INSTITUT DE
VEILLE SANITAIRE

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
de Picardie
Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
du Nord Pas-de-Calais
CELLULE INTER RÉGIONALE
D'ÉPIDÉMIOLOGIE NORD

Evaluation des risques sanitaires encourus par les populations riveraines après une exposition prolongée aux polluants de la décharge d'ordures ménagères au lieu dit La Bistade

Novembre 2000

Participants

Institut de Veille Sanitaire

Département Santé Environnement

Frédéric Dor

Cette étude a été conduite en collaboration avec la CIRE Nord

Danièle ILEF

Sommaire

1. INTRODUCTION 5

1.1. CONTEXTE 5
1.2. CONNAISSANCES ACTUELLES 6

2. OBJECTIF 7

3. MÉTHODE 7

3.1. DÉTERMINATION DE LA ZONE D'ÉTUDE 7
3.2. DÉMARCHE D'ÉVALUATION DES RISQUES 8
3.3. IDENTIFICATION DES DANGERS 8
3.4. SÉLECTION DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE 9
3.5. ESTIMATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS 12
3.5.1. Potentiel d'exposition 12
3.5.2. Scénarios d'exposition 12
3.5.3. Mesures d'exposition 13
3.5.4. Calcul de l'exposition 16
3.6. CARACTÉRISATION DU RISQUE 16
3.6.1. Calcul du risque 16
3.6.2. Niveaux repères 17

4. RÉSULTATS 18

4.1. MESURES D'EXPOSITION 18
4.2. QUANTIFICATION DES RISQUES CANCÉROGÈNES ET SYSTÉMIQUES 19

5. DISCUSSION 20

5.1. MESURES D'EXPOSITION 20
5.2. RISQUES ENCOURUS 21

6. CONCLUSION 23

7. RÉFÉRENCES 25

1. Introduction

1.1. Contexte

La décharge située au lieu-dit La Bistade (région Nord Pas de Calais) est en activité depuis 1977. Elle est proche de deux communes comportant plusieurs groupes d'habitations. La première, Sainte Marie-Kerque est située sous le vent et est distante de la décharge d'environ 1 km ; la deuxième, Saint Pierre-Brouck est au vent à environ 400 m. En outre, le hameau de La Bistade, commun à ces deux communes est constitué de quelques habitations à proximité immédiate de la décharge. Celle-ci est actuellement autorisée à recevoir et traiter quotidiennement 400 tonnes de déchets dont la majorité sont des ordures ménagères. Elle est implantée dans une grande zone de champs agricoles et la rivière Aa coule à proximité.

Depuis 1997, la population résidant autour de ce centre d'enfouissement s'inquiète des conséquences de cette activité sur son état de santé. Plusieurs enquêtes ont été menées pour y répondre. Une enquête de perception des odeurs a montré un lien avec le lieu d'habitation. Un bilan sonore en limite de propriété et dans le voisinage de la décharge indique une augmentation des nuisances sonores liées à la mise en service de la salle de compostage sans que cela ait de conséquences sur le bilan vibratoire des habitations les plus proches (EOG 1997). Deux enquêtes épidémiologiques ont également été conduites pour déterminer la morbidité dans la population exposée (Bailly 1998, Empana 1999). Une enquête descriptive a montré que les habitants vivant à proximité de la décharge déclarait plus souvent des signes irritatifs et neuropsychologiques ; il n'a pas été mis en évidence de différence de consommation médicamenteuse. La deuxième étude n'a pas permis de conclure à un absentéisme scolaire plus important entre les élèves de La Bistade et ceux de Sainte-Marie Kerque, alors que les élèves de Saint-Pierre Brouck sont plus souvent absents que ceux de La Bistade et de Sainte-Marie Kerque. Cependant, compte tenu de la taille très modeste de la population et de la nature peu spécifique des effets sanitaires, le tout dans un contexte favorisant les biais de sélection et d'observation, la démarche épidémiologique atteignait ses limites pour estimer et caractériser l'importance des problèmes sanitaires potentiels.

1.2. Connaissances actuelles

Les connaissances acquises jusqu'à maintenant sur les conséquences sanitaires observées autour des centres d'enfouissement technique sont éparses. Les événements des années 80 aux Etats-Unis (Love Canal) et en France (Montchanin), surtout associés au stockage de déchets industriels, ont contribué à engendrer la suspicion dans la population sans que les recherches menées ultérieurement aient pu apporter un éclairage concluant (Dor 1998).

Pour comprendre la difficulté d'apprécier l'impact sanitaire de ces installations et d'analyser la littérature scientifique disponible, il est nécessaire d'avoir à l'esprit leur hétérogénéité. En effet, ces centres accueillent soit des déchets dangereux soit d'autres types de déchets dont les ménagers bien que cela ne devrait plus être théoriquement possible à partir de 2002. Les réglementations concernant l'implantation de ces centres, les dispositifs de protection contre les fuites des polluants dans les milieux (par percolation ou envol de gaz), les zones de protection les entourant et les conditions d'accessibilité diffèrent en fonction du type de centre de stockage et ont évolué au cours du temps. Ces différences s'observent également en fonction des pays. Aussi, les effets et les risques observés à une époque, en un endroit et pour une catégorie de décharges ne sont pas forcément extrapolables à un autre moment et à un autre lieu.

Globalement, bien qu'il n'y ait pas de réglementation, de nombreuses études ont contribué à connaître les émissions de polluants vers l'atmosphère. Ce sont surtout les composés organiques volatils (COV) qui ont fait l'objet de ces investigations, mais aussi plus ponctuellement certains métaux (Igniatidis 1996, Brosseau 1993, Feldman 1995).

La contribution des centres de stockage à la pollution environnementale (air, eau, sol, chaîne alimentaire) est souvent mal documentée dans la littérature. De même, l'exposition des populations n'est pas estimée à partir de mesures métrologiques mais généralement à partir de la distance du lieu d'habitation par rapport au centre d'enfouissement. Les différentes catégories de centres d'enfouissement réceptionnant des déchets de nature diverse, cette méthode d'estimation ne peut être satisfaisante car elle attribue une exposition identique tant pour les polluants

retrouvés aux abords que pour leurs concentrations. Les conclusions tirées sur les associations observées sont donc limitées (Dolk 1998).

Sur le plan sanitaire, les plaintes rapportées sont nombreuses : d'une part des troubles banals tels irritations, troubles psychologiques, céphalées et troubles digestifs (nausées, vomissements), mais aussi des effets plus graves tels que malformations congénitales, anomalies chromosomiques et cancers dont la localisation est fonction du toxique incriminé (Deloraine 1995, Dolk 1998, Goldberg 1999, Zmirou 1994).

2. Objectif

Face à la difficulté de répondre par une démarche épidémiologique à la caractérisation de la nature et de l'importance des effets sanitaires ressentis par la population vivant autour du centre d'enfouissement technique de La Bistade, l'Institut de Veille Sanitaire, sollicité par la DRASS le 28 juin 1999, propose de conduire une étude d'évaluation quantitative du risque.

L'objectif de l'étude est de quantifier les risques sanitaires encourus par la population vivant à proximité de la décharge d'ordures ménagères, après une exposition prolongée aux polluants émanant de cette décharge.

3. Méthode

3.1. Détermination de la zone d'étude

La détermination de la zone d'étude s'appuie d'une part sur la localisation des lieux de résidence de population d'où ont émané les plaintes sanitaires enregistrées et d'autre part sur la capacité de diffusion des émissions de polluants autour de la décharge.

Ainsi, des effets sanitaires ont essentiellement été déclarés par les habitants du hameau de La Bistade. Par ailleurs, compte tenu de la rose des vents de la région, la diffusion des polluants s'effectue principalement en direction du village de Saint-Pierre Brouck. Les vents sont orientés plus rarement vers le village de

Sainte-Marie Kerque. Les émissions de polluants étant au niveau du sol et compte tenu des premières mesures effectuées au sein de la décharge, des concentrations de polluants discernables du bruit de fond ne peuvent être raisonnablement quantifiés à plus de quelques centaines de mètres de la décharge dans l'une ou l'autre direction des deux villages.

En conséquence, la zone d'étude dans laquelle la population concernée réside, s'étend du village de Sainte-Marie Kerque à celui de Saint-Pierre Brouck, le lieu-dit La Bistade étant situé quasiment en son milieu.

3.2. Démarche d'évaluation des risques

Née aux Etats-Unis à l'aube des années 80, la démarche d'évaluation des risques consiste en une synthèse des faits scientifiques du moment pour quantifier les effets sanitaires d'une exposition des populations à un agent dangereux et éclairer les décisions dans un domaine d'incertitude et de connaissances fragmentaires (NRC 1983). Elle est structurée en quatre phases : (i) l'identification des dangers, (ii) la sélection des valeurs toxicologiques de référence, (iii) l'estimation de l'exposition des populations et (iv) la caractérisation du risque.

A chacune de ces étapes, il est important de formuler les hypothèses sur lesquelles reposent les choix effectués, hypothèses nécessaires compte tenu du manque de connaissances scientifiques.

3.3. Identification des dangers

Les polluants mesurés par le système de surveillance imposé par arrêté préfectoral, sont parmi ceux régulièrement détectés au sein de ce type d'activité. Pour compléter le dispositif, il a été décidé d'ajouter la mesure d'un certain nombre de métaux déjà quantifiés sur des décharges.

La sélection des polluants se fondera sur leur nocivité éventuelle analysée à partir des données scientifiques disponibles. En effet, les composés mesurés ne présentent pas tous la même pertinence, du point de vue sanitaire ; la nature de leurs effets, s'il en est, est variée.

Dans le cadre de l'étude, les effets sanitaires considérés sont ceux survenant après des expositions quotidiennes répétées sur une durée longue pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines d'années. Parmi l'ensemble des connaissances toxicologiques et épidémiologiques, celles acquises en population humaine ont été privilégiées par rapport à celles provenant d'études animales.

Les éléments présents dans les précédentes enquêtes, les connaissances actuelles sur les nuisances des décharges et des caractéristiques de la situation locale indiquent que les habitants des villages concernés par la décharge sont exposés aux émissions de la décharge quasi-exclusivement par inhalation. En effet, les captages d'eau sont à l'extérieur de la zone et les piézomètres situés en amont et en aval ne signalent pas d'impact du site (pas de différence de concentrations des polluants). De même, l'exposition provenant de la consommation de légumes et de fruits ne peut être envisagée car les polluants sont essentiellement volatils et leur diffusion dans l'atmosphère est rapide. Ce sont donc les effets délétères survenant après inhalation des polluants qui seront retenus.

A cette étape, l'ensemble des composés mesurés sont sélectionnés à l'exception des familles des benzène C3 et benzène C4 en raison de l'absence de données disponibles concernant leurs effets sur la santé. Il est nécessaire de préciser que bien que ces molécules aient une structure proche de celle du benzène, elles ne se comportent pas comme celui-ci, notamment en terme de toxicité. Il ne peut donc en aucun cas être envisageable d'assimiler les composés de ces deux familles au seul benzène et d'effectuer de quelconques calculs de risque sur la base d'une telle hypothèse.

3.4. Sélection des valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) représentent le lien entre la dose administrée de la substance et la survenue de l'effet sanitaire étudié. Elles sont le plus souvent établies pour un triptyque « polluant-effet sanitaire-voie d'exposition » et constituent des repères auxquels seront comparées les doses d'exposition calculées pour les populations. Quelques organismes, tels l'Organisation Mondiale de la Santé, le Centre International de Recherche sur le Cancer, l'agence américaine de protection de l'environnement (US EPA), l'Agency for Toxic Substances and Disease

Registry produisent de telles données. Cette étape de sélection s'attache à recenser et analyser les valeurs toxicologiques de référence (VTR) produites par ces divers organismes en s'appuyant sur des critères conduisant à la sélection des plus appropriées pour la situation étudiée.

Les critères retenus sont : (i) la préférence pour les études en population humaine par rapport aux études animales, (ii) l'explicitation des facteurs de sécurité retenus, (iii) la cohérence avec la voie d'exposition choisie (l'inhalation). Toutes choses égales par ailleurs, la VTR la plus conservatoire sera retenue, par prudence.

Dans cette étude, la voie d'exposition étant l'inhalation, les VTR retenues pour les effets cancérigènes sont exprimées sous la forme d'un excès de risque unitaire (ERU) ou Inhalation Unit Risk (IUR). Un excès de risque unitaire est la probabilité supplémentaire de survenue d'un cancer pour une exposition au polluant à une concentration de une unité de masse par mètre cube d'air durant la vie entière. Cet excès s'ajoute donc à ce qui s'observe dans la population en l'absence d'exposition au polluant incriminé.

Les VTR se rapportant aux effets non cancérogènes sont exprimées sous la forme d'une concentration admissible dans l'air (CAA). Cette concentration admissible représente la concentration de polluant au delà de laquelle on peut s'attendre à observer l'apparition d'un effet délétère dans la population exposée. En dessous de cette valeur, on considère que la population est protégée.

Le tableau 1 rassemble les données sélectionnées. On remarquera que les xylènes ne figurent pas dans le tableau car il n'existe pas de VTR référencée pour ces composés.

Pour le monoxyde de carbone, la valeur toxicologique de référence a été fixée pour une durée d'exposition de 8 heures. En effet pour une concentration constante dans l'air ambiant, l'équilibre physiologique en carboxyhémoglobine (fixation du monoxyde de carbone sur l'hémoglobine dans le sang) est atteint pour cette durée d'exposition. Cela explique qu'il n'y a pas lieu de pondérer cette valeur pour des durées d'exposition quotidienne plus longue, et notamment lorsque les populations sont

exposées pendant les 24 heures de la journée comme c'est le cas dans la présente étude (IPCS 1999).

Tableau 1 : sélection des polluants, de leurs propriétés toxiques et des valeurs toxicologiques de référence associées

A : polluants ayant des effets sanitaires cancérogènes

Polluant	Propriétés toxiques	Origine des données	Valeur Toxicologique de Référence exprimée en $(\mu g/m^3)^{-1}$	Source bibliographique
Benzène	Leucémie	Humaine	$2.2\ 10^{-6}$ à $7.8\ 10^{-6}$	OMS 2000 et IRIS* 2000
Chlorure de vinyle	Hépatocarcinome	Humaine	$8.8\ 10^{-6}$ (vie entière)	IRIS 2000
Trichloréthylène	Neurotoxicité	Animale	$4.3\ 10^{-7}$	OMS 2000
Dichlorométhane	Hépatocarcinome	Animale	$4.7\ 10^{-7}$	IRIS 1991

* IRIS : Integrated Risk Information System

B : polluants ayant des effets sanitaires systémiques

Polluant	Propriétés toxiques	Origine des données	Valeur Toxicologique de Référence	Source bibliographique
Toluène	Atteintes neurologiques	Humaine	0.4 mg/m^3	IRIS 1992
Ethylbenzène*	Augmentation du poids des organes	Animale	22 mg/m^3 (en moyenne annuelle)	OMS 2000
Chlorure de vinyle	Atteinte hépatique	Animale	0.1 mg/m^3	IRIS 2000
Manganèse	Altération neurocomportementale	Humaine	$5\ 10^{-5}$ mg/m^3	IRIS 1995
Mercure	Atteintes neurologiques sévères	Humaine	$3\ 10^{-1}$ µg/m^3	IRIS 1995
H_2S*	Irritation oculaire	Humaine	150 µg/m^3 (en moyenne 24 heures)	OMS 2000
Monoxyde de carbone	Neurotoxicité	Humaine	10 mg/m^3 (sur 8 heures)	IPCS 1999
Plomb*	Développement neurologique	Humaine	0.5 µg/m^3 (en moyenne annuelle)	OMS 2000
Tetrachloréthylène	Atteinte hépatique et neurologique	Humaine	250 µg/m^3	OMS 2000
Ammoniac	Irritation pulmonaire	Humaine	0.1 mg/m^3	IRIS 1991

* Les VTR retenues sont des valeurs guides de qualité d'air ayant un caractère réglementaire

Concernant le benzène, les instances internationales proposent un excès de risque unitaire sous la forme d'un intervalle. Dans le cadre de cette étude, c'est la valeur haute de l'estimation de la fourchette qui a été retenue.

3.5. Estimation de l'exposition des populations

Cette étape consiste d'abord à apprécier le potentiel d'exposition de la population concernée, c'est à dire qu'il convient de déterminer les possibilités et les modalités de contact entre la population et les polluants. Des scénarios d'exposition sont alors construits reposant sur ces données combinées avec les caractéristiques de la population d'intérêt. Le calcul de la dose d'exposition intervient dans un dernier temps.

3.5.1. Potentiel d'exposition

- *Population concernée*

Selon les données disponibles, sur l'ensemble de la zone dans laquelle les plaintes sanitaires initiales ont été relevées, le nombre d'habitants, tous âges confondus à partir de 5 ans, se répartit comme suit sur les deux communes : 769 personnes à Saint Pierre Brouck, 1249 à Sainte Marie Kerque et 228 au hameau La Bistade.

- *Modalités de contact population -polluant*

L'analyse du contexte de la situation indique que les habitants des communes sont exposés par inhalation aux polluants émis par la décharge. Le contact entre la population et les polluants s'effectue donc à partir du moment où les personnes sont présentes dans la zone d'étude déterminée.

3.5.2. Scénarios d'exposition

La construction des scénarios d'exposition repose sur la détermination de la durée quotidienne d'exposition, la fréquence et la période auxquelles cette exposition se produit.

La durée quotidienne d'exposition est fixée à 24 h pour les personnes constituant la population d'intérêt. Cela revient à dire qu'elles restent dans l'environnement de la décharge tout au long de la journée. Cette hypothèse est prudente mais se justifie pour tenir compte de tous ceux dont les activités ne les conduisent pas à s'éloigner des communes concernées.

La fréquence annuelle de l'exposition est choisie à 11 mois, considérant qu'en moyenne environ 30 jours dans l'année les personnes se tiendront éloignés de ce lieu pour des raisons de vacances ou autres déplacements.

Au regard des informations sur la durée de résidence des personnes dans le village, on relève qu'un peu plus de 25 % y habitent depuis plus de 25 ans, date d'ouverture de la décharge. On peut donc formuler l'hypothèse que la population actuelle, habitant autour du centre d'enfouissement technique, sera exposée aux polluants émanant de celui-ci pendant une période pouvant atteindre 50 ans. C'est cette durée qui est retenue dans le cadre du calcul des risques sanitaires encourus.

L'ensemble des éléments précédents conduit à un scénario plutôt pénalisant pour l'exposition des personnes. Les risques calculés à partir de ces expositions seront donc plutôt élevés par rapport à la réalité.

3.5.3. Mesures d'exposition

Un arrêté préfectoral, en date du 13 janvier 2000, impose des prescriptions qui ont pour objet d'organiser un système de surveillance quotidien, ou plus ponctuel, des nuisances atmosphériques occasionnées par l'activité de mise en décharge des ordures ménagères. Ce système prévoit de réaliser des prélèvements en six points distincts dans et autour de la décharge.

Concernant la surveillance quotidienne, les polluants visés par cet arrêté relèvent du suivi des odeurs (limonènes et paracymènes) et de composés organiques volatils tel le benzène. Avec une fréquence semestrielle, les autres molécules visées sont H_2S, ammoniac, dichlorométhane, trichloréthylène, chlorure de vinyle, monoxyde de carbone. Dans le cadre de cette étude, et pour les campagnes de mesure

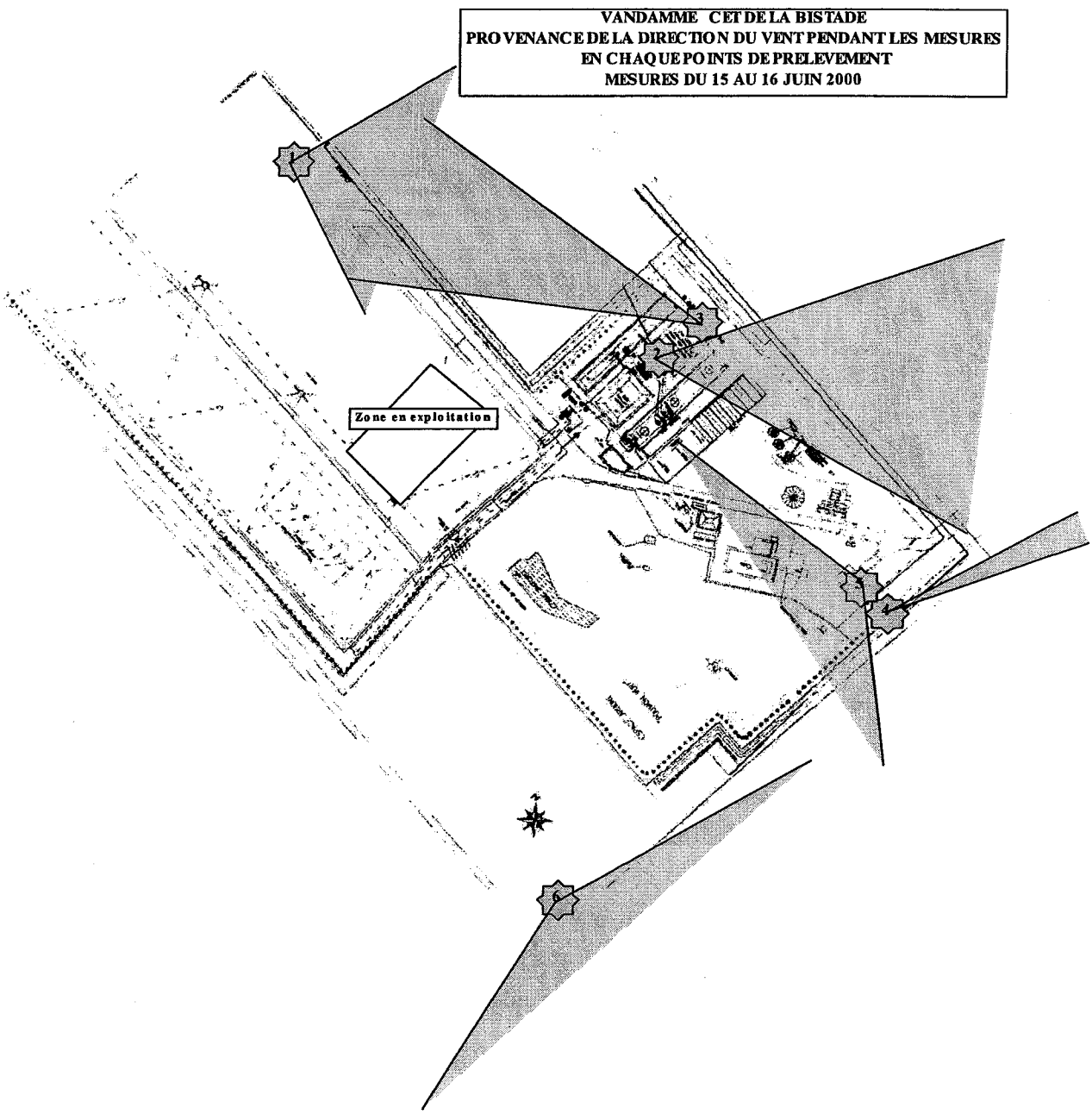
organisées, la mesure de métaux (plomb, manganèse, arsenic, mercure...) a été ajoutée afin de couvrir l'ensemble des polluants dont la littérature fait état autour des décharges.

Ces campagnes de mesure ont été réalisées les 15 et 16 juin 2000 par la société EUROPOLL. Elles constituent le point de départ de la mise en place du système de surveillance imposé par l'arrêté préfectoral. Les modalités pratiques ont consisté à effectuer les prélèvements successivement au cours de la journée à l'emplacement des six capteurs prévus par l'arrêté préfectoral. Les durées des prélèvements des échantillons d'air ont varié de quelques minutes à 2 heures maximum en fonction de la sensibilité de la méthode analytique prévue pour les quantifier. Chaque point de prélèvement a été placé à une hauteur de 2 mètres au dessus du sol. Les méthodes analytiques employées pour quantifier les composés répondent aux normes AFNOR en vigueur.

Trois points de prélèvement permettent d'apprécier les concentrations de polluants au cœur même des activités inhérentes à la décharge (points 1, 2 et 5 sur la carte ci-dessous). Les trois autres points ont été disposés de manière à pouvoir caractériser les niveaux de pollution ambiante aux abords immédiats de la décharge. Compte tenu de la proximité des premières habitations, les teneurs mesurées au niveau de ces trois points sont considérées comme reflétant l'exposition de leurs occupants et, par extension, de l'ensemble des habitants des deux villages de Sainte-Marie Kerque et Saint-Pierre Brouck.

Une seule mesure de chaque polluant a été effectuée en chacun des trois points situés aux abords immédiats de la décharge. Elles ne reflètent que l'instant de la mesure et ne permettent pas d'avoir une connaissance de l'amplitude des concentrations de polluants dans le temps. Aussi, par hypothèse, la concentration atmosphérique retenue pour caractériser l'exposition des populations à chaque polluant est la plus élevée de celles enregistrées à l'un de ces trois points de mesure. Une deuxième hypothèse considère que cette concentration est identique tout au long de la période d'exposition. Ces deux hypothèses ont été délibérément choisies pour être prudentes, par rapport aux données disponibles, et fournir des estimations hautes des risques encourus par les habitants.

Carte descriptive de l'emplacement des sites de prélèvements atmosphériques.



3.5.4. Calcul de l'exposition

L'équation mathématique permettant de calculer la concentration moyenne du polluant à laquelle sera exposée une personne pendant sa vie s'écrit de la manière suivante :

$$CAE = Cp \times \theta exp \times \frac{DE}{TP} \quad \text{(équation 1)}$$

avec

CAE : Concentration Atmosphérique d'Exposition en mg/m^3 ou $\mu g/m^3$
Cp : Concentration atmosphérique du polluant étudié en mg/m^3 ou $\mu g/m^3$
θexp : proportion de jours d'exposition pendant un an
DE : Durée d'Exposition en années
TP : Temps de Pondération en années

Pour les effets cancérogènes, les valeurs toxicologiques de référence sont établies pour une exposition sur l'ensemble de la vie d'une personne. Lorsque la durée d'exposition est inférieure à la vie entière, il est nécessaire de pondérer le calcul de la dose ou concentration d'exposition afin de la rendre comparable à la valeur toxicologique de référence. C'est pourquoi le terme TP (temps de pondération) est introduit dans l'équation et est égal à la vie entière soit conventionnellement 70 ans.

Pour les effets non cancérogènes, les valeurs toxicologiques de référence sont applicables dès lors que la durée d'exposition excède 7 années, ce qui est le cas dans notre scénario d'exposition.

3.6. Caractérisation du risque

3.6.1. Calcul du risque

Cette dernière étape combine les informations recueillies ou calculées lors des trois étapes précédentes afin de quantifier la probabilité individuelle et collective de

survenue des effets dans la population. Les risques sont déterminés pour chaque polluant séparément et pour chaque effet ou danger considéré.

Concernant les effets cancérogènes, un excès de risque individuel (ERI) est calculé, produit de la dose d'exposition par l'excès de risque unitaire (ERU) du polluant considéré.

L'équation s'écrit : $ERI = ERU_{inh} \times CAE$ (équation 2)

Pour les effets non cancérogènes, c'est le résultat d'un ratio de danger (RD), c'est à dire le rapport entre la dose d'exposition et la valeur toxicologique de référence, soit dans ce cas une concentration de référence (CAA).

L'équation s'écrit : $RdD = CAE / RfC$

3.6.2. Niveaux repères

- *Risque systémique*

Un ratio de danger égal à 1 indique que la concentration atmosphérique à laquelle est exposée une personne et celle établie comme valeur toxicologique de référence sont identiques. Pour toute valeur du RD inférieure à un, on ne s'attend pas à observer l'apparition d'effets sanitaires. Les résultats obtenus seront analysés au regard de cette valeur repère.

- *Risque cancérogène*

Des instances nationales et internationales ont retenu divers niveaux pour gérer les risques notamment cancérigènes. Dans cette étude, le choix s'est porté sur un excès de risque individuel de 1 pour 100 000 (10^{-5}) lors d'une exposition prolongée sur la vie entière, car c'est celui qui est le plus couramment employé pour fixer des valeurs réglementaires de qualité des milieux. Cet excès représente l'apparition d'un cas de cancer supplémentaire dans une population de 100 000 personnes, en plus de tous ceux que l'on observerait en l'absence d'exposition au polluant.

4. Résultats

4.1. Mesures d'exposition

Les concentrations de polluants enregistrées aux points de prélèvement situés en limite de décharge sont rassemblées dans le tableau 2. Nombreux sont les polluants dont les concentrations sont inférieures à la limite de détection analytique aux trois points de mesure. C'est le cas des métaux qui, par commodité, sont regroupés sans identification particulière dans le tableau sous le vocable 'métaux'. Pour les autres, des teneurs ont été mesurées sur l'ensemble des points mais elles sont proches de la limite de détection analytique, excepté pour l'ammoniac. La concentration de ce composé n'est cependant supérieure à la limite de détection qu'en un seul site de prélèvement, celui situé à proximité de la zone de compostage de déchets vert et du bassin de traitement des lixiviats.

Tableau 2 : Concentrations environnementales maximales mesurées à l'un des trois points de mesures extérieurs au site de la décharge pour chacun des polluants mesurés.

Polluant	Concentration maximale	Concentration environnementale*
CO (mg/m^3)	1.1	1-2
Benzène ($\mu g/m^3$)	2.0	2-5
Toluène ($\mu g/m^3$)	7.2	10-15
Ethylbenzène ($\mu g/m^3$)	0.8	1-3
Dichlorométhane ($\mu g/m^3$)	<	1-13
Chlorure de vinyle ($\mu g/m^3$)	<	0-20
Trichloréthylène ($\mu g/m^3$)	0.15	1-10
Tetrachloréthylène ($\mu g/m^3$)	0.22	1-5
H_2S (mg/m^3)	<	-
NH_3 ($\mu g/m^3$)	112	10-40
Métaux ($\mu g/m^3$)	<	-

*concentration mesurée dans l'air ambiant au niveau de stations éloignées de toutes sources émettrices de pollution

Les résultats concernant les autres points de prélèvement placés au niveau des lieux d'activités principales dans l'enceinte de la décharge sont donnés en annexe. Là encore, aucun métal n'est quantifié dans l'enceinte de la décharge. L'ammoniac n'est retrouvé qu'au niveau de la zone de compostage et du bassin de traitement des lixiviats. L'influence sur le point de prélèvement situé en limite de décharge est donc manifeste.

4.2. Quantification des risques cancérogènes et systémiques

Le tableau 3 rassemble les résultats de la quantification des risques systémiques et cancérogènes encourus par les habitants des villages vivant autour de la décharge. Seuls les polluants pour lesquels une exposition a pu être prise en compte sont présentés.

Les ratios de danger calculés pour estimer les conséquences sanitaires systémiques sont très en deçà de la valeur repère 1, hormis l'ammoniac (NH_3) pour qui ce ratio est égal à 1. Pour ce dernier composé, la concentration d'exposition est égale à la valeur toxicologique de référence.

Tableau 3 : quantification des risques encourus par les populations vivant à proximité de la décharge

Polluant	Effets sanitaires	Excès de risque individuel de cancer	Ratio de danger
Effets cancérigènes			
Benzène	Leucémie	$1\ 10^{-5}$	
Trichloréthylène	Neurotoxicité	$4.2\ 10^{-8}$	
Effets Systémiques			
Toluène	Atteintes neurologiques		0.02
Ethylbenzène	Reproduction		<0.01
Monoxyde de carbone	Neurotoxicité		0.1
Tetrachloréthylène	Atteintes hépatique et neurologique		<0.01
Ammoniac	Irritation pulmonaire		1

Concernant les probabilités de survenue des cancers, le calcul inhérent au benzène conduit à un excès de risque individuel de 10^{-5}, après une exposition continue pendant 50 ans à la concentration atmosphérique maximale mesurée autour de la décharge de 2 µg/m^3, tandis que celui ayant trait au trichloréthylène est de 4,2 10^{-8}.

5. Discussion

5.1. Mesures d'exposition

Le dispositif de surveillance de la décharge de la Bistade imposé par arrêté préfectoral a prévu la localisation de points de prélèvements aux abords immédiats de la décharge. Compte tenu de l'emplacement d'un certain nombre d'habitations à proximité du centre d'enfouissement, l'hypothèse a été faite que les valeurs enregistrées en ces points correspondent aux teneurs auxquelles est exposée la population de la zone d'étude à savoir du hameau et des deux villages éloignés d'environ 0.5 et 1 kilomètre de l'activité.

Le nombre limité de mesures effectuées, ainsi que les faibles durées de prélèvement, ne permettent pas de connaître l'amplitude des concentrations des polluants aux abords immédiats de la décharge. Par ailleurs, l'analyse des conditions météorologiques lors de la campagne de mesure indique que les points de prélèvement retenus pour apprécier l'exposition des populations n'étaient pas sous le vent de la décharge au moment des mesures. Celle-ci peut donc avoir été sous-estimée. Cependant, les concentrations relevées dans l'enceinte de la décharge les mêmes jours leur sont très peu supérieures (cf. annexe). Même si la comparaison ne peut être faite en toute rigueur, puisque les moments de prélèvement sont différents pour chacun des sites de mesure, les processus de diffusion et de dilution des polluants avec l'éloignement par rapport à la source suggèrent que les valeurs enregistrées ne sont pas incohérentes avec celle que l'on auraient eu si les prélèvements avaient été effectués au même moment. Ainsi, le choix de retenir la concentration maximale enregistrée à l'un des trois sites de prélèvement et de considérer qu'elle devenait valable pour l'ensemble de la zone dans laquelle réside la population trouve une justification.

7. Références

Bailly C., Ilef D., Therouanne M. Enquête épidémiologique sur la morbidité de la population riveraine de la décharge d'ordures ménagères de Ste Marie-Kerque, Rapport DRASS-CIRE-DDASS, 32p., février 1998.

Brosseau J et Heitz M. Trace gas compound emissions from municipal landfill sanitary sites. Atmosph. Environm. 28 (2) , 285-293, 1994

CSHPF (Conseil Supérieur d'hygiène Publique de France), Section des milieux de vie, Avis relatif au projet de directive concernant la pollution de lair ambiant par le benzène, séance du 17 septembre 1997

Deloraine A., Zmirou D., Tillier C., et al. Case control assessment of the short term health effects of an industrial toxic waste landfill. Environ. Research, 68, 124-132, 1995

Dolk H., Vrijheld M., Armstrong B., Risk of congenital anomalies near hazardous-wastelandfill sites in Europe : the Eurohazcon study, The Lancet, 352, 423-427, 1998.

Dor F., Santé-Déchets : Certitudes et Incertitudes, Environnement et Technique, 176, 27-29, 1998.

Empana J.P., Caullier C., Ilef D., Bailly C., Therouanne M. L'absenteisme scolaire des enfants de Sainte Marie-Kerque et Saint Pierre-Brouck. Rapport DRASS-CIRE-DDASS Pas de Calais, 7p, 1999.

E.O.G. SA, Etudes des odeurs émises par le centre technique de stockage de La Bistade à Sainte Marie-Kerque. Partie 1 : enquête sur les nuisances perçues autour du centre technique de stockage, rapport, 17p., Août 1997.

E.O.G. SA, Etudes des odeurs émises par le centre technique de stockage de La Bistade à Sainte Marie-Kerque. Partie 2 : diagnostic des émissions odorantes, rapport, 16p., Août 1997.

Feldmann J. Hirner AV. Occurrence of volatile metal and metalloid species in landfill and sewage gases. Intern. J. Environ. Anal. Chem. 60, 339-359, 1995

Igniatidis I., Coliche C., Abou Akar A. Battaglia F., Lesueur H. Etude des phénomènes responsables de l'encrassement ou du colmatage des drains servant à la collecte des lixiviats dans les centres de stockage de déchets. Rapport Final (convention Ademe - BRGM 47 4 0037) Rap BRGM 39076, 167 p, 28 fig, 34 tab, 1 ann. 1996

IPCS (International Programme on Chemical Safety), Environmental Health criteria 213 : Carbon Monoxide (Second Edition), 464p., 1999.

IRIS (Integrated Risk Information System), US EPA, Base de données toxicologique, http://www.epa.gov/iris

Nedellec V., Courgeau D., Empereur-Bissonnet P. La durée de résidence des français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués, Energies Santé, 4 (91), 503-515, 1998.

NRC (National Research Council), Committee on the institutional means for assessment of risks to public health. Risk assessment in the federal government : managing the process. Nat. Acad. Press Washington DC (USA), 1983.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Guidelines for Air Quality, Genève, 2000

Schusterman D. Critical review : the health significance of environmental odor pollution. Arch. Environ. Health, 47, 76-87, 1992

Zmirou D., Deloraine A., Saviuc P. et al. Short term health effects of an industrial toxic waste landfill : a retrospective follow-up study. Arch. Environ. Health, 49, 228-238, 1994

ANNEXE

(Extraits du rapport EUROPOLL)

RESULTATS DES CONCENTRATIONS DES PARAMETRES REGLEMENTAIRES.

Le tableau suivant présente l'ensemble des résultats des concentrations des composés réglementaires de l'article 5 de l'arrêté préfectoral, présents dans l'air ambiant, à proximité des 6 capteurs du réseau de surveillance atmosphérique du CET.

Paramètres réglementaires	Concentrations point 1	Concentrations point 2	Concentrations point 3	Concentrations point 4	Concentrations point 5	Concentrations point 6	Nombre d'espèces
Date	16-juin	16-juin	15-juin	16-juin	15-juin	16-juin	
Période de mesure H2S et RSH	10h37 à 12h17	15h55 à 17h25	10h42 à 12h42	18h10 à 18h55	14h04 à 16h07	14h à 15h30	
H2S en mg/Nm3	<0,005	<0,005	<0,003	<0,005	<0,003	<0,005	1
NH3 en mg/Nm3	<0,039	<0,047	0,112	<0,038	0,047	<0,049	1
Période de mesure COV et CO	11h à 12h	16h10 à 17h10	11h25 à 12h25	18h10 à 18h55	14h37 à 15h37	14h15 à 15h15	
CO en mg/Nm3	0,577	0,465	0,43	0,396	1,12	1,120	1
Total COV réglementaires en µg/Nm3	11,98	8,48	6,05	3,50	62,61	14,46	
BENZENE	1,29	0,94	1,02	0,58	4,17	2,02	1
TOLUENE	5,71	3,62	0,90	1,56	18,27	7,15	1
ETHYL BENZENE	0,60	0,35	0,29	0,17	3,07	0,78	1
P+M XYLENE	1,29	0,98	1,02	0,35	8,69	1,86	1
O-XYLENE	0,44	0,28	0,18	0,08	2,61	0,69	1
PARACYMENE	0,04	0,07	0,26	0,03	1,22	0,18	1
BENZENE C3 *	1,52	1,14	0,70	0,46	8,61	0,98	8
BENZENE C4 *	0,54	0,48	0,58	0,15	3,56	0,38	17
DICHLOROMETHANE	<	<	<	<	<	<	1
CHLORURE DE VINYL	<	<	<	<	<	<	1
TRICHLOROETHYLENE	0,19	0,12	0,08	0,02	0,21	0,15	1
TETRACHLOROETHYLENE	0,29	0,11	0,04	0,02	2,17	0,22	1
LIMONENE	0,05	0,32	0,91	0,08	9,62	0,04	1
ALPHA PINENE	0,01	0,09	0,06	0,01	0,38	0,01	1
ALPHA TERPINEOL	<	<	<	<	<	<	1

Nota : Dans le tableau le signe "<" indique que ces composés n'ont pas été détectés par spectrométrie de masse au seuil d'environ 0,005 µg/Nm3.

* : Les lignes correspondantes aux appellations "Benzène C3" et Benzène C4" sont le résultat de la somme des composés monoaromatique contenant respectivement 9 et 10 atomes de carbones.

Détail de ces composés identifiés et quantifiés par spectrométrie de masse.

Liste de détails des COV "Benzène C3" et "Benzène C4"		Concentrations point 1	Concentrations point 2	Concentrations point 3	Concentrations point 4	Concentrations point 5	Concentrations point 6
		µg/Nm3	µg/Nm3	µg/Nm3	µg/Nm3	µg/Nm3	µg/Nm3
		16-juin	16-juin	15-juin	16-juin	15-juin	16-juin
BENZENE C3 *		**1,52**	**1,14**	**0,70**	**0,46**	**8,61**	**0,98**
ISOPROPYLBENZENE	C9H12	0,35	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
N-PROPYLBENZENE	C9H12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,33	0,06
1-METHYL-3-ETHYLBENZENE	C9H12	0,19	0,14	0,04	0,16	2,18	0,18
1-METHYL-4-ETHYLBENZENE	C9H12	0,17	0,15	0,11	0,08	0,50	0,01
METHYL STYRENE	C9H10	0,02	0,03	0,01	0,02	0,16	0,03
1,3,5-TRIMETHYLBENZENE	C9H12	0,10	0,15	0,09	0,04	1,01	0,15
1-METHYL-2-ETHYLBENZENE	C9H12	0,15	0,11	0,09	0,06	0,80	0,13
1,2,4-TRIMETHYLBENZENE OU TERT-BUTYLBENZENE	C9H12	0,45	0,46	0,27	0,02	3,60	0,40
BENZENE C4 *		**0,54**	**0,48**	**0,58**	**0,15**	**3,56**	**0,38**
1-METHYL-3-ISOPROPYLBENZENE	C10H14	0,11	0,10	0,10	0,05	0,83	0,08
BENZENE 2 PROPENYL	C10H12	0,03	0,02	0,03	0,01	0,19	0,02
1-METHYL-2-ISOPROPYLBENZENE	C10H14	0,03	0,02	0,04	0,00	0,30	0,03
1-METHYL-3-N-PROPYLBENZENE	C10H14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11	0,01
1-METHYL-4-N-PROPYLBENZENE	C10H14	0,04	0,02	0,04	0,01	0,17	0,02
N-BUTYLBENZENE	C10H14	0,03	0,02	0,03	0,01	0,07	0,02
1,3-DIMETHYL-5-ETHYLBENZENE	C10H14	0,00	0,03	0,03	0,00	0,16	0,03
1,2-DIETHYLBENZENE	C10H14	0,16	0,20	0,15	0,03	0,67	0,11
1-METHYL-2-N-PROPYLBENZENE	C10H14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,4-DIMETHYL-2-ETHYLBENZENE	C10H14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALKYLBENZENE M=134 22	C10H14	0,06	0,03	0,06	0,02	0,46	0,02
ALKYLBENZENE M=134 23	C10H14	0,05	0,02	0,04	0,01	0,21	0,03
1,2-DIMETHYL-4-ETHYLBENZENE	C10H14	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
1,3-DIMETHYL-2-ETHYLBENZENE	C10H14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2-DIMETHYL-3-ETHYLBENZENE	C10H14	0,01	0,01	0,02	0,01	0,17	0,01
BENZENE METHYL PROPENYL	C10H12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
ALKYLBENZENE M=132 27	C10H12	0,00	0,01	0,03	0,00	0,15	0,01

Résultats des teneurs en métaux

	Point 3 (sous le vent du CET)	Point 3 (hors vent du CET)	Point C (centre du CET)
Poussières (µg/m³)	83.6	83.9	160.3
Mercure (µg/m³)	< 0.02	< 0.03	< 0.02
Cadmium (µg/m³)	< 0.07	< 0.12	< 0.06
Arsenic (µg/m³)	< 0.35	< 0.60	< 0.26
Chrome (µg/m³)	< 0.35	< 0.60	< 0.26
Cobalt (µg/m³)	< 0.35	< 0.60	< 0.26
Magnesium (µg/m³)	< 0.35	< 0.60	< 0.26
Nickel (µg/m³)	< 0.35	< 0.60	< 0.26
Plomb (µg/m³)	< 0.35	< 0.60	< 0.26

- Un point a été choisi au centre du CET.
- Un point en amont du CET. (hors vent)
- Un point en aval du CET. (sous le vent du CET).