A ; 1998-02-02

[48] : JORF ; Décret no 96-197 du 11 mars 1996 Modifiant la nomenclature des installations classées (JO du 15 mars 1996) ; 1996-03-11

[49] : JORF ; Circulaire relative aux ICPE - réduction des émissions de solvants à l'atmosphère lors de l'application de peintures dans l'industrie automobile ; 1987-06-11

[50] : JORF ; Décret modifiant les dispositions du code du travail définissant les conditions d'hygiène et de sécurité auxquelles doivent satisfaire les cabines de peinture ; 1990-01-12

[51] : JORF ; Arrêté du 3 mai 1990 précisant les prescriptions relatives aux vitesses de ventilation des cabines de projection par pulvérisation et des cabines mixtes ; 1990-05-03

[52] : JORF ; Arrêté du 29 mai 2000 portant modification de l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ; 2000-05-29

[53] : JORF ; Circulaire n° PRME 88 61078 relative aux installations de prélaquage ; 1988-08-25

## **SITES INTERNETS : [54] A [84]**

[54] : ATSDR ; contenu du site : récapitulatif des MRL site : <http://www.atsdr.cdc.gov/> ; visité le 2002-06-03

[55] : BASF ; contenu du site : produits RM (BASF) site : [http://www.rmpaint.net/francais/sales\\_tools/synopsis/gammes/acieralu/gam11f.htm](http://www.rmpaint.net/francais/sales_tools/synopsis/gammes/acieralu/gam11f.htm) ; visité le 2002-05-02

[56] : Californian EPA ; contenu du site : pages de l'EPA californien site : <http://www.calepa.ca.gov/> ; visité le 2002-07-29

[57] : CEPE ; contenu du site : CEPE annual review site : [www.cepe.org](http://www.cepe.org) ; visité le 2002-05-02

[58] : Dupont ; contenu du site : MSD de chez DuPont site : <http://www.performancecoatings.dupont.com/bowstreet/com.bowstreet.service.DPCLoginMNF/Method:external:DPC-Login-HM-C:InterfaceFunction?v=.44056148042689014> ; visité le 2002-05-13

[59] : Dupont ; contenu du site : produit DuPont site : <http://www.dupont.com/finishes/eu/mainsite/francais/index.htm> ; visité le 2002-05-07

[60] : EPA ; contenu du site : IRIS site : <http://www.epa.gov/iris/search.htm> ; visité le 2002-06-03

[61] : FIPEC ; contenu du site : site de la FIPEC site : [www.fipec.org](http://www.fipec.org) ; visité le 2002-05-14

[62] : fressaix ; contenu du site : site perso présentant une documentation générale sur les peintures site : <http://www.chez.com/fressaix> ; visité le 2002-05-02

[63] : INRS ; contenu du site : fiches toxicologiques INRS (entre autres) site : [http://www.inrs.fr/index\\_fla.html](http://www.inrs.fr/index_fla.html) ; visité le 2002-06-07

[64] : InVS ; contenu du site : nombreuses publications d'intérêt à télécharger site : <http://www.invs.sante.fr/> ; visité le 2002-07-29

[65] : IPCS ; contenu du site : EHC environmental health criteria site : [http://www.who.int/pcs/pubs/pub\\_ehc.htm](http://www.who.int/pcs/pubs/pub_ehc.htm) ; visité le 2002-06-07

[66] : IPCS ; contenu du site : HSDB site : <http://sis.nlm.nih.gov/sis1> ; visité le 2002-06-03

[67] : IPCS ; contenu du site : rapport IPCS sur éval risques substances chimiques site : [http://www.who.int/pcs/risk-assessment-ehc/docs/ehc170\\_guidance\\_values.htm](http://www.who.int/pcs/risk-assessment-ehc/docs/ehc170_guidance_values.htm) ; visité le 2002-06-11

[68] : ITER ; contenu du site : synthèse des VTR, mais attention les mises à jour et les conversions manquent cruellement de rigueur ne pas prendre pour argent comptant site : [http://iter.ctcnet.net/publicurl/pub\\_search\\_list.cfm](http://iter.ctcnet.net/publicurl/pub_search_list.cfm) ; visité le 2002-06-28

[69] : IXELL ; contenu du site : FSD de IXELL besoin de connaître les références de produits besoin de s'enregistrer : mettre en nom de société renault et donner une adresse mail (si mon login ne fonctionne plus utilisez le site <http://www.quick-fds.com/> pour refaire une inscription(société = renault)) site : [http://cmt.ecritel.net/cmt\\_bin/wfds-ccli?NSoc=renault&Ncli=corbel&EMai=christophecorbel2@yahoo.com&View=Pdf&Lang=FR&NFou=RENAULT.FR&Ccli=RENAULT](http://cmt.ecritel.net/cmt_bin/wfds-ccli?NSoc=renault&Ncli=corbel&EMai=christophecorbel2@yahoo.com&View=Pdf&Lang=FR&NFou=RENAULT.FR&Ccli=RENAULT) ; visité le 2002-05-22

- [70] : kremelin ; contenu du site : pages d'un fournisseur de pistolet de peinture, bien documenté site : <http://www.kremlin.fr/fr/conseil/equip.htm> ; visité le 2002-05-06
- [71] : NIST ; contenu du site : handbook en ligne, très complet site : <http://webbook.nist.gov/chemistry/cas-ser.html> ; visité le 2002-06-03
- [72] : NLM ; contenu du site : ChemId site : <http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/> ; visité le 2002-06-03
- [73] : NLM ; contenu du site : Toxnet site : <http://toxnet.nlm.nih.gov> ; visité le 2002-06-04
- [74] : odotech (bureau d'étude) ; contenu du site : Caractérisation des émissions atmosphériques et évaluation de l'impact-odeur du lieu d'enfouissement sanitaire (L.E.S.) de la régie intermunicipale Argenteuil Deux-Montagnes site : <http://www.bape.gouv.qc.ca/argenteuil/docdeposes/documdeposes/da23.pdf> ; visité le 2002-06-05
- [75] : OMS ; contenu du site : Inchem site : <http://www.inchem.org/pages/icsc.html> ; visité le 2002-06-06
- [76] : OMS ; contenu du site : pages du CIRC site : [http://193.51.164.11/cgi/iHound/Chem/iH\\_Chem\\_Frames.html](http://193.51.164.11/cgi/iHound/Chem/iH_Chem_Frames.html) ; visité le 2002-06-03
- [77] : Sikkens ; contenu du site : FDS de Sikkens ; site français souvent bloqué, utiliser celui de la Belgique, attention message d'erreur 404 quand on veut télécharger MSDS : enlever les espaces et les points du nom de fichier \*.pdf site : <http://www.sikkenscr.be/FR/1product/1msds1.html> ; visité le 2002-07-02
- [78] : Sikkens ; contenu du site : MSDS de Sikkens (Akzo Nobel) à télécharger site : <http://www.sikkenscr.com/fr/secu/index.htm> ; visité le 2002-05-14
- [79] : Standox ; contenu du site : FDS de Standox disponibles, mais besoin de connaître les réf. des produits site : <http://www.standox.fr/produits/index.htm> ; visité le 2002-05-14
- [80] : Standox ; contenu du site : guide de peinture site : <http://www.standox.com/lack/englisch/guide2.htm> ; visité le 2002-05-14
- [81] : Universitaire (Paterson Kurt) ; contenu du site : un cours sur le comportement des panaches site : [http://bigmac.civil.mtu.edu/public\\_html/classes/ce459/lectures/](http://bigmac.civil.mtu.edu/public_html/classes/ce459/lectures/) ; visité le 2002-07-15 (maj : 1995-04)
- [82] : Université de Laval, Département Génie Chimique (Grandjean B.) ; contenu du site : intervention pour présenter la dispersion des panaches site : <http://www.gch.ulaval.ca/~grandjea/gch13201/air2.pdf> ; visité le 2002-07-11
- [83] : Weblakes ; contenu du site : tableaux pour classes de Pasquill Gifford site : <http://www.weblakes.com/> ; visité le 2002-07-12
- [84] : Webmet ; contenu du site : données météo aux USA, au format de fichier météo pour ISC site : <http://www.webmet.com/> ; visité le 2002-07-17

## **PERSONNES RESSOURCES : [85] A [95]**

- [85] : BASF ; entretien téléphonique service technique - Thierry Leclerc le 2002-05-23
- [86] : Carrosserie ; garage Colzy - Rennes le 2002-04-25
- [87] : Carrosserie ; garage Lecaplin - Le Mans le 2002-05-13
- [88] : Carrosserie ; garage Sérus - Sargé lès le Mans le 2002-05-16
- [89] : Carrosserie ; garage Guérin - Connerré le 2002-06-05
- [90] : Carrosserie ; garage de la pointe - Spay le 2002-06-06
- [91] : CRAM ; entretien CRAM de Nantes le 2002-05-23
- [92] : DRIRE ; M Francis Minier inspecteur ICPE le 2002-05-03
- [93] : Europa ; directeur de "Europa", constructeur de cabine de peinture le 2002-05-22
- [94] : FNA ; M<sup>lle</sup> Damgé - responsable environnement le 2002-05-21
- [95] : Météo France ; M Vade le 2002-07-15