

# **CARGILL FRANCE**

Saint-Nazaire (44)  
**Etude de l'impact sanitaire  
lié aux rejets  
atmosphériques**

Rapport définitif

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 1

CARGILL FRANCE

**Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets  
atmosphériques**

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport d'étude	07/02/2005		A.CHEREL C.LE DEVEHAT		J.SUAREZ	

<i>Numéro de rapport :</i>	<b><i>RNa.310</i></b>
<i>Numéro d'affaire :</i>	<b><i>A12412</i></b>
<i>N° de contrat :</i>	<b><i>C.5A4604</i></b>
<i>Domaine technique :</i>	<b><i>PA14</i></b>

---

BURGÉAP

210, avenue du Saint-Laurent – Parc des Hautes Technologies – Zone Atlantis  
44811 SAINT-HEBRLAIN Cedex

Téléphone : 33(0)2.40.38.67.06

Télécopie : 33(0)2.40.85.68.50

e-mail : [agence.de.nantes@burgeap.fr](mailto:agence.de.nantes@burgeap.fr)

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 2

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Description de l'environnement du site</b>	<b>7</b>
2.1	Localisation géographique du site	7
2.2	Activité économique autour du site	9
2.3	Description de la population	9
<b>3</b>	<b>Inventaire des émissions atmosphériques</b>	<b>11</b>
3.1	Activités de CARGILL	11
3.2	Caractéristiques des sources d'émissions	11
<b>4</b>	<b>Conceptualisation de l'exposition</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Identification des dangers et les relations dose-réponse</b>	<b>15</b>
5.1	Méthodologie de cette étape	15
5.2	Monoxyde de carbone (CAS n°630-08-0)	19
5.3	Dioxyde d'azote (CAS n°10102-44-0)	20
5.4	Poussières ou particules en suspension (PS)	21
5.5	Hexane (CAS n°110-54-3)	23
5.6	Benzène (CAS n° 71-43-2)	24
5.7	Tableau de synthèse des VTR retenues pour l'étude	28
<b>6</b>	<b>Evaluation des expositions : modélisation de la dispersion atmosphérique et métrologie environnementale</b>	<b>29</b>
6.1	Quantification des expositions	29
6.2	Domaine d'étude ou zone d'influence du site	29
6.3	Principe et validation du code de dispersion utilisé	30
6.4	Description des conditions météorologiques	30
6.5	Flux émis à l'atmosphère	33
6.6	Résultats de la modélisation	37
6.7	Métrologie dans l'environnement	40
<b>7</b>	<b>Caractérisation des risques sanitaires</b>	<b>41</b>
7.1	Méthodologie de calcul des risques	41
7.2	Caractérisation des risques sanitaires	42
<b>8</b>	<b>Le réseau de la qualité de l'air</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>Analyse des incertitudes</b>	<b>46</b>
9.1	La variabilité des flux à l'émission	46
9.2	Valeurs toxicologiques de référence	46
9.3	Représentativité des données météorologiques	46
9.4	Modélisation de phénomènes physiques et chimiques	47
9.5	Métrologie dans l'environnement	47
<b>10</b>	<b>Conclusion générale de l'étude</b>	<b>48</b>
	<b>ANNEXES</b>	<b>49</b>

# TABLEAUX

Tableau 1 : Effectif total de la population	9
Tableau 2 : Répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge	10
Tableau 3 : Répartition en pourcentage de la population totale par sexe	10
Tableau 4 : Répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires	10
Tableau 5 : Classification en terme de cancérogénicité	16
Tableau 6 : Synthèse des VTR pour le CO	20
Tableau 7 : Synthèse des VTR pour le NO <sub>2</sub>	21
Tableau 8 : Synthèse des VTR pour les poussières	22
Tableau 9 : Synthèse des VTR pour l'hexane	24
Tableau 10 : Synthèse des VTR pour les effets à seuil du benzène	26
Tableau 11 : Synthèse des VTR pour les effets cancérigènes du benzène	27
Tableau 12 : Synthèse des VTR pour l'inhalation retenues pour l'étude	28
Tableau 13 : Synthèse des flux émis par les rejets canalisés	34
Tableau 14 : Valeurs des coefficients a et b selon le type d'équipement	35
Tableau 15 : Répartition des valeurs mesurées en fonction du type d'équipement et du type de fluide.	35
Tableau 16 : Evaluation des quantités émises à l'atmosphère (kg.an <sup>-1</sup> ) par type d'équipements mesurés	36
Tableau 17 : Désignation des récepteurs	38
Tableau 18 : Concentrations des polluants en µg/m <sup>3</sup> au niveau des récepteurs	38
Tableau 20 : Résultats de la caractérisation du risque chronique pour les polluants à seuil	42
Tableau 21 : Calcul de l'excès de risque individuel par inhalation	43
Tableau 22 : Polluants mesurés par les stations de mesure de la qualité de l'air et concentrations moyennes de l'année 2004	45
Tableau 23 : Contribution du site à la pollution atmosphérique urbaine	45

## FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique du site CARGILL à St Nazaire (44)	7
Figure 2 : Localisation des populations sensibles autour du site CARGILL à St Nazaire (Echelle au 1/25 000)	8
Figure 3 : Schéma conceptuel de l'exposition par inhalation	13
Figure 4 : Répartition des classes de stabilité de l'atmosphère	31
Figure 5 : Rose des vents reconstituée de la station météorologique de Montoir-de-Bretagne (Données Météo France sur la période 2001-2004)	32
Figure 6 : Répartition des vitesses de vent	32
Figure 7 : Implantation géographique des récepteurs	37
Figure 8 : Exemple de carte obtenue par modélisation (benzène)	39
Figure 9 : Matériel de prélèvements des poussières dans l'environnement	40
Figure 10 : Localisation des stations de la qualité de l'air les plus proches	44

## ANNEXES

- Annexe 1 - Schéma de principe de l'extraction	50
- Annexe 2 - Caractéristiques des sources, Mesures de concentrations et flux à l'émission	52
- Annexe 3 - Cartes des résultats de calcul de risques	53
- Annexe 4 - Signification des principales abréviations	54

# 1 Introduction

La DRIRE a demandé à la société CARGILL de réaliser pour 2005 une étude sur les risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques de son site de Saint-Nazaire (44).

La société CARGILL est spécialisée dans la fabrication d'huiles végétales brutes et raffinées à partir du tournesol essentiellement. Le procédé utilise notamment de l'hexane pour l'extraction de la fraction huileuse des grains de céréales.

L'objet de ce rapport d'étude est d'évaluer les risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques du site CARGILL dans son état actuel.

Ce document présente successivement :

1. La description de l'environnement du site,
2. L'inventaire des sources d'émissions atmosphériques du site,
3. L'identification des dangers,
4. Les relations dose – réponse,
5. L'évaluation des expositions par modélisation et métrologie,
6. La caractérisation des risques sanitaires.

Le cadre méthodologique choisi comme structure de référence est celui préconisé par l'INERIS dans son " Guide pour l'évaluation des Risques Sanitaires dans les Etudes d'Impact des ICPE – Substances chimiques - INERIS 2003".

**Il s'agit alors d'étudier les risques chroniques liés à une exposition à long terme des populations riveraines aux polluants atmosphériques émis par le site. Ces populations sont positionnées hors périmètre du site et dans le domaine d'étude appelé aussi zone d'influence du site.**

Rappelons que le volet sanitaire de l'étude d'impact fait maintenant partie d'une étude à part entière. En effet, le décret du 20 mars 2002 (n° 2000-258), **décret d'application de la loi du 19 juillet 1976** modifie celui du 21 septembre 1977 (n° 77-1133), et rajoute les mots " la santé " après les mots " l'hygiène ". **Par voie de conséquence, la réalisation d'une étude sur les risques sanitaires dans l'étude d'impact est devenue incontournable.**

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 6

## 2 Description de l'environnement du site

### 2.1 Localisation géographique du site

Le site **CARGILL** est localisé sur la commune de St Nazaire, dans le département de Loire Atlantique (44) en région des Pays de La Loire. L'usine CARGILL est située au niveau de la zone portuaire de St Nazaire, à l'embouchure de l'estuaire de la Loire. Elle se situe à côté de l'ancienne base sous marine, en bordure du bassin de St Nazaire, en face des Chantiers de l'Atlantique.

L'emplacement du site est représenté sur les figures 1 et 2.

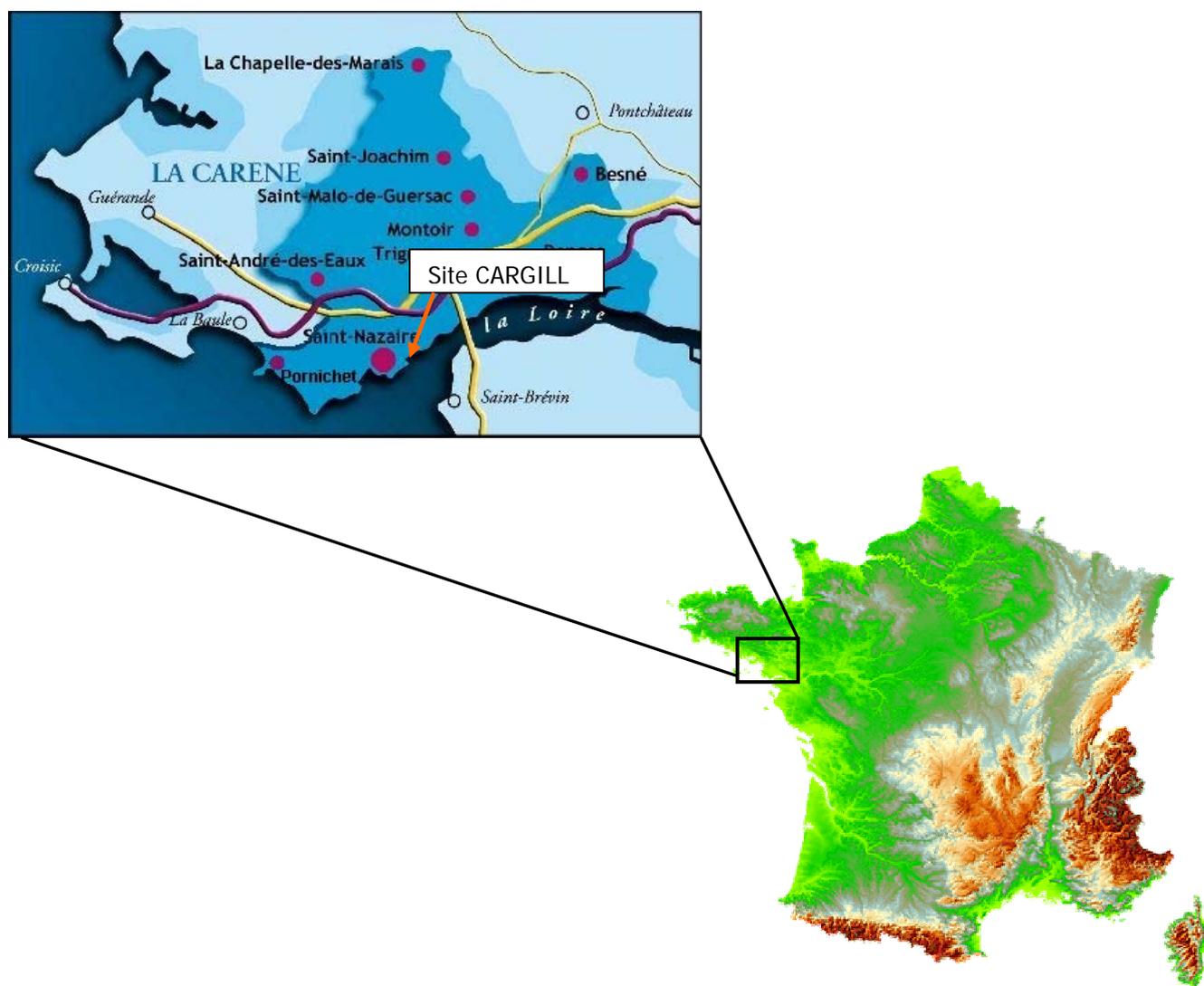


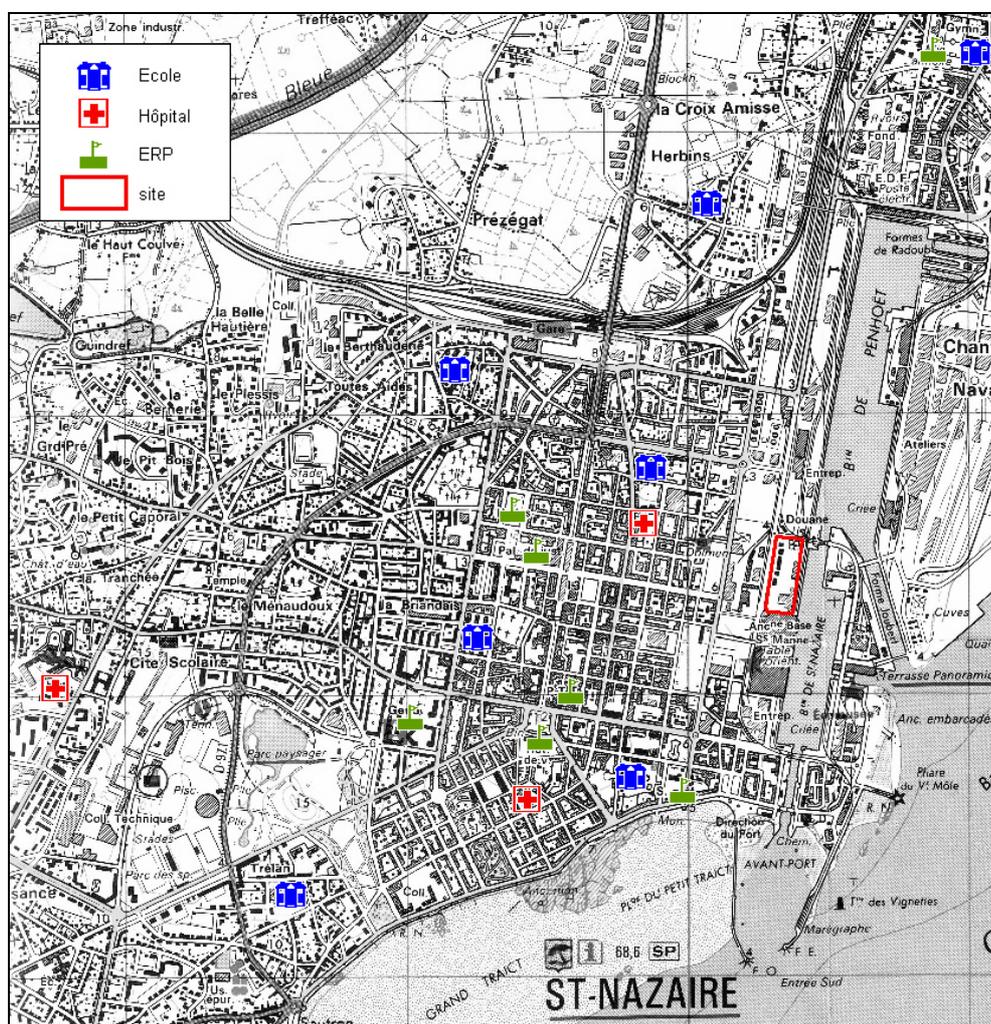
Figure 1 : Localisation géographique du site CARGILL à St Nazaire (44)

Le site est implanté depuis 1964 dans la zone dite industrialo-portuaire de Saint-Nazaire, à proximité d'une zone de forte urbanisation dont l'expansion est croissante dans le cadre du projet Ville-Port de la mairie.

Cette zone, où la population est particulièrement dense, se trouve à l'ouest du site, avec la présence des logements individuels à une distance d'environ 150 m pour les plus proches.

Au nord et au sud, l'éloignement entre le site et les premières habitations est plus important (respectivement de l'ordre de 1 000 m et 500 m) tandis qu'à l'est, on trouve le bassin de Saint-Nazaire puis les chantiers navals.

On note par ailleurs la présence d'établissements pouvant recevoir, compte tenu de leur âge ou de leur état de santé, des populations dites « sensibles », à savoir écoles, hôpitaux et maisons de retraite, et des établissements recevant du public (ERP). Compte tenu de la forte densité de population autour du site, leur nombre est important. La carte de la figure 2 présentée ci-dessous localise ces établissements dans un rayon de 3 km.



**Figure 2 : Localisation des populations sensibles autour du site CARGILL à St Nazaire (Echelle au 1/25 000)**

## 2.2 Activité économique autour du site

La commune de St Nazaire appartient à la communauté d'agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire (CARENE), constituée de 10 communes situées au nord de l'estuaire de la Loire. L'activité économique nazairienne est traditionnellement tournée vers les constructions navales et aéronautiques. Par ailleurs, un tissu d'activités diversifiées (industrielles, de services et tertiaires) s'est aggloméré à proximité immédiate de l'estuaire de la Loire ; il contribue à faire de l'agglomération nazairienne la plus importante plateforme industrielle du grand Ouest de la France (près de 60 000 emplois dans le secteur privé pour l'arrondissement de Saint-Nazaire).

Il s'agit d'un pôle important de construction aéronautique de par la présence des deux établissements Airbus de Montoir de Bretagne et Saint-Nazaire (2 200 emplois), qui contribue de manière importante au dispositif industriel du second constructeur mondial.

St Nazaire constitue, par ailleurs, le premier site de construction navale en France, grâce aux activités à forte valeur ajoutée (paquebots de croisière, navires rapides, navires techniques et militaires) de Alstom Marine (Chantiers de l'Atlantique, Leroux Naval) qui emploie près de 8 000 personnes sur son site nazairien et génère plus du double d'emplois induits dans l'environnement proche (150 Km) dans des entreprises de sous traitance.

Sur les communes limitrophes de St Nazaire, nous notons également la présence de terminaux agro-alimentaires, charbonniers et méthaniers (commune de Montoir de Bretagne), ainsi que le terminal pétrolier de la raffinerie TOTAL (commune de Donges).

Enfin, La société CARGILL est implantée au niveau de la zone portuaire de St Nazaire, au sein de laquelle se trouve également le port autonome de Nantes - St Nazaire, premier port de la façade atlantique et 4<sup>ème</sup> port français. Elle fait partie de « l'association Port Industrie » qui regroupe 9 entreprises du secteur de la construction et de la réparation navale et de l'agro-alimentaire : les Chantiers de l'Atlantique, MTTM, Terminal Fruitier de l'Atlantique, Socofag, Stef Logistique, Mecasoud, R2M, Sama-Sermi.

## 2.3 Description de la population

A partir des données INSEE (recensement de la population en 1999), les populations sont décrites en termes d'effectif total, de répartition par tranche d'âge et par sexe. Cette description concerne les communes de St Nazaire, de Trignac, de Montoir de Bretagne et de St Brévin les Pins. En effet, ces communes correspondent à celles susceptibles d'être impactées par les émissions atmosphériques du site de CARGILL, dans un rayon de 10 km autour du site.

L'effectif total de la population est de 88 622 habitants et se répartit par commune de la façon suivante (tableau 1).

Commune	Population totale	Superficie (hectares)
St Nazaire	65 868	4679
Trignac	6 952	1438
Montoir de Bretagne	6 194	3679
St Brévin les Pins	9 608	1929
<b>Total</b>	<b>88 622</b>	<b>11 725</b>

**Tableau 1 : Effectif total de la population**

Le tableau 2 présente, par commune, la répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge.

Commune	0-19 ans	20-39 ans	40-59 ans	60-74 ans	> 75 ans
St Nazaire	24%	27%	26%	14%	9%
Trignac	26%	26%	27%	15%	6%
Montoir de Bretagne	29%	25%	29%	11%	6%
St Brévin les Pins	21%	23%	27%	18%	11%
<b>Total</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>	<b>27%</b>	<b>15%</b>	<b>8%</b>

**Tableau 2 : Répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge**

Le tableau 3 présente, par commune, la répartition de la population totale par sexe.

Commune	Homme	Femme
St Nazaire	48%	52%
Trignac	49%	51%
Montoir de Bretagne	49%	51%
St Brévin les Pins	49%	51%
<b>TOTAL</b>	<b>49%</b>	<b>51%</b>

**Tableau 3 : Répartition en pourcentage de la population totale par sexe**

Le tableau 4 présente, par commune, la répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires.

Commune	Population des résidences principales	Population des résidences secondaires
St Nazaire	98%	2%
Trignac	97%	3%
Montoir de Bretagne	98%	2%
St Brévin les Pins	91%	9%
<b>TOTAL</b>	<b>96%</b>	<b>4%</b>

**Tableau 4 : Répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires**

L'analyse des tableaux précédents montre que l'environnement du site, en termes de population, est densément peuplé avec une densité de l'ordre de 750 habitants au kilomètre carré. La population est assez jeune puisque 25% ont moins de 20 ans. Notons cependant que 23 % de la population a plus de 60 ans. La répartition homme-femme au sein des différentes communes montre une majorité de femme. La quasi-totalité de la population réside toute l'année sur le domaine d'étude. **Ces données seront utiles pour définir les scénarios d'exposition (voir paragraphe 4).**

## 3 Inventaire des émissions atmosphériques

### 3.1 Activités de CARGILL

CARGILL France à Saint-Nazaire est un site de production d'huiles végétales alimentaires et de tourteaux. Ce site est intégré dans le Business Unit EGO (European Grain Opérations) du groupe international CARGILL (97000 salariés répartis dans 63 pays dont 9000 salariés en Europe). Le site se caractérise par la « trituration » des graines de tournesol arrivant par trains et camions, la production de tourteaux et le raffinage de l'huile.

L'usine CARGILL France de Saint-Nazaire se distingue par deux divisions :

- 1 La division trituration qui produit et commercialise les huiles et les tourteaux issus de la transformation des graines de tournesol. La trituration est l'ensemble des opérations mécaniques (préparation ou pressage) et chimiques (extraction).

Le principe de la préparation consiste à chauffer la graine brute et d'abaisser son degré d'humidité avant d'arriver aux presses à huile, à extraire l'huile contenue dans les graines par pression et à clarifier l'huile par décantation et centrifugation.

Le principe de l'extraction consiste à extraire l'huile des cakes (résidus solides provenant des graines) par un solvant, l'hexane. Ces mêmes cakes deviennent après déshuilage et « désolvantisation » le tourteau de tournesol utilisé en alimentation animale.

- 2 Le raffinage : le principe du raffinage est d'éliminer toutes les substances indésirables se trouvant dans l'huile brute en vue de la rendre commercialisable.

Le schéma de principe de l'extraction se trouve en annexe 1.

Le site de Saint-Nazaire fonctionne 24h/24, 7 jours sur 7, 365 jours/365 jours à l'exception d'un arrêt technique programmé de 15 à 20 jours entre fin août et septembre. La moyenne de production journalière est d'environ 1800 tonnes de graines de tournesol. Pour une tonne de tournesol triturée, le débit huile total horaire est de 440 kg et le débit tourteau horaire est d'environ 560 kg.

Il est à noter que CARGILL rentre dans la catégorie des industries agro-alimentaires mais aussi des industries chimiques du fait de l'utilisation de solvants et autres produits dans son process.

### 3.2 Caractéristiques des sources d'émissions

Lors de la visite de site, la présence de sources d'émissions canalisées et diffuses a été mise en évidence. L'ensemble de ces rejets a été pris en compte conformément au guide méthodologique précédemment cité. Leurs caractéristiques sont reportées en annexe 2 de ce rapport.

#### 3.2.1 Sources d'émissions canalisées

La société CARGILL dispose de plusieurs points de rejets canalisés entraînant les émissions des composés suivants :

- 1 rejet de COV au niveau du bâtiment d'extraction des huiles : le solvant utilisé (Hydrosol Hexane de TOTAL) est majoritairement composé de n-hexane, mais aussi de benzène en très faible quantité (< 50 ppm). **Le COV retenu pour ce point de rejet est donc l'hexane. Le benzène sera**

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 11

**également pris en compte dans un souci de transparence.** Le point d'émission est une cheminée située en toiture du bâtiment, à 16 m de hauteur.

- 12 rejets de poussières d'origine végétale (poussières de tournesol), qui sont captées au niveau des installations de stockage et de manutention des céréales avant d'être rejetées à l'atmosphère après passage dans un système de dépoussiérage : l'étude des émissions de poussières totales émises est donc retenu pour chacun de ces points de rejet. Les points d'émissions considérés sont les conduits en sortie de dépoussiéreurs, au niveau du bâtiment et des silos de stockage situés en partie Est du site, à des hauteurs comprises entre 3 et 31 m.
- 2 rejets de gaz de combustion des chaudières, récemment installées, et fonctionnant au gaz naturel : les composés retenus pour ces points de rejet sont, compte tenu du type de chaudière considéré, uniquement le CO et le NO<sub>2</sub> (les émissions de poussières et de SO<sub>2</sub> sont en effets négligeables dans le cas d'une utilisation du gaz naturel comme combustible). Le local chaudières se trouve à l'Ouest du site, à proximité de l'atelier d'entretien, et les cheminées rejettent les gaz de combustion à 16 m de hauteur.

### 3.2.2 Sources d'émissions diffuses

Les émissions diffuses engendrées par l'activité de CARGILL sont de deux ordres :

- Les émissions de poussières de tournesol, essentiellement lors des opérations de déchargement des céréales apportées par camions, au niveau des trémies de réception ;
- Les émissions de COV, de type émissions fugitives, au niveau des différents équipements constituant la ligne dans laquelle circule le solvant utilisé dans le procédé d'extraction de l'huile ; la zone concernée est uniquement le bâtiment d'extraction à l'hexane.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 12

## 4 Conceptualisation de l'exposition

Un risque est défini par :

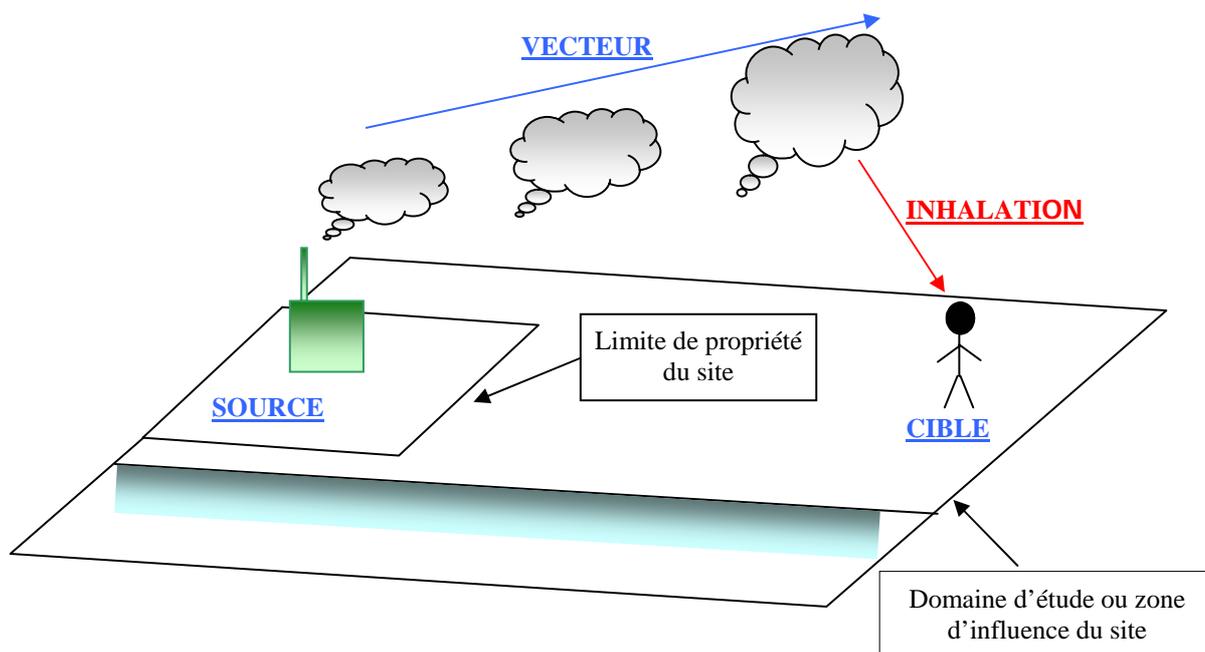
- une source de contamination,
- un vecteur de transfert de la contamination,
- une cible.

Si l'un de ces trois éléments n'existe pas, alors aucun risque n'est caractérisable.

Compte tenu des caractéristiques des polluants émis par le site, qu'ils soient gazeux (hexane, benzène, CO et NO<sub>2</sub>) ou particulaire (poussières de tournesol), les effets pertinents sur la santé humaine engendrés par les émissions atmosphériques correspondent uniquement à des expositions par voie respiratoire. En effet, la voie d'exposition par ingestion, qui est à considérer pour les polluants particulaires car ceux-ci génèrent des dépôts suite à leur rejet, n'est pas à retenir car les poussières végétales émises n'induisent pas de risques sanitaires en cas d'ingestion.

Par conséquent, **seule la voie d'exposition par inhalation sera considérée dans le cadre de cette étude.**

Le schéma ci-dessous rappelle de façon synthétique, la vision conceptuelle de l'exposition adaptée à la problématique du site.



**Figure 3 : Schéma conceptuel de l'exposition par inhalation**

La source de contamination de l'air correspond aux émissions gazeuses (les composés organiques volatils, les poussières végétales et les polluants généraux liés à la combustion). Le vecteur de la contamination est la dilution des émissions gazeuses dans l'air extérieur. Le moteur de ce vecteur est le vent.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 13

La présente évaluation porte sur les risques pour les populations humaines, exposées de façon chronique directe ou indirecte aux émissions du site par les voies respiratoire (inhalation).

**Compte tenu de l'environnement du site, nous nous placerons en terme de cible au niveau des riverains et des populations sensibles (écoles, cliniques et hôpitaux, ...) dans la zone impactée. La population dans la zone d'influence du site est jeune et réside de manière permanente dans le domaine d'étude.**

**Comme nous ne disposons pas d'information pertinente sur le transfert de ces polluants de l'air extérieur vers l'air intérieur, où des populations citadines passent l'essentiel de leur temps, nous admettrons que les concentrations dans l'air extérieur représentent une approche de la caractérisation des expositions par la voie respiratoire (approche majorante).**

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 14

## 5 Identification des dangers et les relations dose-réponse

### 5.1 Méthodologie de cette étape

#### 5.1.1 Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain.

Tous les modes d'exposition seront traités en **effets chroniques**, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

#### 5.1.2 Relations dose-effet (dose-réponse)

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j).

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Etablies par diverses instances internationales ou nationales<sup>1</sup> sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérogènes) et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et dans le meilleur des cas :

- d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : no observed effect level),
- d'un niveau d'exposition sans effet néfaste observé (NOAEL : no observed adverse effect level),
- d'un niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- d'un niveau d'exposition le plus faible où un effet néfaste est observé (LOAEL : lowest observed adverse effect level).

Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. A partir de ces seuils, des DJT (dose journalière tolérable) ou des CI (concentration inhalée) applicables à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CI sont habituellement qualifiées de « valeur toxicologiques de références » (VTR).

---

<sup>1</sup> ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

OMS. Guidelines for drinking-water quality.

INCHEM-IPCS (International Program on Chemical Safety, OMS)

En France, le conseil supérieur d'Hygiène et de santé publique (CSHSP) et l'AFSSA pour l'alimentation peuvent également produire des VTR

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 15

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Les systèmes de classification du CIRC et de l'USEPA, les plus couramment utilisés, sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	UE	US-EPA	CIRC
<b>Cancérogène chez l'homme</b>	<b>1</b>	<b>A</b> : Preuves suffisantes chez l'homme	<b>1</b> : Preuves suffisantes chez l'homme
<b>Cancérogène probable chez l'homme</b>	<b>2</b>	<b>B1</b> : Preuves limitées chez l'homme <b>B2</b> : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	<b>2A</b> : Preuves limitées chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal
<b>Cancérogène possible chez l'homme</b>	<b>2</b>	<b>C</b> : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	<b>2B</b> : Preuves limitées chez l'homme et absence de preuves suffisantes chez l'animal
<b>Inclassable</b>	<b>3</b> : substance préoccupante	<b>D</b> : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal	<b>3</b> : Preuves insuffisantes chez l'homme et insuffisantes ou limitées chez l'animal
<b>Probablement non cancérogène chez l'homme</b>		<b>E</b> : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	<b>4</b> : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal

**Tableau 5 : Classification en terme de cancérogénicité**

**Pour les toxiques à seuil d'effet**, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et l'absorption cutanée et en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes :

- DJT (dose journalière tolérable - France), exprimée en mg/kg/j
- RfD (Reference Dose – USEPA) : désigne la dose journalière tolérable liée à une exposition par voie orale
- RfC (Reference Concentration – USEPA) : désigne la dose journalière tolérable liée à une exposition par voie respiratoire
- MRL (Minimum Risk Level - ATSDR) : équivalent de la RfD ou RfC
- TDI (Tolerable Daily Intake –RIVM)
- VG ( Valeur Guide – OMS)

**Pour les toxiques sans seuil d'effet**, les VTR seront présentées sous formes d'excès de risque unitaire (ERU). Cet ERU représente la probabilité de survenue d'un effet cancérigène pour une exposition à une unité de dose donnée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERUo (Sfo – oral slope factor – USEPA – en  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ ),
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi (Air Unit Risk – USEPA – en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ).

Les notations ERUo (ERU voie orale) et ERUi (ERU voie inhalation) seront retenues.

Il n'existe des VTR que pour quelques centaines de substances chimiques et parmi elles, on ne dispose pas d'indice pour toutes les voies et durées d'exposition pertinentes. Pour ne pas éluder le risque lié à certaines

voies d'exposition et ainsi sous évaluer le risque total, on pourra avoir recours au procédé **de dérivation voie à voie des VTR**.

Quand les arguments toxicologiques l'autorisent et quand il existe des données utiles à la prise en compte de la biodisponibilité relative de la substance, l'analyse du risque peut être menée en transposant d'une voie à l'autre. Ce type d'extrapolation n'a bien sûr de sens que si le risque d'un effet lié à une voie d'exposition ne peut être exclu et si l'absorption par cette voie est possible.

En derniers recours et **en absence totale de VTR dans la littérature**, l'utilisation de valeurs réglementaires en milieu professionnel (Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle : VLEP) permet toutefois une incorporation de la substance à l'étude d'impact. Ainsi, le guide méthodologique de l'INERIS (2003) autorise l'utilisation des Valeurs Moyennes d'Exposition (VME) publiées par le code du travail, des directives européennes, des valeurs TLV-TWA (Time Weighted Average) de l'ACGIH ou des valeurs allemandes MAK, en les ajustant pour la population générale et les durées d'exposition selon l'équation suivante :

$$VTR_{VLEP} = \frac{\left[ (VLEP) * \left( \frac{VR_{8h}}{VR_{24h}} \right) * \left( \frac{JE_T}{JE_D} \right) * \left( \frac{DE_T}{DE_D} \right) \right]}{FA}$$

avec : VTR<sub>VLEP</sub> : Valeur Toxicologique de Référence issue des Valeurs d'Exposition Professionnelle (mg.m<sup>-3</sup>)  
VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle : INRS, ACGIH, MAK (mg.m<sup>-3</sup>)  
VR<sub>8h</sub> : Volume respiratoire moyen pendant une journée de travail (10 m<sup>3</sup>)  
VR<sub>24h</sub> : Volume respiratoire moyen sur 24h (20 m<sup>3</sup>)  
JE<sub>T</sub> : Nombre de jours au travail pendant la semaine (5j)  
JE<sub>D</sub> : Nombre de jours au domicile pendant la semaine (7j)  
DE<sub>T</sub> : Nombre d'années d'exposition sur le lieu de travail (40 ans)  
DE<sub>D</sub> : Nombre d'années d'exposition possibles à l'installation (70 ans ou moins)  
FA : Facteur d'ajustement pour la variabilité intra-espèce (=100)

### 5.1.3 Critères de choix des VTR

Pour chaque substance sélectionnée dans le cadre de cette étude, une description des différentes VTR actuellement disponibles sera donnée.

Pour chacune des substances, il sera systématiquement pris en compte les effets cancérigènes et les effets non cancérigènes, lorsqu'ils existent.

Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent pour une même substance, le choix de l'une d'entre elles sera fait selon les critères suivants, par ordre de priorité :

- les valeurs issues d'études chez l'homme seront privilégiées par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...),
- les valeurs issues d'organismes reconnus (européens ou autres) comme l'US-EPA (IRIS), l'OMS ou l'ATSDR seront privilégiées par rapport aux organismes comme le RIVM, l'OEHHA ou Santé Canada,
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constituent également un critère de choix,
- à critères 1, 2, 3 équivalents, la valeur numérique la plus conservatoire pour la santé sera conservée.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 17

## 5.1.4 Organismes consultés pour la recherche de VTR

Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont les suivantes :

- **IPCS INCHEM** (International Programme on Chemical Safety) : Portail d'accès à de nombreux sites dont le **CIRC** (Centre International de Recherche sur de Cancer), le **JEFCA** ([Joint Expert Committee on Food Additives](#)) et autres instances internationales.

- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe).

Le fait que ces instances établissent elles-même leurs propres valeurs guides garantissant la santé humaine allié au caractère international de ces organismes nous font souvent préférer les valeurs issues de ces bases de données.

- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques - France), établit des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques qui synthétisent notamment l'ensemble des données toxicologiques issues des autres bases de données - à l'heure actuelle ce programme contient une cinquantaine de fiches mais l'INERIS ne préconise aucun choix en terme de VTR.

- **US EPA** (United States Environmental Protection Agency – Etat Unis) dont dépend la base de données **IRIS** – Integrated Risk Information System).

- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Etat Unis).

Ces deux organismes établissent leurs propres VTR à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. Les valeurs issues de ces bases de Données sont des données à caractère national mais elles sont internationalement reconnues. C'est la raison pour laquelle elles seront très souvent préférentiellement choisies.

- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment of Californie – Etat Unis) qui établit également ces propres VTR. L'OEHHA se base souvent sur les mêmes études que l'US EPA mais les VTR sont souvent plus conservatoires.

- **Santé canada** (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),

- **RIVM** (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),

Nous rappelons que, dans cette étude de risque sanitaire, ne sera prise en compte que la voie d'exposition par inhalation pour les polluants émis par le site.

Cette étape concerne l'identification et la relation dose-réponse des polluants émis à l'atmosphère classés en 2 catégories : polluants spécifiques et polluants généraux du site.

**Par conséquent, nous distinguerons alors les polluants spécifiques du site que sont l'hexane, le benzène et les poussières végétales, des polluants généraux que sont le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et le monoxyde de carbone (CO). L'identification et les relations dose-réponse des paramètres du risque retenus dans l'étude sont présentées ci-après.**

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 18

## 5.2 Monoxyde de carbone (CAS n°630-08-0)

### Caractéristiques de la substance

Dans les conditions ordinaires de température et de pression, le monoxyde de carbone (CO) se présente sous la forme d'un gaz incolore, inodore, de densité voisine de l'air. Il est peu soluble dans l'eau mais assez soluble dans certains solvants organiques tels que l'acétate d'éthyle, l'éthanol ou l'acide acétique.

#### Métabolisme

Le monoxyde de carbone est absorbé par les poumons et il diffuse à travers les membranes alvéo-capillaires. Il peut traverser les barrières méningée et placentaire.

Entre 80% et 90% du monoxyde de carbone absorbé se fixe sur l'hémoglobine dont l'affinité pour le CO est environ 200 fois supérieure à celle pour l'oxygène. Le monoxyde de carbone forme rapidement de la carboxyhémoglobine (COHb), diminuant ainsi fortement les capacités de transport et de libération d'oxygène du sang ; la carboxyhémoglobine est un biomarqueur d'exposition au monoxyde de carbone.

L'oxyde de carbone est éliminé essentiellement par ventilation pulmonaire. Après arrêt de l'exposition, la concentration en carboxyhémoglobine diminue avec une demi-vie de 3 à 5 heures.

### Effets toxiques non cancérogènes

#### Toxicité aiguë

Les effets graves du monoxyde de carbone, sur la santé, proviennent essentiellement des effets anoxiques liés à la formation de carboxyhémoglobine. Ils sont particulièrement critiques au niveau des organes et des tissus qui consomment beaucoup d'oxygène, tels le cerveau, le cœur, les muscles du squelette et l'embryon.

Chez l'animal, les effets d'une intoxication aiguë au monoxyde de carbone se manifestent par une hypotension, une hypothermie et une tachycardie initiale. Chez l'homme, les symptômes associent paralysie des membres, coma, convulsions. Dans les suites d'une intoxication aiguë, peut apparaître un état pseudo-démontiel.

#### Toxicité chronique

Les premiers signes d'une intoxication chronique peuvent être céphalées, vertiges et asthénie parfois associés à des troubles digestifs.

Des effets neuro-comportementaux (incoordination motrice, troubles de la démarche, affaiblissement de la vigilance et troubles cognitifs), ont été observés à partir de concentrations de COHb de l'ordre de 5% dans le sang.

Une élévation de la concentration atmosphérique en oxyde de carbone a dans certains cas été liée à l'augmentation de la mortalité spécifique par infarctus du myocarde.

#### Effets sur la reproduction

Le monoxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène. Il est cependant nettement fœtotoxique.

Des excès de mortalité périnatale, des réductions de poids à la naissance et des modifications du comportement des jeunes enfants ont été associés à des taux de COHb compris entre 2% et 10%, chez les mères en cours de grossesse.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 19

Le monoxyde de carbone est reprotoxique de **catégorie 1**, d'après la directive 67/548/CEE. Il est classé **R61** (risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant).

### Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence disponibles trouvées dans la littérature sont reprises dans le tableau suivant :

Monoxyde de carbone (630-08-0)					
Exposition	Voie d'exposition	Cible	Espèce	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Système sanguin	homme	VLEP = 25 ppm = VT <sub>VLEP</sub> = <b>112 µg/m<sup>3</sup></b>	ACGIH (2001)

**Tableau 6 : Synthèse des VTR pour le CO**

Pour une exposition chronique, il apparaît préférable d'effectuer une dérivation à partir de la VLEP pour l'exposition professionnelle qui est de 25 ppm (ACGIH) soit 55 mg/m<sup>3</sup>. La dérivation d'une VTR voie respiratoire pour l'air ambiant à partir d'une VLEP établie pour l'ambiance professionnelle est effectuée en appliquant la formule d'ajustement préconisée par l'INERIS. Cette formule d'ajustement consiste à tenir compte des conditions respectives d'exposition et de sensibilité des populations concernées (exposition 24 h au lieu de 8 h, 7 jours au lieu de 5 jours et 70 ans au lieu de 40 ans avec un facteur de sécurité de 100 pour les différences de sensibilité d'une personne à l'autre), soit un facteur global d'ajustement de 1/490. **La dérivation de la VLEP conduit au choix d'une valeur ajustée de 112 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.**

### Effets toxiques cancérogènes

Le monoxyde de carbone n'a pas d'effets cancérogènes ou mutagènes.

## 5.3 Dioxyde d'azote (CAS n° 10102-44-0)

### Caractéristique de la substance

Les oxydes d'azote NO et NO<sub>2</sub> désignés sous le terme générique NO<sub>x</sub> sont des gaz composés d'au moins une molécule d'azote et une molécule d'oxygène. Le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> présente le plus grand intérêt sur le plan sanitaire en raison de son caractère oxydant. En comparaison, le NO est 5 fois moins toxique. Les principales sources de NO<sub>2</sub> dans l'air extérieur sont les moteurs à essence (45%) suivi par la combustion du fuel et du charbon (35%). Le NO<sub>2</sub> est un gaz rouge brun à l'odeur âcre et piquante.

### Effets toxiques non cancérogènes

#### Toxicité aiguë

Chez l'animal, l'exposition aiguë à de fortes concentrations (4 à 50 mg/m<sup>3</sup>) conduit à des oedèmes pulmonaires, un épaissement de la paroi alvéolaire et une perte ciliaire de l'épithélium bronchique. Chez l'homme, les premiers signes cliniques sont les effets aigus tels que une toux légère, une irritation laryngée et oculaire qui disparaissent très vite.

Les oxydes d'azote sont des irritants puissants des muqueuses. Leur principale cible est l'appareil respiratoire et en particulier le parenchyme pulmonaire. Chez l'homme, l'intoxication suraiguë est généralement mortelle en quelques instants par arrêt cardio-respiratoire.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 20

### Toxicité chronique

Chez l'animal, l'exposition chronique au NO<sub>2</sub> provoque des œdèmes pulmonaires, un épaississement de la paroi alvéolaire et une perte ciliaire de l'épithélium bronchique à des doses de l'ordre de 1 mg/m<sup>3</sup>. Des études expérimentales chez des sujets humains volontaires sains ont montré que le NO<sub>2</sub> provoque surtout des lésions sur les petites voies aériennes (bronchioles) et une résistance bronchique accrue à des doses faibles. Mais les réponses sont souvent très variables selon les individus y compris pendant une durée d'exposition longue. Globalement, les études épidémiologiques temporelles mettent en évidence des liens étroits entre une augmentation des niveaux de NO<sub>2</sub> et les admissions hospitalières pour exacerbation de problèmes respiratoires chroniques dont l'asthme mais la quantification des effets propres à NO<sub>2</sub> reste difficile du fait principalement de la présence dans l'air d'autres polluants comme les poussières ayant des propriétés de synergie avec NO<sub>2</sub>.

### Valeurs toxicologiques de référence

Dioxyde d'azote (10102-44-0)						
Exposition	Voie d'exposition	cible	espèce	Facteur de sécurité	valeur	source
chronique	Inhalation	Système respiratoire	animale	-	VG = 40 µg/m <sup>3</sup>	OMS (2000)
				-	Objectif qualité de l'air = 40 µg/m <sup>3</sup>	CSHPF (2001)

**Tableau 7 : Synthèse des VTR pour le NO<sub>2</sub>**

L'OMS a fixé une valeur guide de 40 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition annuelle. Cette valeur est basée sur des changements légers de la fonction respiratoire chez les asthmatiques. En France, après avis du CSHPF, l'objectif qualité de l'air du décret du 15 Février 2002 est de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

**La valeur la plus faible et la plus récente (2001) est celle de l'OMS reprise par le droit français (CSHPF). Nous retenons donc la valeur de 40 µg/m<sup>3</sup> pour cette évaluation avec un degré de confiance élevé.**

### Effets toxiques cancérogènes

Le dioxyde d'azote peut entraîner l'apparition de tumeurs pulmonaires chez le rat et la progression des métastases pulmonaires chez la souris. Cependant le dioxyde d'azote n'est pas classifié comme cancérogène [Groupe 3 de l'UE ou groupe D de l'US EPA] du fait de preuves insuffisantes chez l'homme et limitées chez l'animal.

## 5.4 Poussières ou particules en suspension (PS)

### Caractéristique de la substance

#### Définition

Selon la norme européenne EN 481, la partie inhalable des particules peut être décomposée en plusieurs fractions en fonction du diamètre aérodynamique médian (Dae 50). On distingue ainsi la fraction extrathoracique (entre 10 et 100 µm), la fraction thoracique (Dae 50 = 10 µm), dite PM10, la fraction trachéo-bronchique (entre 4 et 10 µm) et la fraction alvéolaire dont le Dae 50 est 4 µm.

L'évolution des techniques analytiques permet maintenant à l'intérieur de la fraction alvéolaire de mesurer les particules fines, PM 2,5, correspondant à un Dae 50 de 2,5 µm.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 21

## Influence de la taille des particules

La taille des particules, telle que définie ci-dessus de façon normative, détermine le niveau de pénétration des poussières dans les voies respiratoires et conditionne les effets car les particules de grande taille sont généralement précipitées sur la muqueuse de l'oropharynx et dégluties, alors que les particules de petite taille, les PM 10, peuvent atteindre les voies respiratoires distales, où elles sont éliminées par phagocytose. Ce sont les PM 2,5 qui vont pénétrer le plus profondément dans l'arbre respiratoire et atteindront les alvéoles pulmonaires. Ces particules fines ont souvent une plus grande acidité que les particules de taille plus importante et la réaction inflammatoire qu'elles produisent, en augmentant la perméabilité épithéliale, facilite le passage des polluants dans le courant lymphatique ou sanguin.

## Effets toxiques non cancérogènes

### Toxicité aiguë

Les effets à court terme ont été mis en évidence lors des pics de pollution avec un décalage pouvant aller jusqu'à 3 jours après les pics. Il s'agit essentiellement de l'exacerbation de signes cliniques chez l'asthmatique et d'excès de mortalité pour affections respiratoires ou cardiovasculaires. L'Union Européenne a fixé des valeurs de référence pour la qualité de l'air de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$  en valeur journalière, valeur qui ne doit pas être dépassée plus de 35 fois par année civile et de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

### Toxicité chronique

Les études sur les effets à long terme sont encore peu nombreuses mais les principaux effets reconnus sont les suivants : réduction de la durée de vie, augmentation des cas de bronchites chez les enfants, réduction des capacités respiratoires chez les adultes et les enfants. L'OMS considère actuellement que ce type d'effets peut être observé pour des concentrations annuelles moyennes inférieures à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de particules PM 2,5 et inférieures à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de particules PM10. Mais l'OMS ne donne pas de valeur guide en l'état actuel des connaissances.

### Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence disponibles pour la toxicité chronique et aiguë sont reprises dans le tableau ci-après.

Les poussières ou particules en suspension (PS)				
Exposition	Voie d'exposition	Cible	valeur	source
Chronique	Inhalation	Système respiratoire	Objectif de qualité de l'air = $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *	CSHPF (2001)
			<b>RfC = <math>15 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	US-EPA

**Tableau 8 : Synthèse des VTR pour les poussières**

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques non cancérogènes par inhalation est celle de l'US-EPA de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pour les particules fines (PM 2,5). Cette valeur correspond à un facteur d'abattement de 200 par rapport aux valeurs retenues en France et aux Etats-Unis pour l'exposition professionnelle (VLE de  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Compte tenu que des études montrent des effets sur la santé pour des concentrations annuelles moyennes inférieures à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de particules (PM 2,5) nous accordons un degré de confiance moyen à cette valeur.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 22

## 5.5 Hexane (CAS n° 110-54-3)

### Caractéristiques de la substance

L'hexane est un liquide incolore, volatil, à odeur d'essence plutôt désagréable. Il est pratiquement insoluble dans l'eau mais miscible à de nombreux solvants organiques. En outre, c'est un bon solvant des graisses, cires, résines, etc.

L'hexane que l'on trouve habituellement dans l'industrie correspond à un mélange d'hydrocarbures en C<sub>6</sub>. Le constituant principal est le plus souvent le n-hexane de formule CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-CH<sub>3</sub>. Sa teneur se situe alors entre 40 et 50 %, mais il existe des mélanges commerciaux à teneur en n-hexane inférieur à 5 %. Dans les conditions normales d'emploi, l'hexane est un produit stable. Cependant, il peut réagir vivement avec des agents fortement oxydants et entraîner des risques d'incendie et d'explosion.

### Métabolisme

En général, le n-hexane est absorbé par les voies respiratoires et est rapidement distribué dans tout l'organisme y compris les tissus fœtaux. Il est ensuite rapidement éliminé, soit sous forme inchangé dans l'air exhalé, soit sous forme de métabolites dans les urines.

Les voies d'exposition orale et cutanée sont des voies d'exposition mineures.

### Effets toxiques non cancérogènes (effets à seuil)

Le n-hexane est le plus nocif des hydrocarbures saturés en C<sub>6</sub>. Les propriétés toxicologiques de l'hexane commercial peuvent ainsi varier de manière significative en fonction de sa teneur en n-hexane. Les données expérimentales publiées se réfèrent en général au n-hexane pur (pureté supérieure à 95 %) ou à des mélanges dont la teneur en n-hexane est connue. En revanche, les observations chez l'homme font souvent suite à des expositions à des mélanges commerciaux de composition mal définie.

### Toxicité aiguë

La toxicité aiguë de l'hexane s'est révélée très faible lors des études expérimentales chez l'animal. Une action narcotiques est observée à partir de 1 000 ppm et à 16 000 ppm, une irritation des voies aériennes supérieures et une légère anesthésie sont notées.

Chez l'homme, les vapeurs d'hexane agissent sur le système nerveux central entraînant un état euphorique avec sensation d'ébriété puis une somnolence avec céphalée, vertiges et nausées. Par ingestion, l'intoxication aiguë se traduit par une pneumopathie avec détresse respiratoire.

### Toxicité chronique

Les intoxications chroniques au n-hexane se traduisent par des polynévrites périphériques sensitivo-motrices qui peuvent s'avérer irréversible lors d'une intoxication grave. Ces polynévrites débutent par des troubles sensitifs à type de paresthésie (fourmillement, engourdissement), puis moteur (faiblesse des jambes et des bras). A un stade plus avancé, il apparaît une atteinte de la motricité prédominant aux membres inférieurs, avec paralysie flasque et atrophie musculaire plus ou moins importante. Des dysarthries, de l'anorexie et des troubles de la vision peuvent également apparaître.

Comme la plupart des solvants, le n-hexane peut provoquer des dermatoses d'irritation par contact répétés ou prolongés.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 23

## Effets reprotoxiques

Dans les études expérimentales, il n'a pas été noté d'effets tératogènes excepté un retard temporaire dans le développement post-natal. Les effets tératogènes ou embryotoxique de l'hexane n'ont pu être clairement mis en évidence.

L'hexane est toutefois classé comme reprotoxique de catégorie 3, d'après la directive 67/548/CEE. Il est classé **R62** (risque possible d'altération de la fertilité).

## Valeurs toxicologiques de référence

Le tableau suivant récapitule les VTR de l'hexane :

Hexane (110-54-3)						
Exposition	Voie d'exposition	Cible	Espèce	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Systèmes respiratoire et neurologique	homme	300	RfC = <b>200 <math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math></b>	US EPA (1993)
			souris	300	RfC = 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	RAIS (2004)
			-	100	MRL = 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR (1999)

**Tableau 9 : Synthèse des VTR pour l'hexane**

**A partir des nombreuses études sur les effets du n-hexane sur l'homme, l'US-EPA propose une valeur limite (RfC) de 200  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .** Cette valeur étant par ailleurs retrouvées dans la base de données RAIS (Risk Assessment Information System), c'est celle qui sera retenue pour cette évaluation avec un niveau de confiance modéré en raison de la faible taille de l'échantillon de la population étudiée et du faible nombre de données relative à l'inhalation du n-hexane.

## Effets cancérigènes (effets sans seuil)

Des aberrations chromosomiques ont été observées mais le n-hexane s'est révélé sans action sur l'ADN et n'induit pas de mutation ponctuelle in vitro.

Les rares études disponibles ne permettent pas d'évaluer le potentiel cancérogène du n-hexane.

## 5.6 Benzène (CAS n° 71-43-2)

### Caractéristiques de la substance

Le benzène est un liquide incolore, d'odeur aromatique agréable, perceptible à l'odorat à des concentrations de l'ordre de 12 ppm. Il est peu soluble dans l'eau mais miscible avec la plupart des solvants organiques.

Le benzène est produit principalement par l'industrie pétrochimique (plus de 98 % aux USA). Il est obtenu au moyen de procédés différents tels que le reformage catalytique, l'essence de pyrolyse, l'hydrodésalkylation du toluène ou le procédé de vapocraquage.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 24

Il faut savoir que la vente et l'emploi du benzène sont sévèrement réglementés. Le benzène est principalement utilisé pour produire de l'éthylbenzène servant à la synthèse du styrène destiné à la fabrication de matières plastiques et d'élastomères. Comme sous-produit du pétrole, il entre naturellement dans la composition de l'essence automobile. Son rôle est particulièrement important dans l'essence sans plomb à cause de ses caractéristiques « antidétonation ».

La présence de benzène dans l'environnement est naturelle ou anthropique. L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanation lors du remplissage des réservoirs). La fabrication du benzène et ses diverses utilisations, notamment la production d'éthylbenzène, de cumène et de cyclohexane libèrent également du benzène à l'atmosphère.

Dans l'atmosphère, le benzène existe principalement sous forme gazeuse. Il est dégradé en réagissant avec les radicaux hydroxyles formés par réaction photochimique.

Les concentrations moyennes dans l'air données par l'OMS (bruit de fond anthropique) dans les espaces ruraux et urbains sont respectivement de l'ordre de 1 µg/m<sup>3</sup> et de 5-20 µg/m<sup>3</sup>.

### **Métabolisme**

Les voies d'exposition au benzène peuvent être l'inhalation, le contact cutané ou l'ingestion ; La voie privilégiée étant l'inhalation. 50% du benzène inhalé est absorbé pour des expositions allant jusqu'à 50-100 ppm pendant plusieurs heures. La rétention diminue avec le temps d'exposition pouvant représenter 30% de la dose inhalée

L'absorption par voie orale est rapide et importante (90%) mais représente surtout des conditions expérimentales.

L'absorption par voie cutanée est limitée : 0,4 mg/cm<sup>2</sup> de peau. Il est estimé qu'un adulte respirant dans un air ambiant de 10 ppm devrait absorber 7,5 µg/l par voie respiratoire et 1,5 µg/h par voie cutanée. 100 m<sup>2</sup> de peau au contact d'essence à 5% absorberait 7µg/h.

Très lipophile et très faiblement soluble dans l'eau, le benzène est distribué dans les tissus riches en graisse : tissu adipeux et moelle osseuse. Le benzène s'accumule dans la moelle osseuse et dans le foie.

### **Effets toxiques non cancérigènes**

#### **Toxicité aiguë**

Le benzène partage la toxicité aiguë de tous les solvants hydrocarbonés. Une exposition aiguë, à des niveaux élevés entraîne des conséquences sur le système nerveux central avec des somnolences, des étourdissements et des céphalées. Les symptômes sur le système nerveux central apparaissent immédiatement après inhalation, et 30 à 60 minutes après ingestion. Les symptômes disparaissent avec l'exposition.

Une hématurie et protéinurie peuvent également apparaître après une inhalation massive.

Par ailleurs, la consommation d'aliments liquide ou solide, contaminés par de fortes concentrations en benzène, peut entraîner des vomissements, des irritations de l'estomac, des convulsions voire même la mort.

#### **Toxicité chronique**

Toxicité chronique autre que les leucémies : Syndrome psycho-organique : Ce syndrome est commun au benzène et à ses homologues supérieurs : toluène et xylène. On a décrit lors d'exposition chronique au benzène des troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, une insomnie, une diminution des performances intellectuelles.

La cible principale du benzène après une exposition à long terme est le système sanguin, avec des conséquences sur la moelle osseuse, une diminution des globules rouges, une anémie ou plus rarement une

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 25

polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs), une thrombopénies (plaquettes). Ces manifestations sont réversibles après cessation de l'exposition au risque.

A un stade plus important cette toxicité hématologique peut se manifester par une aplasie médullaire, dépression totale de la reproduction des cellules sanguines. Ces atteintes ont été décrites dans plusieurs études épidémiologiques, notamment chez des travailleurs exposés à de fortes concentrations de benzène comme solvant

La myelotoxicité (toxicité de la colonne vertébrale) et la génotoxicité pourraient résulter de l'action synergique des divers composés issus du métabolisme hépatique du benzène (INCHEM, 1996).

Peu d'informations relatives aux autres effets toxiques du benzène sont disponible chez l'homme. Des effets cardio-vasculaires ont été décrits comprenant une fibrillation ventriculaire lors de l'exposition par inhalation aux vapeurs de benzène.

### Effets sur la reproduction

Dans le domaine des effets sur la reproduction, le benzène a été montré foetotoxique chez l'animal. Des études expérimentales ont montré des faibles poids de naissances, des malformations osseuses et des dommages de la moelle osseuse.

Chez l'homme, Aucun effet sur le développement du fœtus ou sur la fertilité masculine n'est reconnu pour une exposition au benzène

### Valeurs toxicologiques de référence

L'ensemble des valeurs toxicologiques de référence disponibles est présenté dans le tableau suivant. Elles sont issues de la synthèse réalisée par l'INERIS (fiche de données toxicologiques et environnementales du 6/01/2004) et de la mise à jour éventuelle auprès des organismes tels que ATSDR, US-EPA, OMS, RIVM, OEHHA, Santé Canada et des normes en vigueur en France.

Benzène (71-43-2)						
Exposition	Voie d'exposition	Cible	Espèce	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Système sanguin	homme	300	RfC = 30 µg.m <sup>-3</sup>	US EPA (2003)
			homme	-	RfC = 30 µg.m <sup>-3</sup>	RAIS (2004)
		Syst. sanguin, nerveux, immunitaire	homme	10	REL = 60 µg.m <sup>-3</sup>	OEHHA (2002)

**Tableau 10 : Synthèse des VTR pour les effets à seuil du benzène**

**La VTR retenue pour les risques chroniques à seuil par inhalation est de 30 µg/m<sup>3</sup> établie par l'USEPA (2003)** à partir d'une étude épidémiologique réalisée sur 44 travailleurs de Shanghai exposés aux vapeurs de benzène, l'effet associé à la VTR est une diminution des lymphocytes. La valeur de référence a été obtenue à partir d'une dose repère définie par modélisation et en prenant un facteur d'incertitude de 300.

### Effets cancérogènes

Le benzène est considéré comme le plus toxique des hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM). En exposition chronique, diverses études épidémiologiques menées en milieu professionnel ont établi qu'il est cancérogène, entre autres pour la moelle osseuse, et qu'il est à l'origine de leucémies. Les études animales confirment les propriétés cancérogènes démontrées chez l'homme.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 26

Le benzène est classé comme cancérigène chez l'homme par le CIRC-IARC en 1987 (groupe 1), l'USEPA en 1998 (classe A) et l'UE (catégorie 1).

### Valeurs toxicologiques de références

L'ensemble des valeurs toxicologiques de référence disponibles est présenté dans le tableau suivant. Elles sont issues de la synthèse réalisée par l'INERIS (fiche de données toxicologiques et environnementales du 6/01/2004) et de la mise à jour éventuelle auprès des organismes tels que ATSDR, US-EPA, OMS, RIVM, OEHHA, Santé Canada et des normes en vigueur en France.

Benzène (71-43-2)				
Voie d'exposition	Effets	Espèce	Valeur	Source
Inhalation	Leucémies	homme	ERUi = 2,2 à 7,8 10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	US EPA (2000)
		homme	ERUi = 7,8 10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	RAIS (2004)
		homme	ERUi = 2,9 10 <sup>-5</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	OEHHA (2002)
		homme	<b>ERUi = 6 10<sup>-6</sup> (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup></b>	OMS (1997)
		homme	CR = 5.10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	RIVM (2001)
		homme	CT <sub>0,05</sub> = 15 mg/m <sup>3</sup>	Santé Canada (1991)

**Tableau 11 : Synthèse des VTR pour les effets cancérigènes du benzène**

L'US EPA a proposé un indice de risque unitaire (ERU) de cancer compris entre 2,2.10<sup>-6</sup> et 7,8.10<sup>-6</sup> par µg/m<sup>3</sup> pour la voie respiratoire. Cette évaluation a été effectuée sur la base de plusieurs études épidémiologiques (Rinsky et al,1981,1987 ; CRUMP and ALLEN, 1984 ; PAUSTENBACH et al., 1993.). Cette évaluation a combiné les doses cumulatives pondérées et non pondérées et repose sur une extrapolation hautes doses - bases doses en utilisant un modèle linéaire sans seuil. Le manque de connaissance du mécanisme d'action du benzène dans la génération des cancers, ainsi que la méthode d'extrapolation des faibles doses, ne permettent pas, aujourd'hui, de confirmer d'une façon certaine, le niveau de risque concernant le benzène.

En 1993, l'IPCS (Programme International pour la Sécurité des Produits Chimiques), organisme dépendant de l'OMS a statué ainsi (IPCS 1993) : « ... le groupe de travail n'est pas capable de distinguer entre : a) un petit excès de risque de mortalité par cancer chez les travailleurs exposés à des faibles niveaux de benzène et b) une situation sans risque [...].Une valeur moyenne d'exposition de 1 ppm pendant 40 ans n'a pas été associée à une augmentation de décès par cancer [...]. Les expositions supérieures à 32 mg/m<sup>3</sup> (10 ppm) devraient être évitées [...]. »

**La VTR retenue pour les risques chroniques sans seuil par inhalation est celle de l'OMS correspondant à un ERUi de 6.10<sup>-6</sup> (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.** Cette valeur conduit à un excès de risque 1.10<sup>-5</sup> pour une concentration de 1,7 µg/m<sup>3</sup> dans l'air ambiant. Cet ERUi est par ailleurs cohérent avec l'objectif de qualité de l'air en France fixé par le décret 2002-213 de février 2002 qui est de 2 µg/m<sup>3</sup>.

## 5.7 Tableau de synthèse des VTR retenues pour l'étude

Le tableau ci-dessous récapitule les différentes valeurs toxicologiques de références qui seront utilisées pour la caractérisation des risques sanitaires par inhalation.

Substance	Effet	Cible	Espèce	Valeur	Source
<b>POLLUANTS GENERAUX</b>					
Dioxyde d'azote (10102-44-0)	Non Cancérogène	Système respiratoire	animale	Objectif qualité de l'air = <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	CSHPF (2001)
Monoxyde de carbone (630-08-0)	Non Cancérogène	Système sanguin et effets sur le développement	homme	VLEP = 55 mg/m <sup>3</sup> VT <sub>VLEP</sub> = <b>112 µg/m<sup>3</sup></b>	ACGIH (2001)
Poussières	Non Cancérogène	Système respiratoire	-	RfC = <b>15µg/m<sup>3</sup></b>	US EPA
<b>COV</b>					
Hexane (110-54-3)	Non cancérogène	Systèmes respiratoire et neurologique	homme	RfC = <b>200 µg.m<sup>-3</sup></b>	US EPA (1993)
Benzène (71-43-2)	Non cancérogène	Système sanguin	homme	RfC = <b>30 µg.m<sup>-3</sup></b>	US EPA (2003)
	Cancérogène		homme	ERU <sub>i</sub> = <b>6 10<sup>-6</sup> (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup></b>	OMS (1997)

**Tableau 12 : Synthèse des VTR pour l'inhalation retenues pour l'étude**

## 6 Evaluation des expositions : modélisation de la dispersion atmosphérique et métrologie environnementale

### 6.1 Quantification des expositions

Les doses d'exposition ou quantités administrées représentent les quantités de polluant mises en contact des surfaces d'échange que sont les parois alvéolaires des poumons pour les polluants gazeux et à travers lesquels les polluants peuvent éventuellement pénétrer.

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par la formule suivante :

$$CI = \left( \sum (C_i \times t_i) \right) F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne inhalée
- $C_i$  : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps  $t_i$  (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $t_i$  : fraction du temps d'exposition à la concentration  $C_i$  pendant une journée
- T : durée d'exposition (en années)
- F : fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours – sans dimension)
- $T_m$  : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années)

Pour les polluants avec effets à seuil, l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition et par conséquent  $T_m = T$ .

### 6.2 Domaine d'étude ou zone d'influence du site

Le domaine d'étude ne peut être défini à l'avance. Aussi, des calculs préliminaires ont été réalisés en fonction des premières données (hauteur des rejets, densité de population, etc.) de façon à effectuer un « maillage » plus serré au niveau des zones d'impact les plus importantes et d'obtenir ainsi les concentrations environnementales maximales. Ces calculs ont abouti sur la définition d'un domaine d'étude, centré sur l'installation, de  $64 \text{ km}^2$ , soit un carré de 8 km de côté. Pour effectuer les calculs de dispersion atmosphérique, le domaine est divisé en mailles de  $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$  soit 6561 nœuds au total.

### 6.3 Principe et validation du code de dispersion utilisé

La modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants a été effectuée avec ADMS 3, logiciel développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd).

Ce dernier est considéré par l'INERIS et l'US-EPA comme faisant partie de la nouvelle génération de modèles de dispersion atmosphérique de type gaussien (2<sup>ème</sup> génération). Ses principales caractéristiques techniques sont décrites ci-après :

- Description fine de la couche limite (entre la surface et 2000 mètres d'altitude) : ADMS ne décrit pas la stabilité de l'atmosphère grâce aux classes de Pasquill-Gifford (utilisées depuis les années 60), mais grâce à des paramètres physiques qui varient de façon continue. Ceci permet une description 3D de l'atmosphère, prenant en compte par exemple la turbulence atmosphérique générée par le frottement du vent au niveau du sol et le réchauffement de la surface par le rayonnement solaire.
- Pré processeur météorologique : ADMS intègre un module qui recalcule les profils verticaux des paramètres météorologiques à partir des données de surface et des paramètres du site (occupation des sols et topographie). Ainsi, les champs de vent et de turbulence sont calculées en 3 dimensions pour chaque situation météorologique horaire.
- Calcul en mode séquentiel horaire : au lieu de regrouper les situations météorologiques par classes et d'effectuer la dispersion en attribuant un poids statistique à chaque résultat, ADMS effectue un calcul de dispersion pour chaque donnée météorologique horaire sur du long terme (jusqu'à 5 ans). De plus, de part la prise en compte des conditions météorologiques passées, l'évolution diurne de la couche atmosphérique peut être déterminée.
- **Module de bâtiment** : ce module permet de prendre en compte l'influence des bâtiments susceptibles de fortement perturber la dispersion (rabattement de panache, zones de recirculation...).
- **Modèle intégral de trajectoire de panache** : Un modèle numérique permet de calculer précisément la trajectoire des panaches en sortie de cheminée en fonction des paramètres d'émission (vitesse, température) et des conditions atmosphériques. Les effets de sillage des cheminées présentant un diamètre important peuvent également être considérés.

C'est principalement la prise en compte des phénomènes turbulents induits par les bâtiments, de la turbulence en sortie de cheminée et des effets de sillage qui fait que les résultats d'ADMS 3 sont valides dès les premiers mètres (par opposition aux modèles gaussiens « classiques » qui donnent des résultats erronés dans un rayon inférieur à 100 m des points d'émission)

ADMS a par ailleurs été validé sur le plan national et international : comparaison modèle / mesures, publications dans des revues scientifiques internationales.

Le logiciel ADMS 3 nous paraît être le logiciel le plus adapté à la problématique du site CARGILL compte tenu de la proximité immédiate des riverains.

### 6.4 Description des conditions météorologiques

Les paramètres météorologiques, extraits de la station Météo France de Montoir de Bretagne sont :

- la direction du vent,
- la vitesse du vent,
- la température extérieure,
- la nébulosité (détermination de la stabilité de l'atmosphère).

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 30

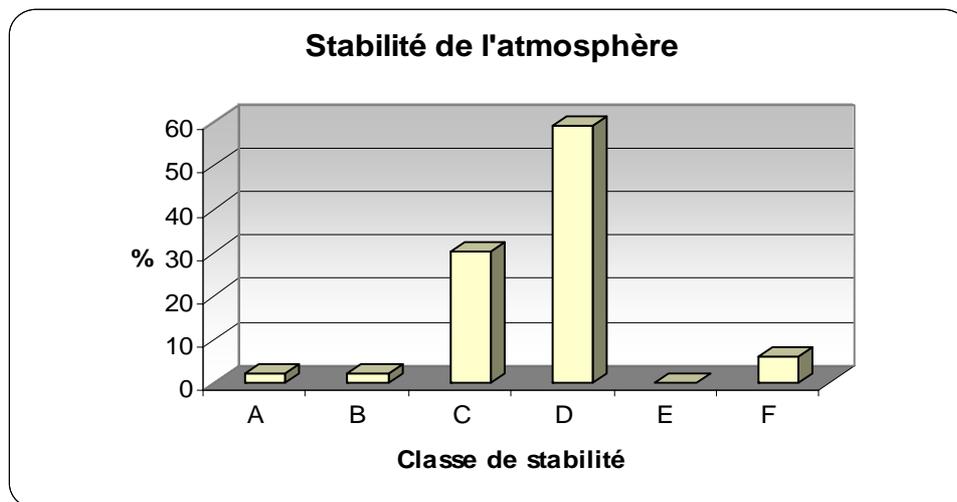
La stabilité de l'atmosphère est déterminée à partir de la vitesse du vent et de la nébulosité. Ce paramètre est destiné à quantifier les propriétés diffusives de l'air dans les basses couches atmosphériques. Six catégories de stabilité (classes de Pasquill) sont distinguées :

- Classe A : très fortement instable
- Classe B : très instable
- Classe C : instable
- Classe D : neutre
- Classe E : stable
- Classe F : très stable

Les paramètres météorologiques précités sont variables dans le temps et l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie). C'est la raison pour laquelle les chroniques météorologiques doivent être suffisamment longues, complètes et représentatives de la climatologie du site.

**La station Météo France de Montoir-de-Bretagne retenue est considérée représentative du site CARGILL. Nous avons pris un avis auprès du service de climatologie de Météo France. Les données acquises correspondent à des paramètres en données horaires. Toutes ces informations ont été recueillies sur une période de 4 ans (du 30/09/2000 au 30/10/2004). Cette période est suffisamment longue pour mettre en évidence les comportements climatiques du site.**

Les principaux résultats de l'analyse de ces données météorologiques sont présentés sur les figures suivantes en ce qui concerne respectivement la répartition des classes de stabilité et la vitesse et direction du vent.

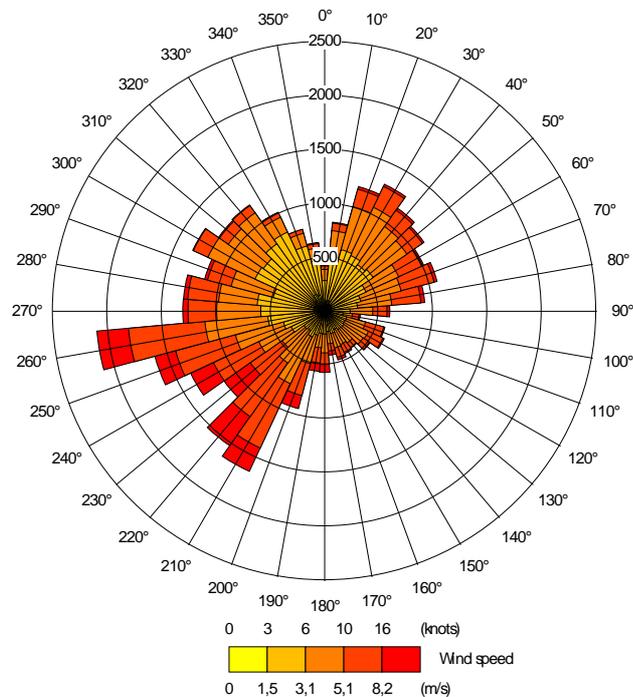


**Figure 4 : Répartition des classes de stabilité de l'atmosphère**

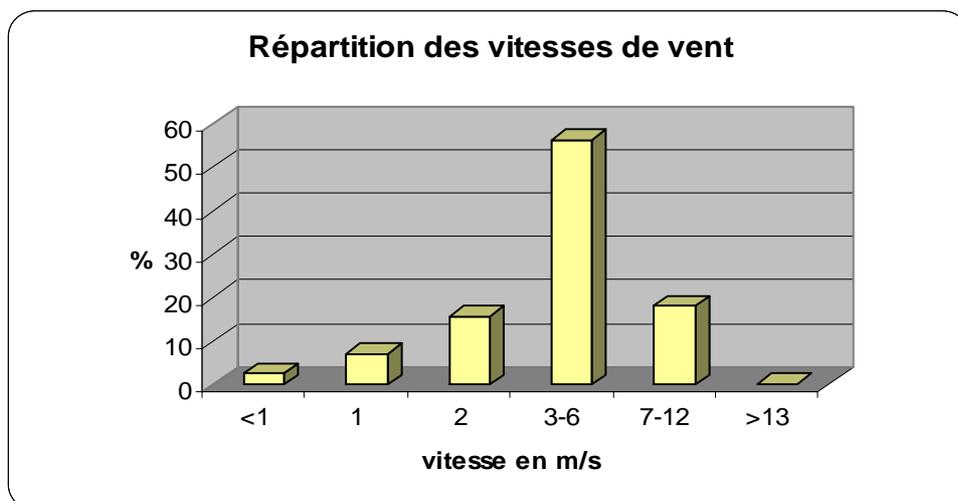
L'examen de la figure précédente montre que les conditions stables (classes E et F) sont présentes un peu plus de 6% du temps, les conditions neutres (classe D) près de 60% du temps et les conditions instables (classes A, B et C) les 34 % restant.

La rose des vents pour les 4 années de mesures couvrant la période 2000-2004 est présentée sur la figure ci-après. Les intersections de la courbe avec les cercles de fréquence fournissent les fréquences d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent.

Cette rose des vents, issue des données réelles sur une période de 4 ans pour la station de Montoir-de-Bretagne (station Météo France), révèle une direction prédominante dans cette zone. En effet, 50 % des vents appartiennent à un large secteur Ouest (entre 200 et 340°). L'autre direction dominante est la direction Nord avec plus de 23 % des vents.



**Figure 5 : Rose des vents reconstituée de la station météorologique de Montoir-de-Bretagne (Données Météo France sur la période 2001-2004)**



**Figure 6 : Répartition des vitesses de vent**

Concernant la puissance, nous remarquons sur la période de quatre ans, que les vents d'une vitesse comprise entre 3 et 6 m.s<sup>-1</sup> représentent 56 % des vents totaux de la région et que les vents faibles (< à 1 m.s<sup>-1</sup>) responsables des concentrations les plus fortes, représentent environ 2,5 % des vents totaux. Les modèles de dispersion atmosphérique ne permettent pas de prendre en compte ces vents car leurs directions ne peuvent être mesurées par les stations météorologiques de Météo France (écart type sur la mesure très important).

## 6.5 Flux émis à l'atmosphère

L'évaluation des risques sanitaires relative à l'état initial est basée sur une approche « réaliste », et a été réalisée à partir des valeurs de flux massiques estimées en fonction **des mesures**, comme préconisé par l'INERIS : « Les résultats d'analyse constituent alors la meilleure estimation de l'exposition au moment présent. Le but est d'obtenir une image aussi représentative que possible de la concentration à laquelle vont être exposés les individus « cibles » pendant la période d'exposition considérée. »

### 6.5.1 Rejets canalisés

Une campagne de mesures a été réalisée par Bureau Veritas sur l'ensemble des rejets canalisés recensés sur le site (cf § 3.2) :

- les rejets d'hexane et de benzène au niveau du bâtiment d'extraction à l'hexane ont fait l'objet de mesure au niveau de la cheminée le 1<sup>er</sup> octobre 2004. Les polluants considérés ont été prélevés sur un tube de charbon actif puis dosés par CPG-FID selon la norme NF X 43-267 ;
- des mesures ont été réalisées sur les 12 points de rejets de poussières au niveau des conduites en sortie de dépoussiéreur les 23 et 24 août 2004. La concentration des poussières émises a été déterminée par accroissement du poids des filtres à l'aide d'une balance de précision (résolution à 0,1 mg). L'analyse granulométrique des poussières a été réalisée sur 4 échantillons selon la méthode du prélèvement par barbotage dans l'éthanol, filtration de l'éthanol sur filtre puis analyse du filtre par microscope à balayage électronique ;
- les 2 points de rejets des chaudières ont fait l'objet d'un suivi le 23 août 2004. Les gaz de combustion ont été prélevés par pompage à l'aide d'une sonde en acier inoxydable avec filtration et séchage à l'aide d'un groupe froid. Le monoxyde de carbone (CO) a été dosé in-situ par absorption dans l'infrarouge non dispersif selon les normes de référence NF X 40-012 et 20-361. Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) a été dosé par chimiluminescence selon les normes de référence NF X 43-018 et 43-300.

Il est à noter que les mesures d'hexane, de benzène et de poussières, l'emplacement des points de mesures (longueurs droites amont/aval disponibles) n'a pas permis d'effectuer les prélèvements conformément à la norme NF X 44-052 en ce qui concerne la règle des distances amont/aval (> 5 Dh où Dh est le diamètre hydraulique).

Par ailleurs, chaque point de rejet a fait l'objet des mesures sur les paramètres suivants :

- pression atmosphérique à l'aide d'un baromètre,
- température à l'aide d'un thermocouple type K avec thermomètre numérique ou un thermomètre à dilatation pour la zone ADF (bâtiment d'extraction à l'hexane),
- humidité par mesure de la température sèche et humide, ou par tube réactif,
- vitesse à l'aide d'un tube de Pitot et d'un micromanomètre différentiel.

Pour chaque composé, la connaissance à l'émission de la concentration et du débit gazeux associé a permis d'obtenir le flux rejeté à l'atmosphère. Le tableau ci-après reprend l'ensemble des résultats obtenus suite à la campagne de mesure sur les rejets canalisés.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 33

Point de rejet	Polluant mesuré	Concentration (mg/Nm <sup>3</sup> )	Débit (Nm <sup>3</sup> /h)	Flux (kg/h)
Cheminée de l'atelier d'extraction à l'hexane	Hexane	14 693	115	1,69
Cheminée de l'atelier d'extraction à l'hexane	Benzène	< 0,30	115	< 3.10 <sup>-5</sup>
Conduit n°702	Poussières totales	6,7	2 727	0,018
Conduit n°703	Poussières totales	0,24	2 132	5.10 <sup>-4</sup>
Conduit n°752	Poussières totales	0,7	26 762	0,02
Conduit n°753	Poussières totales	5,7	24 417	0,16
Conduit n°758	Poussières totales	0,02	3 306	6.10 <sup>-5</sup>
Conduit n°774	Poussières totales	< 0,02	0	-
Conduit n°775/776	Poussières totales	0,58	319 325	0,19
Conduit n°778	Poussières totales	< 0,113	15 965	< 2.10 <sup>-3</sup>
Conduit n°781	Poussières totales	2,2	11 690	0,026
Conduit n°782	Poussières totales	22,3	4 116	0,09
Chaudière A	CO	1,3	7 391	0,01
Chaudière A	NO <sub>2</sub>	68,7	7 391	0,51
Chaudière B	CO	1,3	6 868	0,01
Chaudière B	NO <sub>2</sub>	65,4	6 868	0,449

**Tableau 13 : Synthèse des flux émis par les rejets canalisés**

### 6.5.2 Fuites d'équipements

Des émissions par fuites d'équipements ont été caractérisées au niveau de l'atelier d'extraction d'huile en fonction du nombre de vannes, de brides et de pompes dans cet atelier. La mesure sur l'ensemble de ces équipements n'étant pas réalisable, nous nous sommes limités à un échantillon représentatif choisi au sein de cet atelier. Ainsi, une campagne de mesure a été réalisée le 24 août à l'aide d'un FID afin de mesurer les émissions fugitives d'hexane en ces différents points.

Ensuite, selon l'approche EPA 21, la quantité de polluant émis dans l'air par unité de temps est estimée en kg/h selon la formule :

$$E \text{ (kg.h}^{-1}\text{)} = a.(ppm_v)^b$$

Où :

(ppm<sub>v</sub>) : valeur de la concentration en équivalent hexane.

a et b : valeurs des coefficients selon le type d'équipement.

Les coefficients a et b dépendent en premier lieu du domaine d'activité de l'entreprise (industrie chimique, industrie pétrolière, terminal marchand, ...), en second lieu du type d'équipement (vanne, pompe, bride,

événements, lignes ouvertes, ...) et en troisième lieu du type de fluide traversant l'équipement (gaz, liquide lourd, liquide léger). Le tableau ci-dessous donne à titre d'exemple quelques valeurs de coefficients pour une industrie chimique :

Equipement	Type	Fluide	a	b
Vanne Manuelle	V	l	0,00000641	0,797
Pompe	P	l	0,000019	0,824
Bride	B	l	0,00000305	0,885
Soupape de sûreté	S	G	0,000019	0,824

**Tableau 14 : Valeurs des coefficients a et b selon le type d'équipement**

Le matériel et les méthodes utilisés sont conformes à la norme américaine EPA 21 relative à l'évaluation des fuites fugitives de composés organiques volatils sur les équipements industriels. L'appareil de mesure était un détecteur à ionisation de flamme (FID) antidéflagrant (normes américaines E EX d). Les données ont été moyennées toutes les secondes. Les valeurs mentionnées dans ce rapport correspondent aux valeurs maximales enregistrées par l'appareil.

Le tableau suivant présente la répartition des valeurs mesurées en fonction du type d'équipement et du type de fluide (Gaz ou léger). La concentration donnée dans ce tableau correspond à la différence entre la concentration mesurée au niveau de l'équipement et la mesure d'ambiance dans l'unité.

Type d'équipement	Fluide	C < 10 ppm <sub>v</sub>	10 < C < 50 ppm <sub>v</sub>	50 < C < 100 ppm <sub>v</sub>	C > 100 ppm <sub>v</sub>
Vanne	Léger	5		1	
Pompe	Léger	9			
Bride	Léger	20	1	2	1
Soupape	Gaz	1			
<b>% par rapport au total des équipements évalués</b>		<b>87,5%</b>	<b>2,5%</b>	<b>7,5%</b>	<b>2,5%</b>

**Tableau 15 : Répartition des valeurs mesurées en fonction du type d'équipement et du type de fluide.**

L'examen du tableau précédent montre que :

- la proportion d'équipements dont la concentration est supérieure à 100 ppm<sub>v</sub>, ce qui correspond à des équipements fuyards, est faible (2,5%).
- les fuites concernent majoritairement les **fluides légers** et les équipements fuyards sont essentiellement des brides.

#### Evaluation des flux rejetés à l'atmosphère

La méthode utilisée pour corréler les valeurs des concentrations mesurées au niveau d'un équipement aux flux émis à l'atmosphère est tirée du rapport EPA (1995). Le tableau suivant présente l'évaluation des quantités émises à l'atmosphère par type d'équipement. Cette évaluation est basée sur les équipements ayant fait l'objet de mesures.

Equipement	Nombre d'équipements évalués	Flux massique (kg.an <sup>-1</sup> )
Vanne	6	2,16
Pompe	9	0,95
Bride	24	16,30
Soupape	1	0

**Tableau 16 : Evaluation des quantités émises à l'atmosphère (kg.an<sup>-1</sup>) par type d'équipements mesurés**

Cette évaluation des quantités d'hexane émis par type d'équipement permettra d'extrapoler les émissions à l'ensemble des équipements de l'atelier d'extraction.

Extrapolation des flux rejetés à l'atmosphère à l'ensemble des unités de production

D'après l'exploitant, le nombre total de vannes, de brides, de pompes et de soupape de sûreté sur le circuit hexane est respectivement de 205, 718, 19 et 1.

**Compte tenu des flux mesurés sur les équipements, le flux d'hexane liés aux émissions fugitives d'équipements est de 563 kg par an.**

## 6.6 Résultats de la modélisation

Nous avons, à l'aide du logiciel ADMS 3, modélisé la dispersion atmosphérique des polluants gazeux et particulaires émis par les différentes sources recensées sur le site en marche normale, avec les données météorologiques réelles sur les quatre années antérieures.

Les résultats présentés sous forme de tableaux, synthétisent les concentrations moyennes annuelles pour les polluants gazeux et particulaires. Nous avons placé des récepteurs autour du site afin d'évaluer précisément le risque encouru par les riverains, au niveau des habitations ou des populations sensibles (écoles, etc.) les plus proches du site. Leur emplacement est présenté sur la figure suivante.

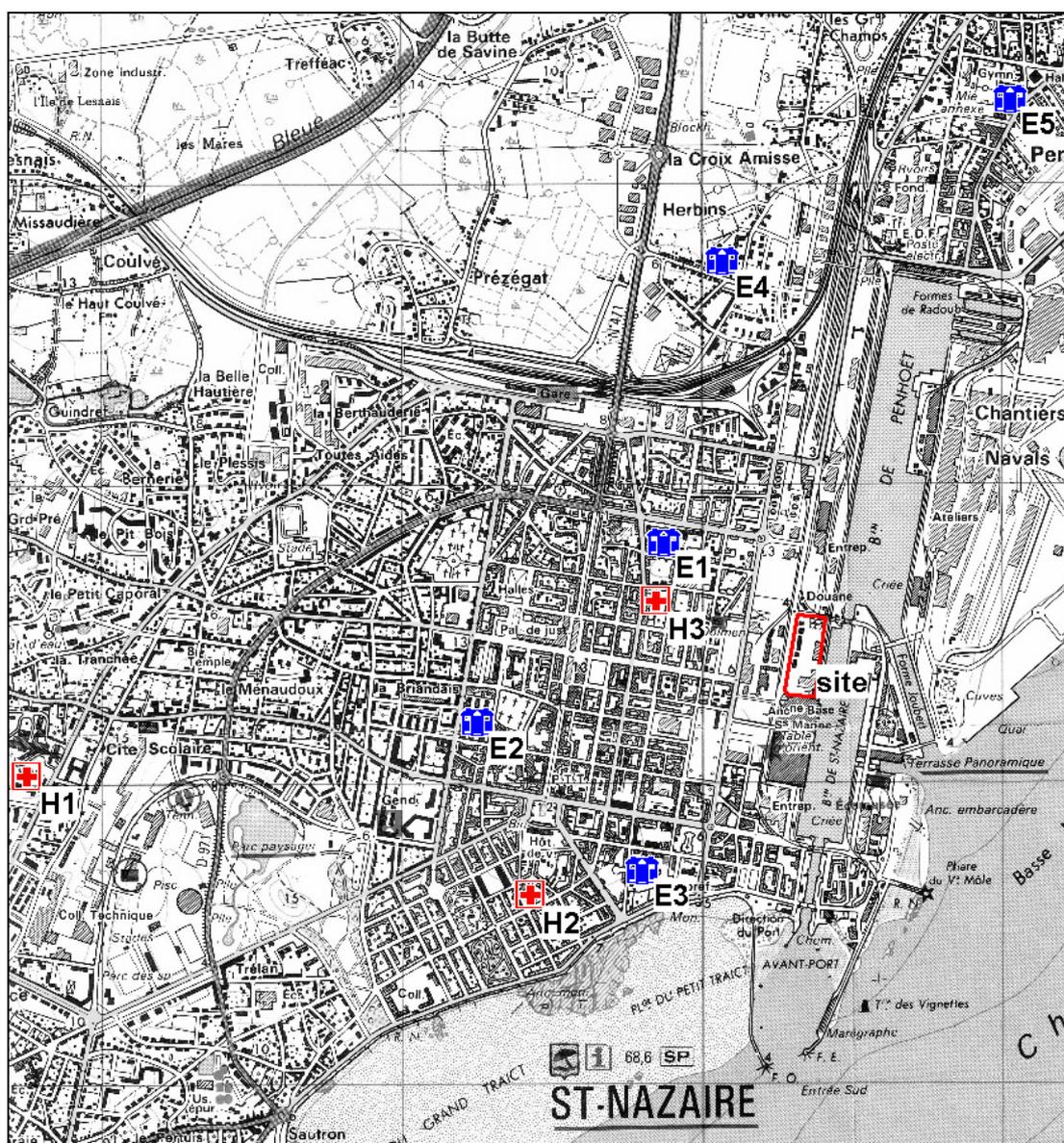


Figure 7 : Implantation géographique des récepteurs

Les récepteurs retenus sont les écoles maternelles et primaires, ainsi que les hôpitaux et cliniques se trouvant dans un rayon de 2 km autour du site. C'est en effet dans ces établissements que l'on retrouve les populations les plus sensibles (enfants et personnes âgées ou malades) vis-à-vis des risques sanitaires qui font l'objet de cette étude.

On notera tout de même, aux proches abords du site, la présence d'un centre commercial qui n'a pas été retenu comme récepteur compte tenu du fait que les personnes s'y rendant ne sont pas exposées de façon permanente aux émissions du site.

Cette notion d'exposition permanente des sujets rend également notre approche majorante dans le choix de nos récepteurs, les populations des écoles ou des hôpitaux n'étant pas réellement exposées 100% du temps sur la période étudiée.

Le tableau ci-dessous présente le type de récepteur associé à l'abréviation employée dans ce rapport.

Récepteurs	Type de récepteurs	Localisation*
E1	Ecole	650 m au nord ouest
E2		1150 m à l'ouest
E3		900 m au sud ouest
E4		1400 m au nord
E5		2000m au nord est
H1	Hôpital ou clinique	900 m au sud ouest
H2		1200 m au sud ouest

\* distance par rapport à la source

### Tableau 17 : Désignation des récepteurs

Le tableau 18 ci-après présente les concentrations moyennes annuelles prédites des polluants généraux (NO<sub>x</sub>, et CO) et des polluants spécifiques au site (poussières végétales, hexane et benzène) obtenues par modélisation au niveau des récepteurs, en marche normale et dans la configuration actuelle des installations.

Concentration en (µg/m <sup>3</sup> )	Maximum Extérieur site	E1	E2	E3	E4	E5	H1	H2
NO <sub>2</sub>	2,9	7,6.10 <sup>-2</sup>	4,2.10 <sup>-2</sup>	9,8.10 <sup>-2</sup>	1,9.10 <sup>-2</sup>	1,8.10 <sup>-2</sup>	1,0.10 <sup>-1</sup>	5,8.10 <sup>-2</sup>
CO	0,057	1,5.10 <sup>-3</sup>	8,2.10 <sup>-4</sup>	1,9.10 <sup>-3</sup>	3,8.10 <sup>-4</sup>	3,5.10 <sup>-4</sup>	2,0.10 <sup>-3</sup>	1,1.10 <sup>-3</sup>
Poussières	1,5	2,2.10 <sup>-2</sup>	9.10 <sup>-3</sup>	3,2.10 <sup>-2</sup>	4,6.10 <sup>-3</sup>	1,8.10 <sup>-3</sup>	2,6.10 <sup>-2</sup>	1,8.10 <sup>-2</sup>
Hexane	29	1,5.10 <sup>-1</sup>	1,11.0 <sup>-1</sup>	2,7.10 <sup>-1</sup>	5,6.10 <sup>-2</sup>	4,8.10 <sup>-2</sup>	2,0.10 <sup>-1</sup>	1,5.10 <sup>-1</sup>
Benzène	5,8.10 <sup>-4</sup>	3,0.10 <sup>-6</sup>	2,2.10 <sup>-6</sup>	5,4.10 <sup>-6</sup>	1,1.10 <sup>-6</sup>	9,6.10 <sup>-7</sup>	4,1.10 <sup>-6</sup>	3,0.10 <sup>-6</sup>

### Tableau 18 : Concentrations des polluants en µg/m<sup>3</sup> au niveau des récepteurs

A titre d'exemple, la figure suivante présente la carte de modélisation obtenue pour le benzène afin de visualiser la zone d'impact maximal. Dans le cas de ce polluant, celle-ci se trouve en limite extérieure de site, au sud-ouest des installations, au niveau du boulevard Paul Leferme.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 38

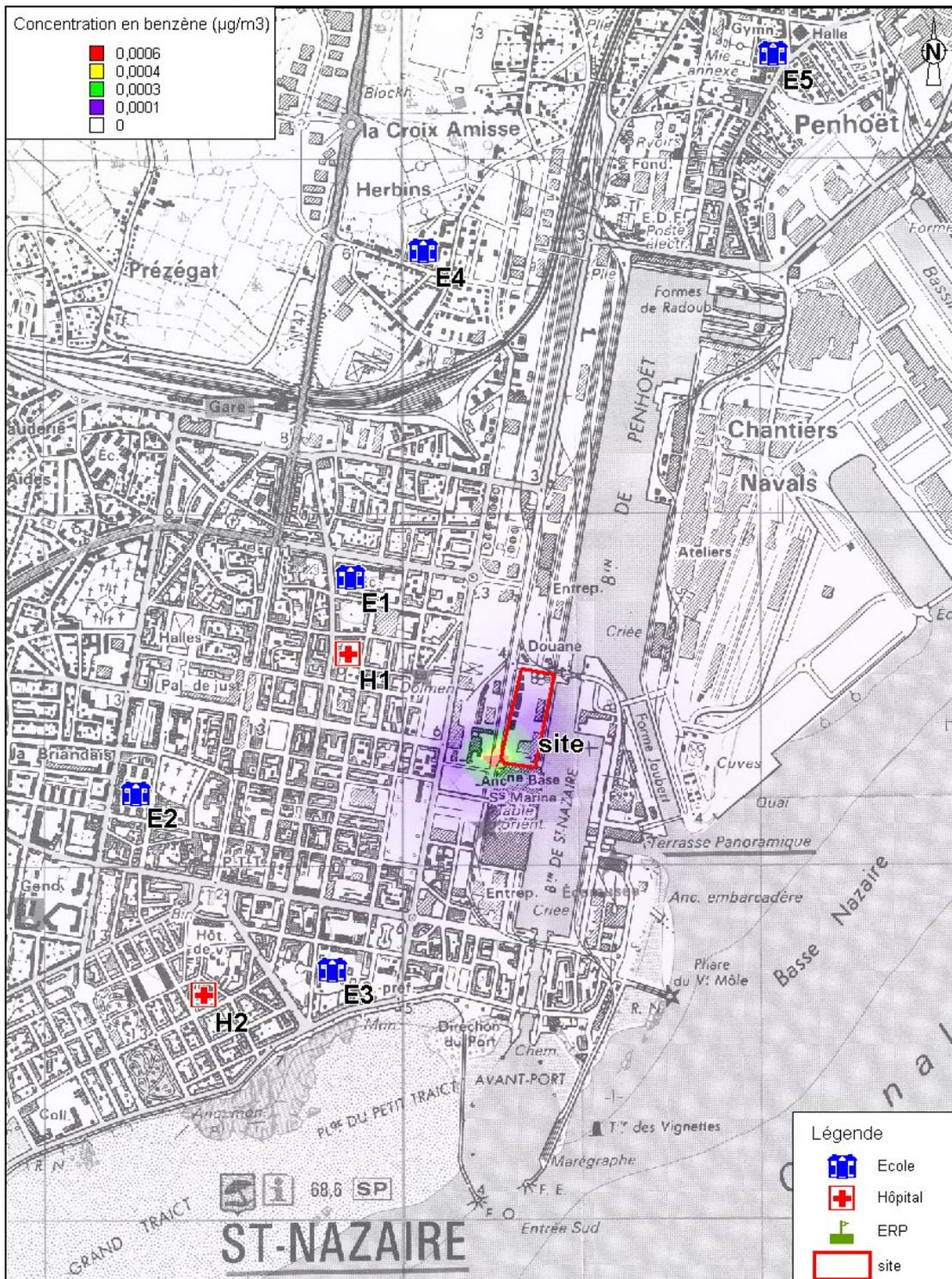


Figure 8 : Exemple de carte obtenue par modélisation (benzène)

## 6.7 Métrologie dans l'environnement

### Matériel et méthode

Le système de prélèvements de poussières dans l'environnement est présenté à la figure suivante.



**Figure 9 : Matériel de prélèvements des poussières dans l'environnement**

Une campagne de mesure de poussières dans l'environnement (en limite de propriété du site) a été réalisée du 24 au 25 novembre 2004 à l'aide d'un Partisol muni d'un cyclone PM10. Ce dispositif permet d'éliminer les particules de taille supérieure à 10  $\mu\text{m}$ . Cet appareil est recommandé par l'US-EPA (référence RFPS-0694-098) pour les prélèvements de poussières dans l'environnement. Les poussières de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  sont prélevées sur un filtre de quartz de diamètre 47 mm avec un débit d'air régulé à 16,8 l/mn soit environ 1  $\text{m}^3/\text{h}$ . La détermination des concentrations en poussières est réalisée par gravimétrie (pesée du filtre avant et après prélèvement).

### Résultats des analyses

Sur les 2 filtres précédents, nous avons demandé au CRITT Analyses et Surface de caractériser les particules retenues sur le filtre par une technique analytique performante (microscopie électronique à balayage). A partir de la signature de 2 échantillons de référence (graine et tourteaux), les filtres prélevés dans l'environnement ont été explorés par microscopie électronique. La signature des 2 échantillons de référence (témoins) montre que le rapport phosphore /soufre est un bon indicateur de la présence d'une pollution issue de ses témoins sur les 2 filtres à analyser. Toutefois, l'analyse des spectres obtenus en microscopie ne présente pas de trace signalétique ni des graines ni du tourteaux. **Seul un dépôt pouvant se rapprocher des 2 témoins a été observé sur le filtre n°6.**

**En conclusion, il est alors probable que l'absence de pollution de type graine ou tourteaux soit due au manque de représentativité des 2 filtres et/ou à l'absence de pollution dans la zone de prélèvement.**

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 40

## 7 Caractérisation des risques sanitaires

### 7.1 Méthodologie de calcul des risques

L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

#### 7.1.1 Estimation du risque pour les substances à effet de seuil

On définit un quotient de danger (QD) ou un indice de risque (IR) pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

$$QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

**Les QD ou IR doivent être inférieurs à 1.** Ce niveau de risque a été défini comme acceptable dans le cadre de la réhabilitation des sites par la Circulaire du Ministère chargé de l'environnement du 10 décembre 1999 qui fixe les objectifs de dépollution des sites.

#### 7.1.2 Estimation du risque pour les substances sans effet de seuil

Pour les effets sans seuil et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$ERI (inh^{\circ}) = CI \times ERUi$$

**Les ERI s'expriment sous la forme mathématique suivante  $10^{-n}$ . Par exemple,  $10^{-5}$  représente un cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées. Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement accepté.**

Cependant, dans le domaine des ICPE, le niveau  $10^{-5}$  a été défini comme acceptable dans le cadre de la réhabilitation des sites par la Circulaire du ministère chargé de l'environnement du 10 décembre 1999 qui fixe les objectifs de dépollution des sites.

Dans une discussion sur l'acceptabilité des risques d'un projet industriel, cette valeur peut servir de repère.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 41

## 7.2 Caractérisation des risques sanitaires

### 7.2.1 Caractérisation des risques par inhalation pour les polluants à seuil

A partir des concentrations prédites par le modèle dans le cadre de la configuration actuelle des installations (tableau 18) et des valeurs toxicologiques de référence (tableau 11), nous avons déterminé un quotient de danger (QD) pour les polluants à effets systémiques émis par le site, pour une exposition chronique.

**Pour déterminer le quotient de danger, nous avons utilisé pour les calculs, la concentration annuelle la plus élevée hors périmètre du site tous récepteurs confondus, c'est-à-dire au niveau de E3 ou H1 en fonction des polluants émis.**

Polluants	Concentration maximale annuelle hors périmètre du site ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Quotient de danger QD
NO <sub>2</sub>	2,9	40	0,0725
CO	0,057	112	5,0.10 <sup>-4</sup>
Poussières	1,5	15	0,1
Hexane	29	200	0,145
Benzène	5,8.10 <sup>-4</sup>	30	1,9.10 <sup>-5</sup>
QD sommé			0,32
QD système respiratoire			0,17
QD système nerveux			0,15
QD système sanguin			5,2.10 <sup>-4</sup>
QD effets sur le développement			5,0.10 <sup>-4</sup>

**Tableau 19 : Résultats de la caractérisation du risque chronique pour les polluants à seuil**

L'examen de ce tableau montre le quotient de danger de chacun des polluants pris séparément est inférieur à la valeur repère de 1, au niveau de la zone d'impact maximale pour les récepteurs considérés.

Malgré le fait que les effets des substances retenues ne portent pas sur les mêmes organes cibles, un quotient de danger sommé a été calculé en sommant l'ensemble des QD de chaque substance. Il est inférieur à la valeur repère de 1.

Cependant, conformément à la méthodologie préconisée dans le guide INERIS, nous avons sommé les quotients de dangers en fonction des organes cibles. **Aucun quotient de danger n'est supérieur à la valeur seuil de 1 ; le risque le plus élevé concerne le système respiratoire avec un quotient de danger de 0,17.**

Par conséquent, **le risque sanitaire chronique lié à l'inhalation des polluants atmosphériques émis par l'installation peut être jugé acceptable.**

L'ensemble des cartes représentant les quotients de danger relatifs à chaque organe cible sont représentées en annexe 3.

### 7.2.2 Caractérisation des risques par inhalation pour les polluants sans seuil

Connaissant l'excès de risque unitaire pour l'inhalation des polluants à effets cancérigènes, nous avons calculé l'excès de risque individuel présenté dans le tableau suivant :

Polluants	Concentration maximale annuelle hors périmètre du site ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	ERI
Benzène	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-9}$
TOTAL			$3,5 \cdot 10^{-9}$

**Tableau 20 : Calcul de l'excès de risque individuel par inhalation**

Dans le domaine d'étude et hors périmètre du site, l'excès de risque individuel par inhalation (uniquement lié aux émissions de benzène) est égal à  $3,5 \cdot 10^{-9}$ , ce qui est inférieur à la valeur repère de  $10^{-5}$ . Par conséquent, **le risque est jugé acceptable.**

## 8 Le réseau de la qualité de l'air

Le Réseau de Surveillance de la Qualité de l'Air des Pays de la Loire (Air Pays de la Loire) dispose de nombreuses stations de mesures de la qualité de l'air particulièrement en Basse Loire avec 17 stations dont 5 de type industriel autour de la raffinerie de Donges et 4 stations au niveau de St Nazaire et de l'estuaire de la Loire.

Les stations installées sont de 6 types :

- Les sites industriels sont localisés de façon à être soumis aux rejets atmosphériques des établissements industriels ; ils caractérisent la pollution maximale due à ces sources fixes.
- Les sites urbains sont localisés dans une zone densément peuplée en milieu urbain, de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution et à caractériser la pollution moyenne de cette zone.
- Les sites périurbains sont localisés dans une zone peuplée en milieu périurbain, de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution et à caractériser la pollution moyenne de cette zone.
- Les sites ruraux participent à la surveillance de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de fond (notamment photochimique).
- Les sites de trafic sont localisés près d'axes de circulation importants, souvent fréquentés par les piétons ; ils caractérisent la pollution maximale liée au trafic automobile.
- Les sites d'observation sont utilisés pour des besoins spécifiques (mesure de la radioactivité par exemple).

En complément, des campagnes temporaires de surveillance de la qualité de l'air sont menées grâce à 2 laboratoires mobiles et 12 dispositifs de prélèvement utilisés dans l'ensemble des Pays de la Loire.

Les stations de mesure les plus proches du site sont République (0,8 Km), Lesseps (1 Km), Blum (4 km) et celle de la commune de Trignac (4 km). Elles mesurent, parmi les polluants qui nous intéressent dans cette étude, le benzène, les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) et les poussières.

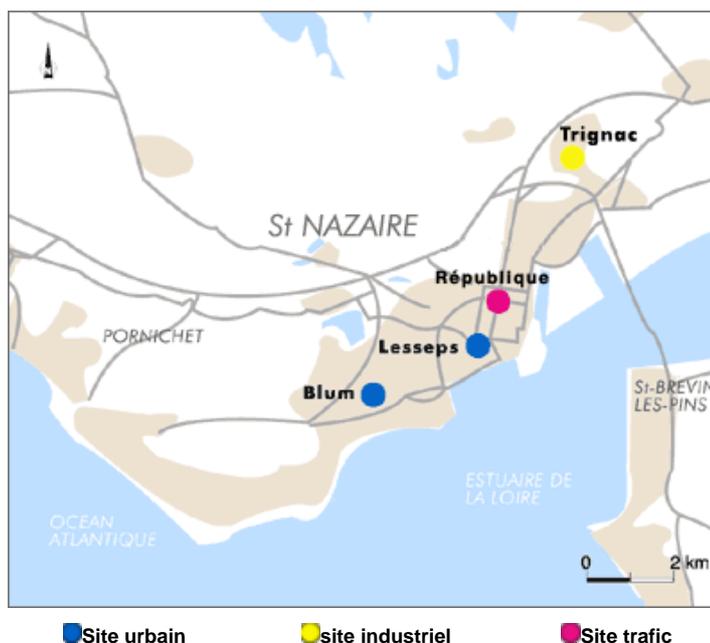


Figure 10 : Localisation des stations de la qualité de l'air les plus proches

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 44

Pour chacune de ces 4 stations, les polluants mesurés et leur concentration moyenne pendant l'année 2004 sont reportés dans le tableau suivant.

Nom de la station	Blum	Lesseps	République	Trignac
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	14,4	16,6		18,4
PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	17	17,9		
Benzène (µg/m <sup>3</sup> )		1	3	

**Tableau 21 : Polluants mesurés par les stations de mesure de la qualité de l'air et concentrations moyennes de l'année 2004**

Grâce à ces valeurs nous avons pu estimer la part attribuable aux émissions du site CARGILL pour ces polluants généraux et spécifiques. Pour cela nous avons déterminé grâce à la modélisation les concentrations moyennes dans l'air engendrées par les émissions atmosphériques du site au niveau de ces stations de mesures, que nous avons ensuite comparées aux valeurs fournies par Air Pays de la Loire. Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le tableau suivant.

	Blum		Lesseps		République		Trignac	
	C <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	% <sup>2</sup>	C <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	% <sup>2</sup>	C <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	% <sup>2</sup>	C <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	% <sup>2</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	1,1.10 <sup>-2</sup>	0,076	8,5.10 <sup>-2</sup>	0,51	-	-	4.10 <sup>-3</sup>	0,022
<b>poussières</b>	9,8.10 <sup>-4</sup>	0,006	1,7.10 <sup>-2</sup>	0,097	-	-	-	-
<b>benzène</b>	-	-	4,6.10 <sup>-6</sup>	0,0005	2,5.10 <sup>-6</sup>	8.10 <sup>-5</sup>	-	-

<sup>1</sup> Concentrations obtenues par modélisation de la dispersion des polluants atmosphériques du site CARGILL.

<sup>2</sup> Pourcentage de la pollution urbaine attribuable au site CARGILL.

**Tableau 22 : Contribution du site à la pollution atmosphérique urbaine**

Cette comparaison nous permet de dire que le site CARGILL ne contribue que faiblement à la pollution atmosphérique de la ville de Saint-Nazaire, le pourcentage le plus élevé attribuable au site étant de 0,5 %.

## 9 Analyse des incertitudes

Les incertitudes sont principalement au nombre de 5 :

- La variabilité des flux à l'émission,
- Les valeurs toxicologiques de référence,
- La représentativité des données météorologiques,
- La modélisation de phénomènes physiques et chimiques ;
- La métrologie environnementale.

### 9.1 La variabilité des flux à l'émission

Les données relatives aux sources prises en compte dans cette étude sont issues de campagnes de mesures ponctuelles et ne tiennent donc pas compte de la variabilité des flux à l'émission. De plus les mesures sont susceptibles d'être entachées d'erreurs métrologiques.

Il est à noter que la variabilité des flux a une action directement proportionnelle sur l'estimation du risque.

### 9.2 Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence comportent structurellement des sources d'incertitudes prises en compte dans l'élaboration même des valeurs. **Il est habituellement admis que les valeurs proposées par les organismes compétents sont, dans l'état actuel des connaissances, précautionneuses.**

Par ailleurs, dans le cas particulier de la présente étude, les différents traceurs du risque retenus ne font pas tous l'objet, par les organismes compétents, d'une détermination de VTR correspondant à une exposition chronique par inhalation. Si c'est effectivement le cas pour la majorité des substances prises en compte, les recherches effectuées sur le monoxyde de carbone, l'acétate de butyle et la N-méthyl-2-pyrrolidone n'ont pu être réalisées qu'en exposition professionnelle (VME – Ministère du travail). La comparaison de valeurs toxicologiques provenant d'un organisme compétent (même dérivée voie à voie) à des valeurs déterminées pour une exposition professionnelle est sujette à caution et ne fait pas l'unanimité dans les instances administratives.

Par ailleurs, les effets de synergies inter polluants qu'ils soient positifs ou négatifs ne peuvent être évalués faute de données suffisantes dans les bases de données toxicologiques consultées.

### 9.3 Représentativité des données météorologiques

Les données relatives à la température, à la direction et à la vitesse du vent utilisées pour les modélisations sont issues de la station météorologique de Montoir-de-Bretagne située à environ 5 km au nord-est du site. Aucun relief ni obstacle à proximité du site CARGILL n'étant susceptible de modifier sensiblement ces données, la station retenue est considérée comme représentative du site, mais il subsiste toujours une part d'incertitude liée au contexte propre au site et à ses abords immédiats.

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 46

## 9.4 Modélisation de phénomènes physiques et chimiques

La modélisation de la dispersion atmosphérique est basée sur des équations mathématiques qui doivent rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme nous pouvons les observer dans la réalité. Il y a donc une incertitude entourant les résultats de modélisation. L'erreur inhérente à l'utilisation d'un modèle de dispersion nous est communiquée par le constructeur du logiciel, elle est de 20 %.

## 9.5 Métrologie dans l'environnement

Les mesures de concentration de poussières dans l'environnement sont déterminées par pesée à l'aide d'une balance de précision qui pèse à 0,01 mg près. Le nombre de prélèvements de poussières dans l'environnement est faible (seulement 2 filtres analysés).

## 10 Conclusion générale de l'étude

Le site CARGILL, situé sur la commune de Saint-Nazaire dans le département de la Loire-Atlantique (44), a sollicité BURGEAP pour réaliser une étude de risque sanitaire liée aux émissions atmosphériques dans l'état actuel du site.

Le site se trouve dans un environnement urbain, avec une densité de l'ordre de 750 habitants au kilomètre carré. 25 % de la population a moins de 20 ans et 23 % de la population a plus de 60 ans. La quasi-totalité de la population réside toute l'année sur le domaine d'étude.

La description des dangers potentiels présentés par les polluants émis par le site (polluants généraux et polluants spécifiques), nous a conduit à établir des relations entre les niveaux d'exposition et la survenue des dangers propres à ces polluants. Ces relations sont matérialisées par les valeurs toxicologiques de référence (VTR). Les niveaux d'exposition ont été évalués par modélisation et leur comparaison avec les VTR a permis de caractériser le risque.

Compte-tenu des effets pertinents engendrés par les polluants émis par CARGILL, seule la voie d'exposition par inhalation a été retenue.

Sur la base de ces données, nous arrivons aux conclusions suivantes :

- **le risque sanitaire chronique lié à l'inhalation des polluants atmosphériques émis par l'installation peut être jugé acceptable. Aucun quotient de danger n'est supérieur à la valeur seuil de 1. Le risque le plus élevé concerne le système respiratoire avec un quotient de danger de 0,17.**
- **l'excès de risque individuel par inhalation (uniquement lié aux émissions de benzène) est égal à  $3,5 \cdot 10^{-9}$ , ce qui est très inférieur à la valeur repère de  $10^{-5}$ . Par conséquent, le risque est jugé acceptable.**

La caractérisation des poussières mesurées dans l'environnement par microscopie électronique par balayage ne présente pas de trace signalétique ni des graines ni du tourteaux utilisés sur le site. Seul un dépôt pouvant se rapprocher des 2 témoins a été observé sur un filtre. **Il est alors probable que l'absence de pollution de type graine ou tourteaux dans l'environnement proche du site soit due au manque de représentativité des 2 filtres et/ou à l'absence de pollution dans la zone de prélèvement.**

Enfin, l'analyse des incertitudes montre que les principales incertitudes sont liées à la variabilité des flux à l'émission, au choix des VTR, aux données météorologiques, à l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique et à l'outil métrologique dans l'environnement. Il est à noter que ces incertitudes sont pour la plupart majorantes. Nous considérons par conséquent qu'elles ne modifient pas les conclusions de cette évaluation.

**En l'état actuel de nos connaissances scientifiques, les risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques du site CARGILL sont considérés comme acceptables. Ce travail d'évaluation est destiné aux gestionnaires du risque (administrations).**

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 48

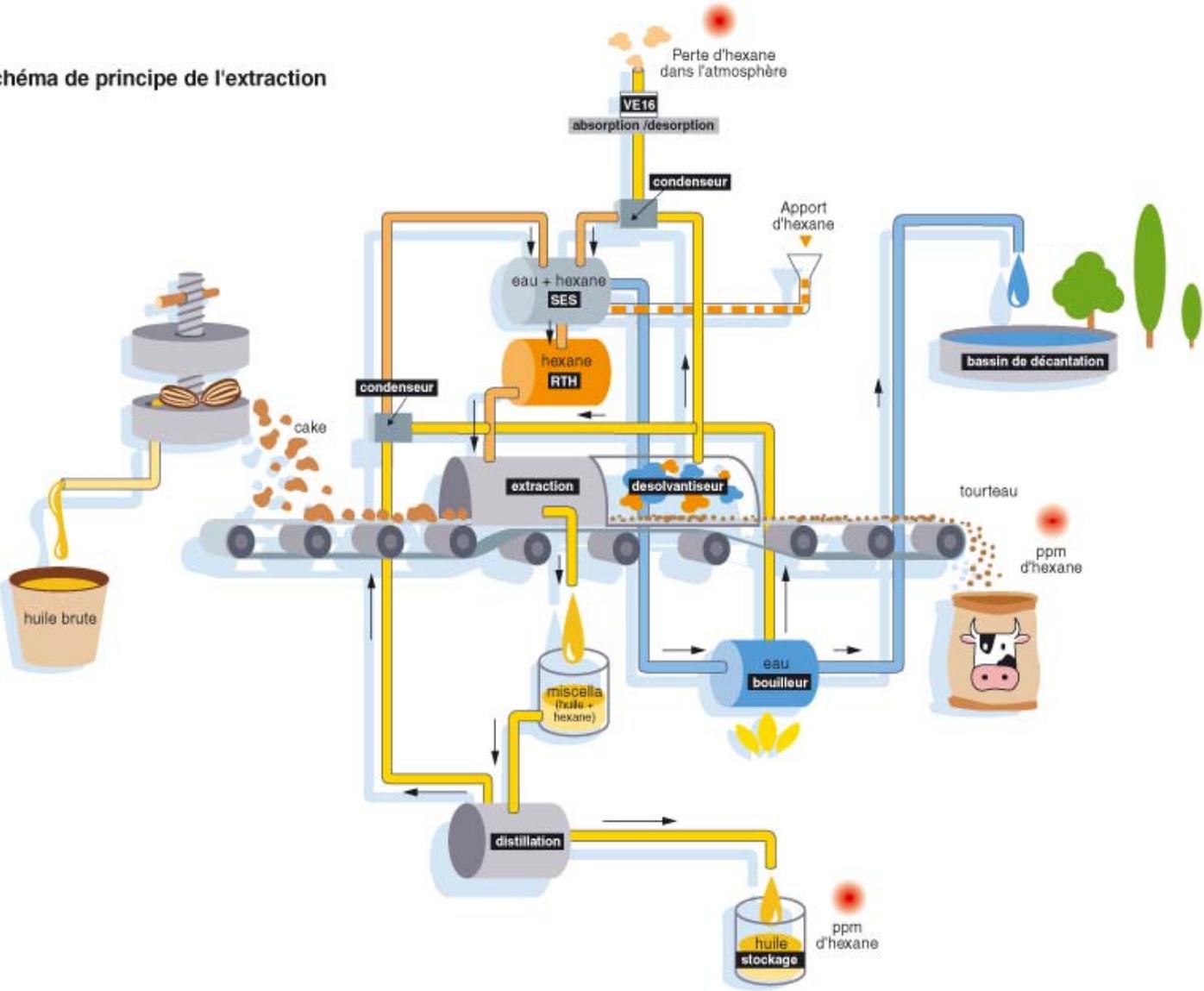
# ANNEXES

# **- Annexe 1 - Schéma de principe de l'extraction**

Cette annexe contient 1 page

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSU	
18/03/2005	Page : 50

Schéma de principe de l'extraction



**- Annexe 2 -**  
**Caractéristiques des sources,**  
**Mesures de concentrations et flux**  
**à l'émission**

Cette annexe contient 3 pages

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSu	
18/03/2005	Page : 52

# **- Annexe 3 - Cartes des résultats de calcul de risques**

Cette annexe contient 4 pages

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSu	
18/03/2005	Page : 53

# **- Annexe 4 - Signification des principales abréviations**

Cette annexe contient 3 pages

RNa.310/ A.12412/C.5A4604	
AC-CLD / JSu	
18/03/2005	Page : 54

A

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, USA  
ADI : Acceptable Daily Intake – USEPA  
AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments  
ATSDR Toxicological Profiles: US Agency for Toxic Substances and Disease Registry

C

CI : concentration inhalée  
CIRC : centre international de recherche contre le cancer  
CMA : concentrations maximales autorisées  
COV : Composés organiques volatiles  
COVNM : Composés organiques non méthaniques  
CSHSP : conseil supérieur d'Hygiène et de santé publique

D

DJE : dose journalière d'exposition en mg/kg/j  
DJT : dose journalière tolérable exprimée en mg/kg/j

E

EPA : Environmental Protection Agency  
ERI : Excès de Risque Individuel, probabilité d'apparition d'un excès de cancer pour un individu exposé à une dose ou une concentration de substance, durant sa vie entière  
ERU : Excès de Risque Unitaire  
ERUi : Excès de Risque Unitaire par Inhalation, correspond à la probabilité d'excès de risque cancer pour une exposition vie entière à une concentration standard de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'air ambiant  
ERUo : excès de risque unitaire par ingestion, ou probabilité d'excès de risque pour l'absorption par ingestion d'une dose exprimée en mg/kg/jour ou en  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ , durant vie entière, soit 70 ans

G

GV : guide value (valeur guide)

I

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, France  
InVS : Institut de Veille Sanitaire, France  
IR : indice de risque  
IRIS US-EPA : Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency

J

JECFA : Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, comité mixte d'experts OMS et ONU relatif aux additifs alimentaires et par extension aux apports de substances par cette voie

L

LOAEC : Lowest Observed Adverse Effect Critic  
LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level, plus petit effet toxique observé, correspond en français à DMENO, dose minimale pour laquelle un effet nocif est observé  
LOEL : lowest observed effect level

M

MRL : Minimal Risk Level, terminologie de l'ATSDR, comprenant les MRL or. relatifs à l'exposition par voie orale et les MRL inh. Relatifs à l'exposition par voie respiratoire, avec 3 durées d'exposition possibles : acute (ac) : 1-14 jours, intermediate (int) : 15-364 jours et chronic (ch) : 365 jours et plus

N

NOAEL : No Observed Adverse Effect Level, niveau de concentration d'un polluant ou dose expérimentale n'ayant pas entraîné d'effet nocif ou adverse, correspond en français à DSENO  
NOEC : No Observed Effects Concentration  
NOEL : No Observed Effect Level

O

OMS : Organisation Mondiale pour la Santé

Q

QD : quotient de danger

R

RfC : Reference Concentration, terminologie de l'USEPA, estimation de l'exposition continue par inhalation qui ne présente pas de risque appréciable d'effets néfastes durant une vie entière ; elle est exprimée en masse de substance par m<sup>3</sup> inhalé  
RfD : Reference Dose, terminologie de l'USEPA, dose exprimée en mg/kg/jour et correspondant à une absence d'effets nocifs, sur toute la durée de vie, y compris pour les populations sensibles et qui est relative à l'exposition par ingestion

S

Sfo : Oral Slope Factor

T

TDI : Tolerable Daily Intake –RIVM  
TERA : Société sans but lucratif, pour le meilleur usage des données toxicologiques, USA

TLV-TWA : Threshold Limit Value-Time Weighted Average, concentration sans effet sur la santé pour une exposition répétée 8 heures par jour, 40 heures par semaine

TRD : Total Resorbierte Dosis – UBA Umweltbundesamt

U
---

UE : Union Européenne

US EPA : United States Environmental Protection Agency, agence nationale de protection de l'environnement,

V
---

VLEP : Valeur Limite d'exposition professionnelle

VTR : Valeur Toxicologique de Référence, valeur exprimée en dose journalière ou en concentration dans l'air ambiant qui matérialise une relation dose-effet dans le cas d'une exposition par l'environnement ; les VTR sont établies par diverses instances nationales ou internationales

RNa.310/ A.12412/C.5A4604
---------------------------

AC-CLD / JSu
--------------

18/03/2005
------------

Page : 57
-----------