ETUDE D'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES ENCOURUS PAR LA POPULATION RESIDANT A PROXIMITE DE LA PAPETERIE ASSIDOMAN-KAPPA A MENNECY

Frédéric Dor

Philippe Germonneau

Janvier 2003

SOMMAIRE

Résumé 5
1. Contexte 7
2. Objectifs 7
3. Matériel et méthode 8
3.1. Identification des agents dangereux et dangers associés 8
3.1.1. Agents dangereux générés par l'activité industrielle 8
3.1.1.1. Recensement et sélection des agents dangereux 8
3.1.1.2. Effets sanitaires des polluants 9
3.2. Valeurs Toxicologiques de Référence 10
3.3. Quantification de l'exposition de la population 11
3.3.1. Potentiel d'exposition 11
3.3.1.1. Délimitation de la zone géographique d'étude 11
3.3.1.2. Caractérisation de la population et des voies d'exposition 11
3.3.2. Scénarios d'exposition 14
3.3.2.1. Caractérisation du milieu atmosphérique 14
3.3.2.2. Paramètres d'exposition 15
3.3.3. Quantification de l'exposition 16
3.4. Caractérisation des risques sanitaires 16
3.4.1. Calcul des QD et des ERI 16
3.4.2. Interprétation des résultats 17
4. Résultats 18
4.1. Agents dangereux retenus 18
4.2. Dangers des polluants recensés 18
4.2.1. Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) 19
4.2.1.1. Benzène 19
4.2.1.2. Ethylbenzène 20
4.2.1.3. Toluène 21
4.2.1.4. Xylènes 21
4.2.2. Aldéhydes et cétones 22
4.2.2.1. Formaldéhyde 22
4.2.2.2. Acétaldéhyde 23
4.2.2.3. Acétone 25
4.2.3. Bilan 25
4.2.4. Autres polluants 26
4.3. Quantification des expositions 29
4.3.1. Indicateurs de concentrations atmosphériques 29
4.3.2. Concentrations d'exposition 31
4.4. Caractérisation des risques sanitaires 31
4.4.1. Risques cancérogènes 31
4.4.2. Risques non cancérogènes 31
5. Discussion 33
5.1. Caractérisation de l'air 33
5.2. Risques sanitaires pour la population 34
6. Conclusions 35
7. Références 36
Annexes 37

RESUME

Les riverains de la papeterie de Mennecy s'inquiètent de savoir si des composés, odorants ou non, émis par la papeterie implantée sur la commune, sont à l'origine de troubles pour leur santé. L'étude mise en place a pour objectif de quantifier les risques sanitaires encourus par la population exposée de façon prolongée aux polluants émis par la papeterie. La démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires a été mise en œuvre.

La délimitation géographique de la zone d'étude s'est appuyée sur la localisation des plaintes de la population. La population concernée est celle qui réside dans cette zone. Les polluants d'intérêt sont ceux émis au cours du process par la papeterie et qui ont été mesurés sur un des capteurs situés dans cet espace géographique.

Les effets sanitaires et les valeurs toxicologiques de référence des polluants ainsi sélectionnés ont été recherchés dans la littérature scientifique. Trois scénarios d'exposition ont été construits pour un adulte sédentaire, un enfant résidant et se déplaçant dans la zone d'étude et un enfant fréquentant l'école située dans cette zone mais habitant à l'extérieur de celle-ci. Les concentrations des polluants dans l'atmosphère sont enregistrées sur un pas de temps hebdomadaire. Elles ont été mesurées lors d'une campagne menée sur 10 semaines consécutives (décembre 2001 – janvier 2002). Les résultats de la caractérisation des risques sont exprimés sous forme de quotient de danger et d'excès de risque individuel.

Trois familles de composés sont incluses dans l'étude : les hydrocarbures aromatiques monocycliques, les aldéhydes et cétones, les acides organiques. Au total 25 composés sont identifiés et retenus. Il n'a été possible de quantifier les risques sanitaires que pour 7 d'entre eux, en raison d'absence de données pour les autres.

Les résultats des concentrations des polluants dans l'air indiquent une homogénéité spatiale dans la zone d'étude. Les variations temporelles enregistrées sont faibles et sont principalement liées aux évolutions des conditions météorologiques au cours de la période de mesure. Ainsi, la concentration hebdomadaire moyenne de chaque polluant sur l'ensemble de la zone et la période d'étude a été retenue pour estimer l'exposition sur le long terme (quelques années) ; la concentration maximale hebdomadaire enregistrée sur l'un des capteurs a servi de base au calcul de l'exposition subchronique (quelques semaines d'exposition).

Les risques sanitaires encourus par la population sont tous inférieurs ou égaux à la valeur repère classiquement retenue par de nombreuses instances nationales et internationales. Les risques les plus élevés sont calculés pour le cas le plus défavorable de l'adulte sédentaire qui vivrait la quasi-totalité des jours de sa vie dans la zone d'étude et soumis en permanence à la concentration moyenne (exposition chronique).

Il n'y a pas de risques sanitaires inacceptables liés à une exposition à moyen et long terme aux composés inclus dans l'étude.

Par ailleurs, les concentrations des polluants enregistrées dans la zone d'étude sont spatialement homogènes ; elles sont du même ordre de grandeur que celles mesurées habituellement dans une atmosphère urbaine. Ainsi, l'imputabilité de la papeterie à la pollution atmosphérique et à l'exposition des populations semble très modeste.

Cependant, le déroulement de cette démarche a permis d'identifier des polluants pour lesquels le manque d'information a empêché toute quantification possible des risques sanitaires et donc les axes de recherche à développer pour combler ces lacunes.

1. CONTEXTE

Depuis 1997, les habitants de MENNECY font état de nuisances olfactives fortes provenant de la papeterie Lecoursonnois, reprise depuis par la société Assidoman KAPPA. Ces nuisances sont apparues en même temps que la mise en œuvre du « rejet 0 » par l'industriel, c'est à dire la suppression des rejets aqueux dans l'Essonne au profit d'un recyclage des effluents. Plusieurs associations de riverains sont intervenues pour que soit résolu ce problème d'odeurs : l'association de refus des odeurs à MENNECY, (AROM) ; l'association de défense de l'environnement de Mennecy et d'Ormoy; (ADEMO) ; l'association pour la sauvegarde de la sécurité de l'environnement et du patrimoine du vieux Mennecy, (ASSEP). Leur action est soutenue par la mairie de MENNECY.

Des mesures de polluants à l'émission de la papeterie ont été réalisées par le bureau de contrôle A.I.N.F.[1] en 1997 ainsi que par l'INERIS[2] en 1999 [1]. Cette dernière campagne de mesures et d'évaluation de l'impact, menée en association avec l'exploitant, les associations et l'administration ne mettait pas en évidence d'impact sanitaire, mais ponctuellement, l'existence d'une gêne olfactive dans l'environnement très proche de l'usine.

En Mai 2000, le Préfet a mis en place une Commission Locale d'Information (CLI) autour de la papeterie, et a créé un comité technique issu de cette instance pour répondre à l'inquiétude des riverains, à savoir si des composés émis par la papeterie, odorants ou non, n'étaient pas à l'origine de troubles pour leur santé. Pour répondre à cette question, la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires a été adoptée lors de la CLI du 12 octobre 2000.

2. OBJECTIFS

L'interrogation de la population était double : d'une part elle concernait la survenue d'effets sanitaires, conséquence d'une exposition quotidienne, prolongée, aux polluants, odorants ou non, émis par la papeterie ; d'autre part elle concernait la possibilité d'expliquer la survenue d'odeur.

La nature des campagnes de mesures environnementales à mettre en œuvre pour répondre à chacune de ces interrogations est différente. Pour les effets sanitaires à long terme, il s'agit de déterminer les concentrations environnementales sur des périodes longues de 1 à

[1] *A.I.N.F : Association des Industriels du Nord de la France*
[2] *INERIS : Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels*

plusieurs semaines tandis que pour la perception des odeurs, il s'agit d'identifier les pointes de pollution sur des temps aussi brefs que quelques minutes. Dans le cadre de la commission locale d'information (C.L.I.), il a été décidé de répondre à la question des effets sanitaires survenant après des expositions prolongées.

L'objectif de l'étude pouvait donc être formulé de la façon suivante : **quantifier les risques sanitaires encourus par la population exposée de façon prolongée aux polluants émis par la papeterie.** La méthode d'étude appropriée était la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires en raison des pathologies peu spécifiques déclarés par la population, ce qui ne militait pas en faveur de la mise en œuvre d'une étude épidémiologique.

3. MATERIEL ET METHODE

La démarche d'évaluation quantitative des risques comprend classiquement 4 étapes codifiées par l'Académie des sciences américaine en 1983 [2]. Ce sont :

1. L'identification des agents dangereux et de leurs dangers associés
2. La sélection des valeurs toxicologiques de référence
3. La quantification de l'exposition
4. La caractérisation des risques

3.1. IDENTIFICATION DES AGENTS DANGEREUX ET DANGERS ASSOCIES

3.1.1. Agents dangereux générés par l'activité industrielle

Cette étape de l'évaluation des risques a visé d'une part à recenser et sélectionner les polluants entrant dans le cadre de l'évaluation des risques, et d'autre part à répertorier les effets sanitaires dont ils sont à l'origine.

3.1.1.1. Recensement et sélection des agents dangereux

Les différentes campagnes de mesures réalisées par les divers organismes sollicités (INERIS, SECHAUD et METZ, AINF, LHVP) [1,3] ont permis d'identifier les polluants et familles de polluants présents dans les rejets atmosphériques au cours des activités de la papeterie (tableau 1).

Tableau 1 : polluants identifiés dans les rejets atmosphériques de la papeterie, Mennecy 1999-2001

- composés soufrés (H_2S, sulfures, mercaptans, thiophènes)	- cétones
	- aldéhydes
- acides organiques	- benzène
- alcools	- toluène

En s'appuyant sur les résultats issus de ces premières campagnes, le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP) a été sollicité pour mener une campagne de mesures afin de préciser le niveau de pollution de l'environnement en divers points d'un périmètre proche de la papeterie.

Lors des travaux antérieurs de l'INERIS, les teneurs atmosphériques en H_2S au proche de la population ont été estimées à environ 1 µg/m^3 en moyenne annuelle et 10 µg/m^3 en concentration maximale. Ces estimations étaient compatibles avec une perception d'odeurs et indiquait un intérêt pour la réalisation d'une métrologie pour évaluer les risques des composés soufrés. Toutefois, les difficultés métrologiques de la mesure en continu de ces derniers, ainsi que les éléments toxicologiques de la littérature (effets survenant à des concentrations environ 1000 fois supérieures à celles estimées lors des travaux de l'INERIS) ont conduit à ne pas prendre en compte les dérivés soufrés dans cette campagne.

Ainsi, sur la base des premières expertises réalisées, de la connaissance des process mis en œuvre au sein de la papeterie et des capacités analytiques du LHVP, le protocole (annexe 1) a considéré 3 familles de polluants à analyser : les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM), les aldéhydes et cétones, les acides organiques volatils.

A partir des résultats obtenus, les polluants sélectionnés pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires ont été ceux qui ont été mesurés à la fois à l'émission et sur au moins un des capteurs dans la zone des plaintes. A défaut d'être spécifiques de cette activité industrielle, ces polluants sont représentatifs de la pollution de la papeterie.

3.1.1.2. Effets sanitaires des polluants

L'objectif de l'étude étant de quantifier les risques encourus après des expositions prolongées, les effets sanitaires qui ont été recherchés étaient ceux qui surviennent dans de telles conditions d'exposition, à savoir les effets chroniques et subchroniques. Les polluants

qui n'engendrent pas ce type d'effets n'ont pas été retenus dans la suite de l'étude. Ces informations ont été recherchées dans les bases de données rassemblant les connaissances épidémiologiques et toxicologiques.

3.2. VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

Une valeur toxicologique de référence (VTR) décrit la relation entre la dose du polluant en contact avec l'organisme et l'incidence de l'effet chez l'homme. Elaborées par des instances nationales et internationales (US EPA[3], ATSDR[4], OMS[5]…), elles sont de deux types :

- le premier concerne les effets non cancérogènes. Les VTR sont, par exemple, des CAA ou RfC[6], c'est à dire des doses d'exposition en deçà desquelles aucune manifestation pathologique n'est attendue dans la population exposée au polluant ;
- le deuxième concerne les effets cancérogènes. Les VTR sont des ERU[7], c'est à dire des probabilités de survenue d'une pathologie cancéreuse lors d'une exposition à une unité de dose du polluant pendant toute la durée de sa vie.

Les procédures adoptées par les différentes instances élaborant ces VTR n'étant pas toujours communes, la consultation des différentes bases de données rassemblant les VTR montre que, pour un même polluant, il existe plusieurs VTR. Il convient alors de choisir celle qui est la plus appropriée pour l'étude. Quel que soit le type de VTR, les critères retenus pour justifier leur choix sont :

- les VTR élaborées pour la voie d'inhalation ;
- la notoriété de l'organisme qui a constitué la VTR ;
- les VTR fondées sur des données obtenues en population humaine de façon privilégiée à celles issues des expérimentations animales ;
- enfin, si nécessaire, la VTR la plus sévère parmi celles répondant aux critères précédents sera retenue.

Au final de ces deux premières étapes, il a été possible de classer en trois catégories les polluants retenus en fonction des connaissances actuelles. La première rassemble les polluants pour lesquels aucune information toxicologique n'est disponible ; la deuxième

[3] *US EPA : Environmental Protection Agency*
[4] *ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry*
[5] *OMS : Organisation Mondiale de la Santé*
[6] *CAA : Concentration Atmosphérique Admissible (sigle français) ; RfC : Référence Concentration (sigle américain)*
[7] *ERU : Excès de risque unitaire*

regroupe les polluants pour lesquels seule une information sur les effets sanitaires qu'ils engendrent est connue et la troisième intègre les polluants pour lesquels on dispose de toutes les informations nécessaires sur les dangers et les relations dose-réponse. Une quantification des risques sanitaires n'a été effectuée que pour les polluants de cette dernière catégorie.

3.3. QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION

La quantification de l'exposition se décompose en deux parties. La première consiste à analyser le potentiel d'exposition, c'est à dire identifier les lieux et les milieux engendrant des contacts possibles entre les polluants présents dans l'environnement et la population. Pour cela, il convient de définir l'espace géographique et la population concernée. Dans un deuxième temps, la démarche vise à quantifier l'exposition en s'appuyant sur la construction de scénarios d'exposition qui combinent notamment les règles générales de comportement des personnes évoluant dans la zone d'étude et les concentrations des polluants dans les milieux concernés.

3.3.1. Potentiel d'exposition

3.3.1.1. Délimitation de la zone géographique d'étude

La zone d'étude a été définie comme étant l'aire géographique dans laquelle sera circonscrite la démarche d'évaluation des risques. Les éléments permettant d'en tracer le périmètre étaient les suivants :

- les lieux de localisation des plaintes pour « mauvaises odeurs » ayant fait l'objet d'un procès verbal dans le cadre d'un système de recensement mis en place en 2000 par les services municipaux ;
- le site industriel de la papeterie bien que l'étude ne porte pas sur les conséquences sanitaires du personnel employé par cette activité.

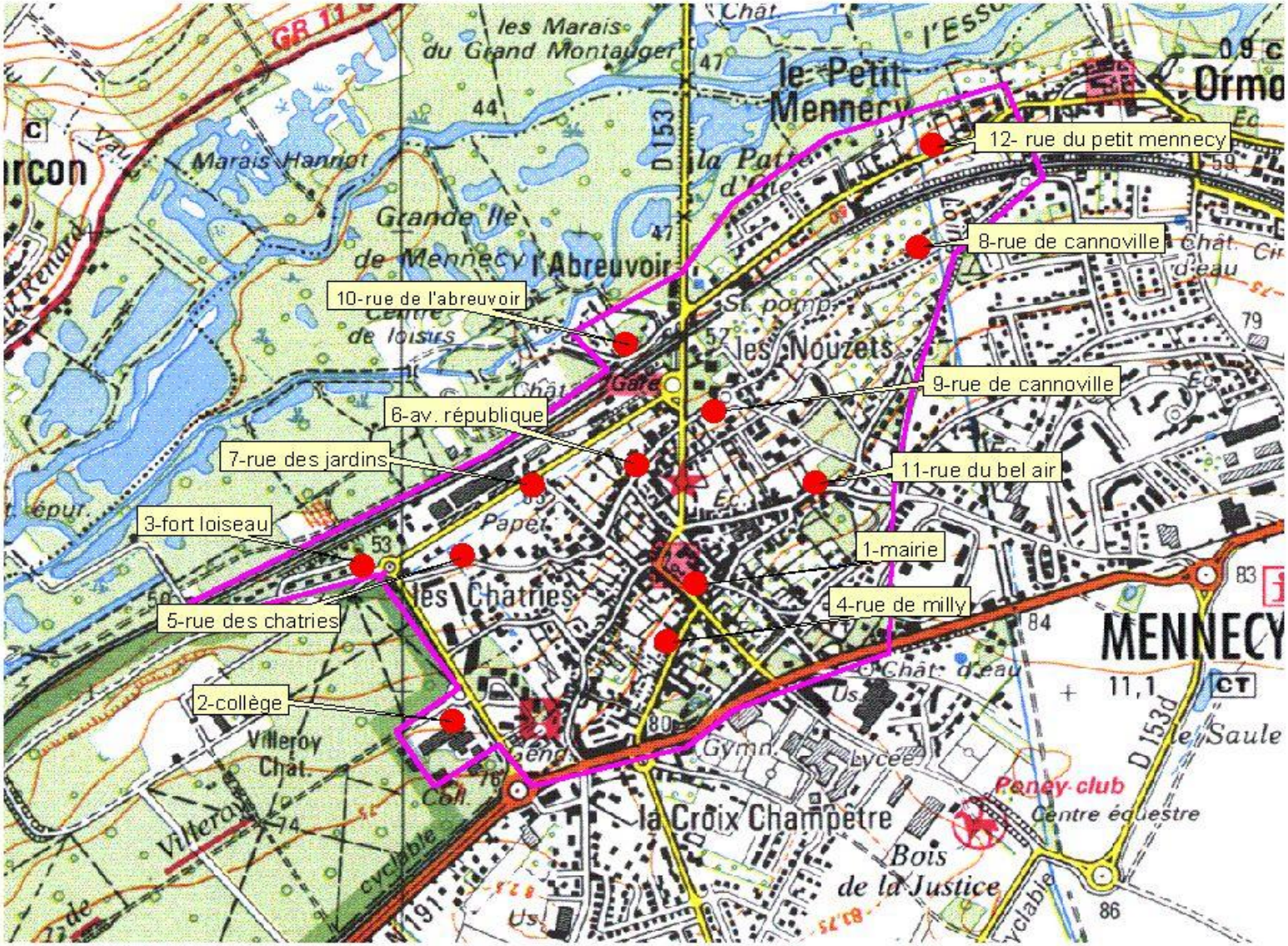
Sur la base de ces critères, la zone d'étude a été délimitée en accord avec les associations locales (carte n°1).

3.3.1.2. Caractérisation de la population et des voies d'exposition

Les données du recensement de la population par îlot réalisé par l'INSEE en 1999 ainsi que les données de la mairie de Mennecy ont permis d'estimer la population d'adultes et d'enfants avoisinant la papeterie. La ville de Mennecy comptait 12779 habitants. La

population habitant à proximité de la papeterie est composée principalement d'adultes sédentaires et d'enfants fréquentant l'école située dans le quartier, soit 5270 personnes. Cette école accueille également des enfants venant de quartiers extérieurs à la zone d'étude. La description de l'habitat indique qu'il est dense et essentiellement résidentiel.

Carte 1 : Localisation des capteurs de polluants atmosphériques, Mennecy 2002



Le contact entre les populations et les polluants se faisant principalement par voie respiratoire, seules les émissions atmosphériques de la papeterie ont été prises en compte. En effet, la nature des polluants retenus dans l'étude étant sous forme gazeuse et non particulaire, il n'a pas été tenu compte des retombées notamment sur les produits végétaux. Il en découle que des voies d'exposition comme l'ingestion de légumes cultivés dans des jardins privatifs ou l'ingestion de terre contaminée n'ont pas été retenues.

3.3.2. Scénarios d'exposition

La construction des scénarios d'exposition comprend les éléments suivants :

- La définition de la ou les populations pour lesquelles les risques méritent d'être quantifiés (enfant, adulte, femmes enceintes…) ;
- La durée de l'exposition, c'est à dire la période de temps en années pendant laquelle la ou les populations identifiées sont exposées aux polluants émis par l'activité ;
- La fréquence de l'exposition, c'est à dire le nombre de jours dans une année pendant lesquels la population a été en contact avec les polluants (i.e. : pendant les périodes de vacances, les personnes sont amenées à s'éloigner du quartier de Mennecy et donc à ne plus être en contact avec les polluants) ;
- L'intensité de l'exposition, c'est à dire les concentrations atmosphériques (dans la situation présente) auxquelles les populations sont soumises ; l'appréciation de cette intensité a nécessité la caractérisation de la qualité de l'air dans la zone géographique d'étude.

3.3.2.1. Caractérisation du milieu atmosphérique

La caractérisation du milieu d'exposition devait conduire à déterminer la ou les concentrations qui serviraient à quantifier l'exposition afin d'estimer les risques sanitaires. Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs aspects, fonction notamment du contexte de l'étude :

- Seul l'air ambiant extérieur a été pris en compte. En effet, des mesures dans l'habitat ne se justifient pas pour les raisons suivantes :

    - elles sont fortement liées aux modes de renouvellement de l'air des maisons, eux-mêmes variables d'une habitation à une autre,
    - certains polluants émis par la papeterie proviennent également des matériaux de construction, notamment les COV. Il serait donc illusoire de mettre en évidence la part de la papeterie dans la pollution de l'air intérieur.

- L’analyse des contrastes de niveaux de pollution au sein de la zone géographique d’étude :

  La caractérisation de l’atmosphère s’est appuyée sur la campagne métrologique conduite par le LHVP de novembre 2001 à janvier 2002 [4]. Les emplacements des capteurs ont été choisis de manière à couvrir l’ensemble de la zone d’étude notamment dans les parties où sont localisées les plaintes.

- L’indicateur statistique des concentrations des polluants qui servira à quantifier l’exposition des populations.

  Les durées d’exposition pertinentes varient de quelques semaines à quelques années. Aussi, afin d’estimer au mieux une exposition prolongée aux polluants, les prélèvements ont été effectués sur une durée de 7 jours et à 10 reprises consécutives. Pour chaque capteur nous disposions donc d’une série de 10 valeurs représentant chacune une concentration moyennée sur une semaine. Il convenait ensuite d'analyser la distribution spatiale et temporelle de ces concentrations pour apprécier l'homogénéité ou l'hétérogénéité de la zone d’étude et définir l’indicateur approprié.

  Pour une exposition chronique

  La période considérée va de une à plusieurs années. Aussi, l’indicateur choisi pouvait être :

  - en cas d'homogénéité de la pollution dans la zone d’étude et dans le temps, la moyenne des concentrations hebdomadaires relevées sur l'ensemble des capteurs et sur la période de mesure ;
  - en cas d'hétérogénéité, la concentration moyenne hebdomadaire de chacun des capteurs sur la période d'étude.

  Pour une exposition subchronique

  La période d'exposition considérée va de quelques semaines à quelques mois. Aussi, en partant d'un raisonnement analogue au précédent, les indicateurs retenus pouvaient être :

  - en cas d'homogénéité de la pollution dans la zone d’étude, la concentration hebdomadaire maximale relevée sur l'un des capteurs pendant la période de mesures ;
  - en cas d'hétérogénéité, la concentration maximale hebdomadaire de chacun des capteurs sur la période d'étude.

3.3.2.2. Paramètres d’exposition

Les valeurs numériques des paramètres d’exposition ont été choisies de telle manière que les scénarios construits sont réalistes et plausibles ou qu’elles permettent d’encadrer le risque. Plusieurs scénarios sont envisagés : une population adulte sédentaire, un enfant

scolarisé dans la zone d'étude mais habitant à l'extérieur de cette même zone et un enfant scolarisé, résidant et se déplaçant dans la zone d'étude. Le tableau 2 rassemble l'ensemble des hypothèses pour chacun des scénarios identifiés.

Tableau 2 : scénarios d'exposition, Mennecy 2002

	Adulte sédentaire	**Enfant scolarisé**	**Enfant résidant dans la zone**
Durée d'exposition (mini et maxi en années)	1-70	1-10	1-10
Nombre de jours d'exposition par an (jours)	335	180	300
Nombre d'heures d'exposition par jour (heures)	24	10	24

3.3.3. Quantification de l'exposition

Le calcul de l'exposition s'appuie sur l'équation mathématique suivante :

$CJE = CAp \times \theta$

Avec :

CJE : concentration journalière d'exposition en mg/m^3 ou $\mu g/m^3$

CAp : concentration atmosphérique de la substance dans la zone considérée en mg/m^3 ou $\mu g/m^3$

θ : proportion de jours d'exposition pendant une année

3.4. CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES

3.4.1. Calcul des QD et des ERI

La caractérisation des risques a consisté à apprécier les quotients de danger pour les effets à seuil et les excès de risque individuel pour les effets sans seuil ; une discussion des incertitudes sur le résultat final, conséquence des hypothèses retenues au cours de la démarche et de la qualité des données utilisées lors des calculs a été menée. Ainsi, pour les risques sanitaires chronique et subchronique, les quotients de danger et les excès de risque ont été calculés de la manière suivante :

- Le calcul du quotient de danger pour les effets des polluants qui surviennent au-delà d'une concentration atmosphérique seuil : Il correspond à la division de la Concentration Journalière d'Exposition par la VTR (DJA ou RfD).

$$QD = CJE / VTR$$

- Le calcul d'un Excès de Risque Individuel pour les effets qui apparaissent quelle que soit la concentration ou la dose à laquelle la population est exposée : Il correspond à la multiplication de la Concentration Journalière d'Exposition et de la VTR (Excès de risque unitaire), pondérée si nécessaire par la durée d'exposition.

$$ERI = CJE \times ERU \times \frac{DE}{TP}$$

DE : durée d'exposition en années

TP : temps de pondération en années

Le temps de pondération permet d'ajuster la durée d'exposition choisie dans le scénario d'exposition par rapport à la durée vie entière base de l'élaboration de la VTR pour les polluants provoquant des effets cancérogènes.

3.4.2. Interprétation des résultats

En fonction des polluants et de la nature des effets sanitaires, l'interprétation des résultats a été conduite selon les principes ci-dessous :

- pour les effets toxiques à seuil de dose, une valeur du quotient de danger inférieure à 1 permettait de considérer que l'exposition des populations ne pose pas de problème sanitaire.

- pour les effets toxiques sans seuil de dose, le niveau repère de l'excès de risque retenu par les différentes instances internationales est de 1.10^{-5}. Il signifie que dans une population de 100 000 personnes exposées tous les jours de leur vie au polluant, il sera observé un cas de cancer (ou d'une autre pathologie) en plus de ceux qui seraient survenus en dehors de toute exposition à ce polluant.

4. RESULTATS

4.1. AGENTS DANGEREUX RETENUS

Le recensement des agents dangereux et la sélection de ceux entrant dans le cadre de l'évaluation quantitative des risques ont été établis à partir de la campagne de mesures effectuée par le LHVP. Les polluants quantifiés à l'émission et sur au moins un des capteurs de la zone géographique d'étude appartiennent à 3 familles de composés : les hydrocarbures aromatiques monocycliques, les aldéhydes et cétones, les acides organiques volatils. Au total, 25 composés ont été retenus (tableau 3).

Tableau 3 : Liste des polluants retenus dans le cadre de l'étude, Mennecy, 2002.

H.A.M.	Aldéhydes et cétones	Acides organiques
Benzène	Formaldéhyde	Acide formique
Toluène	Acétaldéhyde	Acide acétique
Ethylbenzène	Acétone	Acide propanoïque
Xylènes (m et p)	Propanal	Acide lactique
Xylènes (o)	2-Buténal	Acide butyrique et isobutyrique
1,2,4-Triméthylbenzène	2-Méthyl-propénal	Acide pentanoïque
	2-Butanone	Acide isopentanoïque
	Butanal	
	Benzaldéhyde	
	Pentanal	
	3-Méthyl-benzaldéhyde	
	Hexanal	

4.2. DANGERS DES POLLUANTS RECENSES

La situation étudiée s'inscrivant dans le cadre d'une exposition chronique et subchronique des populations concernées, ce sont les effets survenant après une période d'exposition répétée sur au moins quelques mois qui ont été retenus. Les autres types d'effets ont été parfois évoqués s'ils apportaient des éléments pour le raisonnement sur le long terme, notamment lorsque des concentrations repères étaient disponibles.

4.2.1. Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM)

4.2.1.1. Benzène

Quel que soit l'organisme scientifique, le benzène est évalué comme étant un cancérogène certain pour l'homme. Les cancers décrits sont les leucémies myéloblastiques et myélomonocytaires aiguës. Les études ont porté sur des populations professionnelles : une augmentation de l'incidence des leucémies est observée pour des teneurs comprises entre 0.3 et 35 ppm soit 1 à 114 mg/m^3. Les durées d'exposition des travailleurs qui ont développé ces pathologies vont de 3 mois à 17 ans.

D'autres effets sont également couramment décrits tels des troubles neurologiques, cardiovasculaires et hématologiques. Les niveaux d'exposition des populations semblent être du même ordre de grandeur que ceux qui conduisent au développement de la leucémie.

Différentes VTR ont été fixées par l'ATSDR, l'US EPA, l'OMS et Health Canada. L'ATSDR propose des VTR pour la voie respiratoire fondées sur des effets hématologiques et neurologiques. Elles concernent soit une exposition aiguë (MRL = 170 µg/m^3) soit une exposition subchronique (MRL = 13 µg/m^3) mais pas une exposition chronique. L'US EPA et l'OMS proposent des VTR pour les effets cancérogènes.

L'US EPA propose une valeur pour la voie orale et pour la voie respiratoire. L'exposition des populations étant par voie respiratoire, seule la valeur s'y référant est sélectionnée. Il s'agit d'une fourchette allant de 2.2 – 7.8 10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$. L'OMS a retenu aussi une fourchette allant de 4.4 – 7.5 10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$. Health Canada propose une dose tumorigène conduisant à une augmentation de 5 % des tumeurs dans la population considérée : 3 10^{-3} mg/m^3. La conversion dans des unités identiques, proposée par la base données TERA[8], montre que la valeur numérique proposée par Health Canada se situe dans la fourchette proposée par l'US EPA pour un risque de 10^{-5}. Cette conversion ne peut engager Health Canada car cet organisme ne retient pas l'hypothèse de linéarité dans des doses inférieures à la dose tumorigène.

Quel que soit l'organisme, les VTR proposées pour caractériser une exposition chronique sont toutes du même ordre de grandeur. Pour la présente étude, la fourchette proposée par l'US EPA est retenue car elle encadre toutes les autres valeurs. Dans les calculs ultérieurs,

[8] *TERA : Toxicology Excellence for Risk Assessment*

parce que l'écart entre la valeur basse et la valeur haute de la fourchette est faible, seule la valeur haute, plus pénalisante, sera utilisée.

Pour une exposition subchronique, la MRL fixée par l'ATSDR est retenue.

4.2.1.2. Ethylbenzène

Aucune sur-mortalité n'a été observée lors d'expérimentations animales à des concentrations allant jusqu'à 5200 mg/m^3 pendant 6 mois. Les effets non cancérogènes décrits sont des manifestations d'irritation pulmonaire et oculaire et des altérations hématologiques. Les limites des études publiées sont liées à un manque important de description des conditions et des niveaux d'exposition. Les expérimentations animales décrivent également des atteintes hépatiques et rénales. Dans le cadre de ces expositions chroniques, les NOAEL[9] sont compris entre 1000 et 3250 mg/m^3.

Ce composé est considéré comme inclassable pour la cancérogénicité par l'US EPA. Les autres agences ne se sont pas prononcées.

La consultation des bases de données des différentes agences montre que seule l'US EPA propose une VTR pour une exposition chronique fixée en 1991 à 1 mg/m^3. L'effet critique est le développement embryonnaire. Toutes les autres études ne montrent pas d'effets adverses pour des teneurs inférieures. Tous les NOAEL sont largement supérieurs à celui qui a été retenu, même si la durée d'exposition n'est pas adéquate. Les facteurs d'incertitude appliqués sont pénalisants au regard d'une exposition chronique. On notera enfin que l'ATSDR a préféré à partir des même données dériver un MRL fixé à 4,35 mg/m^3 pour une exposition subchronique et non chronique en appliquant un facteur d'incertitude de 100 pour tenir compte de la transposition inter-espèce et de la différence de sensibilité au sein de la population humaine. Cette agence justifie l'absence de VTR chronique en stipulant que les études disponibles ne sont pas appropriées et que les effets observés sont dépendant de la concentration et non pas de la durée d'exposition.

Malgré l'attitude prudente de l'US EPA liée à l'absence de données, on retiendra la valeur de 1 mg/m^3 qu'elle propose.

Pour une exposition subchronique, le MRL de l'ATSDR est sélectionné.

[9] *NOAEL : non observed adverse effect level*

4.2.1.3. Toluène

Les effets survenant immédiatement après une exposition au toluène ne sont pas spécifiques de ce composé : ce sont des maux de têtes, des vertiges, des irritations et des somnolences. Ces symptômes, réversibles, surviennent fréquemment au-delà d'une concentration atmosphérique de 150 mg/m^3.

L'exposition se fait principalement par voie respiratoire. Lorsqu'elle est répétée quotidiennement, les atteintes décrites sont neurologiques (tremblements, ataxie, troubles de la mémoire, diminution de la réponse aux tests psycho-moteurs…) et hépatiques, bien que ces dernières soient controversées. Les concentrations d'exposition, pour lesquelles ces effets ont été observés, varient de 190 à 304 mg/m^3 lorsque la durée d'exposition est de 12 ans et de 43 à 157 mg/m^3 pour des durées d'environ 29 ans.

Les effets sur la reproduction et le développement embryo-fœtal ne sont pas probants. Dans ces études, les animaux ont été exposés à des concentrations atmosphériques très élevées atteignant plusieurs milliers de milligrammes par mètre cube d'air.

Le CIRC et l'US EPA ont tous les deux déclaré le toluène non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme ; de même, l'union européenne ne l'a pas classé.

Dans ce contexte, les VTR analysées, proposées par l'ATSDR, l'US EPA et Health Canada, sont celles établies pour la voie respiratoire et pour une durée d'exposition chronique. Ces trois agences considèrent le même effet critique, à savoir, les troubles neurologiques. Les valeurs numériques fixées sont respectivement : 1,5 mg/m^3 et 0,4 mg/m^3 et 3,75 mg/m^3. Les différences entre ces valeurs sont dues aux facteurs d'incertitude retenus qui varient de 10 à 300. Les études expérimentales qui ont servi de support à chacune des agences, sont toutes différentes sans que l'on ait d'explication sur leur choix respectif. Dans ce contexte, la valeur numérique retenue dans le cadre de cette étude est la plus pénalisante, soit 0,4 mg/m^3.

4.2.1.4. Xylènes

Les xylènes classiquement quantifiés sont au nombre de trois : meta, ortho et para xylène. Ils sont différenciés en raison de la place des deux groupements méthyl sur le noyau benzénique. Leur toxicité est similaire et ils seront traités comme une seule entité dans cette partie. Ils sont à l'origine de nombreux symptômes non cancérogènes chez l'homme. En revanche, tous les organismes classent les xylènes comme invraisemblablement cancérogènes pour l'espèce humaine.

Dans ce contexte, les VTR proposées par les agences qualifiées ont trait à la survenue d'effets non cancérogènes.

L'ATSDR et Health Canada, qui se sont fondées, respectivement, sur des études en population humaine et sur des rats, ont fixé des valeurs toxicologiques de référence. Pour l'ATSDR, l'étude support permet de déterminer un LOAEL à 14 ppm soit 60,76 mg/m^3. Un facteur d'incertitude de 100 est appliqué pour tenir compte du LOAEL et des différences de sensibilité au sein de cette population. Le MRL est donc égal à 0,6 mg/m^3.

Health Canada s'appuie sur une étude rapportant des effets foetotoxiques chez les embryons de rats. A partir du LOAEL déterminé, un facteur d'incertitude de 1000 est appliqué. La valeur numérique de la VTR est ainsi de 0,18 mg/m^3.

L'effet sanitaire retenu par Health Canada n'est pas caractéristique d'une exposition répétée quotidiennement pendant de nombreux mois et années. Cependant, c'est un effet grave et la VTR plus basse que celle de l'ATSDR permet de couvrir les autres effets adverses quelles que soient les conditions d'exposition conduisant à leur survenue. Aussi, bien que l'étude sur laquelle s'appuie l'ATSDR ait été menée en population humaine, il paraît justifié de retenir la valeur numérique proposée par Health Canada, soit 0,18 mg/m^3.

4.2.2. Aldéhydes et cétones

4.2.2.1. Formaldéhyde

Les effets sanitaires du formaldéhyde après une exposition par inhalation sont principalement de type irritatif. Les yeux, le nez, la gorge sont les premiers organes touchés. Pour les yeux, une concentration comprise entre 1 et 12 mg/m^3 engendre une irritation appréciable. Pour des concentrations supérieures, ce sont les symptômes de toux, des troubles respiratoires allant jusqu'à la bronchite chronique qui sont également décrits.

Le formaldéhyde est classé comme probablement cancérogène (2A de la classification du CIRC et B1 de la classification de l'US EPA). Les tumeurs décrites chez l'homme sont localisées aux niveaux pulmonaire, naso-pharyngé et buccal avec une évidence scientifique décroissante. Les limites des études épidémiologiques sont importantes et empêchent une confiance forte dans les résultats. De nombreuses tumeurs au niveau de l'ensemble de l'appareil respiratoire ont été décrites chez l'animal.

Pour les effets non cancérogènes, seule l'ATSDR propose un MRL chronique (minimal risk level). Sa valeur numérique est 0,01 mg/m^3. Le facteur d'incertitude est de 30 et l'effet critique est l'irritation nasale. L'étude support a été conduite en population humaine.

Pour les effets cancérogènes, l'US EPA, l'ATSDR et Health Canada ont procédé à une évaluation. L'US EPA propose un excès de risque unitaire ayant pour valeur numérique 1,3 10^{-5} (µg/m^3)$^{-1}$. Health Canada produit une concentration tumorigène de 9,5 mg/m^3 pour une augmentation de 5 % de l'incidence des cancers (TC05). Ces deux valeurs numériques ne sont pas directement comparables car il semble être acquis que la relation dose-réponse est non linéaire.

D'ailleurs, dans un travail complémentaire et pour le démontrer, Health Canada calcule, en s'appuyant sur un modèle biologique, un excès de risque de 2,3 10^{-10} pour une exposition à 1,2 µg/m^3 et 2,7 10^{-8} pour une exposition à une concentration atmosphérique de 120 µg/m^3. Ces excès de risque sont largement inférieurs à ceux calculés par l'US EPA.

Cependant, sachant que ces travaux complémentaires n'ont pas fait l'objet d'une validation par les organismes cités, la VTR retenue dans le cadre de cette étude est celle proposée par l'US EPA, soit 1,3 10^{-5} (µg/m^3)$^{-1}$.

4.2.2.2. Acétaldéhyde

En population humaine, l'acétaldéhyde est un dépresseur du système nerveux central plus fort que le formaldéhyde. L'exposition aux vapeurs de ce composé conduit également à des effets irritants respiratoires, oculaires et cutanés dès la concentration de 45 mg/m^3 pendant des périodes très courtes de 15 à 30 minutes. Ces mêmes effets ont été décrits dans différentes espèces animales pour des concentrations supérieures.

Il n'y a pas de preuves de cancérogénicité chez l'homme. En revanche, les études animales ont décrit une augmentation de l'incidence des tumeurs nasales chez les rats dans les deux sexes, et des tumeurs laryngéales dans les deux sexes également chez le hamster. Au final, les différentes agences concluent toutes que l'acétaldéhyde est un cancérogène possible pour l'homme (groupe 2B de l'CIRC ; groupe B2 de l'US EPA).

L'US EPA et Health Canada ont dérivé des VTR pour les effets non cancérogènes et cancérogènes en s'appuyant sur les mêmes études expérimentales.

Pour les effets non cancérogènes, l'effet critique retenu par ces deux agences est l'irritation nasale. Les VTR, pourtant établies en s'appuyant sur la même étude, sont respectivement de 0,39 mg/m^3 pour le Health Canada (en 1998) et 0,009 mg/m^3 pour l'US EPA (en 1991). Premièrement, l'US EPA détermine un NOAEL à 273 mg/m^3 alors que Health Canada modélise les données expérimentales pour déterminer une benchmark dose de 218 mg/m^3 correspondant à une augmentation de 5 % de l'incidence de l'effet critique chez les rats. Ensuite, les facteurs d'incertitude pris en compte sont différents ainsi que leurs valeurs numériques. L'US EPA adopte une attitude très prudente avec un facteur final de 1000 (variabilité inter espèce et intra espèce, durée de l'étude inappropriée et base de données fragile). Health Canada considère seulement la variabilité inter et intra espèce. Il ne considère pas que les données disponibles sont fragiles car l'effet critique est localisé au point d'entrée et permet vraisemblablement de prévenir d'autres effets systémiques. De même, la durée d'exposition n'est pas corrigée car aucune indication ne permet de stipuler une augmentation des effets avec la durée de l'exposition.

Bien qu'il s'appuie sur la même étude toxicologique, l'analyse de Health Canada semble mieux tirer parti des données disponibles complémentaires (peut être plus récentes) que l'US EPA. C'est cette valeur numérique qui est retenue dans le cadre de cette étude.

Pour les effets cancérogènes, l'effet critique est la dégénérescence de l'épithélium olfactif chez le rat. Les VTR sont très différentes car Health Canada ne conduit pas d'extrapolation dans les faibles doses, c'est-à-dire inférieures à celles utilisées lors de l'étude expérimentale. Aussi la dose tumorigène de Health Canada est de 86 mg/m^3 (la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 % est de 28 mg/m^3) tandis que l'excès de risque unitaire de l'US EPA est 2,2 10^{-6} $(\mu g/m^3)^{-1}$. Sous l'hypothèse d'une linéarité, il y aurait une différence d'un facteur 3 entre les valeurs numériques des deux organismes, l'US EPA étant le plus conservatoire.

Bien que cela soit pénalisant, l'ERU proposé par l'US EPA dans le cadre de cette étude est retenu, l'équation mathématique décrivant la relation non linéaire dans le domaine des faibles risques n'étant pas clairement établie. Il n'est donc pas possible de retenir la valeur proposée par Health Canada.

4.2.2.3. Acétone

L'acétone est un irritant modéré des voies aériennes supérieures et du poumon en milieu professionnel ou lors d'études sur des volontaires dans des conditions d'exposition contrôlées. La fonction respiratoire n'est cependant pas altérée. Les concentrations engendrant la manifestation de ces effets vont de 237 à 2133 mg/m^3. Il a également été décrit des irritations oculaires.

Les effets neurologiques se traduisent par des maux de tête, une fatigue, des difficultés d'élocution, de l'irritabilité, une mauvaise coordination des mouvements, des troubles visuels. Ils sont observés pour des concentrations de 2133 mg/m^3 et plus.

L'ATSDR, en 1994, a fixé un MRL pour une exposition chronique à 31 mg/m^3. L'étude support a été menée en population humaine et l'effet critique est l'atteinte neurologique. Le LOAEL déterminé est de 1250 ppm (2962 mg/m^3). Un facteur d'incertitude de 100 a été appliqué sans que l'on puisse cerner l'explication.

Concernant la cancérogénicité de l'acétone, l'US EPA considère qu'il n'est pas classable en l'état actuel des connaissances. De plus, les tests de génotoxicité et d'altérations des chromosomes sont négatifs. Dans ces conditions, il n'existe pas de VTR pour ce type d'effet.

Le MRL pour les effets non cancérogène proposé par l'ATSDR est retenu.

4.2.3. Bilan

A l'issue de cette revue de la littérature sur les VTR disponibles, le tableau 4 peut être dressé (les molécules pour lesquelles aucune VTR n'était disponible n'apparaissent donc pas dans ce tableau). Pour s'assurer de prendre en compte l'ensemble des risques susceptibles de survenir après des expositions prolongées aux différents polluants, l'option a été prise de sélectionner, pour un même polluant lorsque cela est pertinent, une VTR pour les effets non cancérogènes et une VTR pour les effets cancérogènes.

En outre, compte tenu du protocole retenu pour la campagne de mesures des polluants dans l'atmosphère, il a également été retenu de sélectionner les VTR fixées pour une exposition subchronique (intermédiaire), c'est à dire durant quelques semaines à quelques mois mais inférieure à une année.

Tableau 4 : polluants sélectionnés, dangers et VTR associés, Mennecy 2002

		VTR avec seuil en mg/m^3			
	Effet critique non cancérogène	*intermédiaire*	*chronique*	**Effet critique cancérogène**	**VTR sans seuil (µg/m^3)$^{-1}$**
H.A.M.					
Benzène	Effets neurologiques	0,013	-	Leucémie	2,2 – 7,8 10^{-6}
Toluène	Troubles neurologiques	-	0,4	-	-
Ethylbenzène	Développement embryonnaire	4,35	1	-	-
Xylènes	Développement embryonnaire	3	0,18	-	-
Aldéhydes et cétones					
Formaldéhyde	Irritation nasale	0,036	0,01	Carcinome pulmonaire	1,3 10^{-5}
Acétaldéhyde	Irritation nasale	-	0,39	Dégénérescence de l'épithélium respiratoire	2,2 10^{-6}
Acétone	Atteinte neurologique	30	30	-	-

(-) : absence de donnée

4.2.4. Autres polluants

Les polluants pour lesquels on ne dispose pas de VTR sont regroupés dans le tableau 5 .Les effets cancérogènes et non cancérogènes rapportés dans la littérature ont été indiqués pour chacune des substances mesurées au cours de la campagne de caractérisation environnementale.

Tableau 5 : Effets sanitaires relatifs aux produits chimiques identifiés dans le périmètre urbanisé proche de l'usine*

	Effets non cancérogènes	Effets cancérogènes
HAM		
1,2,4 triméthylbenzène	Dépresseur du SNC (nervosité, tension, anxiété) ; irritations oculaire, cutanée et respiratoire	-
Aldéhydes et cétones		
Butanal (butyraldéhyde)	Dépresseur du SNC ; irritant cutané, oculaire et respiratoire ; troubles respiratoires	-
Pentanal	Dépresseur du SNC ; irritant cutané, oculaire et respiratoire ; troubles respiratoires mais beaucoup plus léger que les autres aldéhydes	-
Hexanal	Irritant fort des muqueuses respiratoires des voies aériennes	-
Benzaldéhyde	*Effets immédiats* : Irritation oculaire, des voies aériennes supérieures pour une concentration de 19.5 mg/m^3 pendant 1 minute. Pas de surmortalité *Effets long terme* : augmentation de l'incidence de maladies respiratoires. Altération du SNC lors d'études animales, dépression respiratoire, signes d'irritation oculaire et nasale.	-
Propanal	Odeur suffocante, irritations oculaires	-
2-butanone	Irritant respiratoire à partir de 100 ppm soit 294 mg/m^3 ; Irritant cutané et oculaire	-
3-méthyl-benzaldéhyde	-	-
2-buténal	Dénommé également crotonaldéhyde, le 2-buténal engendre une odeur et une irritation oculaire insoutenable à partir de 129 mg/m^3. C'est également un irritant des voies respiratoires, et à fortes concentrations, il provoque des œdèmes pulmonaires.	Pour le CIRC, il n'y a pas de preuves convaincantes de sa cancérogénicité ni chez l'homme, ni chez l'animal (groupe 3 de la classification). En revanche, l'US EPA le classe comme un cancérogène possible pour l'homme en raison d'études animales qui démontrent une augmentation de l'incidence des carcinomes hépatiques (groupe C de la classification).
2-méthyl propénal	-	-

Tableau 5 (suite)

	Effets non cancérogènes	Effets cancérogènes
Acides organiques		
Acide formique	Effets immédiats : atteinte du système nerveux central (nausées, maux de tête, troubles visuels, désordres neurologiques). Description de troubles respiratoires.	-
Acide acétique	Effets immédiats : irritation oculaire et nasale pour des concentrations de 25 mg/m3. Atteintes cutanées et respiratoires lors d'accidents. Effets long terme : hyperkératose et blackening (144 à 360 mg/m^3 pendant 7 à 12 ans).	-
Acide propanoïque = acide propionique	Produit âcre à odeur rance	-
Acide butyrique +isobutyrique	Odeur âcre et rance, moyennement irritant	-
Acide pentanoïque	Odeur désagréable	-
Acide isopentanoïque	-	-
Acide lactique	-	-

- *Pour tous les polluants, les bases de données consultées ont été : HSDB, IRIS, TERA, Health Canada…*
- *(-) : absence de données*

4.3. QUANTIFICATION DES EXPOSITIONS

4.3.1. Indicateurs de concentrations atmosphériques

Les résultats détaillés de la campagne de mesures et leur interprétation effectuée par le LHVP ont permis de quantifier les expositions et de choisir les indicateurs de concentration atmosphérique nécessaires à l'évaluation des risques.

S'agissant des H.A.M. et des aldéhydes et cétones, cette analyse indiquait une homogénéité des teneurs hebdomadaires sur l'ensemble de la zone d'étude. L'évolution temporelle des concentrations d'un site semblait surtout influencée par les variations au cours des semaines des conditions météorologiques.

Concernant les acides organiques volatils, molécules plus spécifiques de l'activité de la papeterie (acide lactique notamment), on observait une hétérogénéité des mesures d'un site et d'une semaine à l'autre, les maxima n'étant pas toujours mesurés sur le même site. Cette hétérogénéité ponctuelle dans le temps et dans l'espace, ne permettait pas de distinguer des quartiers contrastés de contamination atmosphérique au sein de la zone d'étude.

Il ressort de cette analyse que, pour l'ensemble des polluants, les indicateurs appropriés pour estimer l'exposition des populations sont ceux inhérents au cas d'homogénéité de la pollution dans la zone d'étude. Il s'agit, pour l'exposition chronique, de la moyenne des concentrations hebdomadaires enregistrées sur l'ensemble des capteurs de la zone pour l'ensemble de la période d'analyse, et de la concentration hebdomadaire maximale mesurée sur l'un des capteurs de la zone au cours de la campagne pour l'exposition subchronique.

Le tableau 6 rassemble les concentrations des polluants qui serviront à quantifier l'exposition des populations présentes dans la zone d'étude sur des durées chronique et subchronique.

Tableau 6 : Concentrations en hydrocarbures aromatiques monocycliques, aldéhydes et cétones et acides organiques pour l'ensemble des 12 sites de prélèvement, Mennecy, 2002

	Concentration hebdomadaire minimum (µg/m^3)	Concentration hebdomadaire moyenne (µg/m^3)	Concentration hebdomadaire maximum (µg/m^3)
H.A.M.			
Benzène	0.5	1.5	3.5
Toluène	1.1	7.8	24.6
Ethylbenzène	0.2	0.8	2.3
Xylènes (m et p)	0.7	2.6	7.5
Xylènes (o)	0.2	0.8	2.2
1,2,4-Triméthylbenzène	0.2	0.8	2.9
Aldéhydes et cétones			
Formaldéhyde	<2	2.0	5.1
Acétaldéhyde	<1	1.2	4.9
Acétone	<0.5	0.6	1.4
Propanal	<0.2	0.3	1.4
2-Buténal	<0.2	0.2	1.0
2-Méthyl-propénal	<2	<2	4.1
2-Butanone	<1	<1	3.8
Butanal	<0.2	0.7	4.0
Benzaldéhyde	<0.2	0.3	0.6
Pentanal	<0.2	0.8	2.2
3-Méthyl-benzaldéhyde	<0.2	<1	0.5
Hexanal	<0.2	0.2	0.6
Acides organiques			
Ac. Formique	<2	2.0	3.6
Ac. Acétique	<1	2.2	5.7
Ac. Propanoïque	<0.2	<0.2	1.2
Ac. Lactique	<0.5	0.6	6.9
Ac. Butyrique et isobutyrique	<0.2	<0.2	0.4
Ac. Pentanoïque	<0.2	<0.2	0.5
Ac. Isopentanoïque	<0.2	<0.2	<0.2

4.3.2. Concentrations d'exposition

Quelle que soit la durée d'exposition chronique ou subchronique, les concentrations d'exposition calculées pour les différents polluants sont décroissantes respectivement pour les scénarios adulte sédentaire, enfant résident et enfant scolarisé (tableau 8a et 8b).

Les différences de concentration d'exposition entre les scénarios chronique et subchronique varient d'un facteur 2 à 4 selon les polluants. Cela indique une certaine stabilité des émissions au cours de la période d'étude et que les conditions météorologiques ont été prépondérantes pour provoquer ces variations.

4.4. CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES

4.4.1. Risques cancérogènes

Parmi les molécules identifiées dans l'environnement de Mennecy, le benzène, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde présentent un caractère cancérogène pour l'homme. L'utilisation des VTR sélectionnées et des scénarios retenus ont permis de calculer, pour une exposition vie entière aux concentrations moyennes mesurées dans Mennecy, des estimations d'excès de risques cancérogènes allant de 10^{-8} à 10^{-5} (tableau 8a).

Les excès de risque les plus élevés sont obtenus pour les conditions d'exposition les plus conservatrices telles que la durée d'exposition quotidienne d'un adulte (24heures/24) et la période d'exposition maximale fixée à 70 ans. C'est dans ces seules conditions d'exposition que les excès de risque atteignent le niveau repère retenu par de nombreuses instances notamment internationales telles que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

4.4.2. Risques non cancérogènes

L'ensemble des quotients de danger (QD) calculés pour chacune des molécules pour lesquelles une VTR était disponible, que ce soit dans des conditions d'exposition chronique ou subchronique, est toujours inférieur voire très largement inférieur à 1 (tableau 8a et 8b). Les concentrations d'exposition sont nettement inférieures aux VTR correspondantes. Il en résulte que l'on ne s'attend pas à observer des effets sanitaires dus à ces molécules dans la population.

Tableau 8a : concentrations d'exposition et estimation des risques sanitaires encourus pour chacun des scénarios d'exposition, Mennecy 2001-2002.

Polluants / Scénario	Benzène	Ethylbenzène	Toluène	Xylène	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Acétone
Adulte							
Concentration d'exposition (µg/m3)	1,4	0.7	7.2	2.4	1.8	1.1	0.6
QD		<< 0.01	0.02	0.1	0.18	< 0.01	<< 0.01
ERI inf – ERI sup	$1.5\ 10^{-7}$ – $1.1\ 10^{-5}$				$3.4\ 10^{-7}$ – $2.4\ 10^{-5}$	$4.1\ 10^{-8}$ – $2.9\ 10^{-6}$	
Enfant résident							
Concentration d'exposition (µg/m3)	1.2	0.7	6.4	2.1	1.6	1	0.5
QD		<< 0.01	0.02	0.12	0.16	< 0.01	<< 0.01
ERI inf – ERI sup	$1.3\ 10^{-7}$ – $1.4\ 10^{-6}$				$3.1\ 10^{-7}$ – $3.1\ 10^{-6}$	$3.7\ 10^{-8}$ – $3.7\ 10^{-7}$	
Enfant scolarisé							
Concentration d'exposition (µg/m3)	0.3	0.2	1.6	0.5	0.4	0.3	0.1
QD		<< 0.01	< 0.01	0.03	0.04	<< 0.01	<< 0.01
ERI inf – ERI sup	$3.4\ 10^{-8}$ – $3.4\ 10^{-7}$				$7.6\ 10^{-8}$ – $4.6\ 10^{-7}$	$9.1\ 10^{-9}$ – $2.8\ 10^{-7}$	

Tableau 8b : concentrations d'exposition et estimations des risques sanitaires encourus pour des durées d'exposition de quelques semaines à quelques mois. Mennecy 2001 – 2002.

Polluants / Scénario	Benzène	Ethylbenzène	Toluène	Xylène	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Acétone
Adulte							
Concentration d'exposition (µg/m3)	3.2	2.1	22.6	6.9	4.7	4.5	1.3
QD	0.25	<< 0.01	-	< 0.01	0.1	-	<< 0.01
Enfant résident							
Concentration d'exposition (µg/m3)	2.9	1.9	20.2	6.2	4.2	4	1.2
QD	0.2	<< 0.01	-	< 0.01	0.01	-	<< 0.01
Enfant scolarisé							
Concentration d'exposition (µg/m3)	0.7	0.5	5.1	1.5	1.1	1	0.3
QD	0.06	<< 0.01	-	< 0.01	0.03	-	<< 0.01

5. DISCUSSION

5.1. CARACTERISATION DE L'AIR

La campagne de caractérisation de la qualité de l'air dans le quartier de Mennecy où les plaintes ont été exprimées a été faite en étroite collaboration avec les acteurs locaux afin de s'assurer de ne pas passer à côté de lieux et d'espaces suscitant des inquiétudes et des interrogations de la population.

Cette campagne a été entreprise dans l'optique non seulement de caractériser au mieux la pollution atmosphérique sur l'ensemble de la surface de la zone d'étude, mais aussi l'exposition des populations résidant dans cette partie de la ville sur une longue durée. C'est la raison pour laquelle les prélèvements ont été conduits sur des pas de temps hebdomadaires. Ce choix est cependant un facteur limitant car il ne permet pas de détecter des pics de pollution, empêchant toute interprétation de la perception des odeurs par la population, ces gênes étant plus liées à des caractères épisodiques et brefs de pollution.

Les polluants retenus dans le cadre de cette étude font tous partie des substances émises par la papeterie. Ils n'en sont cependant pas spécifiques car d'autres sources émettrices peuvent être à l'origine de leur présence dans l'atmosphère. La caractérisation des milieux environnementaux par la mesure analytique conduit de fait à quantifier une concentration qui intègre l'ensemble des sources émettrices. La concentration mesurée des polluants au niveau des différents capteurs et en conséquence les concentrations d'exposition calculées dans les différents scénarios ne peuvent donc être attribuées à la seule papeterie.

Il est d'autant plus difficile d'attribuer la totalité de la pollution aux seules activités de la papeterie que l'analyse des concentrations des polluants en chacun des capteurs révèle une absence de contraste dans la zone. Il n'y a pas de gradient décroissant du lieu d'implantation de la papeterie jusqu'aux points les plus éloignés. Il en résulte que sur des périodes de longues durées, l'imputabilité à la papeterie de la pollution atmosphérique dans la zone d'étude de Mennecy est probablement faible et limitée. De plus, les concentrations mesurées pendant la semaine d'inactivité de la papeterie ne sont pas différentes des concentrations mesurées en période d'activité. Elles sont mêmes légèrement supérieures, illustrant l'influence des conditions météorologiques sur la qualité de l'air.

Seules les concentrations d'acide lactique, indicateur le plus spécifique de l'activité de la papeterie sont légèrement supérieures à celles classiquement rencontrées dans les atmosphères urbaines. Pour tous les autres composés, les concentrations mesurées sur les différents capteurs sont du même ordre de grandeur que celles habituellement retrouvées dans les environnements urbains par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air.

5.2. RISQUES SANITAIRES POUR LA POPULATION

Les risques sanitaires encourus par la population qui ont pu être quantifiés sont ceux survenant dans des conditions d'exposition aux polluants s'étendant sur plusieurs semaines, mois ou années, c'est à dire subchronique et chronique. L'approche retenue n'a pas permis de se prononcer sur des risques sanitaires qui surviendraient lors d'épisodes brefs mais intenses d'exposition à des polluants, les concentrations enregistrées étant le reflet de la qualité de l'air sur une semaine complète.

Les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires indiquent que les populations n'encourent pas de risques sanitaires à un niveau supérieur à celui servant de repère aux instances nationales et internationales. C'est seulement dans le cas le plus défavorable, dont la probabilité de réalisation est d'ailleurs extrêmement faible, que l'excès de risque atteint cette valeur repère : personnes habitant dans la zone d'étude, n'en sortant pas de la journée (à part quelques journées par an) et vivant au même endroit pendant 70 ans de leur vie. Or une étude conduite récemment [5], indique que 75 % des personnes changent de résidence au bout de 14.5 années ; 95 % d'entre elles au bout de 30 années. La prise en compte de ces données conduirait à réduire les excès de risque d'un facteur compris entre 2 et 4.

Les excès de risques calculés ne peuvent être attribués en totalité aux émissions de la papeterie mais ils sont le reflet d'une exposition qui intègre les polluants émis par toutes les sources influençant les capteurs. En effet, les niveaux de pollution enregistrés lors des semaines de forte production ne semblent pas différer de ceux quantifiés les jours d'arrêt de production.

Une étude d'évaluation quantitative des risques sanitaires permet également de pointer les lacunes de connaissances. Ainsi, l'ensemble des risques n'a pu être évalué du fait de la non prise en compte de certaines molécules initialement repérées à l'émission. Les raisons en sont l'absence ou la faiblesse des données toxicologiques disponibles pour ces polluants que ce soit sur les dangers, c'est à dire sur les effets sanitaires que pourraient engendrer ces composés, ou bien sur les valeurs toxicologiques de référence qui n'ont été établies,

pour le moment, par aucune des agences qualifiées. De même, les interactions des molécules entre elles ne peuvent être prises en compte.

S'agissant des odeurs, les résultats de cette étude ne peuvent expliquer ni le ressenti sanitaire lié à la perception des odeurs par la population ni la perception des odeurs elles-mêmes. En effet, le protocole adéquat nécessiterait les dispositifs appropriés pour déterminer les concentrations environnementales sur des temps très courts, de l'ordre de quelques minutes pour les plus brefs.

6. CONCLUSIONS

Les préoccupations sanitaires de la population résidant dans l'environnement proche de la papeterie à Mennecy portent sur les conséquences sur sa santé des émissions odorantes ou non de cette activité. Elles sont liées à des expositions sur de courtes, moyennes ou longues durées. Il n'était pas envisageable de mettre en place en même temps l'ensemble des protocoles, les différentes modalités pratiques n'étant pas compatibles, notamment en termes analytiques. Cette étude s'est donc attachée à quantifier des risques sanitaires à moyen et long terme.

L'étude menée a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Il n'a pas été démontré de risque sanitaire inacceptable lié à une exposition à moyen et long terme aux composés sélectionnés dans le cadre de l'étude ;
- L'imputabilité à la papeterie de la pollution atmosphérique semble très faible ; en conséquence sa part attribuable dans les concentrations d'exposition et les excès de risque est également limitée ;
- Le déroulement de cette démarche a permis d'identifier les polluants pour lesquels le manque d'information a empêché toute quantification des risques sanitaires et donc les axes de recherche à développer pour combler ces lacunes.

7. REFERENCES

1. Caractérisation et impact au voisinage des polluants gazeux émis par la papeterie de Mennecy ; INERIS, Août 1999

2. 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.

3. Etude d'impact santé des rejets atmosphériques, site de Mennecy ; SECHAUD & METZ, avril 2001

4. Caractérisation des émissions de la papeterie KAPPA et influence sur la qualité de l'air de Mennecy ; LHVP, avril 2002

5 . 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.

Annexes