

**SUIVI EPIDEMIOLOGIQUE  
DES CONSEQUENCES SANITAIRES  
DE L'EXPLOSION DE L'USINE AZF**



**CELLULE INTER REGIONALE  
D'EPIDEMIOLOGIE D'INTERVENTION  
DIRECTION REGIONALE  
DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES**

**Comité Scientifique**

*Pr. Thierry LANG  
Dr. Sylvie CASSADOU*

Dr. Françoise CAYLA  
Mr. Gilles CHOISNARD  
Dr. Michel COMBIER  
Pr. Olivier DEGUINE  
Pr. Jean-Louis DUCASSE  
Dr. Michèle FABRE  
Pr. Bernard FRAYSSE  
Pr. Marcel GOLDBERG  
Dr. Claire GOURIER-FRERY  
Dr. Brigitte HELYNCK  
Dr. Ellen IMBERNON  
Dr. Philippe MALFAIT  
Pr. Jean-Philippe RAYNAUD  
Pr. Laurent SCHMITT  
Dr. Jean-Marc SOULAT  
Dr. Bertrand THELOT

**Comité Opérationnel**

*Dr. Valérie SCHWÆBEL*

Dr. Eloi DIENE  
Dr. Anne GUINARD  
Dr. Charles HEMERY  
M<sup>elle</sup> Karine LAPIERRE  
M<sup>me</sup> Christine RICOUX

**Secrétariat**

M<sup>elle</sup> Sabrina DASTE

**RAPPORT INTERMEDIAIRE**

**Juin 2002**

**Conséquences sanitaires de l'explosion à l'usine de  
Grande Paroisse le 21 Septembre 2001**

**Rapport intermédiaire**

**Comité scientifique**

Thierry LANG (Service d'Epidémiologie du  
CHU Toulouse et InVS)

Sylvie CASSADOU (Département Santé-  
Environnement, InVS)

Françoise CAYLA (ORSMIP)

Gilles CHOISNARD (DRASS Midi-Pyrénées)

Michel COMBIER (URML)

Bernard FRAYSSE et Olivier DEGUINE  
(Service d'ORL CHU Purpan, Toulouse)

Jean-Louis DUCASSE (ORU-MIP, Toulouse)

Michèle FABRE (Centre Antipoison,  
Toulouse)

Marcel GOLDBERG (Département Santé-  
Travail, InVS, Saint-Maurice)

Claire GOURIER-FRERY (Département  
Santé-Environnement, InVS)

Philippe MALFAIT et Brigitte HELYNCK  
(Département Appui aux Missions, InVS,  
Saint-Maurice)

Ellen IMBERNON (Département Santé-  
Travail, InVS, Saint-Maurice)

Jean-Philippe RAYNAUD (Service de Pédo-  
psychiatrie, Toulouse)

Laurent SCHMITT (Service de Psychiatrie,  
Toulouse)

Jean-Marc SOULAT (Laboratoire de  
Médecine du Travail, Toulouse)

Bertrand THELOT (Département Maladies  
Chroniques et Traumatismes, InVS, Saint-  
Maurice)

**Comité opérationnel**

Valérie SCHWÆBEL (InVS)

Eloi DIENE (InVS)

Anne GUINARD (InVS)

Charles HEMERY (CIREI Sud-Ouest)

Karine LAPIERRE (InVS)

Christine RICOUX (CIREI Sud-Ouest)

## **Groupes de travail**

### **EVALUATION DES CONSEQUENCES POUR LA SANTE MENTALE :**

Dr. BIRMES (SAU Ranguenil)  
Pr. DUCASSE (ORU - MIP)  
Dr. FRANC (Urgences Hôpital Psychiatrique Marchant)  
Dr. HELYNCK (InVS)  
Pr. LANG (CHU - InVS)  
Pr. RAYNAUD (Pédopsychiatrie CHU La Grave / Casselardit)  
Pr. SCHMITT (Service Psychiatrie CHU La Grave / Casselardit)  
**Dr. SCHWÆBEL (InVS)**  
Dr. VERGER (ORS Marseille)  
+ Marie PELLETIER-TARDY

### **EXPOSITIONS ENVIRONNEMENTALES :**

Dr. CABOT (CAP - CHU)  
Dr. CASSADOU (InVS - Département Santé Environnement)  
Mr. DELLAMASSA (ORAMIP)  
Dr. GOURIER-FRERY (InVS)  
Dr. GUINARD (InVS)  
Mr. LOPEZ (DDASS 31)  
Mr. MIDRIER (DRIRE)  
**Mme RICOUX (CIREI)**  
Dr. SCHWOEBEL (InVS)

### **EDUCATION NATIONALE (suivi des scolaires + personnels) :**

Dr. CASSADOU (InVS - Département Santé Environnement)  
Dr. GODEAU (Service Médical du Rectorat)  
**Dr. GUINARD (InVS)**  
Dr. NAVARRO (Rectorat annexe)  
Pr. RAYNAUD (Pédopsychiatrie CHU La Grave / Casselardit)  
Dr. SCHWOEBEL (InVS)  
Dr. THELOT (InVS)  
Dr. VERCHERE (IA 31)

### **SALARIES ET POMPIERS-SAUVETEURS :**

Dr. ARCIER (EDF)  
Dr. BINOT (AFPA Midi-Pyrénées)  
Dr. CARTON (CETAF)  
Dr. CHADES (EDF)  
**Dr. DIENE (InVS)**  
Dr. EHSTER (DRTEFP)  
Dr. ESPAGNO (SEMVAT)  
Pr. GOLDBERG (InVS)  
Dr. GUINARD (InVS)  
Dr. GUILLEBAUD (Centre d'Examens de Santé)  
Dr. IMBERNON (InVS)  
Dr. JACQUES (Centre d'Examens de Santé)  
Pr. LANG (CHU - InVS)  
Melle LAPIERRE (InVS)

Dr. MOURA ROUANNE (SIEMENS)  
Dr SCHWOEBEL (InVS)  
Dr. WARRET (EDF)  
Dr. CHAUMONT (Service Départemental d'Incendie et de Secours)  
Dr. ROCHAS (Service Départemental d'Incendie et de Secours)  
Dr. MURATET (Service du Ministère de l'intérieur)  
Mr. MARTIN (Protection Civile - Croix Rouge)

ENQUETE EN POPULATION GENERALE :

Mr. CLEMENT (DESP)  
Mr. DUCOURNAU (DESP)  
Dr. FATRAS (Protection Judiciaire de la Jeunesse)  
Dr. HELYNCK (InVS)  
Pr. LANG (CHU - InVS)  
**Melle LAPIERRE (InVS)**  
Mme LOISEAU (CREAI - MP)  
Dr SCHWOEBEL (InVS)

CONSEQUENCES OTOLOGIQUES :

Dr. COMBIER (URML)  
Pr. DEGUINE (ORL - CHU Purpan)  
Pr. FRAYSSE (ORL CHU Purpan)  
**Dr. GUINARD (InVS)**  
Dr. HELYNCK (InVS)  
Pr. PESSEY (ORL - CHU Ranguéil)  
Dr SCHWOEBEL (InVS)  
Dr. VERCHERE (IA 31)

EXPERTISES :

Dr. DUGUET (SAU Purpan)  
**Dr. HEMERY (CIREI)**  
Melle LAPIERRE (InVS)

## **Sommaire :**

**Introduction : ..... p 6 à 7**

### **Chapitre I – Conséquences sanitaires des expositions environnementales : ..... p 8 à 62**

1. Effets sanitaires des éventuelles expositions environnementales : ..... p 8 à 14
  - 1.1- Effets sanitaires prévisibles : ..... p 8 à 12
    - 1.1.1- Les signes irritatifs pulmonaires : ..... p 9 à 10
    - 1.1.2- Les signes irritatifs ophtalmiques : ..... p 11 à 12
  - 1.2- Effets imprévisibles : ..... p 12 à 13
  - 1.3- Interprétation : ..... p 13
  - 1.4- Recommandations : ..... p 13
  - 1.5- Perspectives : ..... p 14
2. Evaluation des risques liés aux expositions environnementales : ..... p 15 à 62
  - 2.1- Préambule : .....p 15
  - 2.2- Description sommaire du site AZF, de l'explosion et des produits industriels présents identifiés à ce jour : .....p 16 à 19
    - 2.2.1- Le site dit « AZF », usine de Grande Paroisse : ..... p 16
    - 2.2.2- SNPE et Isochem : ..... p 16
    - 2.2.3- Tolochimie : ..... p 16 à 19
  - 2.3- Données bibliographiques relatives aux effets toxiques des polluants identifiés : ..... p 20 à 26
    - 2.3.1- Amoniac : ..... p 20 à 21
    - 2.3.2- Acide nitrique : ..... p 21 à 22
    - 2.2.3- Dioxyde d'Azote : ..... p 22 à 24
    - 2.3.4- Amiante : ..... p 25
    - 2.3.5- Poussières : ..... p 25 à 26
  - 2.4- Données relatives à une exposition par inhalation : ..... p 27 à 45
    - 2.4.1- Sur le site lui-même : ..... p 27 à 31
    - 2.4.2- Sur les quartiers proches et l'agglomération : ..... p 31 à 40
    - 2.4.3- Estimation des expositions : ..... p 40 à 41
    - 2.4.4- Les 2 mois qui ont suivi l'explosion : ..... p 41 à 43
    - 2.4.5- Expositions à l'amiante : ..... p 43 à 45
  - 2.5- Données relatives à une exposition par ingestion via l'eau potable : p 46 à 49
    - 2.5.1- Données de qualité de l'eau brute : ..... p 46 à 47
    - 2.5.2- Données de qualité de l'eau distribuée : ..... p 48 à 49

2.6- Donnée relatives à une exposition par ingestion via des sols contaminés : .....	p 49 à 62
2.6.1- A proximité de l'explosion : .....	p 49 à 61
2.6.2- A distance de l'explosion : .....	p 62
<b>Chapitre II – Conséquences traumatiques : .....</b>	<b>p 63 à 68</b>
1. Conséquences traumatiques des explosions : .....	p 63
2. Les plaies, blessures et traumatismes physiques : .....	p 64
3. Les traumatismes oculaires : .....	p 64
4. Les traumatismes ORL : .....	p 64 à 66
5. Interprétation : .....	p 66 à 67
6. Recommandations : .....	p 67 à 68
7. Perspectives : .....	p 68
<b>Chapitre III – Retentissement sur la santé mentale : .....</b>	<b>p 69 à 74</b>
1. Effets du traumatisme psychique : .....	p 69 à 70
2. Troubles psychologiques dans les semaines qui ont suivi l'explosion : .....	p 70 à 73
3. Interprétation : .....	p 73
4. Recommandations : .....	p 73 à 74
5. Perspectives : .....	p 74
<b>Chapitre IV – Enquêtes : .....</b>	<b>p 75 à 77</b>
1. Enquête auprès des travailleurs et sauveteurs : .....	p 75 à 76
2. Enquête auprès des élèves : .....	p 76
3. Enquête auprès de la population toulousaine : .....	p 77
<b>Synthèse des conclusions et des recommandations .....</b>	<b>p 78 à 81</b>
1. Effets sanitaires des expositions environnementales : .....	p 78 à 80
2. Troubles auditifs : .....	p 80 à 81
3. Troubles psychologiques : .....	p 81
<b>Références bibliographiques : .....</b>	<b>p 82 à 84</b>
<b>Annexe : Systèmes d'information sanitaire.....</b>	<b>p 85 à 87</b>

## INTRODUCTION

Vendredi 21 septembre 2001 à 10h17, une explosion s'est produite dans l'usine AZF, appartenant à la société Grande Paroisse, filiale du groupe Total Fina Elf. L'usine fabrique des engrais de type ammonitrate (nitrate d'ammonium).

L'explosion a produit une secousse équivalente à un séisme de 3,4 degrés sur l'échelle de Richter. Le site industriel a été immédiatement ravagé sur des centaines de mètres, l'onde de choc s'est propagée, dans la ville, soufflant et endommageant de nombreuses maisons, bâtiments publics, faisant exploser des vitres à des kilomètres du site. Un nuage toxique s'est élevé au-dessus de l'usine et s'est déplacé vers le Nord-Ouest de l'agglomération

Dans les premiers jours qui ont suivi, un dispositif de suivi épidémiologique des conséquences sanitaires de l'explosion a été mis en place par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) en collaboration avec la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales de Midi-Pyrénées.

Le dispositif est articulé autour de trois instances :

- Un comité scientifique présidé par Thierry Lang, professeur de santé publique à Toulouse, avec l'aide du Dr Sylvie Cassadou, médecin épidémiologiste à l'InVS. Ce comité scientifique est chargé de la définition du programme d'études, de la supervision des travaux, de la validation des résultats, et de la formulation de recommandations aux autorités sanitaires.
- Un comité institutionnel de suivi, présidé par le Préfet de Région, regroupant les principales institutions (administrations et collectivités), les employeurs, les représentants des salariés et de la population. Cette instance a pour mission d'appuyer le programme d'études, d'en faciliter le déroulement, d'arbitrer les aspects administratifs et de participer aux actions de communication.
- Un comité opérationnel, sous la responsabilité du Dr Valérie Schwoebel, médecin épidémiologiste à l'InVS, chargé de la mise en œuvre du programme. Ce comité est constitué de deux médecins épidémiologistes, d'une démographe et d'une secrétaire-assistante de l'InVS, d'un médecin épidémiologiste et d'un ingénieur sanitaire de la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'intervention (CIREI) du Sud-Ouest.

Les objectifs du dispositif sont :

- D'évaluer les conséquences sanitaires à moyen et à long terme (au delà du bilan initial comptabilisant les décès et les blessés des premiers jours), afin de mesurer l'ampleur des séquelles que peut laisser un tel événement sur la santé des populations.
- D'apporter des éléments d'informations permettant d'adapter les prises en charge de la population touchée par cette catastrophe, et de formuler des recommandations pour la prise en charge de populations qui seraient soumises à des événements comparables dans le futur.

Trois axes de travail ont été poursuivis pour l'évaluation de l'impact sanitaire dans son ensemble sur la population :

1. La caractérisation des risques pour la population liés aux rejets chimiques dans l'environnement libérés lors de l'explosion ou ultérieurement.
2. La confrontation, l'analyse et la mise en perspectives des informations disponibles dans les différents systèmes d'information sanitaire à visée d'alerte ou de surveillance (Les différents systèmes d'information mobilisés sont décrits en Annexe ).
3. Un ensemble d'enquêtes auprès de populations exposées à des degrés divers aux conséquences de l'explosion : travailleurs de l'agglomération toulousaine, sauveteurs intervenus sur les lieux, élèves des établissements scolaires, résidents des quartiers situés à proximité du site de l'explosion.

Le présent rapport rend compte de l'état d'avancement des travaux en mai 2002 et comprend les chapitres suivants :

- Une évaluation des conséquences sanitaires des expositions environnementales incluant les premiers résultats des systèmes d'information sanitaire et le rapport intermédiaire du travail de caractérisation des risques (chapitre I)
- Une première évaluation des conséquences traumatiques (chapitre II)
- Une première évaluation des conséquences sur la santé mentale (chapitre III)
- Une mise à jour sur les enquêtes en cours ou prévues (chapitre IV)



# CHAPITRE I

## CONSEQUENCES SANITAIRES DES EXPOSITIONS ENVIRONNEMENTALES

### Contexte et Objectifs

Dans le cadre de l'évaluation des conséquences toxicologiques (volet santé-environnement), un groupe de travail environnement a été constitué. Il comprend des représentants de la CIREI (Christine Ricoux) qui en assure l'animation, de l'InVS (Sylvie Cassadou à Toulouse et Claire Gourier-Fréry à Saint Maurice), de la DDASS (Bruno Lopez) et de la DRIRE (Laurent Midrier). A ceux-ci s'ajoutent les compétences de l'observatoire régional de l'air de Midi-Pyrénées (M. Della Massa), de la caisse régionale d'assurance maladie (M. Pulicani), du centre anti-poison (Mme Cabot) et de Météo France (Mme Lac).

Compte tenu d'une connaissance potentiellement partielle des agents émis dans l'environnement au cours et au décours de l'explosion, deux objectifs sont visés :

- 1 - Détecter, en population générale et dans des groupes plus particulièrement exposés, les effets sanitaires, prévisibles ou non, liés aux expositions avérées, potentielles ou hypothétiques ;
- 2 - Caractériser les risques (démarche d'Evaluation Quantitative des Risques : EQR) liés à une exposition aiguë et sub-chronique aux polluants mesurés émis lors de l'explosion et dans la période qui a suivi celle-ci afin d'adapter la surveillance de effets sanitaires. Au delà des résultats de l'EQR en tant que tels, ce dernier travail vise à formuler des recommandations quant aux mesures à mettre en œuvre dans ce type d'accident pour une meilleure connaissance des expositions environnementales de la population.

Les deux sections 1 et 2 ci-dessous détaillent les résultats obtenus au 13 mai 2002 pour ces 2 objectifs.

### 1. EFFETS SANITAIRES DES EVENTUELLES EXPOSITIONS ENVIRONNEMENTALES

La surveillance s'est orientée dès les premiers jours dans deux directions : la détection d'effets sanitaires immédiats prévisibles d'éventuelles expositions environnementales, et l'alerte sur des effets sanitaires imprévisibles.

Les effets sanitaires immédiats prévisibles étaient ceux résultant de l'exposition aux :

- Produits probablement émis dans l'atmosphère après l'explosion : dérivés du nitrate d'ammonium (ammoniac, acide nitrique et dioxyde d'azote),
- Produits potentiellement émis : ces produits étaient ceux de la liste des 12 produits stockés sur le site transmise par la DRIRE au Centre Anti Poison : ammoniac, acide nitrique, chlore, hydrogène, méthanol, acide sulfurique, acide chlorhydrique, phénol, nitrate d'ammonium, formol, lessive de soude, gaz naturel.

Les effets imprévisibles pouvaient concerner tout type de produits non répertoriés *a priori*.

#### 1.1- Effets sanitaires prévisibles

Une revue de la littérature a permis d'identifier les effets des produits probablement ou potentiellement émis. Pour l'ammoniac, l'acide nitrique et le dioxyde d'azote, il s'agit principalement d'effets irritatifs respiratoires et oculaires, immédiats ou retardés de quelques jours à quelques semaines. Une exposition aux vapeurs d'ammoniac peut entraîner des brûlures au niveau du pharynx et du larynx et de tout l'arbre respiratoire (plus ou moins profondément en fonction de la concentration). L'atteinte de l'appareil respiratoire peut se traduire par un bronchospasme, une

laryngite, une trachéite, une dyspnée, des brûlures de l'arbre respiratoire, voire un œdème pulmonaire en cas de dose élevée. L'exposition aux vapeurs d'ammoniac, d'acide nitrique ou de dioxyde d'azote entraîne des brûlures au niveau des muqueuses des yeux. L'atteinte oculaire peut se traduire par une conjonctivite, un larmoiement, une irritation de la cornée.

En ce qui concerne les autres produits de la liste des 12, on recense principalement des effets respiratoires irritatifs immédiats (pour le chlore et les acides) avec de possibles séquelles pulmonaires telles qu'œdème lésionnel, emphysème. Par ailleurs, le méthanol et le phénol peuvent être à l'origine de troubles de la fonction visuelle plus spécifiques : vision floue, rétrécissement du champ visuel, altération de la vision des couleurs, cécité temporaire ou permanente.

La surveillance des effets sanitaires immédiats s'est donc orientée sur les effets respiratoires et ophtalmologiques. Outre le recueil de données hospitalières via le PMSI et l'alerte à partir du Centre Anti Poison, un recueil de données spécifique a été mis en place par le réseau des médecins sentinelles, portant sur :

- les trachéobronchites (en sus des crises d'asthme et bronchiolites du nourrisson qui sont surveillées en routine) ;
- les conjonctivites, définies par un œil rouge avec prurit oculaire, sensation de sable dans les yeux, larmoiement et photophobie ;
- les troubles de la vision définis par une vision floue, un rétrécissement du champ visuel ou des modifications de la perception des couleurs d'apparition récente.

Par ailleurs, le dépistage effectué par l'Education Nationale dans les écoles proches du site de l'explosion et portant sur les troubles de la vision a été aussi effectué (entre autres hypothèses) pour dépister d'éventuelles atteintes oculaires liées à des émissions toxiques.

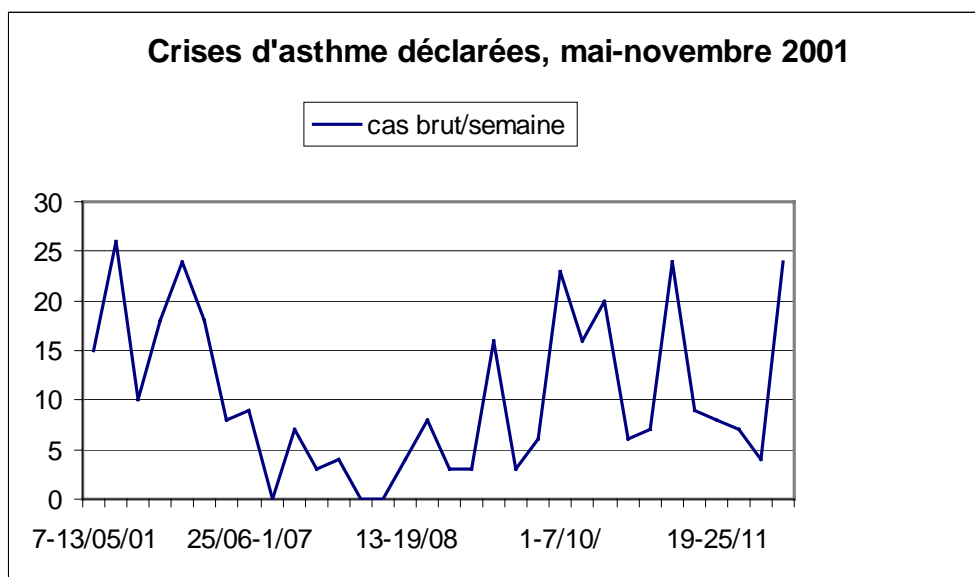
Les données disponibles sont présentées dans le tableau 1 à la fin du paragraphe.

### 1.1.1- Les signes irritatifs pulmonaires

#### Les données des médecins sentinelles

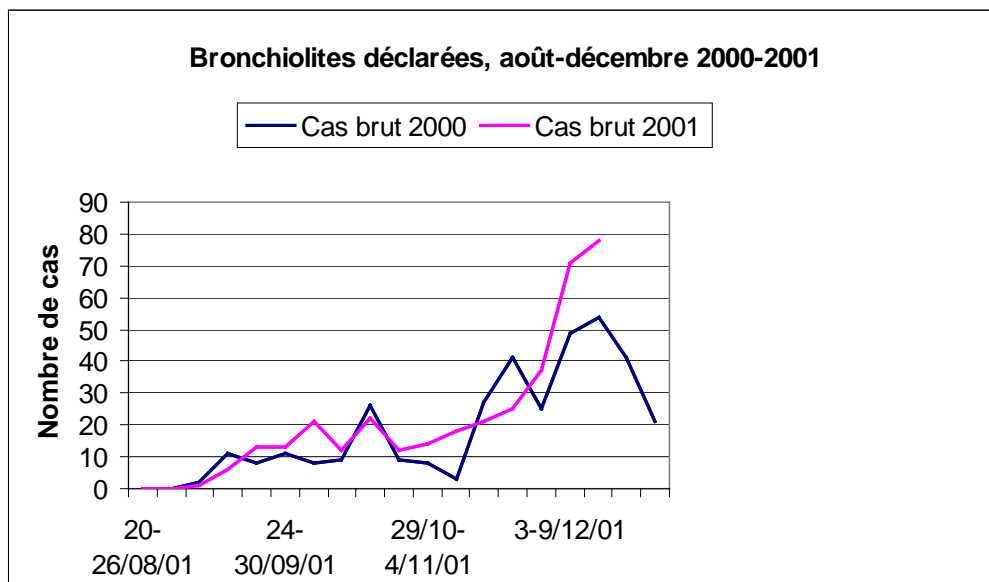
En ce qui concerne les crises d'asthme et bronchiolites du nourrisson, pathologies respiratoires surveillées en routine, on observe dans les semaines qui suivent l'explosion une augmentation du nombre de cas correspondant à la recrudescence saisonnière habituelle de ces pathologies.

Figure 1



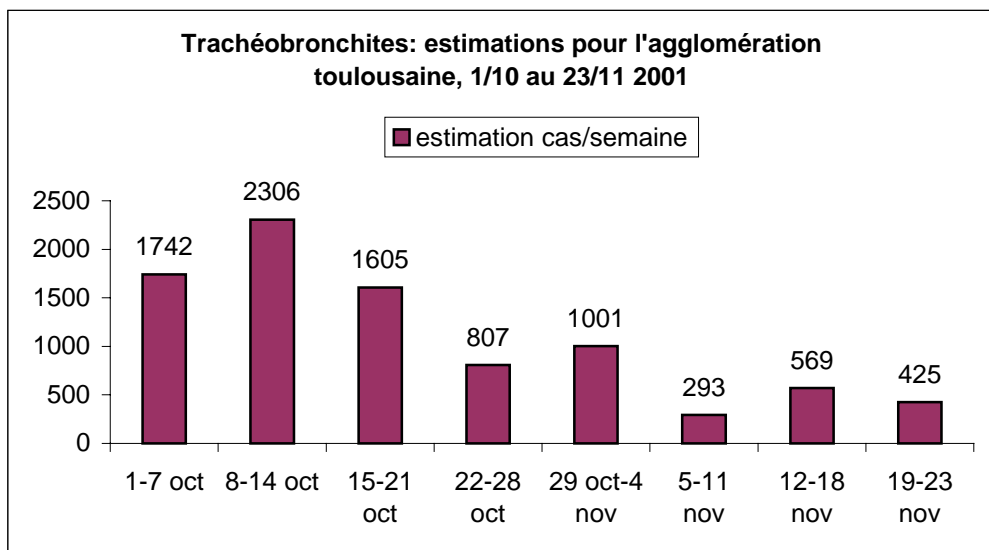
Pour les bronchiolites du nourrisson, les tendances observées ne se distinguent pas nettement de celles de l'année précédente pendant la période des 10 semaines suivant l'explosion. L'augmentation observée à partir de la première quinzaine de décembre ne peut être raisonnablement attribuée aux effets irritants de toxiques émis à la suite de l'explosion.

**Figure 2**



La trachéo-bronchite, pathologie surveillée spécifiquement en lien avec l'explosion, a été déclarée pendant les 2 mois d'observation, mais sa fréquence a diminué nettement après la 5<sup>ème</sup> semaine suivant l'explosion.

**Figure 3**



### 1.1.2- Les signes irritatifs ophtalmiques

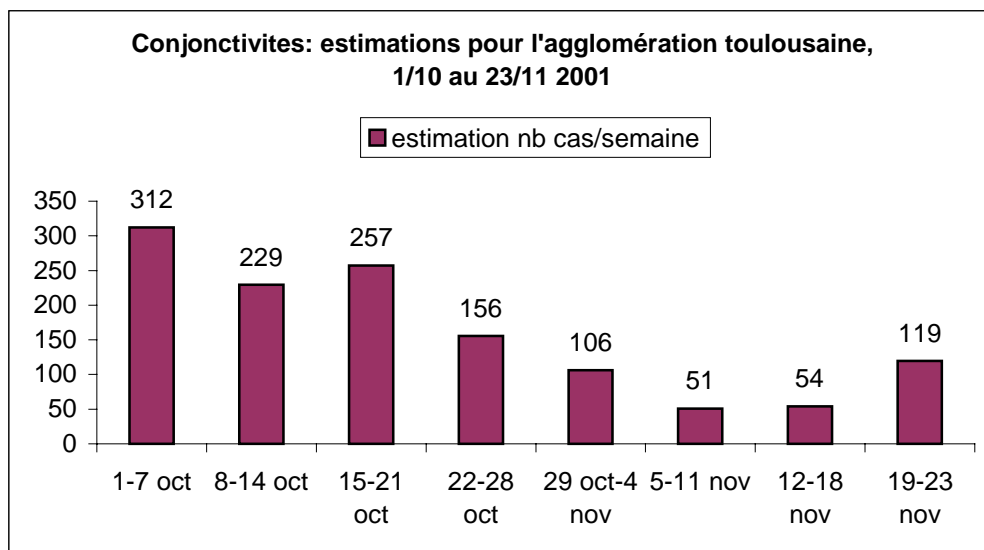
#### Les données des déclarations d'accident du travail

Dans le cadre des accidents du travail, les conjonctivites représentaient 0,8% des lésions.

#### Les données des médecins sentinelles

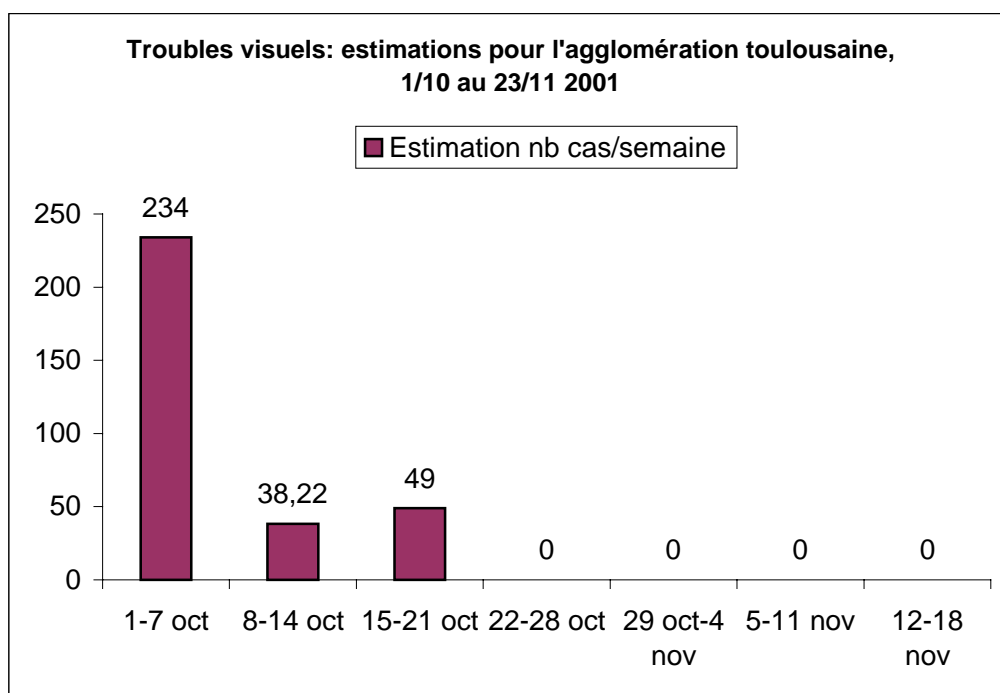
Les conjonctivites ont été signalées principalement jusqu'au 28 octobre (5 semaines après l'explosion).

**Figure 4**



Par ailleurs, des troubles de la vision ont été signalés jusqu'au 21 octobre (4 semaines après l'explosion).

**Figure 5**



### Les données du dépistage fait par l'Education Nationale

Parmi près de 6000 élèves ayant bénéficié d'un dépistage 8 à 10 semaines après l'explosion dans un rayon de 2km autour du site, les troubles de la vision de loin concernaient 4,8% des élèves dans le secondaire et 10,4% en primaire/maternelle.

**Tableau 1**  
**Troubles irritatifs respiratoires et ophtalmologiques**

	Signes irritatifs				Troubles de la vision
	Crises d'asthme	Bronchiolites	Trachéobronchites	Conjonctivites	
<b>Assurance – Maladie région Midi-Pyrénées (département 31)</b>					
2910 lésions accident de travail (pour 1673 certificats médicaux initiaux décrits sur 4900)	-	-	-	0,8%	-
<b>Médecins sentinelles (agglomération Toulouse)</b>					
Consultations du 1/10 au 23/11/01	Augm. Saisonnière	Augm. Saison.	Signalés jusqu'à 5 semaines	Signalés jusqu'à 5 semaines	Signalés jusqu'à 4 semaines
<b>Education nationale (Inspection Académique 31)</b>					
<b>Dépistages écoles zone sinistrée, novembre et décembre 2001</b>					
Elèves primaire et maternelle (2879)	-	-	-	-	10,4%
Elèves secondaire (3362)	-	-	-	-	4,8%

### **1.2- Effets imprévisibles**

Compte tenu de l'incertitude initiale sur les polluants émis dans l'atmosphère, un certain nombre de mesures ont été prises pour permettre une alerte sur des effets sanitaires inhabituels d'origine toxique à travers :

- le Centre Anti Poison, prêt à signaler tous les appels pour effet toxique inexplicable suspects d'être en lien avec l'explosion ;
- les services hospitaliers du CHU, à qui une lettre a été adressée demandant le signalement au CAP de toute néphropathie ou hépatopathie inexplicable ;
- le réseau des médecins sentinelles qui ont signalé pendant 2 mois toute pathologie « inhabituelle » suspectée d'être en lien avec l'explosion ;
- les services de l'Etat (DDASS, DRASS) habilités à recevoir toute alerte sanitaire ;

Par ailleurs, le comité pluridisciplinaire des fœtopathies de la Haute Garonne qui recense les demandes d'interruption thérapeutique de grossesse a été mobilisé pour évaluer les éventuelles fœtopathies toxiques.

### Les systèmes d'alerte

Ni le CAP, ni les médecins sentinelles n'ont signalé de pathologie inhabituelle suspecte d'avoir une origine toxique. Les services hospitaliers du CHU n'ont signalé aucune néphropathie ou hépatopathie inexplicable ou suspecte.

Une alerte concernant une lésion dermatologique inexplicable a été reçue par la DRASS en mars 2002. Après investigations, il s'est avéré qu'il s'agissait d'une pathologie sans lien avec une éventuelle origine toxique.

### Le comité fœtopathie de Haute Garonne.

Une analyse sur le nombre de demandes d'interruption thérapeutique de grossesse (ITG) dans les 3 mois suivant l'explosion, en comparaison avec la même période de l'année précédente montre que les résultats sont identiques d'une année sur l'autre. Les échographies de morphologie pour indication d'ITG entre 12 et 18 semaines d'aménorrhée ont été répertoriées, en sélectionnant uniquement les femmes habitant à Toulouse et dans l'agglomération : il y a eu une demande en octobre, zéro en novembre et zéro en décembre 2001, ces chiffres étant identiques pour l'année 2000.

### **1.3- Interprétation**

En ce qui concerne les effets sanitaires immédiats d'éventuelles expositions atmosphériques, ceux qui ont été signalés à travers les accidents du travail et par les médecins sentinelles sont compatibles avec les effets irritatifs connus des dérivés nitrés (ammoniac en particulier) et du chlore (produit qui s'est secondairement avéré présent dans les émissions atmosphériques en petite quantité).

La fréquence des consultations pour trachéo-bronchite enregistrées par les médecins sentinelles reflète probablement la présence de signes irritatifs respiratoires dans la population. Bien que cette pathologie soit banale et fréquemment vue en pratique médicale de routine, le fait que sa fréquence ait nettement diminué 5 semaines après l'explosion est en faveur de son lien avec les émissions atmosphériques confirmées à ce jour. L'interprétation des variations du nombre de crises d'asthme et de bronchiolite du nourrisson, par rapport à l'année précédente, est compliquée par le fait qu'il est difficile de faire la part de ce qui pourrait être lié à une éventuelle origine toxique et de ce qui est liée à la recrudescence saisonnière habituelle de ces pathologies.

En ophtalmologie, plusieurs sources (déclarations d'accidents du travail, médecins sentinelles) montrent l'existence de troubles irritatifs oculaires prédominant dans les 4 à 5 semaines suivant l'explosion. Les troubles de la vision signalés par ces mêmes médecins pourraient être en lien avec ces signes irritatifs.

Les divers systèmes d'alerte mis en place n'ont pas décelé à ce jour d'effet sanitaire qui pourrait faire suspecter des émissions atmosphériques de toxiques non identifiés.

Les données de dépistage dans les écoles proches du site indiquent une prévalence relativement importante de troubles de la vision de loin avec correction chez les enfants. Ni les données de la littérature, ni les avis spécialisés ne permettent de rapporter ces troubles visuels aux conséquences de l'explosion.

### **1.4- Recommandations**

A partir des données recueillies, il apparaît que des signes irritatifs respiratoires ou ophtalmologiques ont été signalés sur une période relativement courte de quelques semaines après l'explosion. Il n'y a pas d'argument en faveur du maintien d'une surveillance particulière sur ces types de pathologies. Par ailleurs, aucun phénomène inhabituel n'a été signalé incitant à la mise en place d'une surveillance spécifique, hors les systèmes d'alerte.

En ce qui concerne les troubles de la vision de loin dépistés en milieu scolaire, il n'existe pas d'argument scientifique permettant de les relier à l'explosion. Par contre, la fréquence des déficits visuels observés, chez des enfants parfois porteurs de verres correcteurs, attire l'attention sur l'importance d'expliquer aux parents le besoin de faire examiner leurs enfants dans des conditions d'examen plus approfondi, afin qu'une prise en charge correcte des troubles diagnostiqués puisse être entreprise en cas de besoin.

## 1.5- Perspectives

Il est prévu d'affiner le bilan des effets sanitaires immédiats des émissions atmosphériques, principalement les effets irritatifs respiratoires et ophtalmologiques, en évaluant indirectement la fréquence de ces pathologies à travers 2 sources :

- La base de données de l'Assurance Maladie, en analysant les prescriptions médicamenteuses d'antiasthmatiques (ou dérivés) et de médicaments ophtalmologiques, dans les suites immédiates de l'explosion.
- L'observatoire régional des urgences ORUMIP, en observant les tendances des crises d'asthme et insuffisance respiratoire aigüe.
- Analyses des fiches d'appel au Centre Antipoisons, en comparant les 3 mois précédant l'explosion et les 3 mois suivants

Par ailleurs, la surveillance des effets retardés sera poursuivie, en continuant le recueil des effets inhabituels à travers les systèmes d'alerte, et par le suivi des populations les plus exposées (cohorte de salariés).

## 2. EVALUATION DES RISQUES LIES AUX EXPOSITIONS ENVIRONNEMENTALES

### 2.1- *Préambule* :

Afin de formuler, le cas échéant, des recommandations quant aux mesures de prévention à adopter, l'objectif est ici de caractériser les risques – démarche d'évaluation quantitative des risques<sup>1</sup> - liés à une exposition des populations aux produits toxiques dégagés au cours et au décours de l'accident. Pour cela, le groupe de travail, dans un premier temps, a recherché l'ensemble des sources de données et des informations disponibles pour l'identification des polluants émis, la définition de la zone d'impact, les mesures environnementales ou les estimations des concentrations dans les milieux déjà réalisées ou en cours de réalisation en tenant compte des différents vecteurs d'exposition que représentent : l'air, l'eau, le sol.

Pour chaque vecteur d'exposition, ce rapport fait le bilan des données recueillies et de leur signification en terme d'exposition. A partir de cette synthèse, le groupe de travail a estimé qualitativement et quantitativement les expositions et a confronté celles-ci aux valeurs toxicologiques de référence pertinentes afin de caractériser les risques pour la population exposée.

Par ailleurs, l'analyse et le traitement des données recueillies ne sont pas entièrement réalisés pour ce rapport intermédiaire et seront complétés pour le rapport final. Néanmoins, à chaque étape du recueil des données et avant leur analyse définitive, le groupe s'est posé la question de l'existence de risques nécessitant des mesures immédiates de prévention pour les populations exposées. A ce jour, aucune des expositions identifiées n'a conduit à recommander des mesures urgentes de prévention autres que celles déjà prises par les différents services en charge de la santé publique ou de l'environnement au décours de l'explosion.

Enfin, on doit noter que ce rapport intermédiaire est basé sur un état actuel des connaissances sur les rejets identifiés. Si de nouvelles informations sont recueillies par la suite, elles seront dans tous les cas intégrées à l'analyse pour le rapport final.

---

<sup>1</sup> Classiquement, les différentes étapes de l'évaluation quantitative des risques sont : 1. Identification des dangers (polluants et effets sanitaires) ; 2. Sélection des valeurs toxicologiques de référence, 3. Quantification de l'exposition (couplant mesure ou estimation des teneurs dans les milieux et description des situations d'exposition); 4. Caractérisation du risque (quantification ou jugement qualitatif).



## 2.2- Description sommaire du site AZF, de l'explosion et des produits industriels présents identifiés à ce jour

Le pôle chimique sud de la ville de Toulouse, classé en zone Sévés0 en 1982, comprend trois usines principales. Le rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement (IGE) du 24 Octobre 2001[1] et les éléments recueillis auprès de Grande Paroisse permettent d'en faire la description suivante :

### 2.2.1- le site dit « AZF », usine de Grande Paroisse :

Construite en 1924 au sud de Toulouse, l'usine Onia est successivement devenue APC puis AZF. En 1987, elle devient Grande paroisse, et filiale engrais d'Elf Atochem en 1990. Depuis février 2000, Grande paroisse est la filiale engrais d'Atofina, au sein du groupe Total Elf Fina mais AZF reste la marque des engrais.

Située sur une zone de 70 ha, cette usine produisait de l'ammoniac (1150 t/j) à partir de gaz naturel, de l'acide nitrique par oxydation catalytique d'un mélange d'air et d'ammoniac (820 t/j), du nitrate d'ammonium par neutralisation de l'acide nitrique par de l'ammoniac gazeux (1100 t/j) et de l'urée à partir d'ammoniac et de dioxyde de carbone (1200 t/j). Le nitrate d'ammonium était produit soit sous forme d'engrais granulé à usage agricole, soit sous forme de granulé à usage industriel, soit sous forme de solution azotée. Le nitrate d'ammonium à usage industriel contient 34,6% d'azote alors que le nitrate d'ammonium à usage agricole en contient 33,5%.

Enfin, l'usine produisait de la mélamine, du formol, de l'acide cyanhydrique et des dérivés chlorés, des colles, des résines et des durcisseurs.

### 2.2.2- la SNPE et Isochem :

La SNPE, située à 500 m à l'est du point de l'explosion (SNPE est séparée de Grande Paroisse par un bras de la Garonne), s'étend sur 38 ha. Ses principales productions concernent l'espace, la défense, la chimie fine et la pharmacie.

Isochem, installée sur le même site, produit des intermédiaires et des matières actives pharmaceutiques.

### 2.2.3- Tolochimie :

Cette usine est située au sud du site, sur 10 ha, et produit des intermédiaires de chimie fine à usage agricole.

Au sud de l'usine de Grande Paroisse se trouvent les terrains de l'ancienne poudrerie nationale de Braqueville sur 70 ha et des ballastières sur 37 ha dans lesquelles il reste plusieurs dizaines de milliers de tonnes de résidus de poudre.

Deux autres installations non visées par la directive SEVESO II situées à 800 m à l'est de l'usine sont également présentes :

- **Raisio** : cette usine fabrique un adjuvant de collage pour l'imperméabilisation de papiers et cartons (AKD) utilisant du toluène, de la triéthylamine, du chlorure de stéaroyle, de l'acide chlorhydrique, de la lessive de soude, de l'acide sulfurique, du monoéthylène glycol.
- **Air Liquide** : installation de stockage de gaz liquéfiés.

Le rapport de l'IGE [1] décrit également l'explosion et son impact immédiat sur les infrastructures. L'explosion a eu lieu à 10h17 le 21 septembre, dans un bâtiment de stockage qui contenait 300 à 400 tonnes de nitrates d'ammonium « déclassés » en raison d'anomalies de granulométrie, mais également de composition chimique. Ce lieu est situé à 3 km environ du centre de Toulouse.

Les dégâts observés sur les constructions ont conduit à estimer que la puissance de l'explosion est celle de 20 à 40 tonnes de TNT (explosif de référence), ce qui correspondrait à la détonation de 40

à 80 tonnes de nitrate d'ammonium [2]. Néanmoins, la « traduction » TNT-produit d'origine est toujours difficile et d'autres estimations, communiquées à la Drire récemment, font état de 50 à 150 tonnes de nitrate d'ammonium ayant détonné.

Le 25/09/01, l'industriel a transmis, via la Drire, au Centre Anti Poison de Toulouse une liste de 12 produits stockés sur le site : ammoniac, acide nitrique, chlore, hydrogène, méthanol, acide sulfurique, acide chlorhydrique, phénol, nitrate d'ammonium, formol, lessive de soude, gaz naturel. A partir du 9 Octobre , la DRIRE a rendu publics les états des stocks de matières dangereuses encore présentes sur les trois usines [3]. Le document précisait que « ce point n'était pas exhaustif, seules les matières en grande quantité ou présentant des risques étaient mentionnées ». Le tableau 2 présente l'état des stocks, à la date du 25 octobre.

**Tableau 2 : Etat des stocks de produits encore présents sur les sites de la zone chimique sud – 25/10/2001.**

Site et produit	Etat	Quantité initiale (le 21/09 à 11h)	Quantité évacuée, détruite ou traitée	Quantité restante
<b>Grande Paroisse (AZF)</b>				
Ac. Nitrique (HNO <sub>2</sub> )		1778 m <sup>3</sup>	1778 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
Nitrate d'ammonium (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )				
<i>en solution chaude</i>	Neutralisé le 30/09/01	834 m <sup>3</sup>	760 m <sup>3</sup>	74 m <sup>3</sup>
<i>agricoles</i>		3851 tonnes	0	3851 tonnes
<i>industriels</i>	110 t récupérées	860 tonnes	0	860 tonnes
<i>en wagons</i>		18 wagons	18 wagons	0
Chlore (Cl) stockage en wagons		7 wagons	7 wagons	0
Produits chlorés		690 tonnes	690 tonnes	0
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )				
<i>stock. en wagon</i>		26 wagons	20 wagons évacués le 24/10	4 wagons (1)
<i>sous pression</i>		120 tonnes	114 tonnes	6 tonnes
<i>cryogénique</i>		1650 tonnes	1550	100 tonnes
Formol (COH <sub>2</sub> )		220 m <sup>3</sup>	220 m <sup>3</sup>	0
Méthanol (CH <sub>3</sub> OH)		1580 m <sup>3</sup>	1580 m <sup>3</sup>	0
Urée		27470 tonnes	1380 tonnes	26090 tonnes
Sources radioactives scellées	Localisées et expertisées	15	15	0
Acide cyanurique		605 tonnes	365 tonnes	240 t tonnes
<b>Solutions azotées</b>		825 tonnes	400 tonnes	425 tonnes
Précondensats (urée et formol)		610 tonnes	494 tonnes	116 tonnes
<b>SNPE</b>				
Phosgène (COCl <sub>2</sub> )				
<i>en conteneurs</i>		46,5 tonnes	28,5 tonnes	21,4 tonnes
<i>stockage fixe</i>		16,6 tonnes	0	16,6 tonnes
Perchlorate d'ammonium		-	-	0
Chlore		775 tonnes	775 tonnes	0
Ammoniac		76 tonnes	71 tonnes	5 tonnes
Méthanol		350 tonnes	350 tonnes	0
<b>TOLOCHIMIE</b>				
Phosgène	En cours	9,8 tonnes	9,8 tonnes	0
Produits finis très toxiques		116 tonnes	0	116 tonnes

(1) chargement en cours de wagons d'ammoniac à partir du stock d'ammoniac cryogénique

L'explosion a entraîné la destruction de certains réservoirs de solution de nitrate d'ammonium et des fuites d'acide nitrique. En revanche, il n'y a pas eu de fuite sur le réservoir de solution chaude de nitrate d'ammonium à 95% (33,5% d'azote), même si celui-ci a été endommagé. De même, les autres stockages de nitrate d'ammonium de la zone, les stockages d'ammoniac sous pression, (à 300 m de l'explosion), le stockage d'ammoniac liquide (cryogénique), le stockage de chlore (à 500 m de l'explosion) et les wagons de chlore et d'ammoniac (à 400 m de l'explosion) n'ont pas été directement touchés et n'ont pas été à l'origine de fuite.

Sur le site de la SNPE, aucune structure technique n'a été endommagée et aucune fuite n'a été constatée. Les réservoirs de phosgène, fractionnés, enterrés et confinés, ont résisté à l'explosion de même que la canalisation à double paroi traversant le bras mort de la Garonne sur une passerelle para-sismique. De même, les installations techniques d'ISOCHEM n'ont pas été endommagées et le site de TOLOCHIMIE, du fait de son éloignement n'a pas subi de dégâts.

**Sur ce premier bilan dressé par l'IGE et la DRIRE, les rejets de produits chimiques spécifiques, au moment de l'explosion et dans les heures qui ont suivi, concernent donc le nitrate d'ammonium, conduisant à la formation d'acide nitrique, d'ammoniac et secondairement de dioxyde d'azote.**

Concernant les sources radioactives à usage industriel, outre les 15 sources scellées figurant dans le tableau 1, étaient présents trois sels de radio éléments naturels et du sable uranifère. Les pompiers de la cellule mobile d'intervention radiologique (CMIR) de Haute Garonne et du Lot et Garonne ont été sollicités le jour de l'explosion pour mesures de radioactivité sur l'ensemble du site : toutes les sources étaient intactes. L'intégrité de ces sources a été vérifiée secondairement lors d'une visite conjointe de la Drire et de l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (Opri) le 5 octobre sur le site AZF. Les 11 sources scellées encore présentes dans la zone à cette date ont été rassemblées dans un local fermé à clé et un contrôle radiologique a été réalisé par le bureau d'études Apave. Il a pu être confirmé que l'ensemble des sources radioactives, scellées ou non scellées, n'avait pas été touché par l'explosion.

En marge des produits industriels présents sur le site, l'explosion a entraîné la désagrégation des matériaux de nombreuses constructions sur l'installation elle-même et sur les quartiers environnants, ces matériaux comportant potentiellement des fibres d'amiante. Si l'on considère le périmètre principal d'intervention de la protection civile à partir des appels pour atteinte des bâtiments, la zone d'impact s'étend jusqu'à 2,7km du lieu de l'explosion. Cette distance à l'épicentre correspond, d'après le rapport de l'INERIS [2] fourni à l'IGE, à une surpression de 10 mbar environ, soit des dommages de type bris de vitre simple. Au maximum, la diffusion des fibres d'amiante potentiellement présentes dans les matériaux de construction concerne donc l'ensemble de cette zone. Concernant l'installation de Grande Paroisse, la CRAM a pu faire état d'un programme de remplacement des calorifugeages à base d'amiante. Au moment de l'explosion ces matériaux avaient été remplacés par des coquilles en fibres de verre, ceci avait fait l'objet d'un contrôle visuel. Sur le site, seules des plaques en fibro-ciment étaient donc susceptibles d'avoir libéré de l'amiante. Enfin, le souffle de l'explosion a été à l'origine d'une projection de particules en grande quantité autour de l'installation. Ces particules provenaient en grande partie du sol du site industriel puisqu'un cratère de 7 mètres de profondeur et de 40 mètres de diamètre environ se trouve à l'endroit de l'explosion. Or, le site de Grande Paroisse a une vocation industrielle très ancienne et le sol y est historiquement pollué par de nombreuses substances.

**Au total, sur ces premiers éléments, les produits clairement identifiés comme ayant été émis et susceptibles d'être à l'origine de risques pour la population étaient : l'acide nitrique, le dioxyde d'azote, l'ammoniac, l'amiante et les poussières projetées par le souffle de l'explosion.** La recherche bibliographique [4] sur les effets toxiques et l'estimation des expositions par les différentes voies (inhalation, ingestion) s'est donc tout d'abord intéressée à ces produits et leurs dérivés. Par ailleurs, les mesures d'autres substances (figurant dans la liste des produits stockés sur le site ou non) et qui auraient pu être réalisées dans les différents milieux (eau, air, sol) ont également été recherchées. En particulier, les mesures récentes ou plus anciennes réalisées dans les sols du site ou riverains ont été recherchées de même que les mesures réalisées pendant la période d'évacuation des stocks après l'explosion.

## 2.3- Données bibliographiques relatives aux effets toxiques des polluants identifiés

Au cours de sa combustion, le nitrate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) s'est décomposé en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), oxydes d'azote ( $\text{NO}$  et  $\text{NO}_2$ ) et vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### 2.3.1- AMMONIAC

Formule chimique :  $\text{NH}_3$

Conversion d'unités :  $1\text{mg}/\text{m}^3 = 1,43\text{ppm}$  ou  $1\text{ppm} = 0,7\text{mg}/\text{m}^3$ .

L'ammoniac est un gaz incolore qui dégage une odeur âcre, pénétrante et extrêmement irritante. Il peut se décomposer à haute température (lors d'incendies par exemple) en produisant de l'hydrogène et du dioxyde d'azote. Les vapeurs d'ammoniac sont alcalines et très solubles dans l'eau.

Souvent utilisé sous forme de gaz comprimé, il pose un risque d'explosion et de toxicité en espaces clos. En présence d'eau, il forme de l'hydroxyde d'ammonium très caustique :



#### a- Effets rapportés dans la littérature

##### *Exposition aiguë*

Une exposition aux vapeurs d'ammoniac entraîne des brûlures au niveau des muqueuses de la peau, des yeux, du nez, du pharynx et du larynx et de tout l'arbre respiratoire (plus ou moins profond en fonction de la concentration). Le risque d'intoxication est majoré en espace clos.

La bibliographie ne fait pas référence à des effets retardés d'une exposition aiguë. En revanche, si l'intoxication est importante, il peut y avoir des séquelles (cécité, bronchites...).

- **Oculaires** : conjonctivites, larmoiement important, irritation de la cornée, cécité temporaire ou permanente.
- **Respiratoire** : bronchospasme, laryngite, trachéite, dyspnée, brûlures de l'arbre respiratoire, voire œdème pulmonaire (+- immédiat).
- **Neurologiques** : coma non caractéristique si intoxication massive. Par ailleurs, des concentrations élevées d'ammoniac sont observées dans le sang des patients atteints d'encéphalopathie hépatique. On s'interroge donc sur les effets neurologiques potentiels de fortes intoxications à l'ammoniac.
- **Urinaires** : une rétention urinaire peut se produire.
- **Cutanés** : irritations

##### *Exposition chronique*

- **Respiratoire** : toux chronique, asthme et fibrose du poumon ont été reportés.
- **Effets neurologiques** : maux de tête, somnolence.
- **Appareil urinaire** : congestion des reins.
- **Peau** : dermatites.

#### b- Populations à risque

Individus dont la fonction hépatique est diminuée, maladies chroniques du foie,  
Maladies chroniques respiratoires,  
Maladie de la cornée et glaucome.

#### c- Relation exposition – effets :

La sévérité des troubles dépend de la concentration et de la durée d'exposition :

- 17-50ppm : seuil olfactif (variable selon la source bibliographique)
- 400ppm : irritation de la gorge
- 700ppm : irritation des yeux
- 1700ppm : toux
- $\geq 5000$ ppm (7000mg/m<sup>3</sup> pdt 3h) : mort

Les symptômes pulmonaires sont immédiats ou dans les 24-48h après l'exposition. Dans de très rares cas, ils peuvent être retardés.

Le seuil des effets irréversibles non létaux, inflammations chroniques des bronches, hyper réactivité bronchique, etc... a été établi par l'INERIS et le MATE à 500ppm (350 mg/m<sup>3</sup>) pour 30 minutes.

#### d- Valeurs recommandées en milieu de travail

Aux Etats Unis :

- National Institute for Occupational Safety and Health (<http://www.cdc.gov/niosh>) : 25 ppm (10h), 35 ppm (15 min)

En France :

- Institut National de Recherche et de Sécurité : 25 ppm (8 heures), 50 ppm (15 min)

#### e- Concentrations dans l'environnement

- Concentration habituelle en ville : 5 ug/m<sup>3</sup> (OMS, 1986)
- Concentrations relevées par l'ORAMIP en 1999 – 2000 :  
Moyennes annuelles 1999 = 16 ug/m<sup>3</sup> ; 2000 = 10 ug/m<sup>3</sup>  
Valeurs maximales (1/4 horaires) : la plus haute concentration a été reportée le 16/09/2000 à 1712 ug/m<sup>3</sup>. La pollution ammoniacale toulousaine est une pollution par bouffées (les moyennes annuelles sont faibles).

Il n'y a pas de réglementation pour la qualité de l'air extérieur.

### 2.3.2- ACIDE NITRIQUE

Formule chimique : HNO<sub>3</sub>

Conversion d'unité : 1 mg/m<sup>3</sup> = 0,4 ppm ou 1 ppm = 2,5 mg/m<sup>3</sup>

L'acide nitrique se décompose plus ou moins rapidement en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) qui colore les solutions en jaune. HNO<sub>3</sub> est un acide fort et un oxydant puissant.

#### a- Effets rapportés dans la littérature après exposition aux vapeurs d'acides :

*Exposition aiguë*

**Peu de cas d'intoxication à l'acide nitrique sont rapportés dans la littérature, peu de données sont donc disponibles spécifiquement pour ce produit.** D'une manière générale, les acides forts > 10% sont des substances très corrosives (sinon, seulement irritants). Ils agissent par action locale et généralement immédiate (quelques minutes à quelques jours) au niveau de la peau, des yeux, du tractus digestif par ingestion ou du tractus respiratoire par inhalation.

*- Appareil respiratoire*

Le risque est important pour les acides ayant une forte pression de vapeur. L'exposition par inhalation aux acides engendre une irritation des voies respiratoires supérieures (bouche, gorge, larynx, pharynx, cavités nasales...) avec éventuellement une congestion (pouvant être fatale) et des ulcérations à forte concentration.

Pour des concentrations fortes, l'arbre bronchique inférieur est atteint, ce qui peut entraîner une toux, une dyspnée, une hypoxie, un bronchospasme réflexe et, à l'extrême, une dépression respiratoire avec emphysème et œdème pulmonaire pouvant conduire au décès pour des

intoxications aiguës sévères. Une dépression respiratoire a été observée pour l'acide nitrique après une exposition à une concentration de 50mg/m<sup>3</sup> pendant 4 heures.

De manière retardée, un œdème pulmonaire lésionnel peut apparaître avec des séquelles respiratoires (sténoses, fibroses).

*- oeil*

La projection d'acides dans l'œil peut entraîner des irritations graves, des hémorragies intra conjonctivales, une augmentation de la pression intra oculaire, une opacification du cristallin (cataracte) et des opacifications permanente de la cornée (seulement pour des doses très fortes).

Les vapeurs d'acides peu concentrées engendrent des irritations des yeux, qui restent légères et temporaires, de type larmoiements, conjonctivites.

A terme, des baisses de l'acuité visuelle séquellaires sont possibles.

*- peau*

Des projections d'acides sur la peau sont à l'origine de brûlures (érythèmes, phlyctènes...), voire de dermatites ou d'ulcérations pour les doses les plus fortes.

**b- Relation exposition – effets :**

25 ppm pendant 8 h : symptômes pulmonaires.

100-150 ppm pendant ½ heure : œdème pulmonaire.

**c- Valeurs recommandées en milieu de travail**

VME = 2ppm (5mg/m<sup>3</sup>)

VLE = 4ppm (10mg/m<sup>3</sup>)

**2.3.3- DIOXYDE D'AZOTE**

Formule chimique : NO<sub>2</sub>

Conversion d'unités : 1mg/m<sup>3</sup> = 0,53ppm ou 1ppm = 1,88mg/m<sup>3</sup>.

La présence d'azote atmosphérique dans toute combustion aboutit à la production d'oxydes d'azote constitués essentiellement de monoxyde (NO) et de dioxyde ou peroxyde (NO<sub>2</sub>) d'azote. C'est le NO<sub>2</sub> qui est principalement retrouvé en milieu industriel. Le monoxyde rapidement oxydé en NO<sub>2</sub> est environ 5 fois moins toxique que le NO<sub>2</sub>.

La formation d'oxyde d'azote dépend de la température : plus cette dernière est élevée plus la quantité de NO générée est importante. Le monoxyde d'azote est ensuite oxydé en NO<sub>2</sub> par les agents oxydants de l'air (Ozone, radicaux hydroperoxydes). Cette réaction est rapide (quelques dizaines de secondes à la minute, en fonction des conditions du milieu).

Le dioxyde d'azote présente deux types de toxicité : une toxicité locale par irritation et une toxicité systémique par formation de méthémoglobine.

**a- Effets rapportés dans la littérature**

**Remarque**

En raison d'éventuelles réactions de nitrosation, on peut envisager, en présence d'amines et dans certaines conditions, la possibilité de la formation de nitrosamines. Certaines nitrosamines sont inactives mais la majorité d'entre elles peut donner, après transformation, des métabolites alkylants susceptibles d'effets génotoxiques, tératogènes ou cancérigènes.

### *Exposition aiguë*

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

La toxicité locale et immédiate des oxydes d'azote est moins marquée que pour l'ammoniac (irritation légère des muqueuses des voies respiratoires et de la conjonctive) mais pour des concentrations importantes, l'arbre bronchique profond peut être gravement atteint. Le dioxyde d'azote étant assez soluble dans l'eau, sa toxicité cible d'avantage les petites voies aériennes (bronchioles membraneuses, et bronchioles respiratoires) que les alvéoles. Néanmoins le mode de respiration intervient dans cette pénétration des NOx, la respiration nasale entraînant une absorption plus importante du gaz dans les voies aériennes supérieures alors que la respiration buccale permet une pénétration plus distale du gaz.

On a également montré que les effets pouvaient être retardés. Après un tableau clinique léger, un effet retardé peut être observé après une phase de rémission, sous forme d'une bronchiolite, trois semaines après l'exposition (Hazardous Substance Data Bank, USA). Plus l'exposition est répétée (et devient chronique), plus l'effet peut être retardé. L'intoxication aiguë évolue alors le plus souvent en trois phases :

- Une irritation plus ou moins marquée des voies aériennes supérieures avec bronchospasme, accompagnée de toux, de dyspnée et de nausées, souvent associée à une irritation oculaire avec larmoiement. Cette irritation disparaît rapidement dès la fin de l'exposition et passe même parfois inaperçue.
- Une phase de récupération, plus ou moins asymptomatique qui dure de quelques heures (6 à 24 h) à quelques jours.
- Une détresse respiratoire avec toux, dyspnée, fièvre en rapport avec un œdème aigu du poumon. Si l'évolution n'est pas fatale, l'épisode peut évoluer vers la guérison totale ou une bronchopneumonie de pronostic le plus souvent favorable. Il peut parfois être suivi par une bronchiolite oblitérante fibrosante qui elle peut entraîner le décès en quelques semaines, si les lésions sont importantes, ou engendrer des séquelles fonctionnelles importantes (fibrose ou emphysème). La période la plus critique reste de 5 à 72 heures suivant l'exposition.

Les effets observés dépendent plus de la concentration d'exposition que de la durée d'exposition (HSDB).

L'effet méthémoglobinisant du NO<sub>2</sub> n'est observé que pour des fortes doses. D'après le docteur Alain Baert (Centre anti-poison Rennes), la méthémoglobinémie n'est pas un bon indicateur d'exposition car elle ne peut être mesurée que pour de très fortes expositions à NO<sub>2</sub> (l'exemple de travailleurs intoxiqués au NO<sub>2</sub>, restés plus d'1/2 heure après un accident dans l'entrepôt montre un taux de MéthHb de 7% pour trois d'entre eux, ce qui est sub-normal et ne représente pas un danger).

### *Exposition chronique*

L'intoxication chronique, avec des troubles irritatifs oculaires et respiratoires, est discutée. Cependant, il semble que l'exposition prolongée à une concentration insuffisante pour induire un œdème pulmonaire puisse favoriser le développement d'emphysème. L'exposition prolongée à de faibles concentrations (0,5 à 3,5 ppm) semble favoriser le développement d'infections pulmonaires. Cette diminution de la résistance aux infections pourrait s'expliquer par une réduction des anticorps IgG (observée chez des travailleurs exposés au NO<sub>2</sub>).



Globalement, les études écologiques temporelles mettent en évidence des liens entre une augmentation des niveaux ambiants de NO<sub>2</sub> en milieu urbain et les admissions hospitalières pour exacerbation de problèmes respiratoires chroniques (dont l'asthme et la bronchite chronique) mais le NO<sub>2</sub> est ici un indicateur du mélange atmosphérique en présence et pas le composé chimique spécifique.

#### **b- Populations à risque**

- troubles respiratoires : enfant, asthmatique et sujets souffrant de maladies respiratoires chroniques.

#### **c- Valeurs recommandées en milieu de travail**

En France, le Ministère du Travail a fixé à 3 ppm (6 mg/m<sup>3</sup>) la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) indicative pour le monoxyde d'azote et à 25 ppm (30 mg/m<sup>3</sup>) la valeur limite d'exposition (VLE) indicative pour le dioxyde d'azote qui peuvent être admises dans l'air des locaux de travail.

#### **d- Normes et valeurs guides pour le NO<sub>2</sub> dans l'environnement (OMS)**

Exposition à court terme : 400ug/m<sup>3</sup> en moyenne sur une heure,  
 Exposition à moyen terme : 150 ug/m<sup>3</sup> sur 24h,  
 Exposition à long terme : 40 ug/m<sup>3</sup>, d'après données sur des enfants.

Pour 200ug/m<sup>3</sup> : information des populations,  
 Pour 400ug/m<sup>3</sup> : alerte.

En ug/m <sup>3</sup>	Pas de temps	Tolérance	Type de valeur	Source
400	1 heure	/	Seuil d'alerte	Directive CEE 99
200	1 heure	/	recommandation	OMS pour l'Europe 96
200	1 heure	18 heures par an application au 1 <sup>er</sup> janvier 2010	Valeur limite	Directive CEE 99
135	1 heure	17 jours par an	Valeur guide	PRQA PACA
40	1 heure	50% de l'année (4380 heures)	Valeur guide	PRQA PACA
40	1 année	application au 1 <sup>er</sup> janvier 2010	Valeur limite	Directive CEE 99
40	1 année	/	recommandation	OMS pour l'Europe 96
30	1 année	Application au 19 juillet 2001	Valeur limite pour la végétation	Directive CEE 99
30	1 année	/	Recommandation pour la végétation	OMS pour l'Europe 96

Niveaux de concentrations urbains :

A Paris, la moyenne horaire est de 60ug/m<sup>3</sup>.

### 2.3.4- AMIANTE

Le terme amiante recouvre deux types de fibres minérales naturelles : le chrysotile (variété la plus courante) et les amphiboles (cinq variétés). L'amiante-ciment que l'on retrouve dans les matériaux de construction contient du chrysotile. Ses fibres élémentaires sont très fines, d'un diamètre compris entre 0,02 et 0,03  $\mu\text{m}$ , qui s'agglomèrent en fibrilles d'un diamètre total compris entre 0,1 et 1  $\mu\text{m}$ .

#### a- Effets rapportés dans la littérature

##### *Exposition aiguë*

Par inhalation, des lésions inflammatoires pulmonaires ont été observées chez l'animal avec toutes les variétés d'amiante.

##### *Exposition chronique*

Essentiellement observée en milieu professionnel, l'inhalation de fibres d'amiante provoque deux types de pathologie : la fibrose pulmonaire (asbestose) ou pleurale et les cancers broncho-pulmonaires ou de la plèvre (mésothéliome). Les effets pathogènes de l'exposition à l'amiante sont liés à l'exposition cumulée, c'est à dire au produit de l'intensité par la durée d'exposition.

#### b- Valeurs recommandées en milieu de travail

Lorsque le chrysotile est la seule variété de fibres présente, la concentration ne doit pas dépasser 100 fibres/l en moyenne sur 8 heures. Lorsque d'autres variétés sont présentes, sous forme isolée ou en mélange, cette valeur est applicable pour une heure. Lors des travaux de déblaiement également, la concentration ne doit pas dépasser 100 fibres/l sur une heure.

En fait, les effets pathogènes de l'exposition à l'amiante sont liés à l'exposition cumulée, c'est à dire au produit de la concentration dans l'air par la durée d'exposition. Les effets observés jusqu'à présent correspondent à des expositions cumulées d'au moins 0,5 f/ml/année, c'est-à-dire à une exposition continue, pendant 40 heures par semaine et pendant une année de travail (1920 heures), à une concentration de 500 fibres par litre d'air.

### 2.3.5- POUSSIÈRES

Les poussières atmosphériques ne représentent pas un polluant en tant que tel mais sont constituées d'un mélange de nombreux sous-groupes comprenant chacun des composés différents. On distingue d'abord les particules selon leur taille :

- Les grosses particules sont formées par broyage et abrasion des surfaces et entrent en suspension dans l'atmosphère sous l'effet du vent mais aussi des activités anthropiques : activités minières, agriculture. D'une manière générale, ces particules ont un diamètre compris entre 2,5 et 10  $\mu\text{m}$  et pénètrent mal dans les bronchioles les plus fines du système respiratoire.
- Les fines particules dérivent soit de la combustion de matériaux qui ont été vaporisés puis condensés à nouveau, ce sont des particules primaires, soit de gaz précurseurs réagissant avec l'atmosphère, ce sont les particules secondaires. Leur diamètre est inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$  et elles pénètrent facilement dans les voies respiratoires inférieures.

Remarque : lorsque l'on parle de PM10, il s'agit de particules de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  et donc d'un mélange des deux catégories précédentes.

Les particules fines ont un effet oxydant et inflammatoire : elles induisent une production, par les cellules épithéliales bronchiques, de radicaux libres et de médiateurs de l'inflammation. Chez l'homme, un accroissement de la synthèse des cytokines pro-inflammatoires après exposition aux particules diesel a été observé. La taille des particules semble jouer un rôle dans l'intensité de cette réponse inflammatoire. Par ailleurs, le rôle du stress oxydatif dans les pathologies cardio-

vasculaires a été observé dans des études expérimentales et cliniques (viscosité plasmatique, troubles du rythme, pression artérielle).

- **Normes et valeurs guides pour les PM10 dans l'environnement**

Sur la base des études épidémiologiques de la dernière décennie, une directive européenne a été promulguée en 1999 pour différents polluants urbains dont les particules (PM10) officialisant des valeurs limites à l'horizon 2005 et 2010.

<b>Période</b>	<b>Valeur limite</b>	<b>Date d'obligation</b>
<b>Phase I</b>		
Sur 24 heures	50 µg/m <sup>3</sup> ne doit pas être dépassé plus de 35 jours par an	01/01/2005
Sur l'année	40 µg/m	01/01/2005
<b>Phase II</b>		
Sur 24 heures	50 µg/m <sup>3</sup> ne doit pas être dépassé plus de 7 jours par an	01/01/2010
Sur l'année	20 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2010

## 2.4- Données relatives à une exposition par inhalation

L'objectif est d'estimer, à partir des mesures réalisées, l'exposition des intervenants sur le site et des habitants des quartiers les plus proches, de l'agglomération ou plus à distance le jour de l'explosion et les deux mois qui ont suivi. L'ensemble des données recueillies pour ces périodes et pour ces zones figurent dans ce paragraphe avec les données recueillies, à titre de référence, pendant la période précédant l'explosion.

### 2.4.1- Sur le site lui-même :

#### a. Avant l'explosion :

Le site d'AZF comportait initialement 13 capteurs atmosphériques mesurant l'ammoniac. Les valeurs délivrées par les capteurs ne sont pas très précises, mais permettent de déterminer si la mesure se situe en deçà ou au-delà d'un seuil d'alerte. En limite de site, le niveau d'alerte est réglé sur 20 ppm, tandis que dans l'enceinte de l'usine, il correspond à 35 ppm. Pour mémoire, la limite de valeur moyenne d'exposition (VME<sup>2</sup>) pour l'ammoniac est égale à 25 ppm, la valeur limite d'exposition (VLE<sup>2</sup>) étant égale à 50 ppm.

Seuls quelques résultats de mesures d'ammoniac avant l'explosion sont disponibles. En effet, tous les enregistrements ont été détruits lors de l'explosion. Un seul tableau récapitulatif (tab. 3) a pu être fourni par Grande Paroisse permettant de disposer de l'ordre de grandeur des concentrations observées sur le site en fonctionnement normal.

**Tableau 3 : moyenne et maximum des concentrations de NH<sub>3</sub> mesurées sur le site de Grande Paroisse entre le 05/06/00 et le 05/06/01. Valeurs du 05/06/01.**

Capteur	05/06/01		Du 05/06/00 au 05/06/01			
			moyenne		maximum	
	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>
701	12,1	8470	4,6	3220	97,9	68530
702	16,4	11480	4,2	2940	78	54600
703	8,2	5740	5,1	3570	87,9	61530
704	12,1	8470	5,3	3710	88,8	62160
705	0	0	7	4900	101,8	71260
706	10,3	7210	7,8	5460	72,8	50960
707	10,9	7630	3,9	2730	74,2	51940
708	1,1	770	0,2	140	95,8	67060
709	7,8	5460	4,8	3360	82,3	57610
710	1,9	1330	0,2	140	101,2	70840
711	1,9	1330	0,5	350	102,7	71890
712	3,7	2590	2,3	1610	101,3	70910
713	9,7	6790	5,5	3850	55,7	38990

<sup>2</sup> Les valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) sont destinées à protéger les travailleurs des effets à terme, mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures par jour, 5 jours sur 7. La VME peut être dépassée sur de courtes périodes, sous réserve de ne pas dépasser la Valeur limite d'Exposition à court terme (VLE), lorsqu'elle existe. La VLE est une valeur plafond mesurée sur un quart d'heure au maximum.

Les valeurs sur l'année sous estiment probablement les moyennes annuelles habituelles. En effet l'usine était en arrêt d'activité de fin août à mi-novembre 2000, pour des travaux d'extension de capacité. Une période de réglage des ateliers s'en est suivie de mi-novembre 2000 à février 2001, au cours de laquelle les rejets atmosphériques d'ammoniac étaient sans doute inférieurs à leurs niveaux habituels. La comparaison des concentrations mesurées après le 21 septembre devra donc se faire par rapport aux moyennes annuelles mais également aux valeurs ponctuelles relevées le 5 juin 2001 (pas d'événement ce jour là).

### b. Le jour de l'explosion

Le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS), intervenu en premier sur le lieu de l'accident avait connaissance de la liste des douze produits connus pour être stockés dans la zone sud liste fournie par la DRIRE : ammoniac, acide nitrique, chlore, hydrogène, méthanol, acide sulfurique, acide chlorhydrique, phénol, nitrate d'ammonium, formol, lessive de soude, gaz naturel. Les pompiers de la Cellule Mobile d'Intervention Technologique (CMIT) de Haute Garonne étaient équipés de tubes réactifs colorimétriques mesurant des familles de produits et de détecteurs électrochimiques individuels mesurant des produits particuliers. Il s'agit, pour ces derniers, d'appareils de mesure portatifs de marque Dräger et Oldham. Ils sont conçus pour émettre des signaux - visuels et sonores - lorsqu'un certain seuil de mesure est dépassé. Ce seuil a été fixé par le SDIS à la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) pour chacune des substances analysées. Les toxiques suivants, dont les VME et VLE figurent dans le tableau 4, ont été recherchés : ammoniac, chlore, phosgène, dioxyde d'azote, hydrogène sulfuré, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre, acide cyanhydrique.

**Tableau 4 : VME et VLE des substances recherchées dans l'air sur le site le 21/09/01**

Produit	Valeur limite de Moyenne d'Exposition	Valeur Limite d'Exposition à court terme
Ammoniac	25 ppm (18 mg/m <sup>3</sup> )	50 ppm (36 mg/m <sup>3</sup> )
Chlore	-	1 ppm (3 mg/m <sup>3</sup> )
Phosgène	-	0,1 ppm (0,4 mg/m <sup>3</sup> )
Dioxyde d'azote	-	3 ppm (6mg/m <sup>3</sup> )
Hydrogène sulfuré	5 ppm (7 mg/m <sup>3</sup> )	10 ppm (14 mg/m <sup>3</sup> )
Monoxyde de carbone	50 ppm (55 mg/m <sup>3</sup> )	-
Dioxyde de soufre	2 ppm (5 mg/m <sup>3</sup> )	5 ppm (10 mg/m <sup>3</sup> )
Acide cyanhydrique	2 ppm (2 mg/m <sup>3</sup> )	10 ppm (10 mg/m <sup>3</sup> )

Les résultats des mesures qui se sont échelonnées entre 10h45 et 15h50, n'ont pas fait l'objet d'un enregistrement automatique mais étaient communiqués ponctuellement au centre opérationnel du SDIS. Ces messages figurent dans le tableau 5.

**Tableau 5 : résultats des mesures sur la zone transmis par le CMIT le 21/09/01**

Heure	Distance au lieu de l'explosion	Produits	Résultats des mesures	observations
10h45	800 m au nord-est (rue Charpentier)	tous	quelques traces*	
11h	500 m à l'ouest (SNPE)	tous	insignifiant*	
11 h	périmètre de sécurité à 500 m du cratère	Ammoniac (sous le vent) Chlore (sous le vent)	25 ppm 5-6 ppm	
11h25	Secteur AZF (sans précision)	tous	pas de déclenchement	
11h 40	Secteur AZF (sans précision)	tous	pas de déclenchement	
11h 50	à 500 m du cratère	tous	insignifiant*	Fuite d'acide nitrique : mise en place de rideaux d'eau
12h 50				Déversement d'acide nitrique en Garonne
15h50	500 à 800 m	Cl, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>	pas de déclenchement	Levée de la consigne de confinement de la population

\* déclenchement incertain de l'appareil

Ces résultats montrent que les analyseurs portatifs utilisés ont leurs limites dans la précision des mesures. Par ailleurs, la présence de 5 à 6 ppm de chlore semble difficile à expliquer dans la mesure où, à la connaissance de la Drire, aucune fuite de chlore ne s'est produite au niveau du confinement des wagons de stockage. Par ailleurs, les installations des sociétés voisines, Tolochimie et Snpe, fabriquant du chlore pour la désinfection des piscines, se sont mises en sécurité au moment de l'explosion. L'hypothèse d'une mauvaise identification de la molécule par le détecteur reste possible. En effet, un entretien avec le Cdt Fleury du SDIS nous précise qu'ils ne sont pas très spécifiques et peuvent confondre des produits situés dans la même gamme de mesure, en particulier les oxydants. La fiche toxicologique de l'INRS [5] confirme cette information. D'après la fiche technique des détecteurs, la présence de NH<sub>3</sub> pourrait faire sous-estimer la concentration de Cl (de 0,5 ppm au maximum) et la présence de NO<sub>2</sub> pourrait sur-estimer la concentration de Cl (de 0,2 ppm au maximum).

Néanmoins les recherches sur une éventuelle émission de chlore se poursuivent.

Au total, parmi les produits recherchés, le chlore et l'ammoniac ont été détectés, dans les heures qui ont suivi l'explosion, à des valeurs égales ou supérieures à la VME dans un rayon de 800 mètres autour du lieu de l'explosion. Seuls les capteurs électrochimiques ont réagi. La durée pendant laquelle ces concentrations ont été mesurées n'est pas disponible mais les dernières mesures négatives réalisées pour la levée du confinement, à 800 m du site, permettent de limiter la durée de l'exposition à un maximum de 5 heures.

### c. Après l'explosion :

Les concentrations en ammoniac ont été mesurées par les analyseurs de Grande Paroisse du 30 septembre au 26 novembre 2001, date à laquelle les stocks ont été entièrement retirés du site (tab. 6). Huit capteurs sur 13 ont été pris en compte : les cinq autres n'ont pas donné lieu à des relevés ou ont été détruits. Ces huit capteurs sont répartis soit en limite de site côté est ou côté ouest

(A701, A702, A706, A709), soit près des ateliers d'acide cyanhydrique ou d'ammoniac (A708, A710).

**Tableau 6 : Distribution des concentrations mesurées par huit analyseurs de NH<sub>3</sub> sur le site de Grande Paroisse entre le 30/09/01 et le 26/11/01.**

	A 701		A 702		A 703		A 706		A 708		A 709		A 710		A 711	
	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>
<b>moy</b>	0,1	75	2,8	1986	0,7	467	8,0	5627	0,2	136	3,2	2214	0,2	133	0,7	474
<b>et</b>	0,2	170	2,3	1597	1,1	778	2,4	1691	0,3	207	1,9	1342	0,3	209	1,6	1102
<b>cv</b>	2,27	2,3	0,80	0,8	1,66	1,7	0,30	0,3	1,53	1,5	0,61	0,6	1,57	1,6	2,33	2,3
<b>p5</b>	0,0	0	0,0	0	0,0	0	4,6	3220	0,0	0	0,3	186	0,0	0	0,0	0
<b>p25</b>	0,0	0	0,6	420	0,0	0	5,7	3973	0,0	0	1,4	945	0,0	0	0,0	0
<b>p50</b>	0,0	0	2,3	1610	0,0	0	8,3	5810	0,0	0	3,4	2345	0,1	35	0,0	0
<b>p75</b>	0,1	70	5,1	3535	1,0	665	10,0	7000	0,3	228	5,1	3535	0,2	158	0,5	368
<b>p95</b>	0,8	539	6,1	4295	2,8	1946	11,5	8022	0,7	483	5,5	3850	0,8	553	4,0	2772
<b>min</b>	0,0	0	0,0	0	0,0	0	4,3	3010	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
<b>max</b>	1,1	770	7,5	5250	5,2	3640	14,7	10290	1,5	1050	6,3	4410	1,2	840	9,1	6370

Les moyennes et valeurs maximales observées sur cette période sont inférieures d'environ un ordre de grandeur à celles mesurées par les mêmes analyseurs en période de fonctionnement normal de l'installation (tableau 2) que ce soit sur l'année ou sur la journée du 05/06/2001.

Les résultats de la période du 30/09/01 au 19/10/01 (tab. 7) pourront être comparés – avec toutes les limites que comporte un tel exercice puisque les capteurs de Grande Paroisse ne fournissent pas de mesures très fiables - avec ceux de l'Oramip relevés sur le site entre le 25/09/01 et le 23/10/01 par la station mobile (cf paragraphe 2.4.2.).

**Tableau 7 : Distribution des concentrations mesurées par huit analyseurs de NH<sub>3</sub> sur le site de Grande Paroisse entre le 30/09/01 et le 19/10/01.**

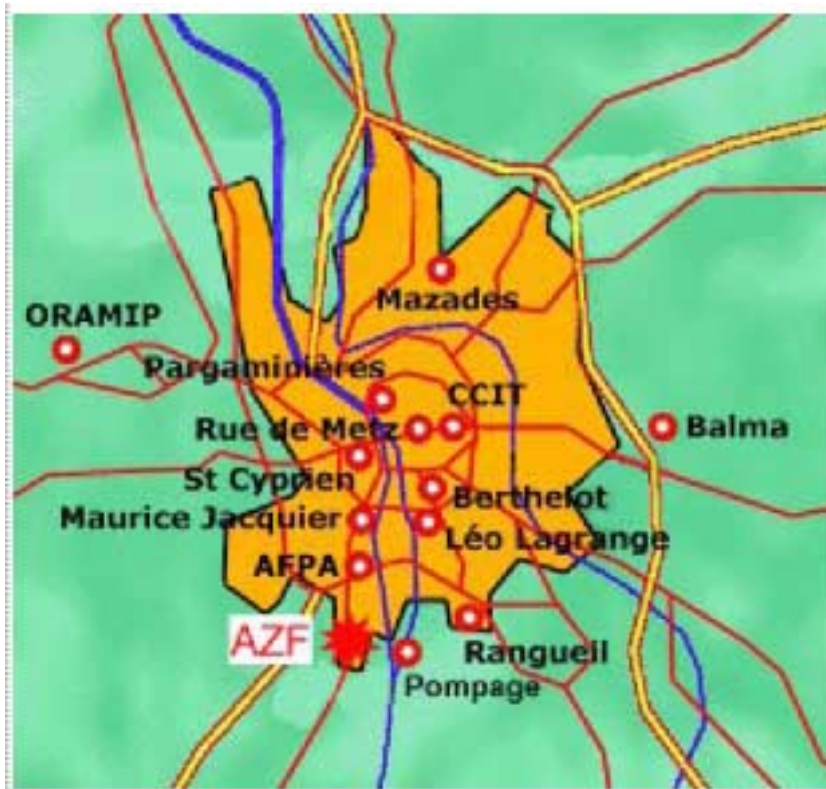
	A 701		A 702		A 703		A 706		A 708		A 709		A 710		A 711	
	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>
<b>moy</b>	0,4	261	3,2	2268	1,3	886	10,5	7347	0,4	252	5,2	3616	0,4	277	1,2	833
<b>et</b>	0,4	250	2,7	1857	1,3	931	1,2	846	0,4	266	0,5	338	0,4	259	2,0	1433
<b>cv</b>	0,96	1,0	0,82	0,8	1,05	1,1	0,12	0,1	1,06	1,1	0,09	0,1	0,94	0,9	1,72	1,7
<b>p5</b>	0,0	0	0,0	0	0,0	0	9,2	6440	0,0	0	4,6	3199	0,0	0	0,0	0
<b>p25</b>	0,1	70	0,0	0	0,0	0	10,0	7000	0,0	0	4,8	3343	0,1	70	0,0	0
<b>p50</b>	0,2	140	4,9	3430	1,2	840	10,1	7070	0,4	245	5,3	3710	0,3	175	0,5	315
<b>p75</b>	0,7	455	5,5	3850	1,9	1313	10,6	7385	0,5	350	5,4	3780	0,6	438	1,4	980
<b>p95</b>	1,0	665	6,0	4211	3,1	2177	12,1	8495	0,9	651	5,6	3945	1,2	840	3,9	2713
<b>min</b>	0,0	0	0,0	0	0,0	0	9,2	6440	0,0	0	4,0	2800	0,0	0	0,0	0
<b>max</b>	1,1	770	6,3	4410	5,2	3640	14,7	10290	1,5	1050	6,3	4410	1,2	840	9,1	6370

#### 2.4.2- Sur les quartiers proches et l'agglomération :

L'Observatoire Régional de la Qualité de l'Air de Midi-Pyrénées (ORAMIP), mesure en continu, sur l'agglomération, les polluants suivants : O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, Pb, NH<sub>3</sub>, CO grâce à 18 stations. La figure 6 indique l'emplacement des stations (hors stations Pb).



**Figure 6 : Réseau de stations de mesures de l'ORAMIP sur l'agglomération toulousaine**  
(source : ORAMIP)



Compte tenu de la nature des composés impliqués dans l'explosion et des retombées de poussières de l'explosion elle-même, les mesures de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$  et  $\text{PM}_{10}$  paraissent les plus pertinentes à considérer parmi l'ensemble des polluants surveillés par l'ORAMIP même si ce réseau n'est pas conçu pour les mesures de pollution accidentelle. Le tableau 8 présente les caractéristiques des stations mesurant ces quatre polluants avant et après le 21 septembre, période où l'ORAMIP a installé des stations provisoires au nord et sur le site de Grande Paroisse.

**Tableau 8 : Stations ORAMIP mesurant NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> et PM sur l'agglomération avant et après le 21/09/01**

Polluant	Station	Type de station	Date d'installation	Date ou période d'arrêt
<b>NH<sub>3</sub></b>	Pompage	Prox. industrielle	13/01/92	28/11/01
	AFPA	Prox. industrielle	08/04/93	21/09/01
	Saint Cyprien	Prox. trafic	07/06/93	Du 21/09/01 au 23/09/01 Définitivement le 28/11
	St. prov. AZF		25/09/01	23/10/01
	St. prov. Françoise		27/09/01	29/11/01
	St. prov. Seysse		23/10/01	30/11/01
<b>NO<sub>2</sub></b>	Colomiers	Périurbain	13/01/93	
	Rangueil	Observation (alt)	26/03/92	
	M.Jacquier (à 1 km au nord ouest de l'explosion)	Urbain	13/01/92	21/09/01
	Léo Lagrange	Urbain	28/07/93	24/09/01
	Berthelot	Urbain	01/01/99	
	Mazades	Urbain	07/01/97	
	Pompage	Prox. industrielle	13/01/92	
	AFPA	Prox. industrielle	08/04/93	21/09/01
	Saint Cyprien	Prox. trafic	07/06/93	Du 22/09/01 au 23/09/01
	Rue de Metz	Prox. trafic	13/01/92	
	Pargaminières	Prox. trafic	13/01/92	
	St. prov. AZF		25/09/01	23/10/01
	St. prov. Françoise		27/09/01	29/11/01
	St. prov. Seysse		23/10/01	30/11/01
	<b>PM10</b>	M.Jacquier	Urbain	13/01/92
Berthelot		Urbain	01/01/99	
CCIT		Prox. trafic	07/08/99	
St. prov. AZF			25/09/01	23/10/01

Afin d'estimer l'exposition des populations aux différents polluants mesurés, une étude de la représentativité des stations dans l'espace et dans le temps est en cours à l'aide, dans un premier temps d'une analyse descriptive des concentrations mesurées avant, le jour et après l'explosion pour chacun des trois polluants. Cette analyse est présentée pour le NO<sub>2</sub> à partir des données horaires enregistrées.

#### **a- Avant l'explosion :**

Les distributions des concentrations de NO<sub>2</sub>, établies à partir respectivement des données horaires et quart horaires figurent dans le tableau 9 pour la période de janvier à août 2001.

**Tableau 9 : Distribution des concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en  $\text{NO}_2$  sur l'ensemble des stations de l'agglomération. Période de janvier à août 2001.**

Horaires	Colomiers	Mazades	Berthelot	Pompage	Jacquier	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Léo Lagrange	AFPA
<b>Moyenne</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>56</b>	<b>48</b>	<b>52</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
<b>écart type</b>	16	19	19	18	20	27	19	22	21	22
<b>Cv</b>	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6
<b>Médiane</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
<b>Pc25</b>	7	12	12	13	12	37	35	36	19	16
<b>Pc75</b>	24	36	36	36	38	71	59	66	45	48
<b>Min</b>	0	2	4	3	3	4	8	4	5	0
<b>Max</b>	107	116	119	115	136	188	165	171	143	164
<b>¼ horaires</b>	Colomiers	Mazades	Berthelot	Pompage	Jacquier	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Léo Lagrange	AFPA
Moyenne	18	26	27	26	27	56	48	52	34	34
<b>écart type</b>	16,05	19,70	19,71	18,90	20,16	27,91	20,11	23,48	21,54	22,65
<b>Cv</b>	0,90	0,76	0,74	0,72	0,74	0,50	0,42	0,45	0,63	0,67
Médiane	12	20	20	20	21	52	46	50	28	28
<b>Pc25</b>	6	11	12	13	12	36	34	35	18	15
<b>Pc75</b>	24	35	36	35	38	72	59	66	45	48
<b>Min</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<b>Max</b>	127	127	179	141	249	268	170	319	183	259

On observe sur ces données quatre groupes de stations :

- La station périurbaine de Colomiers mesure en moyenne les niveaux les plus bas ;
- Les stations urbaines (fond) des Mazades, Berthelot, Jacquier et la station de proximité industrielle Pompage, mesurent des niveaux très proches en moyenne ;
- La station urbaine Léo Lagrange et de proximité industrielle AFPA mesurent des niveaux très proches, légèrement supérieurs aux précédents ;
- Les stations de proximité trafic Rue de Metz, St Cyprien et Pargaminières mesurent les niveaux les plus élevés.

Sur la même période, les coefficients de corrélation inter-stations sont présentés dans le tableau 10.

**Tableau 10 : matrice des corrélations inter-station sur la période de janvier à août 2001 (données horaires).**

	Colomiers	Jacquier	Léo Lagrange	Mazades	Berthelot	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Pompage	AFPA
Colomiers	1,00	0,72	0,62	0,71	0,71	0,57	0,36	0,48	0,38	0,69
Jacquier		1,00	0,75	0,81	0,85	0,54	0,41	0,52	0,48	0,84
Léo Lagrange			1,00	0,81	0,88	0,64	0,53	0,66	0,56	0,69
Mazades				1,00	0,89	0,62	0,48	0,64	0,60	0,68
Berthelot					1,00	0,60	0,49	0,60	0,55	0,73
Metz						1,00	0,67	0,82	0,54	0,41
St Cyprien							1,00	0,77	0,41	0,31
Pargaminières								1,00	0,54	0,46
Pompage									1,00	0,41
AFPA										1,00

Si l'on considère comme bien corrélées les séries ayant un coefficient de corrélation supérieur à 0,6, on observe globalement sur ces résultats trois groupes de stations :

- Les stations de Colomiers, Léo Lagrange, Mazades, Berthelot et AFPA, bien corrélées entre elles ;
- Les stations de Rue de Metz, St Cyprien et Pargaminières ;
- La station Pompage, dont les coefficients de corrélation sont plus faibles avec l'ensemble des autres stations.

Au total, sur ces données mesurées sur huit mois, il semble que l'exposition mesurée par les stations Colomiers, Jacquier, Léo Lagrange, Mazades, Berthelot et AFPA soit relativement homogène dans l'espace et dans le temps. Il en est de même pour les trois stations de proximité trafic dont les valeurs sont en moyenne supérieures aux précédentes. En revanche, la station Pompage mesure en moyenne des valeurs proches de celles mesurées par les stations de fond, mais qui sont peu homogènes dans le temps.

#### **b- Le jour de l'explosion :**

L'exposition à la pollution accidentelle survenue à 10h15 (8h15 TU) ne peut être analysée comme précédemment, s'agissant d'une forte émission provenant d'une source ponctuelle et en condition météorologique spécifique (vent d'autan). Courant mars, Météo France a réalisé une modélisation de la dispersion du nuage de polluants émis au moment de l'explosion grâce au modèle Mésos-NH. Ce dernier simule toute la troposphère (de 0 à 18 km d'altitude) et permet une résolution horizontale fine (500 m) sur un domaine d'étude de 30 km de côté [6].

En l'absence d'information sur les caractéristiques précises de l'émission, les hypothèses suivantes ont été faites :

- juste après l'explosion, le nuage initial avait la forme d'un champignon, de 100 sur 100 m et sur une hauteur de 500 m (correspond à l'impression visuelle), avec une répartition homogène du polluant au sein de ce nuage ;
- la masse initiale de polluant émise est supposée conservée sur la durée de la modélisation ce qui sous-tend un polluant passif (pas de transformation chimique) et l'absence de dépôt.

Par ailleurs, compte-tenu des paramètres météorologiques de ce jour là et de l'heure de l'explosion, la simulation Mésos-NH met en évidence une couche de mélange en cours de développement sur une hauteur de 200 m. Cette couche est une zone de turbulence où le vent, de 3 à 4 m/s à 5 m au dessus du sol, est orienté sud-est (vent d'Autan).

La figure 7 permet de localiser les différentes zones de passage du nuage telles que modélisées.

Figure 7 : Zones de passage du nuage simulé de pollution sur l'agglomération toulousaine.



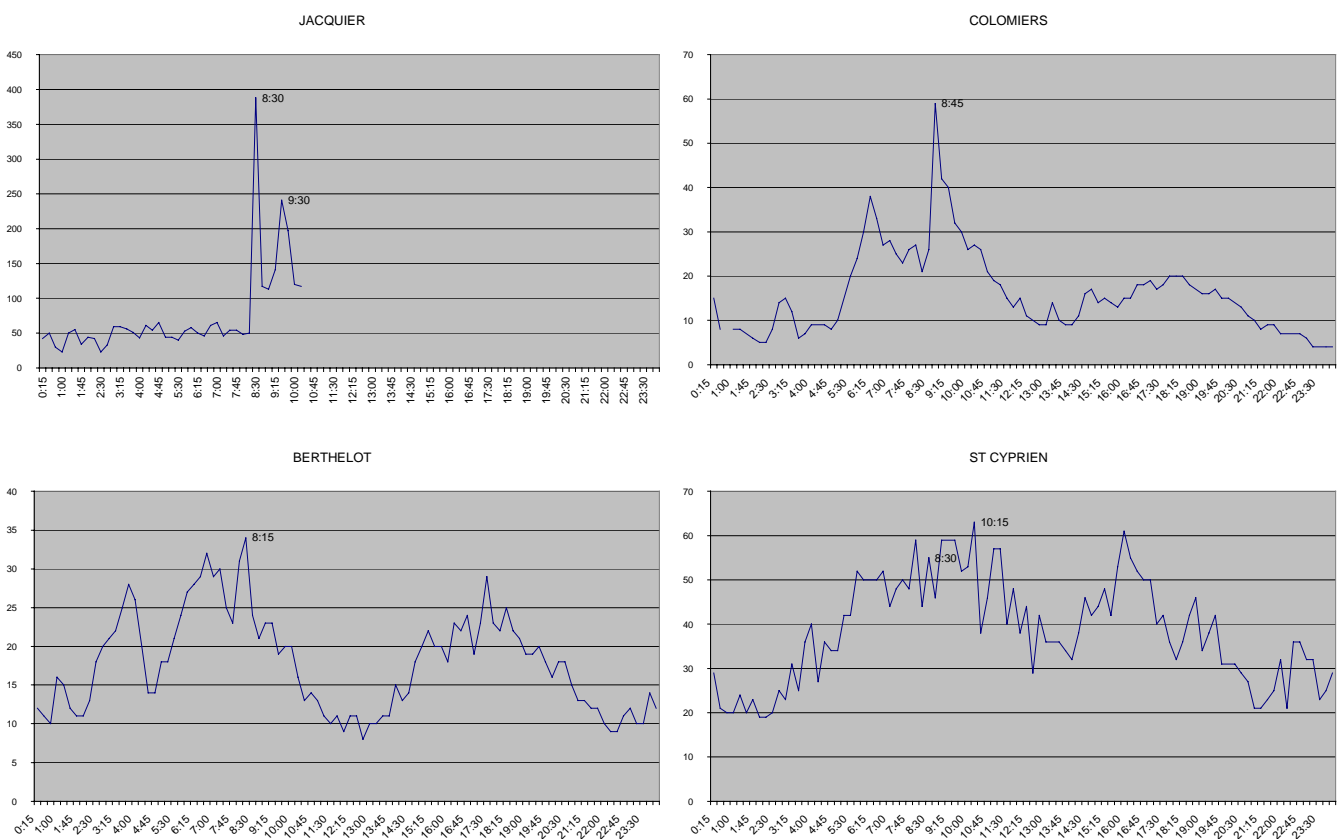
- 1 : Quartier du Mirail
- 2 : Ile du Ramier
- 5 : Prairie des Filtres

- 3 : Quartier des Récollets
- 4 : Patte d'Oie
- 6 : entre Colomiers et Blagnac

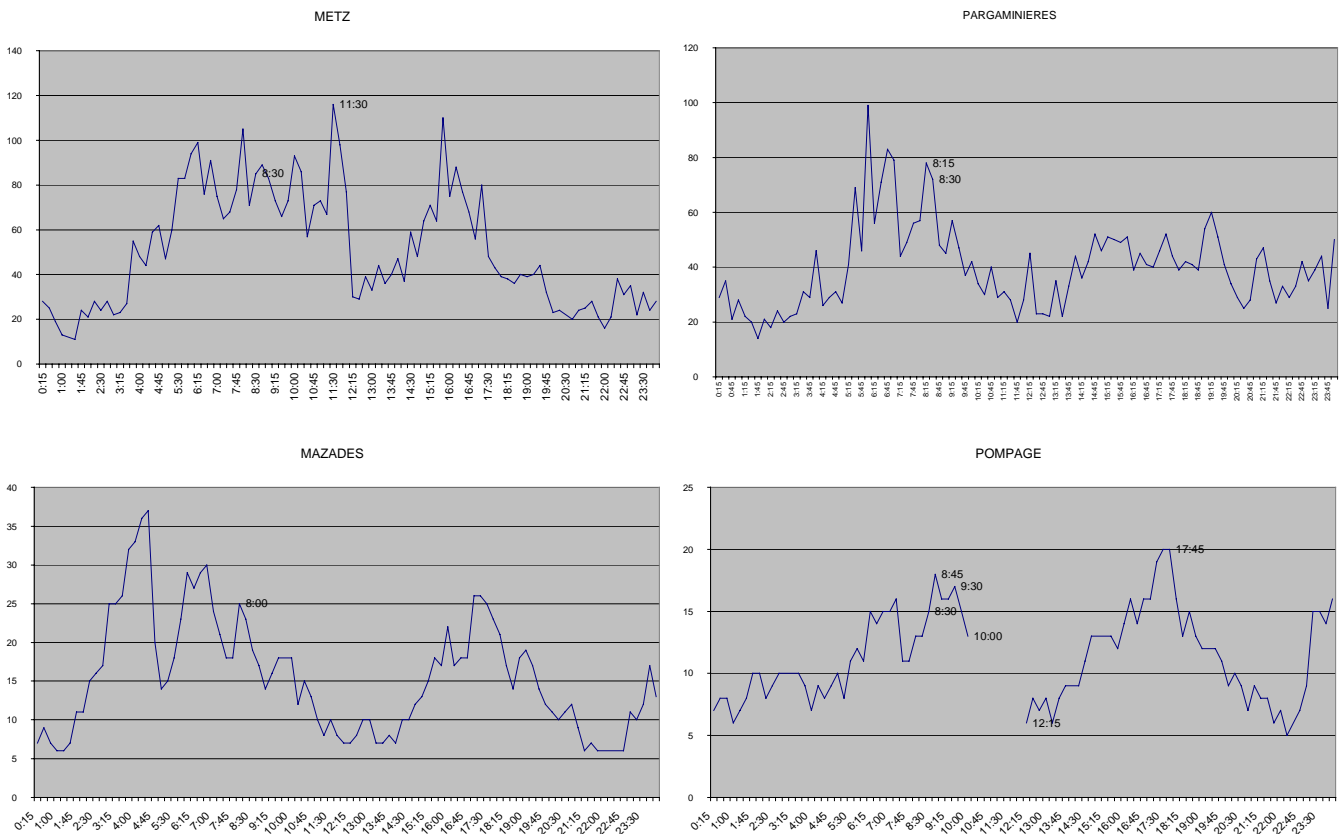
Du fait des mouvements turbulents de la couche de mélange, les concentrations diminuent rapidement près du sol (zone d'exposition de la population). Cinq minutes après l'explosion (10h20), le nuage simulé est au dessus du quartier du Mirail et sa concentration maximale est d'environ 40% de la concentration initiale pour chuter à 25% dix minutes après l'explosion (10h25). A 10h30, le nuage simulé est sur l'ouest du centre ville. Sa concentration maximale est de 18% de la concentration initiale et située sur l'île du Ramier. La zone où les concentrations sont supérieures ou égales à 10% de la concentration initiale s'étend sur 13 km<sup>2</sup> entre le quartier des Récollets et celui de la Patte d'Oie d'une part, entre l'université du Mirail et la Prairie des Filtres d'autre part. A 10h45, soit 30 mn après l'explosion, le nuage simulé est centré entre les communes de Colomiers, Blagnac et Pibrac avec un maximum de 10% de la concentration initiale. A 11h, le centre du nuage se situe à Mondonville, au nord ouest de Pibrac, où la concentration maximale est de 7% de la concentration initiale. Au delà, le nuage se dirige vers le Tarn et Garonne avec des concentrations inférieures à 5% de la concentration initiale.

Les résultats de cette modélisation sont en partie confirmés par les mesures des stations de l'ORAMIP. Les graphes ci-après (Fig. 8) présentent les variations de concentrations enregistrées ce jour-là par chaque station fonctionnelle dans les heures suivant l'explosion et mesurant le NO<sub>2</sub>. Les heures figurant sur l'axe des abscisses sont en temps universel soit décalées de deux heures avant l'heure locale au mois de septembre (heure de l'explosion = 8h15 TU).

**Figure 8 :** Variations des concentrations ambiantes en NO<sub>2</sub> mesurées par les stations de l'ORAMIP.







Sur la station M.Jacquier en bordure sud-est du quartier du Mirail (à environ 1,2 km au nord ouest du site), on observe l'élévation brutale de NO<sub>2</sub> sur le quart d'heure 10h15-10h30 (heure locale), suivie de valeurs moins élevées mais toujours importantes jusqu'au quart d'heure 12h00-12h15 où la station s'est arrêtée. A cette heure là les valeurs mesurées étaient encore supérieures à 100µg/m<sup>3</sup>. A Colomiers, on observe une élévation proportionnellement moins importante et décalée sur le quart d'heure 10h30-10h45, ce qui est cohérent avec la simulation Météo France. Sur un plan quantitatif, si l'on considère, d'après la modélisation, que les valeurs relevées à 10h30 à M.Jacquier - 388 µg/m<sup>3</sup>- représentent 40% des valeurs initiales, la valeur à Colomiers représentant 10% de la concentration initiale doit être inférieure à 97 µg/m<sup>3</sup> (le nuage n'est pas centré sur Colomiers), ce qui est cohérent avec la valeur de 59 µg/m<sup>3</sup> effectivement observée.

Sur les stations Berthelot (quartier des Récollets) et Saint Cyprien (entre Prairie des Filtres et Patte d'Oie), en bordure de la zone de passage intermédiaire du nuage simulé, les choses sont moins nettes : sur la station Berthelot un pic est observé sur le quart d'heure 10h00-10h15, soit juste avant l'explosion et pas du tout après celle-ci ; sur la station Saint Cyprien, l'élévation des valeurs est plus tardive qu'à Colomiers, à 11h-11h30 puis 14h00-14h15. Il est ici difficile de savoir quelle la part de NO<sub>2</sub> liée au nuage et celle liée au trafic automobile qui a suivi l'explosion. Il n'existe pas de station sur l'île du Ramier.

Sur les stations Metz et Pargaminières situées dans l'hyper-centre, au nord est de la zone précédente, les variations observées sont cohérentes avec la simulation : sur Metz, on n'observe pas de pic avant 14h15-14h30 et sur Pargaminières, les concentrations sont décroissantes à partir de 10h15. Il semble donc que le NO<sub>2</sub> mesuré ici ne soit pas lié au passage du nuage de pollution. Enfin, sur la station Mazades située au nord de la ville et la station Pompagne proche du site mais située à l'est de celui-ci et derrière les côtes de Pech David, les mesures sont également cohérentes avec la simulation : sur Mazades les valeurs sont décroissantes à partir de 10h00 et sur Pompagne, on observe une élévation modérée des valeurs de 10h30 à 11h30. Cette dernière station s'est interrompue à 12h00 pour reprendre à 14h15 et a vu ses mesures s'élever à nouveau dans la soirée à 19h45.

Les valeurs quart horaires des concentrations mesurées de 10h00 à 15h00 figurent dans le tableau 11 et la distribution des valeurs quart horaires sur l'ensemble de la journée figurent dans le tableau 12.

**Tableau 11 : concentrations quart-horaires mesurées par l'ensemble des 10 stations de 10h00 à 15h00.**

¼ horaires	Colomiers	Mazades	Berthelot	Pompagne	Jacquier	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Léo Lagrange	AFFA
10:00	27	25	31	13	48	105	59	57	30	86
10:15	21	23	34	13	50	71	44	78	28	87
<b>10:30</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>388</b>	<b>85</b>	<b>55</b>	<b>72</b>	VM	VM
10:45	59	17	21	18	117	89	46	48	VM	VM
11:00	42	14	23	16	113	83	59	45	VM	VM
11:15	40	16	23	16	141	73	59	57	VM	VM
11:30	32	18	19	17	241	66	59	47	VM	VM
11:45	30	18	20	15	197	73	52	37	VM	VM
12:00	26	18	20	13	120	93	53	42	VM	VM
12:15	27	12	16	VM*	117	86	63	34	VM	VM
12:30	26	15	13	VM	VM	57	38	30	VM	VM
12:45	21	13	14	VM	VM	71	46	40	VM	VM
13:00	19	10	13	VM	VM	73	57	29	VM	VM
13:15	18	8	11	VM	VM	67	57	31	VM	VM
13:30	15	10	10	VM	VM	116	40	28	VM	VM
13:45	13	8	11	VM	VM	98	48	20	VM	VM
14:00	15	7	9	VM	VM	77	38	28	VM	VM
14:15	11	7	11	6	VM	30	44	45	VM	VM
14:30	10	8	11	8	VM	29	29	23	VM	VM
14:45	9	10	8	7	VM	39	42	23	7	VM
15:00	9	10	10	8	VM	33	36	22	9	VM

\*VM : valeur manquante

**Tableau 12 : distribution des valeurs quart horaires de NO<sub>2</sub> sur l'ensemble de la journée du 21/09/01.**

¼ horaires	Colomiers	Mazades	Berthelot	Pompagne	Jacquier	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Léo Lagrange	AFFA
Moyenne	16	16	18	11	74	51	38	40	21	66
<b>écart type</b>	9,46	7,53	6,29	3,59	66,13	26,11	11,74	15,40	8,34	19,56
<b>Cv</b>	0,59	0,49	0,35	0,32	0,90	0,51	0,31	0,39	0,39	0,30
Médiane	15	14,5	18	11	53	44	38	39	18	65
<b>Pc25</b>	9	10	12	8	44	28	29	28,75	16	53
<b>Pc75</b>	20	19	22	14	61	73	48	47	25	85
<b>Min</b>	4	6	8	5	23	11	19	14	7	23
<b>Max</b>	59	37	34	20	388	116	63	99	49	95

Les résultats de la simulation semblent correspondre globalement à la réalité des mesures mais trois questions persistent :

- la durée réelle de l'émission et donc de l'exposition liée au passage du nuage : même si l'explosion a été un phénomène instantané, de fortes concentrations ont été mesurées à M.Jacquier au moins jusqu'à 12h15, heure de son arrêt. Néanmoins, la station de Colomiers dont les variations de concentrations suivent le plus fidèlement celle de M.Jacquier au moment de l'explosion a enregistré des valeurs décroissantes sur le reste de la journée. Il apparaît donc que la durée de l'exposition à considérer soit plus longue que les 30 minutes parcourues par le centre du nuage entre Le Mirail et Colomiers mais que celle-ci n'a pas dépassé quatre heures, période au bout de laquelle l'ensemble des stations enregistrerait des valeurs inférieures à la médiane des mesures sur les huit premiers mois de l'année (tab.8). Les augmentations postérieures semblent devoir être attribuées au trafic automobile ayant repris en fin de journée ;



- la zone précise concernée par cette exposition : si il est clair que le sud ouest et la banlieue ouest de Toulouse ont été concernés par l'exposition au nuage de pollution, il reste difficile à partir de la simulation de Météo France et des valeurs enregistrées par les stations de l'ORAMIP de définir précisément quels quartiers ont été exposés et donc quelle population ;
- les niveaux précis de cette exposition sur le trajet du nuage : néanmoins, les résultats de la modélisation et les mesures sur Colomiers sont cohérentes pour considérer que ces niveaux ont été rapidement décroissants.

### 2.4.3- Estimation des expositions

Au total, plusieurs estimations de l'exposition peuvent être faites à partir des informations précédentes :

- **scénario « professionnel intervenant sur le site »** : on considère un professionnel ayant séjourné sur le site au centre du nuage pendant le quart d'heure de concentration maximale puis pendant les quatre heures suivantes où les concentrations étaient rapidement décroissantes. Si on fait l'hypothèse que la valeur enregistrée à 10h30 sur la station M. Jacquier – 388  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – (tab.11) représentent 40% de la concentration initiale, l'exposition maximale sur le site peut être extrapolée à 970  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une durée d'un quart heure. Cette exposition reste très inférieure à la VLE admise en milieu de travail qui est de 6 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Pour les quatre heures suivantes, compte tenu du déplacement rapide du nuage mais aussi de la proximité à l'émission initiale, on peut faire l'hypothèse d'une exposition aux valeurs mesurées par la station M.Jacquier de 10h30 à 12h15 (tab.11). Il n'existe pas de VME pour le dioxyde d'azote. En revanche, les valeurs guides des dernières directives européennes, applicables en 2010, reprennent les recommandations OMS fondées sur les dernières revues de la littérature scientifique et destinées à la population générale y compris les populations sensibles [7] : les concentrations mesurées sur une heure ne doivent pas dépasser 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  plus de 18 heures par an et la valeur d'alerte est de 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une heure. Les valeurs horaires enregistrées par la station M.Jacquier – 167 et 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - restent en deçà de ces niveaux.
- **scénario « résident du quartier du Mirail »** : il s'agit du quartier survolé en premier par le nuage. On considère qu'un individu « population générale » (donc pouvant être une personne sensible atteinte d'une pathologie respiratoire chronique) a subi les quatre heures d'exposition en  $\text{NO}_2$  liée au nuage sur son quartier. Si on fait l'hypothèse que les valeurs horaires enregistrées par la station M.Jacquier (167 et 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sont les valeurs d'exposition, les mêmes conclusions que précédemment peuvent être faites par rapport aux valeurs guides de l'OMS. Concernant les personnes sensibles, en particulier les asthmatiques, des précisions sont apportées par le document OMS [7] : deux laboratoires ont observé au cours d'études expérimentales, que les premiers effets sur la fonction respiratoire de personnes asthmatiques survenaient après une exposition à 565  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant trente à 110 minutes. L'exposition mesurée par la station M.Jacquier n'a pas atteint cette valeur dans les deux heures qui ont suivi l'explosion. Néanmoins, il est toujours difficile d'extrapoler une procédure expérimentale à une situation réelle où la sensibilité des personnes peut être différente et où l'exposition concerne simultanément plusieurs polluants.
- **Scénario « quartiers et banlieue ouest »** : il n'y a pas de station de l'ORAMIP sur ce trajet avant Colomiers où l'élévation des concentrations a été brutale mais très modérée, la valeur maximale, observée sur un quart d'heure, étant comparable à celles mesurées en moyenne dans le centre ville. Les stations St Cyprien et Berthelot, en limite de zone n'enregistrent pas d'élévation attribuable au passage du nuage. En tout état de cause, les concentrations n'ont pu être qu'inférieures à celles estimées sur le quartier du Mirail.

## Synthèse :

Sur la base du rapport de l'IGE, des informations fournies par la DRIRE, des mesures réalisées par les pompiers et celles enregistrées par les stations de l'ORAMIP à proximité du site, les expositions, de caractère aigu, concernent l'ammoniac, le dioxyde d'azote et, de façon plus hypothétique, le chlore. L'acide nitrique, également émis, est un précurseur des précédents. Sur la base du rapport de l'IGE, les stockages d'autres polluants présents sur le site n'ont pas été endommagés par l'explosion.

Sur un plan qualitatif, la recherche des polluants potentiellement émis a été finalement complétée par l'étude du rapport d'évaluation des risques sanitaires [8] obtenu récemment et un document de synthèse des rejets remis à la DRIRE par Grande Paroisse.

Sur un plan quantitatif, les expositions sur le site et sur l'agglomération doivent pouvoir être estimées, dans la perspective d'une caractérisation des risques, pour l'ammoniac, le dioxyde d'azote et les particules. A cet égard, l'analyse présentée ici pour le dioxyde d'azote doit être complétée par celle de l'ammoniac et celle des particules.

Pour le dioxyde d'azote, les expositions estimées sur les quartiers à proximité du site sur le trajet du nuage, restent en deçà des valeurs guides sur une heure recommandées par l'OMS à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. A distance de l'agglomération, les concentrations ne peuvent être qu'inférieures à celles mesurées sur l'agglomération. En conséquence, il n'y a pas eu de mesures de prévention collective supplémentaire à la prise en charge individuelle des troubles respiratoires transitoires évoqués dans la première partie de ce chapitre.

En ce qui concerne l'ammoniac et les particules, comme cela a été observé par les systèmes d'information sanitaire, les conséquences ont été d'ordre irritatif. Si, à l'issue des exploitations complémentaires un suivi sanitaire devait être réalisé, il pourrait être mis en oeuvre ultérieurement.

### 2.4.4- Les deux mois qui ont suivi l'explosion :

L'installation de stations provisoires par l'ORAMIP a permis de surveiller l'exposition au NO<sub>2</sub> sur la zone sinistrée pendant la période d'évacuation des polluants de Grande Paroisse. Les données de cette surveillance doivent être analysées sur deux périodes distinctes en raison du déplacement des stations à la fin du mois d'octobre. Le tableau 13 présente la distribution des valeurs pour la période du 25 septembre au 23 octobre et le tableau 14 présente cette distribution pour la période du 23 octobre au 30 novembre. Sur la première période, les stations mobiles ont été installées respectivement sur le site de Grande Paroisse et au lycée Françoise situé à environ 800 m au nord-nord-ouest de l'usine. Sur la deuxième période, des cabines provisoires ont été installées respectivement au Lycée Françoise et Route de Seysses à environ 900 m au nord ouest du site.

**Tableau 13 : Distributions des concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées du 25/09/01 au 23/10/01 (données horaires).**

	Colomiers	Mazades	Berthelot	Pompage	Metz	St Cyprien	Pargaminières	AZF	Françoise
<b>moyenne</b>	21	25	26	21	53	41	46	22	24
<b>écart type</b>	16	19	19	18	26	19	24	14	15
<b>cv</b>	0,8	0,8	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6
<b>médiane</b>	17	17	20	13	51	38	42	17	20
<b>pc25</b>	9	11	13	8	33	27	29	12	13
<b>pc75</b>	26	36	33	28	70	53	61	29	31
<b>min</b>	1	3	4	3	5	8	4	0	5
<b>max</b>	90	100	108	106	141	114	122	75	89
<b>VM*</b>	1	9	11	14	79	99	0	6	61

\*VM : données manquantes

Sur les valeurs enregistrées pendant la première période, on peut distinguer les trois groupes de stations suivants :

- Colomiers, Mazades, Berthelot, Pompage, AZF et Françoise enregistrant en moyenne des niveaux proches et inférieurs à ceux des autres stations, les niveaux les plus bas étant observés à Colomiers ;
- Metz, Pargaminières et St Cyprien enregistrant des niveaux proches et supérieurs à ceux des autres stations ;

Les valeurs enregistrées sur la période par l'ensemble des stations sont comparables ou inférieures à celles enregistrées par les mêmes stations (pour celles qui étaient présentes avant et après l'explosion) dans les huit premiers mois de l'année. Les « nouvelles » stations (AZF et Françoise) enregistrent des valeurs comparables aux stations de fond.

**Tableau 14 : Distributions des concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées du 23/10/01 au 30/11/01 (données horaires).**

	Colomiers	Mazades	Berthelot	Pompage	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Françoise	Seysse
<b>moyenne</b>	23	33	32	27	54	45	55	32	40
<b>écart type</b>	18	19	19	16	25	17	25	18	25
<b>cv</b>	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6
<b>médiane</b>	18	30	29	23	50	44	52	30	35
<b>pc25</b>	10	19	18	14	36	33	37	19	22
<b>pc75</b>	30	43	41	36	69	57	70	42	50
<b>min</b>	0	3	6	3	9	11	7	0	6
<b>max</b>	125	96	120	97	170	131	175	96	185
<b>VM*</b>	9	17	17	14	2	5	22	18	2

\*VM : données manquantes

Pour la période qui a suivi, on peut distinguer trois groupes de stations :

- Colomiers, Mazades, Berthelot, Pompage et Françoise : en moyenne, les niveaux sont proches et inférieurs à ceux des autres stations, les niveaux les plus faibles étant observés à Colomiers ;
- Rue de Metz, St Cyprien et Pargaminières : en moyenne, les niveaux sont proches et supérieurs à ceux des autres stations ;
- Seysse : le niveau des concentrations est en moyenne intermédiaire entre celui des stations de fond et celui des stations de proximité automobile.

Comparativement à la période précédente et aux huit premiers mois de l'année, les concentrations sont, en moyenne, supérieures de 5 à 7 µg/m<sup>3</sup> sur l'ensemble des stations de fond présentes avant et après l'explosion.

Les coefficients de corrélation inter-stations figurent dans les tableaux 15 et 16, respectivement pour les périodes du 25/09 au 23/10 et du 23/10 au 30/11.

**Tableau 15 : coefficients de corrélation inter-station pour la période du 25/09 au 23/10**

	Colomiers	Mazades	Berthelot	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Pompage	AZF	Françoise
<b>Colomiers</b>	1,00	0,71	0,76	0,57	0,62	0,60	0,59	0,49	0,71
<b>Mazades</b>		1,00	0,88	0,50	0,67	0,69	0,81	0,64	0,79
<b>Berthelot</b>			1,00	0,57	0,73	0,73	0,86	0,68	0,80
<b>Metz</b>				1,00	0,80	0,80	0,53	0,49	0,52
<b>St Cyprien</b>					1,00	0,89	0,72	0,66	0,76
<b>Pargaminières</b>						1,00	0,73	0,65	0,71
<b>Pompage</b>							1,00	0,80	0,77
<b>AZF</b>								1,00	0,67
<b>Françoise</b>									1,00

Sur cette période, les mesures sont bien corrélées entre les stations de fond d'une part et entre les stations de proximité trafic d'autre part. La station Pompage est bien corrélée (mieux qu'avant l'explosion) aux stations de fond Mazades et Berthelot. Concernant les stations provisoires, les mesures enregistrées sur le site AZF sont bien corrélées à celles de la station pompage et, dans une moindre mesure, à celles de Mazades et Berthelot. En revanche, les mesures enregistrées par la station Française sont bien corrélées avec l'ensemble des autres stations.

**Tableau 16 : coefficients de corrélation inter-station pour la période du 23/10 au 30/11**

	Colomiers	Mazades	Berthelot	Metz	St Cyprien	Pargaminières	Pompage	Française	Rte Seysses
Colomiers	1,00	0,75	0,75	0,71	0,54	0,57	0,61	0,60	0,72
Mazades		1,00	0,89	0,72	0,66	0,68	0,80	0,80	0,84
Berthelot			1,00	0,76	0,71	0,72	0,86	0,82	0,90
Metz				1,00	0,78	0,86	0,69	0,69	0,76
St Cyprien					1,00	0,84	0,74	0,70	0,68
Pargaminières						1,00	0,73	0,68	0,72
Pompage							1,00	0,83	0,80
Française								1,00	0,82
Rte Seysses									1,00

Sur cette période, les mesures sont globalement bien corrélées sur l'ensemble des stations, y compris les stations provisoires Française et Route de Seysses, et les coefficients de corrélation sont souvent plus élevés que sur les huit premiers mois de l'année (tab. 10). Les groupes de stations fond et proximité trafic sont moins distincts.

### **Synthèse :**

Pendant les premières semaines qui ont suivi l'explosion, l'exposition de la population sur l'agglomération reproduit ses caractéristiques habituelles : des niveaux proches et bien corrélés entre les stations urbaines (de fond), des niveaux plus élevés pour les stations de proximité automobile bien corrélées entre elles. La station provisoire Française, et dans une moindre mesure, la station AZF, présentent statistiquement un profil de station urbaine (de fond). Les niveaux observés sont comparables aux niveaux habituels mesurés sur les huit mois de l'année. Il n'apparaît donc pas d'exposition au NO<sub>2</sub> spécifique à cette période.

Sur la période suivante et jusqu'à fin novembre, les concentrations sont plus homogènes sur l'ensemble de l'agglomération. La station Française se comporte comme les stations de fond tant par ses niveaux que par ses variations temporelles. Les mesures de la station Rte de Seysses varie également comme celles des stations de fond mais avec un niveau moyen légèrement supérieur. D'une manière générale, les niveaux atteints sont supérieurs à ceux observés en moyenne pendant les huit mois précédant l'explosion (variation saisonnière ?) sur les stations ayant résisté à l'explosion. En terme d'exposition, quelle que soit la station (hormis les stations de proximité trafic du centre ville), les percentiles 75 de ces concentrations (niveau atteint ou dépassé les 10 jours les plus « pollués » de la période) n'atteignent pas la médiane des niveaux de fond observés à Paris, Strasbourg et Lyon sur la période 1990-1997 (programme de surveillance PSAS-9). En conséquence, il n'y a pas eu de risque sanitaire significatif lié au NO<sub>2</sub> pendant cette période. Comme précédemment, le travail d'analyse des données doit être complété pour l'ammoniac en mettant en perspective les données de l'ORAMIP et celles des analyseurs de Grande Paroisse.

### **2.4.5- Exposition à l'amiante :**

Les effets pathogènes de l'exposition à l'amiante sont liés à l'exposition cumulée, c'est à dire au produit de l'intensité par la durée d'exposition. Les effets observés jusqu'à présent correspondent à des expositions cumulées d'au moins 0,5 f/ml/année, c'est-à-dire à une exposition continue,

pendant 40 heures par semaine et pendant une année de travail (c'est-à-dire 1920 heures), à une concentration de 500 fibres par litre d'air. Par ailleurs, la valeur maximale autorisée à l'intérieur des locaux est de 5 fibres/litres (décret 96-97 du 7 février 1996 modifié) [9].

#### a. Le jour de l'explosion :

L'explosion a entraîné la désagrégation des matériaux de nombreuses constructions et la diffusion des fibres d'amiante potentiellement présentes dans ces matériaux. Sur le site de Grande Paroisse, le plan de désamiantage concernant les flocages et calorifugeages était terminé depuis plusieurs années au moment de l'explosion et il est confirmé que seul du fibrociment était susceptible d'être présent sur le site. Tous les bâtiments du site comportaient une toiture en amiante-ciment. Les quantités en sont connues, du fait des opérations de retrait dont ce matériau fait l'objet depuis le 21 septembre. En revanche, la présence d'amiante (sous forme de calorifugeage, flocage ou amiante-ciment) dans les bâtiments, publics ou privés, soufflés autour du site est moins bien connue. Aucune mesure n'est disponible pour le jour de l'explosion.

Par ailleurs, il existe très peu de littérature sur ces situations accidentelles d'exposition à l'amiante [10-13]. La pertinence et la faisabilité d'une estimation de l'exposition au décours immédiat de l'explosion est donc discutable. Néanmoins, les résultats éventuels de l'expérience New Yorkaise récente doivent être recherchés. En tout état de cause, il s'agit d'une exposition aiguë de quelques minutes à quelques heures et en plein air. Compte tenu des connaissances élaborées en milieu professionnel, il est extrêmement peu probable que l'exposition liée à l'explosion ait entraîné un excès de risque significatif.

#### b. Les semaines qui ont suivi l'explosion :

- *Exposition en continu dans les semaines qui ont suivi liée à la remise en suspension des fibres d'amiante :*

La Caisse Régionale d'Assurance Maladie a fait procéder à des prélèvements réalisés sur un pas de temps de 24 heures du 01/10 au 05/10 en présence d'un fort vent d'Autan (situation favorisant la remise en suspension dans l'air des fibres déposées) sur les sites de Grande Paroisse (trois points de prélèvement), AFPA (quatre points de prélèvement), Institut de Génie Chimique (quatre points de prélèvement). Ces deux derniers sites ont été particulièrement soufflé par l'explosion. Les fibres de longueur supérieure à 5 µm, de diamètre inférieur à 3 µm et de rapport (longueur / diamètre) supérieur à 3 ont été comptabilisées par microscopie électronique. Les analyses ont été réalisées par l'Institut National de Recherche et de Sécurité. Les moyennes sur cinq jours de ces mesures figurent dans le tableau 17, seules des fibres de chrysotile ont été retrouvées.

**Tableau 17 : concentrations en fibres de chrysotile autour du site de Grande Paroisse du 01/10/01 au 05/10/01 (fibres/litre).**

	Grande Paroisse	AFPA	Inst. Génie Chimique
<b>Point 1</b>	12,0 [8,0 - 17,0]	< 0,96	< 0,92
<b>Point 2</b>	3,2 [1,6 - 6,0]	2,9 [1,3 - 5,5]	< 0,90
<b>Point 3</b>	3,2 [1,6 - 6,0]	< 2,2	< 0,95
<b>Point 4</b>		< 0,95	< 0,92

Comparées aux valeurs de références citées au début de ce paragraphe, les concentrations mesurées ici ne peuvent constituer, en quelques semaines ni même en quelques mois, des expositions cumulées conduisant à un excès de risque significatif.

- *Exposition autour des chantiers de déblaiement :*

La CRAM a rappelé aux entreprises procédant au déblaiement des décombres les procédures applicables en cas de sinistre ayant détruit un bâtiment dont la couverture et certaines cloisons sont en amiante-ciment. Si la prévention des expositions professionnelles était assurée, celle des populations résidant au voisinage des chantiers restait à envisager. Plusieurs séries de mesures ont été effectuées sur et autour des chantiers de déblaiement du site de Grande Paroisse et du site de l'AFPA.

Sur le site de Grande Paroisse, des séries de mesures en continu sur 48h ont été réalisées sur 27 points répartis sur la zone et pour la plupart à l'extérieur des bâtiments. Entre le 12/10/01 et le 11/02/02, 48 mesures ont ainsi été effectuées dont 43 étaient inférieures au seuil de détection, quatre étaient inférieures à 2 f/l et une était égale à 10,64 f/l. Cette dernière valeur a été mesurée à l'intérieur d'un magasin lors du retrait des matériaux amiantés.

Sur le site de l'AFPA, quatre séries de prélèvements ont été effectuées sur une durée de quelques heures chacun les 3,5,10 et 14 décembre 2001. Les prélèvements des 3, 5 et 14 décembre ont été réalisés en condition de travaux confortatifs ou de déblaiement. Les résultats de ces mesures figurent dans le tableau 18.

**Tableau 18 : concentrations en fibres d'amiante dans l'air ambiant relevées sur le chantier AFPA (f/l)**

Point de prélèvement	30/11 – 3/12	03/12 – 05/12	03/12/01 matin / après-midi	05/12/01	14/12/01
Pôle mécanique	< 1,3		1,0 / 8,0	1,0	
Bureaux côté entrée		1,1			<0,96
Zone de manœuvres					2,9 <2,2 <0,95

Sur ces valeurs mesurées sur le chantier, les mêmes remarques que précédemment peuvent être faites : comparées aux valeurs de références citées au début de ce paragraphe, les concentrations mesurées ici ne peuvent constituer, en quelques semaines ni même en quelques mois, des expositions cumulées conduisant à un excès de risque significatif pour la population résidant à proximité de ce chantier.

### **Synthèse :**

Au total, sur les données recueillies à ce jour pour les différentes situations décrites, les expositions aux fibres d'amiante ne conduisent pas à un risque significatif pour la population et n'ont donc pas donné lieu à des mesures de protection particulières. Ces données restent à compléter par celles des chantiers réalisés les mois suivants. Le suivi de ces chantiers est en cours. Si des dosages élevés étaient notés sur ces chantiers, pouvant faire suspecter des taux élevés d'exposition pour la population habitant à proximité, des dosages complémentaires en zone d'habitation seraient effectués.

## 2.5- Données relatives à une exposition par ingestion via l'eau potable

L'exposition liée à la consommation d'eau potable doit se considérer à partir de la description géographique des captages et du réseau d'alimentation. La DDASS de Haute Garonne a réalisé un synoptique à cet effet (Figure 9) et produit une note de synthèse sur les conséquences de l'accident sur l'eau potable pour l'agglomération toulousaine dont les éléments sont présentés ci-dessous [14].

Toutes les stations alimentant Toulouse sont situées en amont des rejets de l'usine de Grande Paroisse, en conséquence la qualité de l'eau distribuée sur Toulouse n'a jamais été affectée par l'accident. Sur les cinq stations de traitement d'eau potable (desservant environ 155 000 habitants) situées en aval et pouvant donc être concernées par l'accident, quatre ont pu être interconnectées immédiatement sur une ressource de substitution : St Caprais, Save et Cadours, St Jory et Blagnac. Seule l'alimentation en eau brute de l'usine du syndicat des eaux des cantons Centre et Nord (75 000 habitants) a été directement confrontée à la pollution de la Garonne ou du canal latéral.

### 2.5.1- Données de qualité de l'eau brute

Les contrôles de qualité de l'eau brute ont été intensifiés dès le 21 septembre. Outre les contrôles habituels à la station du Bazacle sur Carbone organique total (COT), pH, turbidité, oxygène dissous, ammoniacque ( $\text{NH}_4$ ), hydrocarbures et métaux lourds, des contrôles supplémentaires, ponctuels ou en continu, ont été effectués en quatre points sur le bras mort de la Garonne et en cinq points sur la Garonne (en aval des rejets). Les paramètres suivis étaient pH, conductivité,  $\text{NH}_4$ , nitrates ( $\text{NO}_3$ ) et COT. Enfin, des analyses ponctuelles de type « Ressources Superficielles »<sup>3</sup> (décret du 03/01/89) ont été mises en œuvre sur 120 paramètres (dont métaux, hydrocarbures, pesticides, composés organiques volatils, Benzène, Toluène, Xylène) les 21 et 22 septembre.

Sur les 120 paramètres mesurés au total, seule une augmentation des concentrations de  $\text{NH}_4$ , de  $\text{NO}_3$  et de COT a été observée. Les valeurs les plus élevées ont été mesurées dans le bras mort de la Garonne (directement en aval des rejets). Le passage de la pollution a pu être identifié du 22 en fin d'après midi au 27 septembre avec des concentrations maximales entre le 22 et le 24 septembre :

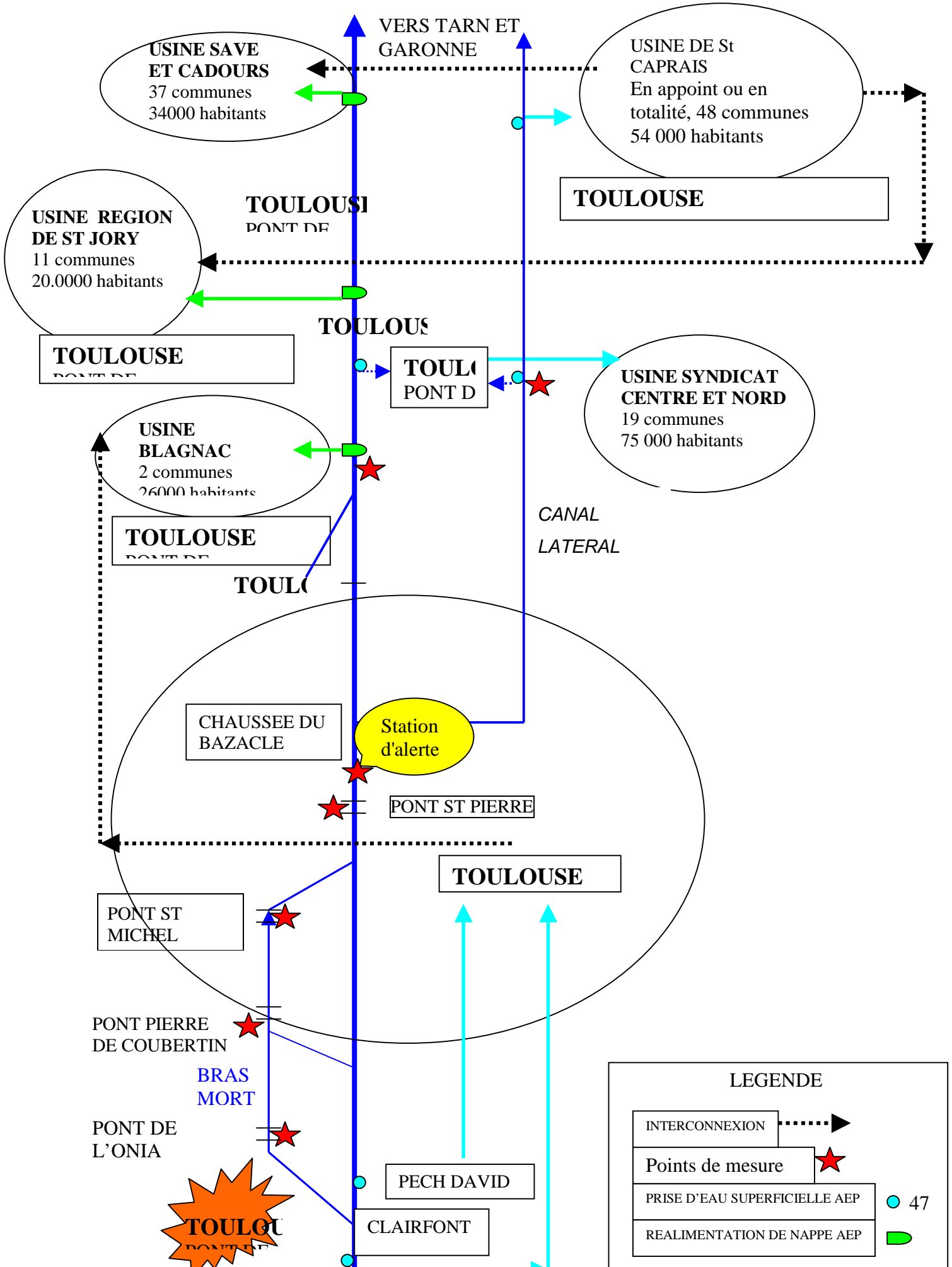
- $\text{NH}_4$  : 331 mg/l dans le bras mort et 16 mg/l dans la Garonne ;
- $\text{NO}_3$  : 1277 mg/l dans le bras mort et 63 mg/l dans la Garonne ;
- COT : 23 mg/l dans le bras mort et 8,7 mg/l dans la Garonne.

Devant ces valeurs, un renforcement du traitement et des contrôles de l'eau distribuée a été opéré : « surchloration », contrôles bactériologiques et des concentrations en  $\text{NH}_4$ .

---

<sup>3</sup> Les analyses de type RS ont pour objectif de déterminer si une ressource en eau superficielle est susceptible d'être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

Figure 9 : Synoptique du réseau d'alimentation en eau potable dans la zone de l'accident



**LEGENDE**

- INTERCONNEXION  ▶
- Points de mesure
- PRISE D'EAU SUPERFICIELLE AEP  47
- REALIMENTATION DE NAPPE AEP



## 2.5.2- Données de qualité de l'eau distribuée

Les analyses ont débuté à l'usine des Cantons Centre et Nord le 23 septembre.

### a. Ammoniaque (NH<sub>4</sub>OH) :

Pour NH<sub>4</sub>, des dépassements de la valeur maximale autorisée (0,5 mg/l) ont été observés du 24/09 au 25/09 en sortie d'usine et du 24/09 au 28/09 sur le réseau de distribution. Sur ces deux périodes, les concentrations moyennes étaient respectivement de 2,3 mg/l en sortie d'usine et de 0,6 mg/l sur le réseau. Les valeurs maximales observées étaient respectivement de 4,9 mg/l en sortie d'usine (25/09 à 14h) et de 2,6 mg/l sur le réseau.

Une Evaluation Quantitative des risques Sanitaires a été réalisée en urgence à partir des données précédentes et des considérations suivantes :

- Sous l'hypothèse d'une consommation totale de 2 litres d'eau par jour, la dose de NH<sub>4</sub> liée à l'ingestion de l'eau potable était de 5 à 10 mg par jour selon que l'on considère la valeur moyenne ou la valeur maximale mesurée en sortie d'usine ;
- La dose moyenne de NH<sub>4</sub> liée à l'alimentation et à l'eau de boisson est habituellement estimée à 18 mg/j selon l'OMS (International Programme on Chemical Safety – 1996) ;
- La production de NH<sub>4</sub> endogène par le tube digestif est de 4000 mg/j ;
- Aucune valeur guide fondée sur les résultats d'études expérimentales ou épidémiologiques n'est proposée par l'OMS.

Au total, la part de la dose interne quotidienne liée à la consommation de l'eau contaminée est apparue faible au regard de la dose interne totale quotidienne et la durée de la contamination brève (deux jours). En conséquence, la population a été avertie des teneurs anormales en NH<sub>4</sub> mais aucune suspension d'usage n'a été promulguée à l'exception de son utilisation pour la dialyse rénale.

Par ailleurs, l'augmentation des concentrations en NH<sub>4</sub> pouvant « surconsommer » le chlore destiné à garantir la qualité bactériologique de l'eau potable, des analyses de la qualité bactériologique ont été mises en œuvre. Il n'a pas été observé d'anomalie. La filière de traitement comprend en effet une étape d'ozonation, la « postchloration finale étant destinée à garantir un effet bactériostatique dans le réseau.

### b. Nitrates (NO<sub>3</sub>) :

En sortie usine, il n'a pas été observé de dépassement de la limite de qualité qui est de 50 mg/l. Cette valeur, revue en 1995 par l'OMS, a été confirmée en prenant en compte le risque d'effet aigu chez le nourrisson (méthémoglobinémie après transformation des nitrates en nitrites) [15].

### c. Nitrites (NO<sub>2</sub>) :

La limite de qualité pour l'eau distribuée est de 0,1 mg/l. Cette concentration a été dépassée ponctuellement le 24/09 à 14h en sortie usine avec une valeur de 0,25 mg/l.

Les effets connus de l'ingestion de nitrites, ou de nitrates transformés en nitrites, dans l'organisme humain, sont essentiellement la transformation de l'hémoglobine sanguine en méthémoglobine impropre au transport de l'oxygène. Ce risque concerne de façon privilégiée les nourrissons et a conduit l'US-EPA à proposer une dose de référence par voie orale (RfD) de 0,1 mg/kg.jour calculée pour un enfant de 10 kg, consommant 1 litre d'eau par jour [16] soit une consommation d'un litre d'eau à 1 mg/l. Cette dose correspond à une valeur quotidienne à ne pas dépasser dans le contexte d'une consommation chronique. La consommation de 0,25 mg/l pendant un à deux jours ne correspond donc pas à une exposition pouvant conduire à un risque significatif pour la santé.

## Synthèse :

Les dépassements de limite de qualité en ammoniacale, nitrates et nitrites observés ponctuellement dans l'eau distribuée au décours de l'explosion n'ont pas été de nature à engendrer un excès de risque sanitaire pour les consommateurs compte tenu des connaissances scientifiques actuelles. Il n'y a donc pas eu de mesures de protection supplémentaires à celles prises immédiatement après l'accident.

## 2.6- Données relatives à une exposition par ingestion via des sols contaminés

Dans le contexte de l'explosion et de la dispersion atmosphérique des polluants, deux types d'exposition peuvent être considérés : à proximité du lieu de l'explosion et à distance, sur le trajet du nuage de pollution.

### 2.6.1- A proximité de l'explosion

Des fragments et des particules de sol ont été projetés et ont pu se déposer superficiellement sur les jardins potagers de particuliers et sur des lieux publics fréquentés en particulier par des enfants (bac à sables par exemple). Ces projections provenant d'un sol à usage industriel ancien, elles contiennent potentiellement un certain nombre de polluants en quantité non négligeable. Elles sont alors susceptibles de constituer une exposition pour la population soit par ingestion directe de sol (enfants essentiellement) soit indirectement par transfert dans les productions familiales destinées à l'auto-consommation.

Par ailleurs, la contamination potentielle des eaux souterraines et superficielles peut également être à l'origine d'une pollution des sols et des cultures familiales via l'arrosage.

#### a. Données de qualité des sols :

Des prélèvements de sols ont été réalisés les 21 et 22 septembre à la demande respectivement de la DRIRE et de la DDASS avec l'objectif d'estimer le risque de contamination de la Garonne par le sol du cratère en cas d'orage. Sept échantillons ont été prélevés le 21/09 sur une zone de 300 m au nord ouest de l'usine. Les résultats figurent dans le tableau 19.

**Tableau 19 : concentrations des différents polluants mesurés dans les échantillons de sols prélevés autour de Grande Paroisse le 21/09/01**

	Ech.1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Ech.6	Ech.7	Méd.
<b>Manganèse*</b>	313	335	428	304	294	237	418	313
<b>Chrome*</b>	25	26	82	232	23	17	14	25
<b>Cuivre*</b>	61	41	74	182	70	57	36	61
<b>Plomb*</b>	175	147	839	794	221	167	90	175
<b>Arsenic*</b>	18	18	28	43	27	19	19	19
<b>PH**</b>	7,9	7,9	7,7	8,0	8,0	7,9	9,4	7,9
<b>Nitrates***</b>	53,3	56,6	121	60,4	67,5	46,2	0,24	56,6
<b>Ammonium***</b>	10,3	11,0	24	11,1	14,2	9,1	0,1	11
<b>Nitrites***</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
<b>Sulfates***</b>	0,46	0,89	1,24	0,48	0,54	0,36	0,024	0,48

\* en mg/kg MS ; \*\* en unite pH ; \*\*\* en g/kg MS.

Par ailleurs, des fragments de sol et poussières projetés ont également été prélevés au Lycée Galliéni par l'ORAMIP, à environ 700m au nord ouest du lieu de l'explosion le 22/09/01.

Les concentrations mesurées dans les prélèvements peuvent être confrontées à un certain nombre de valeurs de référence : le tableau 20 présente les médianes et valeurs maximales observées sur les prélèvements du site de Grande Paroisse, les valeurs observées sur le prélèvement réalisé au lycée Galliéni ainsi que les valeurs de référence disponibles. Les Valeurs de Définition de Source Sol (VDSS) et les Valeurs de Constat d'Impact (VCI) proposées sont issues du guide de gestion des sites (potentiellement) pollués élaboré par le Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières [17] :

- VCI : permet d'objectiver l'impact d'une pollution sur le sol considéré en fonction de son usage. Ainsi sont déterminées des VCI « sensible » vis à vis de l'usage domestique du sol par les particuliers (ingestion directe ou indirecte) et des VCI « non sensible » pour un usage industriel ou commercial de ce sol.
- VDSS : valeur établie à partir de la VCI sensible, de la limite technique de détection et du bruit de fond local permettant d'établir l'existence d'une source de pollution.

**Tableau 20 : synthèse des concentrations mesurées dans les différents prélèvements et comparaison aux concentrations de référence.**

	médiane G P (max.)	Lycée Galliéni	médiane globale (max.)	sols français médiane (min. / max.)	sols agricoles Ile-de- France (suspicion)	VDSS	VCI sensible
<b>Caractérisation</b>							
PH	7,9 (9,4)	7,3	7,9 (9,4)				
N ammoniacal (g/kg MS)	1,1 (2,4)	6,8	1,11 (6,8)				
N nitrites (g/kg MS)	<0,01	<0,01	<0,01				
N nitrates (g/kg MS)	5,7 (12,1)	7,7	5,85 (12,1)				
Sulfates (g/kg MS)	0,48 (1,24)		0,48 (1,24)				
<b>Eléments traces métalliques (mg/kg MS)</b>							
manganèse	313 (428)	296	308,5 (428)	754 (<5/24975)			
Cadmium		<1		0,16 (0,01/6,99)	0,45	10	20
Chrome	25 (232)	58	25,5 ( <b>232</b> )	66,3 (<2/691)	100	65	130
Cuivre	61 (182)	85	65,5 ( <b>182</b> )	12,8 (<2/107)		95	190*
mercure		<0,5			0,35	3,5	7
Nickel		18		31 (<2/478)	40	70	140
Plomb	175 (839)	<b>416</b>	198 ( <b>839</b> )	34,1 (2,2/3088)	45	200	400
Zinc		712		80 (<5/3820)		4500	9000
Arsenic	<b>19</b> (43)	<b>31</b>	<b>23</b> ( <b>43</b> )		40	19	37
<b>Paramètres traces organiques (%MB)</b>							
matières sèches	94,7 (95,5)	94,1	94,6 (95,5)				

Les différents prélèvements ayant pour origine le même sol projeté par l'explosion, il paraît pertinent de regrouper les résultats et de considérer, pour estimer l'exposition, la valeur médiane et la valeur maximale des huit prélèvements. Des dépassements des valeurs de référence sont mis en évidence pour les éléments trace métalliques suivants : chrome, cuivre, plomb et arsenic. Les données disponibles pour le cadmium, le mercure, le nickel et le zinc (prélèvements Lycée Galliéni) ne présentent aucun dépassement des valeurs de référence disponibles.

#### **b. Données de qualité des eaux superficielles (ou eaux brutes)**

Ces données ont été évoquées dans le paragraphe 2.5 concernant l'exposition via l'eau potable. La Garonne et le canal ont fait l'objet, dès les premiers moments qui ont suivi l'explosion, d'un suivi renforcé de qualité, du fait de leur utilisation à des fins de production d'eau potable. Les résultats

d'analyse concernant les stations d'alerte fixes du Bazacle et des Ponts Jumeaux sont présentés dans le tableau 21. De plus, les résultats d'analyses réalisées par Grande Paroisse sur ses rejets dans la rivière ont également été recueillis et sont présentés dans les tableaux 22 et 23. En vue d'estimer les risques liés à une contamination des sols via l'arrosage, les résultats de ces analyses ont été comparés aux concentrations maximales admissibles pour les eaux destinées à la consommation humaine.

**Tableau 21 : résultats des analyses d'eau brute en Garonne les 21 et 22 septembre 2001.**

paramètres	Bazacle : station alerte 21/09/01 - 17h45	Bazacle : station alerte 22/09/01 – 9h30	Ponts Jumeaux 22/09/01 – 10h30	Bazacle : station alerte 22/09/01 – 16h00	cma** eau potable
PH	7,7	7,75	7,9	7,5	6,5 à 9
Conductivité (µS/cm)	284	270	277	341	180 à 1000
<b>Turbidité (NTU)</b>	<b>2,3</b>	<b>3</b>	<b>5,1</b>	<b>2,9</b>	<b>2</b>
Oxydabilité (mg/l)	1,6	1,8	1,6	2,1	5
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	<b>0,41</b>	<b>1,24</b>	<b>1,87</b>	<b>11</b>	<b>0,1</b>
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,29	<b>0,55</b>	0,14	0,6	0,5
NO <sub>3</sub> (mg/l)	6	11	10,5	48	50
<b>COT (mg/l)</b>	<b>2,2</b>	<b>2,8</b>	<b>3</b>	<b>8,2</b>	<b>2</b>
Chlorures (mg/l)	24	13	14,5	9	250
Sulfates (mg/l)	27	25	25	22	250
Fluor (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,5
TAC (°F)	8,7	9,3	9,5	9,7	
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	106	113	116	118	
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,08	0,08	0,11	0,09	
Abs UV (DO cuve 50)	0,2	0,2	0,21	0,21	
NTK (mg/l)	1,1	2	3,4	20	
PT (mg/l)	0,1	0,07	0,1	0,1	
DCO (mg/l O <sub>2</sub> )	<15	18	19	20	30
Calcium (mg/l)	40	39	39	40	
magnésium (mg/l)	3,8	3,8	3,7	3,6	
Sodium (mg/l)	15	12	12	12	
Potassium (mg/l)	1,5	1,5	1,5	1,6	
Fer (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	200
Zinc (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
Aluminium (µg/l)	60	60	60	50	200
Arsenic (µg/l)	<5	<5	<5	<5	10
Cadmium (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5
Chrome (µg/l)	<2	<2	<2	<2	50
Cuivre (µg/l)	<2	<2	<2	<2	2000
manganèse (µg/l)	7	4	8	8	50
Nickel (µg/l)	<5	<5	<5	<5	20
Plomb (µg/l)	<5	<5	<5	<5	10
Sélénium (µg/l)	<10	<10	<10	<10	10
mercure (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1
ICH2 av.Florisil (mg/l)	0,048	0,08	0,18	0,12	
ICH2 ap.Florisil (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Détergents (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	
Phénols (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0005
Cyanures (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	50
COV (µg/l)	<SQ*	<SQ*	<SQ*	<SQ*	
BTX (µg/l)	<SQ*	<SQ*	<SQ*	<SQ*	
HPA (µg/l)	<SQ*	<SQ*	<SQ*	<SQ*	0,1
PCB (µg/l)	<SQ*	<SQ*	<SQ*	<SQ*	
Pesticides (µg/l)	<SQ*	<SQ*	<SQ*	<SQ*	0,1
Formol (mg/l)	-	-	<0,01	<0,01	

\*SQ : seuil de quantification, \*\*cma : concentrations maximales admissibles

Les seuls paramètres sur lesquels des variations importantes ont été constatées au décours de l'explosion étaient les suivants (non présentés dans le tableau) :

- azote ammoniacal (maximum : 331 mg/l dans le bras mort, à proximité immédiate des rejets d'AZF et 16 mg/l dans la Garonne),
- nitrates( maximum : 1277 mg/l dans le bras mort et 63 mg /l en Garonne),
- carbone organique total (maximum : 23,2 mg/l dans le bras mort et 8,7 mg/l en Garonne).

Aucune autre dérive n'a été notée sur les 120 paramètres mesurés et, en particulier, sur les paramètres toxiques au moment du pic de la vague polluante. Malgré des valeurs très élevées en ammoniacque et en nitrates dans le bras mort, aucune mortalité piscicole n'a été constatée à cette époque en raison du pH relativement peu élevé (entre 7 et 8).

Les augmentations significatives de concentrations en composés azotés sur le canal ou la Garonne à l'aval du bras mort ont eu lieu à partir du 22 septembre en fin d'après-midi. Les analyses effectuées le dimanche 23 septembre mettaient en évidence des résultats conformes à la réglementation pour l'ammoniacque. La durée totale de la vague polluante enregistrée à la station d'alerte du Bazacle a été de 6 jours environ dont 2 jours avec des concentrations plus élevées (du 22 au 24 septembre).

En vue de compléter l'examen des risques pouvant être attribués à l'explosion de l'usine AZF par l'utilisation d'eaux superficielles polluées, les données issues du réseau de mesure de Grande Paroisse ont été recueillies.

Les rejets du site AZF dans la Garonne étaient réalisés par l'intermédiaire de 6 égoûts (Tab.22). L'historique des données recueillies dans le cadre du contrôle réglementaire des rejets de l'entreprise permet de comparer les valeurs de rejets par composé azoté entre : septembre 1999 (valeurs moyennes mensuelles), août 2000 (valeurs moyennes mensuelles) et septembre 2001 après l'explosion à partir du 25 septembre (entre le 21 et le 25/09, le dispositif était inutilisable).

**Tableau 22 : Rejets d'ammoniaque, de nitrates et d'urée en septembre 1999, août 2000, et le 25 septembre 2001 (flux en kg/jour)**

	égout n°2	égout n°3	égout n°4	égout n°5	égout n°7	égout n°9	total
<b>Ammoniaque</b>							
Sept. 1999	86	93	67	43	72	37	398
Août 2000	40	268	18	59	55	184	623
25/09/2001	15	10	1	104	0	389	518
Arrêté préfectoral N/NH <sub>4</sub>	500	400	70	400	175	525	900
<b>Nitrates</b>							
Sept. 1999	404	NR	0	136	85	413	1037
Août 2000	359	NR	0	148	92	450	1050
25/09/2001	15	0	1	11	0	562	588
Arrêté préfectoral N/Ntotal	730	400	120	550	350	1400	2300
<b>Urée</b>							
Sept. 1999	19	NR	4	16	13	0	52
Août 2000	22	NR	10	20	1	0	52
25/09/2001	20	48	0	750	0	270	1088
Arrêté préfectoral N/Ntotal	730	400	120	550	350	1400	2300

NR : non recherché

Les valeurs mesurées le 25/09 pour l'ensemble des rejets restent inférieures aux limites imposées par arrêté préfectoral. Hormis pour quelques valeurs – ammoniaque pour les égoûts n°5 et 9, sans dépassement des teneurs réglementaires, nitrates pour l'égoût n°9, sans dépassement des teneurs réglementaires, urée pour les égoûts n°5 et 9, avec dépassements des teneurs réglementaires pour le premier - les taux observés sont sensiblement inférieurs à ceux des années précédentes aux mêmes périodes. Après cette date et jusqu'au 17/10, les rejets directement liés à l'explosion ont été décroissants (non présentés).

Au total, les valeurs de rejet les plus élevées enregistrées entre le 25 septembre et le 17 octobre ne dépassent les teneurs imposées par l'arrêté préfectoral que pour l'urée dans un cas (égoût n°5) le 25/09. Ceci explique les matières organiques retrouvées dans la Garonne par la DDASS (représentées par des taux élevés de carbone organique total). En tout état de cause, ces rejets majorés d'urée dans les eaux superficielles n'ont pas eu de conséquences sanitaires pour la production d'eau potable (du fait des traitements de l'eau brute) ni, a fortiori, pour d'éventuelles eaux d'irrigation (du fait de leur nature organique).

Les 17 et 18 octobre les rejets d'ammoniac dans la Garonne ont dépassé à nouveau les valeurs autorisées par arrêté préfectoral, comme le montre le tableau 23.

**Tableau 23 : Rejets d'ammoniac, du 15 au 20 octobre 2001 (flux en kg/jour)**

	égout 2	égout 3	égout 4	égout 5	égout 7	égout 9	total plateforme
15/10/2001	38	20	0	0	0	85	142
16/10/2001	135	20	1	18	0	64	238
17/10/2001	50	11	1	15	1	3600	3777
18/10/2001	84	17	1	42	2	4548	4694
19/10/2001	167	40	3	9	0	378	597
20/10/2001	27	60	1	14	0	197	298
Arrêté préfectoral N/NH <sub>4</sub>	500	400	70	400	175	525	900

En effet, le réseau d'ammoniac n'étant plus en pression après l'explosion, des rejets du gaz dans l'atmosphère ont occasionné des plaintes de la part des riverains, d'autant plus que la situation météorologique à cette période ne favorisait pas la dispersion des polluants. Un dispositif de capture de l'ammoniac par voie acqueuse puis de rejet dans la Garonne a alors été mis en place mais une mauvaise estimation des rejets d'eau ammoniacale - associé sans doute à un défaut de surveillance - a entraîné des dépassements des valeurs fixées par arrêté préfectoral. La pollution de la Garonne et la mort concomitante de plusieurs dizaines de kilos de poissons s'est produite avant mise en place effective de stockages palliatifs de l'eau ammoniacale.

Toutefois, les concentrations mesurées dans les eaux superficielles par la DDASS ont été beaucoup plus faibles que lors de l'explosion du 21 septembre (maximum mesuré dans le bras mort : 7 mg /l) et la mortalité de poissons constatée a été essentiellement liée aux teneurs en ammoniac associées à un pH élevé (jusqu'à 8,6) favorisant le déplacement de l'équilibre vers une forme de l'ammoniac toxique (ammoniac non ionisé) pour les poissons malgré des concentrations plus faibles.

### c. Données de qualité des eaux souterraines :

Onze piézomètres sont implantés sur le site afin de surveiller la qualité des eaux de la nappe vis à vis des composés azotés, seuls composés faisant l'objet d'un contrôle réglementaire. Deux puits (12 et 13) situés respectivement en amont et en aval du cratère de l'explosion (dans le sens de l'écoulement de la nappe) ont été plus particulièrement suivis après l'explosion, à la demande de la DIRE. Deux autres puits ont été forés en novembre l'un en aval de l'atelier de fabrication d'acide cyanurique (20) et l'autre à l'extrémité nord du site (21), en aval du hangar 221.

Le suivi piézométrique est habituellement trimestriel, avec une valeur supplémentaire le 27 septembre 2001. Des fiches de synthèse de la surveillance piézométrique depuis août 2000 présentent les résultats des mesures d'azote sous trois formes (ammoniacal, nitrique et uréique), de pH et de conductivité. Les dernières valeurs disponibles avant l'explosion datent du 11 mai 2001. Par ailleurs, depuis le 27 septembre 2001, les puits 12 et 13 ont été prélevés tous les jours ouvrables et le puits 21 est suivi toutes les semaines depuis le mois de janvier 2002.

Les mesures relevées après le 21 septembre ont été comparées à celles enregistrées avant l'explosion. Parmi les trois composés azotés, les concentrations en ammoniac (médianes et maximales) ont augmenté sur cinq piézomètres : puits 6 et 8 situés au sud du site de grande Paroisse, puits 12 et 13 situés en amont et en aval du cratère et puit 17 situé à l'extrémité nord du site. Les taux d'azote nitrique et uréique sont restés stables ou ont diminué sur l'ensemble des puits.



## Synthèse :

Sur l'ensemble des données concernant une exposition potentielle à proximité du site par ingestion directe ou indirecte via des sols contaminés, les conclusions suivantes peuvent être émises :

- L'utilisation des eaux superficielles de la Garonne pour l'arrosage des cultures familiales ou commerciales à proximité du site (il n'y a pas d'arrosage à partir du bras mort de la Garonne) n'a pu être à l'origine d'expositions spécifiques compte tenu de la nature des composés en excès dans ces eaux (urée, ammoniac), de la durée des dépassements des limites de qualités (six jours au maximum). On ne retrouve pas, en particulier, les éléments traces métalliques présents dans les projections de terre du cratère.
- L'utilisation pour les mêmes usages des eaux souterraines (puits) issues de la nappe en aval de l'explosion n'a pu être à l'origine d'une exposition spécifique en ce qui concerne les composés azotés compte tenu de la nature de ces polluants et du différentiel de pollution avant et après l'explosion. Des analyses complémentaires doivent être faites pour d'autres substances polluantes, en particulier d'éventuels éléments traces métalliques .

Concernant l'exposition par ingestion directe ou indirecte liée aux projections de sol à proximité de l'explosion, des dépassements des valeurs réglementaires sont mis en évidence dans les prélèvements analysés pour les éléments trace métalliques suivants : chrome, cuivre, plomb et arsenic. Aussi, une évaluation sommaire des risques vis à vis de l'ingestion directe de sol a été réalisée pour ces substances. Elle est présentée ci-après.

### d. Scénarios d'exposition pour l'ingestion directe de sol projeté :

Dans ce rapport intermédiaire est présentée l'estimation de l'exposition pour l'ingestion directe de sol qui est, à moyen terme, l'exposition susceptible de conduire aux doses de polluants ingérées les plus élevées. Cette exposition concerne essentiellement les enfants de moins de 6 ans fréquentant quotidiennement des lieux ayant reçu des projections du sol du cratère. L'exercice a été conduit en s'appuyant sur un document en cours de publication par l'Institut de Veille Sanitaire intitulé : "Dépistage du saturnisme autour des sources industrielles de plomb - analyse de la pertinence de la mise en œuvre d'un dépistage : du diagnostic environnemental à l'estimation des expositions."

En l'absence de données sur le devenir des polluants dans les sols, et notamment leur persistance et leur diffusion dans les milieux, l'hypothèse a été faite que les teneurs mesurées dans les retombées de terre se retrouvent de façon homogène et constante dans l'ensemble des sols en contact avec l'enfant. Dans les premiers jours qui ont suivi l'explosion, en particulier avant que les pluies aient lessivé les sols et que les poussières se soient dégradées, il est envisageable qu'un enfant jouant au contact des projections ait pu ingérer des fragments de terre en provenance du cratère. L'hypothèse d'une ingestion chronique de même nature devient en revanche peu crédible en l'absence de contamination des sols avant l'explosion.

Par ailleurs, les estimations concernent les quatre polluants dont les concentrations mesurées sont supérieures aux VDSS et VCI (tab.18) : Chrome, Cuivre, Plomb, Arsenic.

Huit scénarios ont finalement été construits :

- Enfant de 2 ans

Mesures utilisées	Concentration max	Concentration max	Concentration médiane	Concentration médiane
Quantités de sol ingérées	20 mg/h	80 mg/h	20 mg/h	80 mg/h

- Enfant de 6 ans

<b>Mesures utilisées</b>	Concentration max	Conc. max	Concentration médiane	Concentration médiane
<b>Quantités de sol ingérées</b>	10 mg/h	40 mg/h	10 mg/h	40 mg/h

A partir de ces hypothèses, la dose journalière d'exposition a été calculée de la manière suivante :

$$DJE = \frac{C_{sol} \times Qté \text{ sol} \times T_j}{PC} \quad (1)$$

Avec, DJE : dose journalière d'exposition

Csol : concentration du polluant dans le sol (mg / kg de sol)

Qté sol : quantité de sol ingéré par l'enfant (mg/h)

Tj : temps passé dans le jardin public par jour (en heures)

P : poids de l'enfant (kg)

Les doses d'exposition estimées pour les différents scénarios figurent dans le tableau 24.

**Tableau 24 : doses journalières d'exposition selon les différents scénarios (µg/kg)**

	Enfant 2 ans		Enfant 2 ans		Enfant 6 ans		Enfant 6 ans	
	Teneurs max		Teneurs médianes		Teneurs max		Teneurs médianes	
Ingestion	20 mg/h	80 mg/h	20 mg/h	80 mg/h	10 mg/h	40 mg/h	10 mg/h	40 mg/h
<b>Cr</b>	0,8	3,1	0,09	0,34	0,23	0,93	0,03	0,10
<b>Cu</b>	0,61	2,43	0,22	0,87	0,18	0,73	0,07	0,26
<b>Pb</b>	2,8	11,2	0,66	2,64	0,84	3,4	0,20	0,79
<b>As</b>	0,14	0,57	0,08	0,31	0,04	0,17	0,02	0,09

#### e. Caractérisation des risques liés à l'ingestion directe de sol projeté :

##### Chrome

- **Toxicité aiguë** : il n'y a pas de valeur de référence établie pour la toxicité aiguë chez l'homme. IPCS (1988) considère cependant une dose létale par ingestion comprise entre 50 et 70 mg/kg de masse corporelle. Ceci correspondrait à une ingestion de 600 à 840 mg de chrome pour un enfant de 2 ans, soit une ingestion de 2,5 à 3,5 kg de terres contenant les concentrations maximales en chrome retrouvées dans les prélèvements. **L'hypothèse d'une ingestion de telles quantités de terres n'est pas recevable.**
- **Toxicité chronique** : les effets sur la santé d'une exposition chronique au chrome concernent le chrome trivalent et le chrome hexavalent. Les effets décrits le sont essentiellement par inhalation :
  - effets cutanés : réactions irritatives et allergiques
  - effets broncho pulmonaires par inhalation
  - atteintes rénales : néphrite aiguë, nécrose tubulaire
  - cancers respiratoires

L'US EPA propose une dose de référence (Rfd) de 3 µg/kg/j pour le chrome VI par voie orale. Cependant l'étude ayant servi à la construction de cette valeur toxicologique de référence (VTR) est une étude animale ancienne (1958) réalisée avec une exposition hydrique. Il s'agit donc de l'utiliser avec prudence.

Si l'on considère comme valide cette valeur toxicologique, le quotient de danger<sup>4</sup> (QD = DJE/RfD) associé à une ingestion chronique de terres dans les conditions d'exposition décrites précédemment serait compris, selon les scénarios, entre 0,01 (DJE = 0,03 µg/kg/j, valeurs médianes, enfant de 6 ans ingérant 10 mg/h de terre) et 1,03 (DJE = 3,1 µg/kg/j, valeurs max., enfant de 2 ans, ingérant 80 mg/h de terre). **La fréquentation des aires contaminées par les retombées de chrome VI du cratère ne serait donc susceptible d'engendrer à terme un risque pour la santé que dans le scénario le plus défavorable qui reste, nous l'avons vu, peu réaliste.**

**La RfD proposée pour le chrome III est bien plus élevée - 1,5 mg/kg/j – et ne conduit donc pas à un risque sanitaire objectif.**

- *Cancérogénicité* : l'US EPA propose un excès de risque unitaire<sup>5</sup> (ERU) pour la survenue d'effets carcinogènes mais cet ERU existe uniquement pour la voie respiratoire et le Chrome VI ne semble pas carcinogène par voie orale.

### **Cuivre**

- *Toxicité aiguë* : des effets gastro-intestinaux, hépatiques et rénaux ainsi qu'une neurotoxicité ont pu être observés à des doses élevées : plusieurs mg, ou grammes de cuivre. En dehors de cas d'intoxication aiguë, on observe peu d'effets en population générale. Les dangers d'une carence en cuivre semblent plus importants que ceux d'un excès de cet élément (IPCS 1998).

L'OMS fixe la limite inférieure de l'intervalle de la dose acceptable par ingestion à 50 µg/kg/j pour les enfants en bas âge et à 20 µg/kg/j pour un adulte. **La contamination des sols par le cuivre, à des teneurs correspondants aux concentrations mesurées dans les retombées du cratère ne représente donc pas un risque pour la population.**

### **Arsenic**

- *Toxicité aiguë* : les premiers symptômes cliniques de l'intoxication aiguë sont des douleurs abdominales, des vomissements, de la diarrhée, des douleurs musculaires, une sensation de faiblesse et une rougeur de la peau. Ces symptômes sont souvent suivis d'engourdissements et de picotements des extrémités et d'une éruption érythémateuse papulaire. Dans le mois suivant, on peut également constater une paresthésie des extrémités avec sensation de brûlure, une hyper kératose palmo-plantaire, l'apparition de stries de Mee sur les ongles et la détérioration progressive des fonctions motrices et sensorielles.  
La dose létale pour l'homme varie de 1,5 mg/kg à 500 mg/kg de poids corporel selon le composé arsenical. Pour un enfant de 2 ans, ces valeurs correspondraient à l'ingestion de 18 à 6000 mg d'arsenic, soit une ingestion de 420 g à 139 kg de terre comportant les concentrations d'arsenic maximales mesurées sur les prélèvements (OMS). **L'hypothèse d'une telle ingestion n'est pas recevable et il n'apparaît donc pas de risque significatif relatif à une exposition aiguë.**
- *Toxicité chronique* : la RfD proposée par l'US-EPA est égale à 0,3 µg/kg/j, valeur établie à partir d'études épidémiologiques prenant en compte la « maladie des pieds noirs » ainsi qu'une hyper pigmentation ou une kératose. En considérant cette RfD, le quotient de danger est compris, selon les scénarios d'exposition, entre 0,1 (DJE = 0,02 µg/kg/j, valeurs médianes, enfant de 6 ans ingérant 10 mg/h de terre) et 1,9 (DJE = 0,57 µg/kg/j, valeurs max., enfant de 2 ans ingérant 80 mg/h de terre). **La fréquentation des aires contaminées par les retombées d'arsenic du**

---

<sup>4</sup> Cette valeur numérique n'est pas un risque mais une évaluation qualitative de ce risque : un QD inférieur à 1 signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger alors qu'un quotient supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer, sans qu'il soit possible d'en prédire la probabilité.

<sup>5</sup> L'ERU est l'excès de risque de survenue du cancer pour une exposition durant la vie entière à une unité de dose du polluant.

**cratère ne serait donc susceptible d'engendrer à terme un risque pour la santé que dans le scénario le plus défavorable qui reste, nous l'avons vu, peu réaliste.**

- *Cancérogénicité* : L'effet critique (effet survenant aux doses les plus faibles) est le cancer cutané pour lequel l'US-EPA propose un excès de risque unitaire égal à  $1.5 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ . Cela signifie que l'exposition à  $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$  d'arsenic pendant une vie entière (60 ans) entraîne un excès de risque de cancer de  $1,5 \cdot 10^{-3}$ . En supposant une relation linéaire avec la durée d'exposition, l'excès de risque associé à une exposition de  $60 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$  pendant 1 an, entraînerait un excès de risque de  $1,5 \cdot 10^{-3}$ . L'excès de risque associé à une ingestion quotidienne pendant 1 an d'arsenic contenu dans les terres prélevées, selon les scénarios quotidiens d'ingestion considérés serait donc compris entre  $5 \cdot 10^{-7}$  et  $1,4 \cdot 10^{-5}$ . **Au total, avec des scénarios qui considèrent une ingestion - quotidienne et pendant un an - très importante de sol par des enfants en bas âge, la borne supérieure de l'estimation du risque ne dépasse pas le repère d'acceptabilité classique des organismes internationaux (OMS, US-EPA, etc.) égal à  $10^{-5}$ .**

### **Plomb**

- *Toxicité aiguë* : l'intoxication aiguë se manifeste notamment par de l'hébétéude, de l'agitation, de l'irritabilité, des difficultés de concentration, des céphalées, des tremblements musculaires, des crampes abdominales, des lésions rénales, des hallucinations et des pertes de mémoire. Des concentrations sanguines de  $100\text{-}200 \mu\text{g}/\text{dl}$  chez l'adulte et de  $80\text{-}100 \mu\text{g}/\text{dl}$  chez l'enfant peuvent provoquer une encéphalopathie.
- *Toxicité chronique* : des symptômes de toxicité chronique (après une exposition de plusieurs mois ou plusieurs années) tels que fatigue, insomnie, irritabilité, céphalées, douleurs articulaires ou symptômes gastro-intestinaux peuvent apparaître chez l'adulte lorsque la concentration dans le sang atteint  $50\text{-}80 \mu\text{g}/\text{dl}$ . On a observé une faiblesse musculaire, des symptômes gastro-intestinaux, une baisse des performances dans les tests psychométriques, des troubles de l'humeur et des symptômes de neuropathie périphérique après un à deux ans d'exposition industrielle se traduisant par une plombémie de  $40$  à  $60 \mu\text{g}/\text{dl}$ .
- *Cancérogénicité* : le centre de recherche sur le cancer considère qu'il n'existe pas de preuves suffisantes de cancérogénicité du plomb chez l'Homme.
- *Effets neurologiques chez les nourrissons et les enfants* : un certain nombre d'études épidémiologiques transversales et longitudinales ont été entreprises pour étudier les effets négatifs éventuels que l'exposition de jeunes enfants au plomb pourrait avoir sur leurs capacités intellectuelles et leur comportement. Ces études ont mis en évidence des effets résultant de l'exposition chronique à de « faibles » concentrations de plomb, qui ne provoquent pas de symptômes cliniques apparents. La réglementation française fixe à une plombémie de  $100 \mu\text{g}/\text{l}$  le seuil d'intervention pour une soustraction de l'enfant au risque.

La caractérisation des risques est menée ci-dessous en terme de plombémie attendue liée à l'ingestion de plomb contenu dans la terre projetée depuis le cratère. Cette plombémie attendue sera à comparer à la plombémie sans l'existence de ce facteur d'exposition potentiel.

L'estimation de l'exposition prend ici en compte le temps passé au contact des sols pollués étudiés mais également le temps passé dans les autres lieux de vie (tab. 25), les apports alimentaires en plomb (tab. 26) et les quantités ingérées ou inhalées des différents milieux de vie rencontrés (tab.27).

**Tableau 25 : Estimation du temps (en heures) passé sur les différents lieux de vie sur une semaine, selon les scénarios d'exposition :**

	enfant de 2 ans	enfant de 6 ans
Domicile intérieur	22 x 7 = 154 h (dont 70h de sommeil)	4 x 16 + 3 x 22 = 130 h (dont 70h de sommeil)
Domicile extérieur	2 x 7 = 14 h	3 x 2 = 6 h
Ecole intérieur	négligeable	4 x 6 = 24 h
Ecole extérieur	négligeable	4 x 2 = 8 h

**Tableau 26 : Apports hebdomadaires en plomb par l'alimentation selon l'âge (selon Inserm, 1999) :**

Age (années)	Apport alimentaire hebdomadaire (µg/semaine)
2	210
6	280

**Tableau 27 : Quantités moyennes (extrêmes) absorbées des différents milieux rencontrés en fonction de l'âge (selon US-EPA, 1996) :**

	enfant de 2 ans	enfant de 6 ans	remarque
Eau (l/semaine)	4,30	5,20	
Air (m <sup>3</sup> /semaine)	47,60	70,00	
Sol extérieur (mg/h)	20,00* (80)	10,00* (40)	*exprimé en h d'activité (hors sommeil)
Poussières (mg/h)	3,00* (12)	0,15* (0,6)	*exprimé en h d'activité (hors sommeil)

On fait l'hypothèse que l'eau consommée contient 10 µg/l de plomb (concentration maximale autorisée)

La dose de plomb ingérée par semaine est alors calculée pour les différents milieux (tab. 28) à partir de l'équation (1). Le plomb absorbé par inhalation est intégré ultérieurement dans le calcul final de la plombémie. Finalement, la dose hebdomadaire totale ingérée est :

$$DH_{\text{tot.ing.}} = DH_{\text{alim}} + DH_{\text{eau}} + DH_{\text{sol}} \quad (2)$$

Avec,  $DH_{\text{tot.ing}}$  = dose hebdomadaire totale en µg

$DH_{\text{alim}}$  = apport alimentaire hebdomadaire "classique" en µg

$DH_{\text{eau}}$  = apport par l'eau en µg pour une valeur seuil de 10 µg/l

$DH_{\text{sol}} = C_{\text{sol}} \times Q_{\text{sol}} \times TH_{\text{ext}}$

**Tableau 28 : Dose hebdomadaire de plomb ingéré selon les différents média et les différents scénarios (µg/semaine)**

	enfant de 2 ans (12 kg)				enfant de 6 ans (20 kg)			
	Conc. max.		Conc. médiane		Conc. max.		Conc. médiane	
Qtité sol ingéré	20 mg/h	80 mg/h	20 mg/h	80 mg/h	10mg/h	40 mg/h	10mg/h	40 mg/h
Alimentation	210	210	210	210	280	280	280	280
Eau	43	43	43	43	52	52	52	52
Sol	235	940	55	222	118	470	28	111
Total	488	1193	308	475	450	802	360	443

Rapportées à une dose journalière par kg de poids corporel, ces doses sont supérieures à la Dose Journalière Admissible recommandée par le JECFA (OMS) qui de 3,5 µg/kg. Cette situation n'est pas forcément prédictive d'une plombémie supérieure à 100 µg/dl mais nécessite son estimation.

Celle-ci peut se faire à partir de la relation entre plomb ingéré et plombémie proposée par l'OMS pour les aliments. Nous avons fait l'hypothèse que la concentration atmosphérique en plomb était inférieure à  $0,2\mu\text{g}/\text{m}^3$  : dans ce cas l'absorption de plomb par voie aérienne est négligeable.

$$\text{Pb}_s \text{ attendue } (\mu\text{g}/\text{l}) = \text{dose hebdomadaire ingérée } (\mu\text{g}) \times 1,6 \times 7 \times F \quad (3)$$

Avec, F : facteur de biodisponibilité du plomb dans l'organisme.

Certains auteurs considèrent que le facteur F est différent selon son support d'ingestion : la biodisponibilité est maximale avec  $F = 1$  lorsque le support est l'alimentation alors qu'elle est réduite lorsque le support est du sol avec  $F = 3/5$ . Cette option est encore discutée par les scientifiques et les résultats de plombémie attendue figurent dans le tableau 29 pour les deux approches : sans tenir compte de la correction pour la dose ingérée via les sols ( $F=1$  pour la dose totale) et en tenant compte de ce facteur correcteur.

**Tableau 29 : Plombémie attendue ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) selon les différents scénarios et facteurs de biodisponibilité**

Qtité sol ingéré	enfant de 2 ans (12 kg)				enfant de 6 ans (20 kg)			
	Conc. max.		Conc. médiane		Conc. max.		Conc. médiane	
	20 mg/h	80 mg/h	20 mg/h	80 mg/h	10mg/h	40 mg/h	10mg/h	40 mg/h
Alimentation	210	210	210	210	280	280	280	280
Eau	43	43	43	43	52	52	52	52
Sol	235	940	55	222	118	470	28	111
Dose totale ingérée	488	1193	308	475	450	802	360	443
Pbs ( $F=1$ )	112	273	70	109	103	183	82	101
Pbs ( $F=3/5$ )	90	187	65	88	92	140	80	91

Les plombémies attendues sont supérieures à  $100 \mu\text{g}/\text{l}$  dans le cas des scénarios maximaux, pour les enfants de 2 et 6 ans (échantillon avec valeur maximale de plomb, ingestion de sol de  $80 \text{ mg}/\text{h}$  chez l'enfant de 2 ans et de  $40 \text{ mg}/\text{h}$  chez l'enfant de 6 ans). Dans un des scénarios (prise en compte de la valeur M. Jacquier pour l'enfant de 2 ans consommant  $80 \text{ mg}/\text{h}$  de sol), la plombémie attendue est très proche de  $100 \mu\text{g}/\text{l}$  ( $98 \mu\text{g}/\text{l}$ ).

### Synthèse :

Les scénarios mettant en évidence un potentiel impact sanitaire lié à l'ingestion de sols projetés depuis le cratère sont extrêmement majorants puisqu'ils considèrent qu'un enfant a consommé des mottes de terre issues du cratère – et exclusivement celles-ci – pendant plusieurs mois, voire années. Ils ne tiennent pas compte de l'intégration de ces mottes de terre dans l'environnement ambiant au fil du temps.

Des prélèvements dans les lieux susceptibles d'être fréquentés par les enfants (jardins publics ou privés, bacs à sable) ont donc été demandés à proximité de l'explosion (jusqu'à un kilomètre) et sont actuellement en cours. Les résultats d'analyses permettront d'avoir une meilleure connaissance des concentrations réelles de contaminant dans les sols et en particulier dans les bacs à sable (ces derniers constituent un milieu étanche susceptible de conserver longtemps les éléments traces métalliques).

Concernant les jardins et l'exposition indirecte par ingestion de produits cultivés, la réalisation de sondages, surtout à plusieurs mois de l'explosion, fourniront des données plus réalistes pour conduire l'évaluation du risque par transfert dans la chaîne alimentaire que celles disponibles ici (ingestion de mottes de terre avec mélange de celles issues du cratère et de la terre initiale du jardin, comparée à ingestion de la terre du cratère).

## 2.6.2- A distance de l'explosion

Comme décrit en détail dans le paragraphe 2.4. consacré à l'exposition par inhalation, le nuage de pollution sous la couche limite s'est dispersé en direction du Nord-Ouest en raison du vent d'Autan soufflant le 21 septembre. Ce nuage était susceptible *a priori* d'être à l'origine de dépôts sur le sol, ces dépôts pouvant contaminer les sols et secondairement les cultures.

La modélisation du trajet par Météo France et les mesures enregistrées par la station de l'ORAMIP à Colomiers montrent que la vitesse de déplacement du nuage était élevée. En effet, comme estimé par la modélisation, l'élévation brutale des concentrations a été observée à Colomiers sur le quart d'heure 10h30 – 10h45, soit 30 minutes après l'explosion. Par ailleurs, la concentration de polluant mesurée à Colomiers, en part relative de la concentration estimée au centre du nuage initial (calculs faits pour le dioxyde d'azote), est également cohérente avec la modélisation, soit 10% de la concentration initiale entre Colomiers et Blagnac (cf § 2.4.).

Au delà de Colomiers, la modélisation indique un passage du nuage centré sur Mondonville à 11h00 où la concentration maximale est alors de 7% de la concentration initiale, puis une orientation vers le Tarn et Garonne avec des concentrations inférieures à 5% des valeurs initiales.

### **Synthèse :**

Compte tenu de la concentration de polluant estimée à la sortie de l'agglomération et de la durée courte de « survol » de chaque zone par le nuage, d'éventuels dépôts sur les sols pendant ce « survol » n'ont pu être que minimes. Compte tenu par ailleurs, de la nature des polluants identifiés comme émis au moment de l'explosion – ammoniac, dioxydes d'azote, particules et de façon plus hypothétique chlore - , de tels dépôts ne sont pas de nature à engendrer une contamination des sols qui pourrait conduire secondairement à une contamination significative des cultures et, indirectement, à un excès de risque pour les consommateurs de ces cultures. Il n'apparaît donc pas pertinent, en l'état actuel des informations disponibles, de réaliser des prélèvements de sol sur le trajet du nuage à distance de l'agglomération.

### **NOTA BENE :**

Le 24 avril 2002, des informations complémentaires fournies par Grande Paroisse sur les rejets dans l'air et dans l'eau pendant les heures suivant l'explosion ont été transmises par la DRIRE.

Ces informations confirment outre les émissions atmosphériques d'ammoniac et de dioxyde d'azote déjà connues, les émissions de chlore suspectées. Ces émissions sont dues à l'arrêt brutal de certains ateliers de production au moment de l'explosion. Les quantités émises dans l'atmosphère s'élevaient à 12 kg de Chlore. En première approche, nous avons donc considéré une exposition par inhalation aux concentrations mesurées par les pompiers lors des manœuvres de secours, soit 5-6 ppm. La recherche bibliographique effectuée pour cette substance, recense des effets locaux irritants (toux, larmoiments, rhinorrhée), suffocants à forte dose et pouvant conduire à un œdème aigu du poumon à très forte dose. A la concentration mesurée, les effets irritants ont été probables. En revanche, en deçà d'une concentration de 15 ppm, la littérature ne rapporte que des effets transitoires sans conséquences cliniques à long terme.

Par ailleurs, cette note d'information rapporte le rejet dans l'eau de la Garonne de nitrate de magnésie - nitrates qui se sont ajoutés aux autres rejets de solutions azotées - et d'une solution aqueuse d'agents tensio-actifs de type sulfonates. Ce dernier produit n'a pas de toxicité particulière signalée dans sa fiche de sécurité.

Au total, ces informations devront être intégrées dans le rapport pour sa version définitive.

## CHAPITRE II – CONSEQUENCES TRAUMATIQUES

Les données présentées dans ce chapitre sont issues de l'analyse des systèmes d'information existant avant l'explosion ou mis en place dans les jours qui ont suivi (cf description en annexe ). L'ensemble des données disponibles sur les conséquences traumatiques de l'explosion est présenté dans le tableau 30. Les références bibliographiques de ce chapitre sont indiquées en fin de rapport.

### 1. Conséquences traumatiques des explosions

Les blessures et traumatismes initiaux incluent plaies, lésions tendineuses, fractures ouvertes et fermées, pertes de substances osseuses, amputations traumatiques. Ils concernent aussi les blessures abdominales, les contusions pariétales, les contusions d'organes pleins (rate, foie). Les infections, les complications d'intervention chirurgicale, corps étrangers, cicatrices, font partie de ces lésions ainsi que les séquelles et handicaps ultérieurs. A ce jour, une description encore partielle des lésions initiales peut être établie à partir de plusieurs sources.

Les lésions oculaires peuvent survenir tant à la suite du « blast » primaire (action de l'onde de choc proprement dite) que du « blast » secondaire (criblage de la victime par des débris projetés à grande vitesse). Elles peuvent être liées aux forces d'arrachement et de compression. Les traumatismes oculaires comprennent les plaies des paupières, les lésions cornéennes, rétinien, les plaies et contusions du globe oculaire. Ces atteintes de l'œil sont variables, à type de luxation du cristallin, d'hémorragie du vitré, de décollement rétinien, voire d'éclatement du globe oculaire. A long terme, le décollement rétinien demeure la principale complication. Les blessures oculaires sont très fréquemment observées lors de catastrophes similaires. Lors des récents attentats du 11 septembre 2001 contre le World Trade Center, 26% des patients admis dans les services d'urgences dans les 12 heures suivant le crash présentaient des atteintes de l'œil.

Les lésions de l'oreille peuvent être dues au double effet du « blast » et du « traumatisme sonore » dus à l'explosion.

Un **blast auditif** est une exposition de l'oreille à une onde de choc. La surpression peut être responsable de lésions du tympan (hyperhémie, rupture) ou de la chaîne ossiculaire. Cela peut entraîner une perte auditive (hypoacousie) persistante prédominant au seuil de fréquence de 4000 Hertz (Hz), des bourdonnements d'oreille (acouphènes), des douleurs (otalgies), une perception exagérée du son (hyperacousie) douloureuse et des vertiges. Le seuil de surpression à partir duquel on observe des lésions graves est de 50 kilopascals (kPa) sur tympan normal. La gravité des lésions diminue avec l'éloignement de la source de l'explosion.

Le **traumatisme sonore** correspond à une exposition à une pression acoustique excessive qui peut atteindre une partie de l'oreille interne, la cochlée. Le seuil de la douleur se situe à 120 décibels (dB). Le seuil de lésion irréversible diminue avec l'augmentation de la durée d'exposition : il correspond à 160 dB pour une exposition de 3 millisecondes (détonation d'arme à feu). Sur les audiométries tonales, on peut observer une atteinte isolée des fréquences 4000 à 6000 Hz, y compris chez les enfants. Une association avec une atteinte isolée des fréquences graves peut s'observer. La fragilité cochléaire au bruit s'accroît avec l'âge (notamment au-delà de 50 ans) même si l'enfant est particulièrement sensible, elle peut être également due à des affections de nature bactérienne ou virale, traumatique, toxique ou être héréditaire (hypoacousie familiale). ). La fatigue auditive et les lésions cumulatives augmentent avec la durée d'exposition. Plus la durée entre deux traumatismes sonores est importante, meilleure est la récupération ultérieure.

L'évolution de ces troubles auditifs peut se faire vers la récupération complète ou vers une surdité irréversible partielle ou totale. Les acouphènes, qui sont une des plaintes essentielles, peuvent durer de quelques jours à plusieurs années.



## **2. Les plaies, blessures et traumatismes physiques**

### Les données du PMSI

La traumatologie constitue l'essentiel des motifs d'hospitalisation ou de consultation au CHU de Toulouse liées à l'explosion les 21 et 22 septembre 2001 : 93% des diagnostics principaux chez les 226 patients hospitalisés, 88% des pathologies prises en charge chez les 588 patients ayant consulté et étant repartis sans être hospitalisés.

### Les données des déclarations d'accident du travail

Les lésions traumatiques (lésions superficielles, plaies, fractures, entorses, ...) représentaient 68% des lésions décrites sur les certificats médicaux reçus à ce jour. Les principales lésions déclarées sont les atteintes superficielles des membres et les plaies des extrémités.

### Les données des médecins sentinelles

Les médecins sentinelles ont répertorié la présence de réaction inflammatoire locale, accompagnée ou non de purulence, de fièvre ou d'adénopathies locales sur une plaie existante suturée ou non suturée. En 2 mois de surveillance, les cas déclarés par le réseau permettent d'estimer à 117 cas le nombre de ces plaies surinfectées vues par des généralistes ou pédiatres pour l'ensemble de l'agglomération toulousaine.

## **3. Les traumatismes oculaires**

### Les données du PMSI

Parmi les 226 patients hospitalisés les deux premiers jours, le diagnostic principal a été un traumatisme de l'œil pour 10% des sujets.

### Les données des déclarations d'accident du travail

Parmi les 1673 certificats médicaux initiaux étudiés à ce jour, les traumatismes de l'œil représentaient 1,4% des lésions décrites.

### Les données des médecins ophtalmologistes

Les ophtalmologistes (hôpitaux et cliniques privées) ont rapporté 39 traumatismes graves de l'œil correspondant à des plaies ou contusions du globe oculaire graves ayant fait l'objet d'intervention chirurgicale avec hospitalisation. Selon ces ophtalmologistes, il faut noter que des centaines de traumatismes non graves ont été observés sans relevé d'informations spécifiques à leur sujet.

## **4. Les traumatismes ORL**

### Les données du PMSI

Parmi les 226 patients hospitalisés les deux premiers jours, le diagnostic principal était un traumatisme de l'oreille pour 2%.

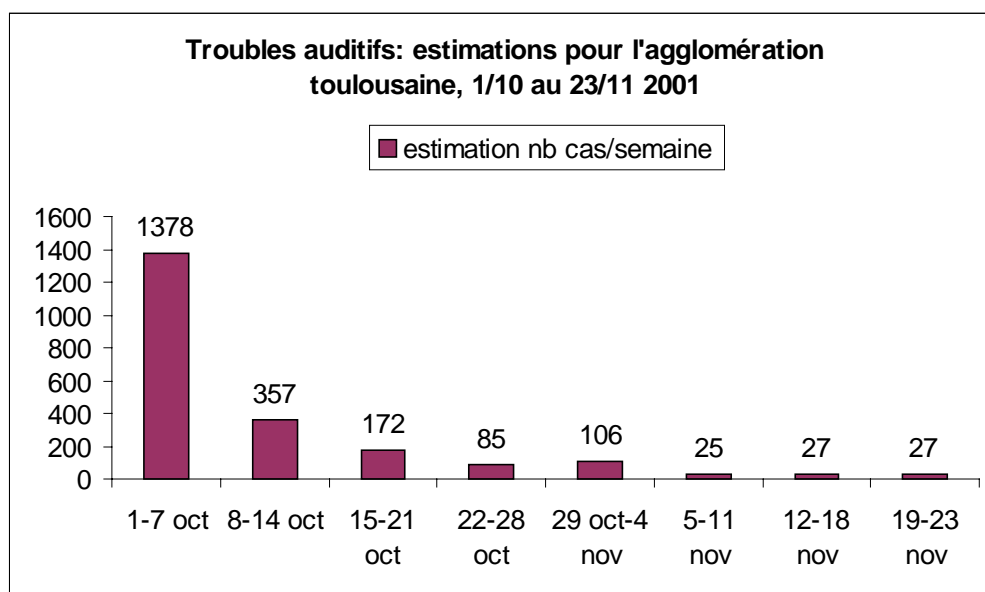
### Les données des déclarations d'accident du travail

Les traumatismes ou troubles de l'audition représentent 18% des 2910 lésions décrites. Parmi ces lésions auditives, les principales lésions décrites sont des « syndromes dus au souffle de l'explosion » (42%), des acouphènes (26%) et des déficits auditifs (18%).

### Les données des médecins sentinelles

Les médecins sentinelles ont signalé des pathologies auditives liées à l'explosion correspondant à un ensemble de symptômes englobant acouphènes, hypoacousie, otalgie ou otorragie (seuls ou associés). Des consultations pour de tels symptômes ont été déclarées principalement pendant les 5 semaines suivant l'explosion (cf. figure 10).

Figure 10



Une extrapolation à l'agglomération toulousaine permet d'estimer à 2176 le nombre total de consultants pour pathologies auditives des médecins généralistes ou pédiatres pendant les 9 semaines suivant l'explosion.

#### Les données des médecins spécialistes

Les médecins ORL ont signalé 581 sujets ayant consulté en milieu hospitalier public ou privé pour troubles auditifs pendant le mois suivant l'explosion. Ces résultats ne sont cependant que partiels et non représentatifs des consultations en zone sinistrée car le taux de participation a été faible pour les médecins libéraux.

Parmi ces 581 consultants, les cas de surdité représentent 56%, les acouphènes 56% et les otalgies 46%, ces trois pathologies n'étant pas mutuellement exclusives.

#### Les données du dépistage fait par l'Education Nationale :

Parmi près de 6000 élèves ayant bénéficié d'un dépistage 8 à 10 semaines après l'explosion dans un rayon de 2km autour du site, les déficits auditifs (>25dB) touchaient 5,5% des élèves dans le secondaire et 6,3% en primaire/maternelle.

**Tableau 30**  
**Traumatismes et conséquences traumatiques**

	Traumatologie		
	Générale	Oeil	Oreille
<b>PMSI (CHU Toulouse)</b>			
Malades hospitalisés (226) les 21 et 22/09/01	93%	10%	2%
Pathologies chez les malades repartis le jour même (588) les 21 et 22/09/01	88%	- (44% traumatisme de la tête)	- (44% traumatisme de la tête)
<b>Assurance – Maladie (région Midi-Pyrénées)</b>			
2910 lésions pour 1673 certificats médicaux initiaux décrits (sur 4900)	68%	1,4%	18%
Estimation excès cas département 31 d'après consommation soins	-	-	(En projet)
<b>Médecins spécialistes (agglomération Toulouse)</b>			
Consultations ORL du 21/09 au 20/10/01 (581)	-	-	56% surdité 56% acouphènes 46% otalgies
Consultations OPH du 21/09 au 20/10/01 (n= ?)	-	39 plaies graves (avec intervention et hospitalisation)	-
<b>Médecins sentinelles (agglomération Toulouse)</b>			
Consultations du 1/10 au 23/11/01	117 cas (nombre estimé) de plaies surinfectées	-	2176 cas (nombre estimé)
<b>Education nationale (Inspection Académique 31)</b>			
<b>Dépistages écoles zone sinistrée, nov et déc 2001</b>			
Elèves primaire maternelle (2971)	-	-	6,3%
Elèves secondaire (3327)	-	-	5,5%

## 5. Interprétation

Les différentes sources de données confirment que la traumatologie générale constitue la cause principale des hospitalisations au CHU liées à l'explosion, et qu'elle représente une proportion importante des lésions déclarées dans le cadre des accidents de travail. En revanche, les complications traumatiques mineures ont semble-t-il été peu traitées par les généralistes. Malgré les soins d'urgence donnés dans des conditions difficiles, peu de complications infectieuses sur des sutures faites dans l'urgence semblent avoir été observées.

Les lésions traumatiques de l'œil et de l'oreille occupent une place importante dans ce bilan, en accord avec ce qui a été rapporté dans la littérature pour des catastrophes similaires. Il est toutefois encore difficile de tirer un bilan chiffré global à partir de ces sources différentes. Les données concernant les hospitalisations initiales au CHU ont pu sous-estimer les lésions de l'œil et de l'oreille, notamment lorsqu'elles étaient associées à des poly-traumatismes. Les lésions déclarées dans le cadre des accidents du travail et celles déclarées par les médecins spécialistes et les médecins sentinelles (généralistes et pédiatres) reflètent davantage l'ensemble de ces lésions, sous réserve qu'elles aient donné lieu à consultation médicale.

Ces données sont toutefois incomplètes (certificats initiaux non encore analysés, nombreuses cliniques privées n'ayant pas participé au recueil de données). De plus, un même patient peut avoir été déclaré dans plusieurs de ces systèmes.

L'estimation de plus de 2000 consultations pour troubles ORL auprès de généralistes ou de pédiatres dans l'agglomération toulousaine dans les 5 semaines suivant l'explosion peut donner une indication de l'importance des troubles auditifs attendus dans la population. Ce chiffre peut être sous-estimé, dans la mesure où des personnes ont pu directement consulter un spécialiste ORL, ou bien ne pas consulter du tout. Parmi les troubles signalés, il faut noter la fréquence des otalgies et acouphènes sans surdité associée.

En ce qui concerne les déficits auditifs, seule l'Education Nationale a fourni des données de dépistage systématique. Celles-ci fournissent des prévalences de l'ordre de 5% à 6% chez les élèves des établissements proches de l'explosion. Il faut noter que le dépistage chez les élèves a exploré des fréquences élevées (6000Hz) qui ne sont pas toujours étudiées par les médecins ORL chez les adultes. La littérature scientifique concernant les dépistages auditifs chez les enfants indiquent que les atteintes isolées ou primaires des fréquences 4000 ou 6000Hz peuvent être observées. Elles sont liées à des séquelles d'otites et à l'exposition aiguë ou chronique au bruit, mais ne sont pas spécifiques d'un traumatisme sonore aigu. Malheureusement, des références nationales fiables sur les troubles auditifs chez les enfants de cette tranche d'âge ne sont pas disponibles. Il est donc difficile de distinguer quelle part de ces déficits auditifs pourrait être attribuable à l'explosion. En tout état de cause, ces données attirent l'attention sur des troubles à confirmer, et à réinterpréter si possible en fonction de données antérieures.

Dans le cadre de l'explosion d'AZF à Toulouse, l'INERIS [2] a estimé les niveaux de surpression aérienne dans un périmètre de 2,9 km autour de l'épicentre de l'explosion. Ces niveaux varient de 0,3 à 100 kPa, supérieurs en plusieurs points au seuil de « blast » de 50 kPa. En transformant ces surpressions aériennes en seuils de pression acoustique, les résultats montrent des seuils sonores variant de 144 à 194 dB au moment de l'explosion.

## 6. Recommandations

Les observations concordantes sur l'importance des troubles auditifs observés ainsi que l'examen de la littérature scientifique conduisent à recommander aux professionnels de santé (médecins généralistes, médecins pédiatres et médecins du travail) de réaliser des dépistages d'atteintes auditives chez les personnes les plus exposées c'est à dire présentes, au moment de l'explosion, dans un rayon d'environ 1,7 km autour du site, la zone étant limitée à l'Est par la crête des coteaux de Pech David<sup>6</sup>. En effet, les pressions acoustiques estimées dans ce périmètre approchent ou dépassent le seuil au-delà duquel on peut observer des atteintes auditives. Il est clair que des atteintes auditives sont possibles au-delà de cette limite et que le dépistage est bien entendu indiqué également devant tout signe clinique ou fonctionnel.

Ce dépistage doit comprendre un examen otoscopique pour rechercher une lésion tympanique et une audiométrie tonale incluant les fréquences 4000 et 6000 Hz permettant de dépister une hypoacousie même en l'absence de signes fonctionnels ou cliniques (absence de surdité ressentie, de douleurs...). Dans la mesure du possible, les résultats d'audiométrie antérieure (examens pratiqués dans le cadre de la médecine du travail, lors du service militaire) devraient être recherchés pour aider à son interprétation.

---

<sup>6</sup> Cette zone correspond aux quartiers suivants : site AZF, site SNPE, Papus, la Faourette, la Fourquette, le Chapitre, Croix de pierre, Empalot et la partie la plus proche de l'explosion des quartiers suivants : les Recollets, Bagatelle, Reynerie.

De ce dépistage pourront découler certaines mesures de prévention :

- pour la prévention individuelle : limitation d'exposition au bruit (baladeur, discothèque...), limitation de prise médicamenteuse ototoxique, voire protection individuelle par casques ou bouchons d'oreille selon l'activité exercée ;
- pour la prévention collective : limitation du niveau sonore des lieux publics, réduction du bruit au travail à la source (niveau sonore des machines et conception de locaux adaptés sur les lieux de travail).

## **7. Perspectives**

Il est prévu d'affiner le bilan des traumatismes et blessures initiales à partir, d'une part des données du PMSI de l'ensemble des établissements publics et privés de la région lorsque celles-ci seront disponibles, d'autre part de l'ensemble des certificats médicaux initiaux des accidents de travail.

Par ailleurs, les données de dépistage auditif auprès de populations spécifiques, si elles existent, seront recueillies. Une étude portant sur les examens audiométriques pratiqués dans les suites de l'explosion pourrait être également conduite à partir de la base de données de l'URCAM.

Une actualisation du bilan des décès parmi les blessés et traumatisés initialement recensés est également prévue en collaboration avec les services hospitaliers.

Les handicaps et séquelles à long terme de ces lésions traumatologie devront être suivies. Un suivi va être mis en place notamment par le biais des enquêtes auprès des travailleurs et sauveteurs, en population générale et en milieu scolaire. A plus long terme, les données des expertises médico-légales, si l'autorisation de les utiliser peut être obtenue, pourraient être utilisées.

## CHAPITRE III – RETENTISSEMENT SUR LA SANTE MENTALE

### 1. Effets du traumatisme psychique

L'explosion de l'usine AZF a été pour des milliers de personnes un événement traumatisant majeur.

De plus, en dévastant totalement le Centre Hospitalier de psychiatrie G. Marchant situé à proximité, elle a directement touché plusieurs centaines de malades psychiatriques hospitalisés et fortement désorganisé le système de soins spécialisés de la ville.

Le retentissement d'une telle catastrophe sur la santé mentale peut prendre plusieurs formes<sup>1</sup>. Tout traumatisme extrême, c'est-à-dire impliquant le vécu d'une mort ou menace de mort pour soi ou son entourage, entraîne naturellement des réactions psychologiques intenses. La persistance de ces réactions sous une forme organisée, amenant une perturbation importante de la vie quotidienne des personnes, est décrite dans la littérature psychiatrique sous le terme de stress post-traumatique.

Le stress post-traumatique recouvre en réalité plusieurs entités différentes. Selon les critères de classification américains (DSM IV), on distingue l'état de **stress aigu** qui apparaît et disparaît dans le premier mois.

Au-delà du premier mois, on décrit l'**état de stress post-traumatique** proprement dit (ESPT). C'est une entité qui comprend :

- l'ESPT aigu dont la durée est inférieure à 3 mois.
- l'ESPT chronique dont la durée dépasse 3 mois
- l'ESPT d'apparition retardée dont la symptomatologie apparaît plus de 6 mois après l'événement traumatisant.

Les caractéristiques de ce syndrome sont essentiellement de 4 types :

- la personne doit avoir été exposée à un événement traumatique impliquant un sentiment d'horreur, de peur ou de désespoir. La sévérité du traumatisme peut amener des réactions de type « dissociatif » : sentiment d'émoussement, de détachement, d'absence de réponse émotionnelle, réduction de la conscience, impression de déréalisation ou de dépersonnalisation, amnésie dissociative.

et 3 syndromes doivent être présents :

- syndrome de répétition de l'événement sous forme de cauchemars, de détresse, de réactions physiologiques
- syndrome d'évitement des pensées, des lieux, des endroits pouvant rappeler l'événement
- symptômes d'irritabilité, de difficultés à se concentrer, d'hypervigilance.

Il existe peu d'études sur l'épidémiologie du **stress aigu**. Une enquête réalisée après les attentats du 11 Septembre 2001 aux Etats-Unis, a montré une grande fréquence de symptômes de stress aigu, avec 44 % d'un échantillon d'adultes interrogés rapportant au moins un des 5 symptômes caractéristiques. La fréquence de ces manifestations était d'autant plus grande que la distance du World Trade Center était courte. Ce travail montre également que les catastrophes peuvent avoir un effet prononcé sur des adultes qui n'étaient pas physiquement présents sur le lieu de l'explosion, notamment lorsqu'un de leur proche a été blessé, voire simplement par le fait de regarder des émissions de télévision.

En ce qui concerne l'**état de stress post-traumatique**, sa fréquence varie en fait considérablement. Les événements qui peuvent être à l'origine d'un tel syndrome sont multiples (accident de voiture, catastrophe naturelle ou industrielle, viol, agression...). Dans la littérature, 5 à 6 % des hommes et 10 à 14 % des femmes ont eu un état de stress post-traumatique à un moment quelconque de leur vie.

<sup>1</sup> Les références bibliographiques pour ce chapitre sont indiquées en fin de rapport

La fréquence du stress post-traumatique varie selon le type d'événement en cause. La violence personnelle est ce qui semble entraîner le plus fréquemment de telles réactions. Par exemple, un stress post-traumatique s'est développé chez 55 % des personnes qui ont été violées. Cette fréquence est plus faible (7,5 %) chez des personnes impliquées dans des accidents et plus encore chez des personnes qui ont été impliquées à distance d'un événement traumatique (2 %).

Dans des situations plus comparables à l'explosion de Toulouse, un groupe de norvégiens exposés à une explosion dans une usine de peinture, a présenté 43 % de ESPT 10 semaines après l'explosion et 36 % à 7 mois. Des taux allant jusqu'à 50 % ont été observés après des catastrophes naturelles aux Etats-Unis et en Australie.

Les facteurs de susceptibilité sont multiples et varient selon les événements en cause. Les femmes présentent plus fréquemment un ESPT, mais ceci n'est pas observé dans les catastrophes naturelles ou industrielles et ne concerne que les événements personnels. Outre le fait d'être une femme, les prédictors d'un taux élevé d'ESPT sont l'exposition et la proximité du lieu de l'explosion, l'existence d'une pathologie préexistante à l'exposition, et le fait d'avoir eu des proches atteints. L'existence d'une co-morbidité physique (blessure, handicap) semble être également un facteur favorisant la survenue d'un ESPT.

Le fait d'avoir été exposé avant l'événement provocateur de l'ESPT à d'autres événements traumatisants, est susceptible de réveiller un ESPT lié à des événements antérieurs. On ne peut éviter de rappeler ici que l'explosion de l'usine AZF le 21 Septembre faisait suite aux attentats sur les Twin Towers de New-York le 11 Septembre de la même année.

Outre l'état de stress post-traumatique, **d'autres manifestations psychopathologiques** ont été observées dans la littérature après de ces événements : dépression, anxiété, aggravation de pathologies psychiatriques pré-existantes. voire réactivation de troubles psychotiques.

## 2. Troubles psychologiques dans les semaines qui ont suivi l'explosion

L'ensemble des données disponibles sur les conséquences de l'explosion sur la santé mentale sont présentées dans le tableau 31.

**Tableau 31**  
**Retentissement à court terme sur la santé mentale**

	Symptômes	
	Généraux	Stress aigu
<b>PMSI (CHU Toulouse)</b>		
Malades hospitalisés (226) les 21 et 22/09/01	7%	-
Pathologies chez les malades repartis le jour même (588) les 21 et 22/09/01	12%	-
<b>Assurance – Maladie (région Midi-Pyrénées)</b>		
2910 lésions pour 1673 certificats médicaux initiaux décrits (sur 4900)	25%	-
Estimation excès cas département 31 d'après consommation soins	-	5000 cas (nombre estimé)
<b>Médecins sentinelles (agglomération Toulouse)</b>		
Consultations du 1/10 au 23/11/01	-	5650 « stress partiel » 3597 « stress caractérisé »

### Les données du PMSI

Parmi les 226 patients hospitalisés au moins une nuit, les maladies et troubles mentaux représentaient 7% des diagnostics principaux, les traumatismes du système nerveux en représentaient 21%. Chez les 588 patients ayant consulté au CHU le jour de l'explosion et enregistrés qui sont repartis le jour même sans être hospitalisés, les troubles mentaux et du comportement représentaient 12% des pathologies signalées (un même patient pouvant présenter plusieurs pathologies).

### Les accidents de travail

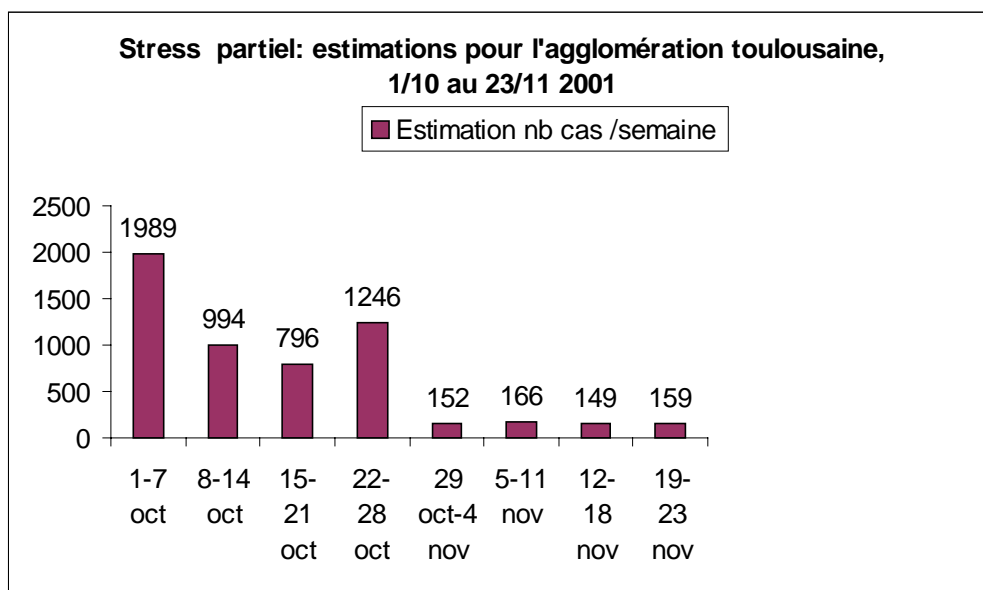
Sur 1673 certificats médicaux initiaux décrits à ce jour par la caisse d'assurance maladie des travailleurs salariés (parmi 4900 déclarations d'accidents de travail recensées), les troubles psychologiques constituaient 729 des 2910 lésions décrites, soit 25%. Les lésions déclarées étaient principalement un « état de choc émotionnel » (68%) une « anxiété généralisée » (10%), un « état dépressif » (9%) ou un « état de stress post-traumatique » (9%).

### Les médecins sentinelles

A partir du 1<sup>er</sup> octobre, les médecins sentinelles ont noté les symptômes de dissociation, de répétition, d'évitement et d'anxiété neuro-végétative marquée pouvant entrer dans la définition du stress aigu et plus tard du stress post-traumatique. Ils ont rapporté ces symptômes sous 2 formes :

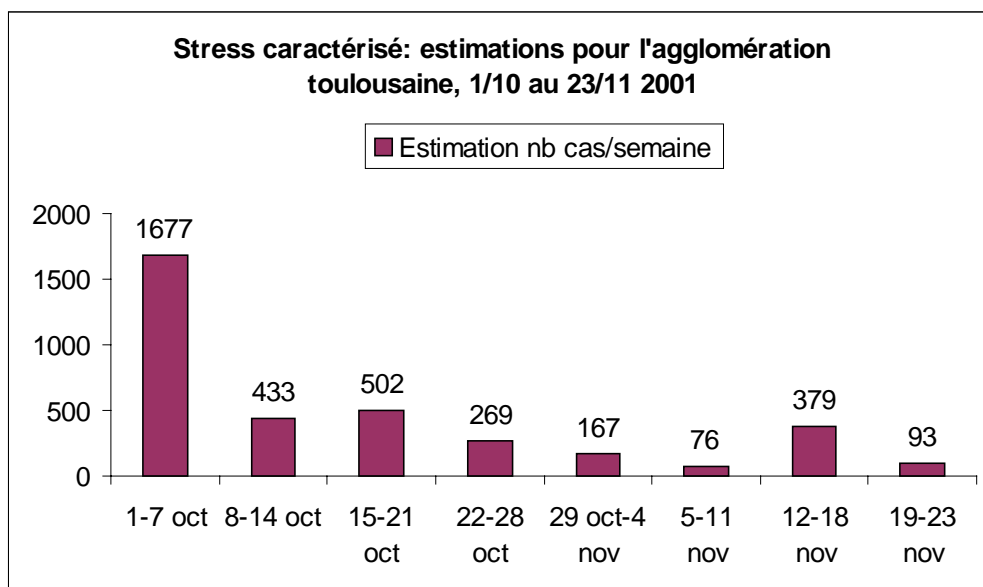
- symptômes appartenant à 1, 2 ou 3 des catégories définies : « stress partiel »
- symptômes appartenant aux 4 catégories : « stress caractérisé ».

**Figure 11**



**Figure 12**





On observe que les symptômes de « stress partiel » et de « stress caractérisé » sont les plus nombreux dans la 1<sup>ère</sup> semaine d'observation (2<sup>ème</sup> semaine suivant l'explosion). Les consultations pour « stress partiel » ne diminuent franchement qu'après la 5<sup>ème</sup> semaine après l'explosion, alors que les « stress caractérisés » diminuent franchement dès la 3<sup>ème</sup> semaine après l'explosion.

Au total, sur l'ensemble de l'agglomération toulousaine, les estimations du nombre total de consultations de médecins généralistes et de pédiatres dans les 9 semaines suivant l'explosion seraient de :

- 5650 consultations pour stress partiel
- 3597 consultations pour stress caractérisé.

#### La base de données de l'Assurance Maladie :

La Direction Régionale du Service Médical de Midi-Pyrénées a réalisé une étude rétrospective à partir de la base contenant l'ensemble des médicaments codés et remboursés aux assurés du régime général, qui représente 63,8% de la population résidente en Haute-Garonne.

L'étude a porté sur la délivrance d'au moins un médicament anxiolytique, hypnotique ou antidépresseur prescrit, remboursé et codé dans cette base, 12 mois avant et 6 mois après la catastrophe. Elle a mis en évidence une augmentation du nombre de patients nouvellement traités (c'est-à-dire traités pour la première fois depuis 20 mois) par anxiolytique ou hypnotique au décours immédiat de la catastrophe :

- Pour les anxiolytiques, le pic a débuté le jour même de l'explosion avec un doublement des nouveaux cas le jour et le lendemain de la catastrophe. Le maximum est atteint le 3<sup>ème</sup> jour avec un triplement du nombre de nouveaux cas.
- Pour les hypnotiques, on observe le même phénomène mais décalé de quelques jours.
- Pour les antidépresseurs, l'augmentation du nombre de nouveaux cas est moins marquée que pour les traitements anxiolytiques et/ou hypnotiques.

L'excès apparent de nouveaux traitements est observé jusqu'au 1<sup>er</sup> novembre, date à laquelle leur nombre revient au niveau observé dans la période des 14 jours précédant l'explosion. Il n'est pas observé d'excès pour d'autres médicaments sans rapport avec des conséquences éventuelles de l'explosion (héparines de bas poids moléculaires), ni pour les médicaments psychotropes dans 3 départements dont la population a été très peu touchée par l'explosion (Hautes-Pyrénées, Aveyron et Lot).

Ces résultats permettent d'estimer à environ 3 556 les nouveaux traitements par psychotropes (dont 1/3 avec recours à un antidépresseur) qui pourraient être imputables à l'explosion de l'usine AZF chez les assurés du régime général de Haute-Garonne. L'extrapolation de ces chiffres, qui concernent uniquement les assurés sociaux du régime général (hors sections locales) à l'ensemble

de la population donnerait une estimation approximative d'un peu plus de 5 000 patients traités pour des symptômes éventuellement apparentés à un stress aigu dans les 5 semaines suivant l'explosion.

### 3. Interprétation

Les pathologies et troubles psychiatriques représentent une proportion assez faible des troubles rapportés chez les malades vus au CHU de Toulouse dans les suites immédiates de l'explosion, mais ils sont manifestement sous-estimés par ce système d'information qui ne concerne que des blessés parmi les plus sévères et qui prend prioritairement en compte les traumatismes physiques graves. Le retentissement est mieux apprécié à partir des accidents de travail parmi lesquels le retentissement psychologique représenterait 25% des troubles initiaux signalés.

Les données de consultations fournies par les médecins sentinelles et les données de consommation médicamenteuse fournies par l'Assurance Maladie sont cohérentes en termes de tendances, puisque la grande majorité des troubles sont signalés dans les 5 semaines suivant l'explosion. Elles permettent de tenter des estimations du nombre de personnes ayant consulté ou ayant été traitées pour des troubles psychologiques dans les 2 mois suivant la catastrophe. A partir du premier système, il s'agirait, pour l'agglomération toulousaine, d'environ 5650 consultations pour symptômes entrant dans la définition de stress aigu. A partir du second, il s'agirait d'environ 5000 personnes ayant démarré un traitement psychotrope en lien avec l'explosion sur l'ensemble du département. Bien que ces estimations soient basées sur des territoires géographiques et des définitions de cas légèrement différents, et qu'elles aient été obtenues par des méthodes différentes, elles concernent bien la même population et sont assez cohérentes.

Ces chiffres sont cependant à interpréter avec précaution. D'une part, ni les symptômes signalés par les médecins sentinelles ni les prescriptions médicamenteuses ne sont synonymes du « stress aigu », qui est une pathologie requérant une définition plus spécifique. Ils peuvent seulement donner des indications sur la fréquence de troubles psychologiques apparentés au stress aigu dans la population. D'autre part, ils ne renseignent que sur la fréquence de ces troubles chez les personnes ayant consulté un médecin, et principalement chez ceux qui ont bénéficié d'une prescription médicamenteuse. Les personnes qui ont consulté un psychologue, une cellule de crise ou un des dispositifs d'accueil et d'écoute mis en place spécifiquement après l'explosion, et *a fortiori* celles qui n'ont pas consulté de professionnels quels qu'ils soient, ne sont pas prises en compte.

### 4. Recommandations

Ces premiers résultats concordent pour montrer un impact majeur de l'explosion sur la santé mentale. On peut estimer à 5000 personnes environ le nombre de personnes qui ont eu recours à un médecin dans les premiers jours pour des manifestations apparentées à un stress post-traumatique aigu. Cette estimation ne prend pas en compte les personnes ayant consulté des professionnels non médicaux ou n'ayant pas consulté.

Le retentissement chronique ou différé sur la santé mentale, qu'il s'agisse de stress post-traumatique ou de dépression, ne peut pour l'instant être évalué. Néanmoins, l'ampleur des conséquences initiales laisse prévoir un retentissement important à long terme. La surveillance de ces effets à moyen et long terme devrait être poursuivie.

Le syndrome de stress post-traumatique est d'autant plus probable chez un individu qu'il a déjà été exposé à des traumatismes majeurs dans ses antécédents. A cet égard, il est possible que l'impact de l'explosion du 21 septembre ait été majoré et potentialisé par sa survenue 10 jours après les événements du 11 septembre aux USA. Le lien entre les deux événements a été évoqué spontanément par de nombreux toulousains. Les personnes ayant vécu antérieurement des événements traumatisants, personnels ou collectifs (guerre, exil), sont particulièrement vulnérables, ainsi que les enfants, les personnes âgées et les personnes socialement isolées.

L'ampleur des conséquences à court terme sur la santé mentale observées suggère également l'ampleur des besoins en termes de prise en charge de cette souffrance psychique. Ces besoins sont confirmés par les témoignages des professionnels médico-sociaux et responsables d'associations consultés dans le cadre du groupe de travail sur la mise en place de l'enquête en population.

## **5. Perspectives**

Les informations sur le retentissement initial de l'explosion sur la santé mentale pourront être complétées lorsque les données du PMSI portant sur les autres établissements que le CHU pourront être analysées, et que l'ensemble des certificats médicaux des accidents de travail pourra être décrit.

L'analyse pourra être poursuivie pour évaluer les effets à moyen et à long terme à partir :

- De la base de données de l'Assurance Maladie, en analysant les types et durées des traitements psychotropes, et éventuellement des consultations spécialisées en psychiatrie.
- De l'observatoire régional des urgences ORUMIP en observant les tendances des suicides et tentatives de suicide.
- Des résultats de l'enquête HBSC conduite au printemps 2002 auprès des élèves (cf chapitre IV).

Par ailleurs, la surveillance des effets à long terme devrait se poursuivre principalement à travers les enquêtes mises en place ou prévues dans les différents groupes de population (cf chapitre IV):

- Travailleurs et sauveteurs (et notamment dans la cohorte) ;
- Elèves des établissements de la zone sinistrée ;
- Population des quartiers toulousains.

## CHAPITRE IV – ENQUETES

L'objectif des enquêtes est de réaliser un suivi épidémiologique à moyen et à long terme de certaines populations exposées à l'explosion, et d'évaluer chez elles les conséquences (y compris les séquelles) des atteintes traumatiques, les effets à long terme d'éventuelles expositions environnementales, les conséquences psychologiques du vécu de l'explosion.

Trois enquêtes ou séries d'enquêtes sont en cours ou prévues

1. Enquête auprès des travailleurs de l'agglomération toulousaine et des sauveteurs qui sont intervenus dans les 3 jours suivant l'explosion ;
2. Enquêtes auprès des élèves
3. Enquête auprès de la population résidant dans la ville de Toulouse

### 1. Enquête auprès des travailleurs et sauveteurs

L'étude comporte plusieurs phases :

- **Enquête transversale.** Elle permettra de décrire, sur un échantillon représentatif large de près de 50 000 personnes, les caractéristiques socio-démographiques, l'exposition initiale, les conséquences immédiates physiques, psychologiques, personnelles, professionnelles et sociales, les soins reçus dans l'immédiat et dans les 6 mois suivants, les séquelles et handicaps physiques et psychologiques à 6 mois.
- **Constitution d'une cohorte** suivie par questionnaires et examens répétés. Lors de la phase transversale, les travailleurs et sauveteurs répondants pourront se porter volontaires pour un suivi de cohorte sur 5 ans. Un échantillon d'environ 5 000 sujets sera constitué à partir de ce groupe de volontaires. Un suivi comportant des évaluations régulières par questionnaire et examens de santé bio-cliniques leur sera proposé afin d'évaluer la morbidité, les handicaps liés aux atteintes physiques, les conséquences à long terme sur l'état de santé mental (dépression, apparition ou évolution du stress post traumatique).
- **Suivi de la mortalité.** Pour les répondants qui auront volontairement fourni leurs données d'identification lors du questionnaire transversal, un suivi de la mortalité pourra être mis en place pendant une durée de 10 ans en utilisant l'accès aux données relatives au décès des personnes inscrites au Répertoire National d'Identification des Personnes Physiques (RNIPP) dans le cadre des recherches dans le domaine de la santé autorisé par le décret n° 98-37 de janvier 1998. Il sera donc possible le statut vital et la cause éventuelle des décès dans cette cohorte.

Le suivi est actuellement (mai-juin 2002) en phase 1. Pour cette phase, l'agglomération toulousaine a été divisée en 3 zones, selon un découpage effectué par la sécurité civile et les services de la mairie de Toulouse basé sur le degré d'atteinte des bâtiments. Tous les travailleurs de la zone 1 (usine AZF, Tolochimie, SNPE) et de la zone 2 (proche du site de l'explosion) sont inclus dans l'enquête, ainsi que tous les sauveteurs (gendarmes, police, SAMU et SMUR, sapeurs-pompiers professionnels et volontaires, Croix-Rouge) qui ont eu à intervenir le 21, 22 ou 23 septembre 2001 sur le site de l'explosion. Dans la zone 3 (reste de l'agglomération) un échantillon d'entreprises est tiré au sort et tous les salariés de ces entreprises sont inclus dans l'enquête.

L'étude a été mise en place avec la collaboration des 170 médecins du travail de l'agglomération toulousaine. Ceux-ci ont fourni la liste des établissements dont ils étaient responsables, avec le secteur d'activité et l'effectif de salariés. La liste a servi de base à la sélection et au tirage au sort (en zone 3) des établissements.

Un auto questionnaire a été élaboré par un groupe de travail composé de médecins du travail et d'épidémiologistes, portant sur les conséquences immédiates et à moyen terme de l'explosion sur la santé (physique et mentale), sur la vie professionnelle, familiale et sociale, évalue la prise en charge médico-psychologique et le soutien de l'entourage.

Le questionnaire est adressé par voie postale à l'ensemble des travailleurs et sauveteurs inclus dans l'enquête. L'envoi se fait directement aux travailleurs indépendants. Pour les établissements avec salariés, l'envoi se fait par l'intermédiaire du médecin du travail responsable ou, le cas échéant, par l'établissement lui-même.

## 2. Enquêtes auprès des élèves.

La population scolaire peut être fragilisée tant sur le plan psychologique que dans son environnement scolaire et social par l'explosion de l'usine AZF à Toulouse. Il est apparu nécessaire de mettre en place plusieurs enquêtes ayant comme premier objectif d'évaluer les conséquences à moyen et long terme de cette catastrophe industrielle sur des enfants d'âge scolaire. Le second objectif est d'apporter des informations sur les prises en charge à mettre en place si besoin, une évaluation de cette mise en place et enfin un enseignement pour un accident de ce type.

Outre l'enquête sensorielle coordonnée par l'Inspection Académique de Haute-Garonne au cours de laquelle un sous-groupe d'élèves du second degré a rempli un auto-questionnaire sur le degré d'exposition à l'explosion. (*cf. chapitre II*), deux enquêtes spécifiques ont été mises en place ou vont être mises en place :

- **L'enquête européenne HBSC** (coordonnée par le rectorat de Toulouse)

L'échantillon est d'environ 2200 élèves de la région Midi-Pyrénées, âgés de 11, 13 et 15 ans.

L'enquête porte sur les comportements, habitudes de vie et opinions de cette population vis à vis de la santé et de l'école. Les données seront recueillies par auto-questionnaire au printemps 2002. Un volet spécifique concernant les conséquences psychologiques et scolaires de l'explosion sera ajouté au questionnaire pour 400 élèves de l'agglomération toulousaine ainsi que pour 500 enfants supplémentaires de la zone sinistrée.

- **Une enquête auprès des élèves des établissements en zone sinistrée** (en collaboration avec l'équipe de psychiatrie du CHU, l'INSERM U558 et le rectorat de Toulouse)

Un échantillon (1500 enfants de 8 à 17 ans) constitué de l'ensemble des établissements situés en zone matériellement touchée sera évalué par auto questionnaire auprès des élèves, mais également des enseignants. L'étude démarrera au cours de l'automne 2002.

L'objectif de cette enquête est d'évaluer la prévalence des troubles psychologiques un an après l'explosion, le recours aux soins, les bénéficiaires de prise en charge thérapeutique et les conséquences sur le parcours scolaire.

Cette phase pourrait être le point de départ d'une cohorte ou d'une enquête par entretiens auprès des familles afin d'étudier les facteurs protecteurs de résilience, individuels et familiaux, intervenant face à la survenue d'un traumatisme.

L'ensemble de ces enquêtes permettra de décrire les conséquences, tant médicales que psychiques, de l'explosion sur les enfants et adolescents. Elles contribueront à évaluer les modes de prise en charge sur le plan psychologique ainsi que pour le suivi scolaire.

### 3. Enquête auprès de la population toulousaine

L'explosion a soufflé et endommagé plusieurs milliers de maisons et bâtiments de la ville de Toulouse. Les conséquences sanitaires sur la population résidant à proximité ont pu être directes, mais aussi indirectes du fait de l'impact de l'explosion sur l'habitat, la vie familiale, sociale et professionnelle et sur l'organisation des soins. Le fait que la plupart des habitants des quartiers proches du site cumulaient auparavant des difficultés d'ordre économique, social et sanitaire a pu renforcer les effets négatifs de l'explosion sur la plan de la santé.

L'enquête prévue sera menée un an après l'explosion auprès de la population résidant dans la ville de Toulouse, avec l'objectif de mettre en évidence l'impact de cette catastrophe sur la santé physique et mentale, la santé subjective et le recours aux soins, en tenant compte des facteurs liés aux conditions socio-économiques.

Un échantillon représentatif de la population de la ville sera sélectionné à l'intérieur de deux strates : les quartiers « sinistrés » proches du site, et le reste de la ville, avec des effectifs suffisants pour obtenir des résultats représentatifs dans chaque strate. La sélection de foyer s'effectuera sur la base du fichier des Îlots Regroupés pour l'Information Statistique (IRIS) de l'INSEE. Dans chaque foyer, un adulte, sélectionné par un algorithme prédéfini, sera interrogé par des enquêteurs formés.

Le questionnaire est en cours d'élaboration, en collaboration avec des associations d'aide aux sinistrés et professionnels médico-sociaux de la ville. Il portera sur les aspects suivants :

- Vécu immédiat de l'explosion, atteintes de l'entourage ;
- Etat physique (handicaps, séquelles, troubles sensoriels), santé mentale (état de stress post-traumatique, troubles dépressifs et de comportement), perception de la santé ;
- Antécédents médicaux (en particulier psychiatriques) et personnels (événements stressants) ;
- Recours aux soins (immédiats et différés) ;
- Conséquences de l'explosion sur le logement, l'organisation familiale, la scolarisation des enfants, la vie sociale (modifications des services, des réseaux de proximité), la vie professionnelle (chômage, délocalisation).

Cette étude visera à décrire les conséquences directes et indirectes de l'explosion dans la population et à étudier les liens entre l'état de santé (physique, mentale) et les facteurs directement ou indirectement liés à l'explosion. L'appartenance à des quartiers qui concentrent des populations à faibles ressources et les antécédents personnels d'autres événements stressants seront pris en compte. Le but de cette enquête est d'aider à formuler des recommandations pour la prise en charge immédiate et à long terme d'une telle catastrophe.

## SYNTHESE DES CONCLUSIONS ET DES RECOMMANDATIONS

Le comité scientifique de suivi épidémiologique des conséquences sanitaires de l'explosion de l'usine AZF a examiné le 13 mai 2002 les résultats disponibles publiés dans ce rapport.

Les informations recueillies permettent de mieux apprécier l'impact à court terme de cette catastrophe sur la santé, en particulier de préciser les effets sanitaires des expositions environnementales, et de décrire les traumatismes physiques et psychologiques.

Rappelons que ce programme avait pour objectif de déceler tout risque pour la santé ayant pu résulter de l'explosion elle-même ou de ses conséquences indirectes et de formuler des recommandations pour la prise en charge sanitaire de la population. A l'issue de neuf mois de suivi, il apparaît que, malgré un dispositif très complet d'investigations et de surveillance, il n'y a pas eu d'alerte concernant les effets sanitaires toxiques conduisant à recommander des mesures particulières de protection de la population. Des recommandations sont en revanche formulées dans des domaines pouvant nécessiter une prise en charge : les troubles auditifs et la santé mentale.

### 1. Effets sanitaires des expositions environnementales

Des signes et symptômes irritatifs ophtalmologiques et respiratoires ont été signalés sur une période relativement courte de quelques semaines après l'explosion. Ces symptômes sont compatibles avec les effets irritatifs des produits dérivés du nitrate d'ammonium (ammoniac, NO<sub>2</sub>) qui ont été de manière certaine émis dans l'atmosphère au moment de l'explosion. Il n'y a pas d'argument en faveur du maintien d'une surveillance particulière sur ces types de pathologies.

Par ailleurs, il n'y a pas eu d'augmentation de demande d'interruption thérapeutique de grossesse pour malformation fœtale, et aucune pathologie inhabituelle n'a été rapportée. Il n'y a donc pas lieu d'instituer de surveillance spécifique hors le maintien des systèmes d'alerte habituelle.

En ce qui concerne les troubles de la vision de loin dépistés en milieu scolaire, il n'existe pas d'argument scientifique permettant de les relier à l'explosion. Par contre, la fréquence des déficits visuels observés, chez des enfants parfois porteurs de verres correcteurs, attire l'attention sur l'importance d'expliquer aux parents le besoin de faire examiner leurs enfants dans des conditions d'examen plus approfondi, afin qu'une prise en charge correcte des troubles diagnostiqués puisse être entreprise en cas de besoin.

**1.1- Air :** Sur la base du rapport de l'IGE, des informations fournies par la DRIRE, des mesures réalisées par les pompiers et celles enregistrées par les stations de l'ORAMIP à proximité du site, les expositions, de caractère aigu, concernent l'ammoniac, le dioxyde d'azote et, de façon plus hypothétique, le chlore. L'acide nitrique, également émis, est un précurseur des précédents. Sur la base du rapport de l'IGE, les stockages d'autres polluants présents sur le site n'ont pas été endommagés par l'explosion.

Pour le dioxyde d'azote, les expositions estimées sur les quartiers à proximité du site sur le trajet du nuage, restent en deçà des valeurs guides sur une heure recommandées par l'OMS à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. A distance de l'agglomération, les concentrations ne peuvent être qu'inférieures à celles mesurées sur l'agglomération. En conséquence, il n'y a pas eu de mesures de prévention collective supplémentaire à la prise en charge individuelle des troubles respiratoires transitoires.

En ce qui concerne l'ammoniac et les particules, comme cela a été observé par les systèmes d'information sanitaire, les conséquences ont été d'ordre irritatif. Si, à l'issue des exploitations complémentaires un suivi sanitaire devait être réalisé, il pourrait être mis en oeuvre ultérieurement.

Pendant les premières semaines qui ont suivi l'explosion, les niveaux observés de NO<sub>2</sub> sont comparables aux niveaux habituels mesurés sur les huit mois de l'année. Il n'apparaît donc pas d'exposition au NO<sub>2</sub> spécifique à cette période. En terme d'exposition, quelle que soit la station, les percentiles 75 de ces concentrations (niveau atteint ou dépassé les 10 jours les plus « pollués » de la période) n'atteignent pas la médiane des niveaux de fond observés à Paris, Strasbourg et Lyon sur la période 1990-1997. En conséquence, il n'y a pas eu de risque sanitaire significatif lié au NO<sub>2</sub> pendant cette période.

Compte tenu de la concentration de polluant estimée à la sortie de l'agglomération et de la durée courte de « survol » de chaque zone par le nuage, d'éventuels dépôts sur les sols pendant ce « survol » n'ont pu être que minimes. Compte tenu par ailleurs, de la nature des polluants identifiés comme émis au moment de l'explosion – ammoniac, dioxydes d'azote, particules et de façon plus hypothétique chlore - , de tels dépôts ne sont pas de nature à engendrer une contamination des sols qui pourrait conduire secondairement à une contamination significative des cultures et, indirectement, à un excès de risque pour les consommateurs de ces cultures. Il n'apparaît donc pas pertinent, en l'état actuel des informations disponibles, de réaliser des prélèvements de sol sur le trajet du nuage à distance de l'agglomération.

**1.2- Eau :** Les dépassements de limite de qualité en ammoniac, nitrates et nitrites observés ponctuellement dans l'eau distribuée au décours de l'explosion n'ont pas été de nature à engendrer un excès de risque sanitaire pour les consommateurs compte tenu des connaissances scientifiques actuelles. Il n'y a donc pas eu de mesures de protection supplémentaires à celles prises immédiatement après l'accident.

L'utilisation des eaux superficielles de la Garonne pour l'arrosage des cultures familiales ou commerciales à proximité du site (il n'y a pas d'arrosage à partir du bras mort de la Garonne) n'a pu être à l'origine d'expositions spécifiques compte tenu de la nature des composés en excès dans ces eaux (urée, ammoniac), de la durée des dépassements des limites de qualités (six jours au maximum).

L'utilisation pour les mêmes usages des eaux souterraines (puits) issues de la nappe en aval de l'explosion n'a pu être à l'origine d'une exposition spécifique en ce qui concerne les composés azotés compte tenu de la nature de ces polluants et du différentiel de pollution avant et après l'explosion.

**1.3- Sol :** Concernant l'exposition par ingestion directe ou indirecte liée aux projections de sol à proximité de l'explosion, des dépassements des valeurs réglementaires ont été mis en évidence dans les prélèvements analysés, pour les éléments trace métalliques suivants : chrome, cuivre, plomb et arsenic. Aussi, une évaluation sommaire des risques vis-à-vis de l'ingestion directe de sol a été réalisée pour ces substances. Les scénarios mettant en évidence un potentiel impact sanitaire lié à l'ingestion de sols projetés depuis le cratère, sont extrêmement majorants puisqu'ils considèrent qu'un enfant a consommé des mottes de terre issues du cratère – et exclusivement celles-ci – pendant plusieurs mois, voire années. Ils ne tiennent pas compte de l'intégration de ces mottes de terre dans l'environnement ambiant au fil du temps.

Des prélèvements dans les lieux susceptibles d'être fréquentés par les enfants (jardins publics ou privés, bacs à sable) ont donc été demandés à proximité de l'explosion (jusqu'à un kilomètre) et sont actuellement en cours. Les résultats d'analyses permettront d'avoir une meilleure connaissance des concentrations réelles de contaminant dans les sols et en particulier dans les bacs à sable (ces derniers constituent un milieu étanche susceptible de conserver longtemps les éléments traces métalliques).

Concernant les jardins et l'exposition indirecte par ingestion de produits cultivés, la réalisation de sondages, surtout à plusieurs mois de l'explosion, fourniront des données plus réalistes pour conduire l'évaluation du risque par transfert dans la chaîne alimentaire que celles disponibles ici



(ingestion de mottes de terre avec mélange de celles issues du cratère et de la terre initiale du jardin, comparée à ingestion de la terre du cratère).

**1.4- Amiante :** Des prélèvements d'amiante ont été réalisés par des bureaux d'étude agréés sur le site d'AZF et sur des sites extérieurs, détruits par l'explosion (Afpa). Un programme complet de mesures atmosphériques d'amiante a été mis en œuvre par Grande paroisse préalablement aux chantiers de déblaiement. Des mesures ont été réalisées en présence de chantiers (site AZF) ou en simulation de chantier (Afpa), en poste fixe et dans l'air ambiant. Les résultats sont satisfaisants, car respectant les réglementations relatives à la santé des population et à celle des travailleurs (décrets modifiés respectivement n°96-97 et n°96-98 du 7 février 1996).

A partir des données recueillies à ce jour pour les différentes situations décrites, les expositions aux fibres d'amiante ne conduisent pas à un risque significatif pour la population. Ces données restent à compléter par celles des chantiers réalisés les mois suivants.

## 2. Troubles auditifs

Les différentes sources de données : médecins sentinelles (généralistes et pédiatres), médecins spécialistes ORL hospitaliers, certificats médicaux d'accidents du travail, résultats du dépistage chez les élèves des établissements situés à proximité du site de l'explosion, indiquent de façon cohérente une fréquence importante de troubles auditifs dans la population. Par ailleurs, l'analyse des valeurs de surpression et de pression acoustique correspondante indiquent que les pressions acoustiques estimées dans un périmètre de 1,7 km autour du site de l'explosion approchent, et dépassent souvent, les seuils au-delà desquels on peut, d'après la littérature scientifique, observer des atteintes de l'audition.

Ces observations conduisent à recommander aux professionnels de santé (médecins généralistes, médecins pédiatres et médecins du travail en particulier) de réaliser des dépistages d'atteintes auditives chez les personnes les plus exposées, c'est-à-dire présentes, au moment de l'explosion, dans un rayon d'environ 1,7 km autour du site, la zone étant limitée à l'Est par la crête des coteaux de Pech David<sup>7</sup>. Il est clair que des atteintes auditives sont possibles au-delà de cette limite et que le dépistage est bien entendu indiqué également devant tout signe clinique ou fonctionnel.

Ce dépistage doit comprendre un examen otoscopique pour rechercher une lésion tympanique et une audiométrie tonale incluant les fréquences 4000 et 6000 Hz permettant de dépister une hypoacousie même en l'absence de signes fonctionnels ou cliniques (absence de surdité ressentie, de douleurs...). Dans la mesure du possible, les résultats d'audiométrie antérieure (examens pratiqués dans le cadre de la médecine du travail, lors du service militaire, etc...) devraient être recherchés pour aider à son interprétation.

De ce dépistage pourront découler certaines mesures de prévention :

- pour la prévention individuelle : limitation d'exposition au bruit (baladeur, discothèque...), limitation de prise médicamenteuse ototoxique, voire protection individuelle par casques ou bouchons d'oreille selon l'activité exercée ;
- pour la prévention collective : limitation du niveau sonore des lieux publics, réduction du bruit au travail à la source (niveau sonore des machines et conception de locaux adaptés sur les lieux de travail).

---

<sup>7</sup> Cette zone correspond aux quartiers suivants : site AZF, site SNPE, Papus, la Faourette, la Fourquette, le Chapitre, Croix de pierre, Empalot et la partie la plus proche de l'explosion des quartiers suivants : les Recollets, Bagatelle, Reynerie.

### 3. Troubles psychologiques

Les données fournies par le réseau de médecins sentinelles et l'analyse de la consommation de médicaments psychotropes effectuée par l'Assurance Maladie indiquent que l'impact de l'explosion sur la santé mentale a été majeur dans les premières semaines. On peut estimer à 5000 personnes environ le nombre de personnes qui ont eu recours à un médecin généraliste ou ont reçu une prescription de médicaments de type anxiolytique ou hypnotique pour des manifestations apparentées à un stress aigu. Cette estimation ne prend pas en compte les personnes ayant consulté des professionnels non médicaux ou n'ayant pas consulté. L'ampleur des conséquences à court terme sur la santé mentale est également confirmée par les témoignages des professionnels médico-sociaux et responsables d'associations consultés dans le cadre du groupe de travail sur la mise en place de l'enquête en population. Les besoins en termes de prise en charge de cette souffrance psychique sont donc importants et devraient être pris en compte.

Le retentissement chronique ou différé sur la santé mentale ne peut pour l'instant être évalué. Néanmoins, l'ampleur des conséquences initiales laisse prévoir un retentissement important à long terme, qu'il s'agisse de stress post-traumatique, de dépression ou de décompensation de troubles préexistants. La surveillance de ces effets à moyen et long terme devrait donc être poursuivie.

Pour les mois à venir, le dispositif de suivi comprend :

- le maintien de la vigilance et du système d'alerte
- l'approfondissement du bilan de l'impact sanitaire et l'actualisation du nombre des décès
- la recherche de l'impact sanitaire dans plusieurs populations spécifiques : salariés de l'agglomération et sauveteurs, élèves et collégiens, population générale enfin.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### Références du chapitre I : Conséquences sanitaires des expositions environnementales

1. Barthélémy F., Hornus H., Rousot J., et al. Usine de la société Grande Paroisse à Toulouse – Accident du 21 septembre 2001. Rapport de l'Inspection générale de l'environnement. 24 octobre 2001, 43 pages.
2. Mouilleau Y., Dechy N. Premières analyses des dommages observés à Toulouse après le sinistre du 21 septembre survenu sur le site AZF de la Société Grande Paroisse. Rapport intermédiaire. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. 24 Octobre 2001, 47 pages et annexes.
3. Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement. Etat des stocks encore présents sur les sites de la zone chimique sud. [www.midi-pyrenees.Drire.gouv.fr](http://www.midi-pyrenees.Drire.gouv.fr)
4. Gourier-Frery C. – Département Santé Environnement, InVS. Note du 28/09/01.
5. Institut National de Recherche et de Sécurité. Fiche toxicologique n°51 – Chlore. [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)
6. Lac C. Evaluation de la dispersion des polluants lors de l'accident de l'AZF Toulouse. Météo-France. 3 Avril 2002, 17 pages.
7. OMS. Guidelines for Air Quality. World Health Organisation, Geneva, 2000, 185 pages. [http://www.who.int/environmental\\_information/Air/Guidelines/AQGUIDEpref.pdf](http://www.who.int/environmental_information/Air/Guidelines/AQGUIDEpref.pdf)
8. Allard C. Evaluation du risque sanitaire (1er niveau d'approche) lié au site de Grande Paroisse à Toulouse. Rapport final. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. Octobre 2001, 69 pages et annexes.
9. Marcel Goldberg, Ellen Imbernon – Département Santé Travail, InVS. Note du 04/01/02.
10. Bridgman S. Community health risk assessment after a fire with asbestos containing fallout. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2001;55:921-927.
11. Bridgman S. Acute health effects of a fire associated with asbestos-containing fallout. *Journal of Public Health Medicine*. 2000;22(3):400-405.
12. Bridgman S. Lessons learnt from a factory fire with asbestos-containing fallout. *Journal of Public Health Medicine*. 1999;21(2):158-165.
13. Hoskins J., Brown R. Contamination of the air with mineral fibers following the explosive destruction of buildings and fire. *Drug Metabolism Reviews*. 1994;26(4):663-673.
14. DDASS Haute Garonne. Note de synthèse sur les conséquences de l'accident d'AZF sur la qualité de l'eau potable dans l'agglomération toulousaine. 9 janvier 2002.
15. OMS. Directives pour la qualité de l'eau de boisson – deuxième édition, Recommandations.
16. EPA. Integrated Risk Information System. <http://www.epa.gov/iris>
17. MATE – BRGM. Gestion des sites (potentiellement) pollués. Version 2. Mars 2000.

### Références du chapitre II : Conséquences traumatiques

1. Hill JF. Blast injury with particular reference to recent terrorist bombing incidents. *Ann R Coll Surg Engl* 1979; 61: 4-11.
2. Mallonee S, Shariat S, Stennies G, Waxweiler R, Hogan D, Jordan F. Physical injuries and fatalities resulting from the Oklahoma City bombing. *JAMA* 1996;276:382-7.
3. Mayorga MA. The pathology of primary blast overpressure injury. *Toxicology* 1997; 121: 17-28.
4. Mines M, Thach A, Mallonee S, Hildebrand L, Shariat S. Ocular injuries sustained by survivors of the Oklahoma City bombing. *Ophthalmology* 2000; 107: 837-43.
5. Axelson A, Hamernik RP. Acute acoustic trauma. *Acta Otolaryngol* 1987; 104 (3-4): 225-33.
6. Axelson A, Aniasson G, Costa O. Hearing loss in school children. A longitudinal study of sensorineuronal hearing impairment. *Scand Audiol* 1987; 16 (3) : 137-43.
7. Botte MC, Carnevet G, Demany L., Sorin C. Psychoacoustique et perception auditive. 1989 Editions Inserm.
8. Cudennec YF, Poncet JL, Buffe P. Blasts auriculaire. EMC 20-1 85 B10.
9. Cudennec YF, Lory D, Poncet JL, Buffe P. Traumatismes sonores aigus. EMC 20-1 85 A10.
10. Garth RJ. Blast injury of the ear: an overview and guide to management. *Injury* 1995;26:363-6.

11. Haapaniemi JJ. The hearing threshold levels of children at school age. *Ear Hear* 1996; 17 (6): 469-77.
12. Leibovici D, Gofrit ON, Stein M, Shapira SC, Noga Y, Heruti RJ, Shemer J. Blast injuries: bus versus open-air bombings--a comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions. *J Trauma* 1996 ;41:1030-5 .
13. Perez R, Gatt N, Cohen D. Audiometric configurations following exposure to explosions. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;126:1249-52 .
14. Guignon N. La santé des enfants de 6 ans à travers les bilans de santé scolaire. DREES. *Etudes et résultats*. N°155. Janvier 2002.
15. Lehingue Y., Fassio F., Momlas I., Daures JP. Surveillance épidémiologique des enfants des écoles maternelle de l'Hérault lors des bilans de santé du service de PMI. *Rev Epidémiol Santé Publ* 1992 ; 40, 25 -32.
16. Woringer V. Service de santé des écoles. Lausanne. Dépistage auditif en milieu scolaire. Comparaison de ses valeurs prédictives avec celles du dépistage visuel. *Revue médicale de la suisse romande* 2000 ; 120 (3) : 277-282.

### **Références du chapitre III : Retentissement sur la santé mentale**

1. Verger P, Hunault C, Rotily M, Baruffol E. Facteurs de variation des symptômes du stress post traumatique 5 ans après l' inondation dans le Vaucluse en 1992. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2000 ;48 :2S44-53.
2. Dab W, Abenheim L, Salmi R. Study of civilian of terrorist attacks. *J Clin Epidemiol* 1992 ;45 :103-109.
3. Rubonis A V, Bickman L. Psychological impairment in the wake of disaster : The disaster psychopathology relationship. *Psychol Bull* 1991 ;109 :384-99.
4. Horowitz M, Wilner N, Alvarez W. Impact of Event Scale: a measure of subjective stress. *Psychosom Med* 1979 May;41:209-18.
5. Weis D, Marmar C. The Impact of Event Scale-Revised. In J Wilson and T Keane Eds, *Assessing psychological trauma and PTSD*. 1997, New York : Guildford
6. Garrison CZ, Weinrich MW, Hardin SB, Weinrich S, Wang L. Post-traumatic stress disorder in adolescents after a hurricane. *Am J Epidemiol* 1993;138:522-30.
7. Yehuda Rachel. Post-traumatic stress disorder. *N Engl J Med*. 2002 Jan 10;346:108-14.
8. Schuster MA, Stein BD, Jaycox L, Collins RL, Marshall GN, Elliott MN, Zhou AJ, Kanouse DE, Morrison JL, Berry SH. A national survey of stress reactions after the September 11, 2001, terrorist attacks. *N Engl J Med*, 2001;345:1507-12.
9. North CS, Nixon SJ, Shariat S, Mallonee S, McMillen JC, Spitznagel EL, Smith EM. Psychiatric disorders among survivors of the Oklahoma City bombing. *JAMA*, 1999;282:755-62.
10. Bromet E, Dew MA. Review of psychiatric epidemiologic research on disasters. *Epidemiol Rev* 1995;17:113-9.
11. Ballenger JC, Davidson JR, Lecrubier Y, Nutt DJ, Foa EB, Kessler RC, McFarlane AC, Shalev AY. Consensus statement on posttraumatic stress disorder from the International Consensus Group on Depression and Anxiety. *J Clin Psychiatry* 2000;61 :60-6.
12. Birmes P, Hazane F, Calahan S, Sztulman H, Schmitt L. Mécanisme de défense et prédiction des états de stress post traumatique. *Encéphale* 1999 ;25 :443-9.
13. Jolly A. Evénements traumatiques et états de stress post traumatiques : Une revue de la littérature épidémiologique. *Annales médico-psychologiques* 2000 ;158 :370-78.
14. Audet J. Les principales échelles de mesures du stress. *Nervure* 1996 ; 6 :29-37.
15. Jonas C, Crocq L. Les conséquences cliniques du traumatisme psychique. *Nervure* 1996 ; 6 :23-28.
16. Breslau N. The epidemiology of posttraumatic stress disorder: what is the extent of the problem? *J Clin Psychiatry* 2001;62 Suppl 17:16-22.
17. Rapaport MH, Endicott J, Clary CM. Posttraumatic stress disorder and quality of life: results across 64 weeks of sertraline treatment. *J Clin Psychiatry* 2002 ;63:59-65.
18. Jehel L, Duchet C, Paterniti S, Consoli SM, Guelfi JD. Prospective study of post-traumatic stress in victims of terrorist attacks. *Encephale* 2001 ;27:393-400

19. Birmes P, Carreras D, Charlet JP, Warner BA, Lauque D, Schmitt L. Peritraumatic dissociation and posttraumatic stress disorder in victims of violent assault. *J Nerv Ment Dis* 2001 ;189:796-8
20. Mellman TA, David D, Bustamante V, Fins AI, Esposito K. Predictors of post-traumatic stress disorder following severe injury. *Depress Anxiety* 2001;14:226-31.
21. Maes M, Mylle J, Delmeire L, Janca A. Pre- and post-disaster negative life events in relation to the incidence and severity of post-traumatic stress disorder. *Psychiatry Res* 2001 ;105:1-12
22. Hocking F. Psychiatric aspects of extreme environmental stress. *Dis Nerv Syst* 1970 ;31 :542-545.
23. Weisaeth L. Post traumatic stress disorder after an industrial disaster. In : Pichot P, Berner P, Wolf R, Thau K, eds. *Psychiatry : The state of the art*. New York, NY : Plenum Press ; 1985 :299-307.
24. Weisaeth L. The stressors and the post traumatic stress disorder after an industrial disaster. *Acta Psychiatr Scand* 1989 ;80 :25-37.
25. Zlotnick C, Zimmerman M, Wolfsdorf BA, Mattia JI. Gender differences in patients with posttraumatic stress disorder in a general psychiatric practice *Am J Psychiatry* 2001;158:1923-5.
26. Deykin EY, Keane TM, Kaloupek D, Fincke G, Rothendler J, Siegfried M, Creamer K. Posttraumatic stress disorder and the use of health services. *Psychosom Med* 2001 63:835-41.
27. Carlson EB, Dalenberg C, Armstrong J, Daniels JW, Loewenstein R, Roth D. Multivariate prediction of posttraumatic symptoms in psychiatric inpatients. *J Trauma Stress* 2001 14:549-67.
28. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder*, fourth edition. Washinhton DC : American Psychiatric Association 1994 .

## Annexe

### SYSTEMES D'INFORMATION SANITAIRE

Plusieurs systèmes d'information ont été mobilisés pour contribuer à l'évaluation des conséquences sanitaires de l'explosion. La mobilisation a concerné dès les premiers jours, et en priorité, les systèmes susceptibles d'apporter des informations sur les 3 grands types de conséquences prévisibles de l'explosion :

- Conséquences traumatiques : traumatismes, fractures, blessures, atteintes pulmonaires ou sensorielles (surdités, blessures oculaires) ;
- Effets toxicologiques : liées aux émissions gazeuses et particulaires lors de l'explosion et, potentiellement, dans les jours qui ont suivi ;
- Retentissement sur la santé mentale : lié à l'explosion elle-même et à ses effets sur l'habitat, la vie familiale, sociale et professionnelle.

Cependant, les conséquences n'étant pas toutes prévisibles, les systèmes susceptibles de fournir des informations sur des phénomènes de santé inhabituels ont été mis en alerte.

#### **1. Le réseau de médecins sentinelles toulousains**

Ce réseau, coordonné par le Service Municipal d'Hygiène et de Santé de la ville de Toulouse, fonctionne depuis février 1986 et comprend 40 médecins généralistes et 17 pédiatres volontaires.

Les médecins sentinelles surveillent de routine et de façon hebdomadaire différentes pathologies : les syndromes grippaux, les gastro-entérites, les oreillons, la rougeole, la coqueluche, la varicelle, les bronchiolites, les crises d'asthme chez l'enfant et l'adulte.

Dans le cadre de leur recueil hebdomadaire de cas, suite à l'explosion de l'usine AZF, ces médecins ont entrepris une surveillance particulière à partir du 1<sup>er</sup> octobre et jusqu'au 23 novembre 2001. Cette surveillance a porté sur les cas suivants : surinfections de plaies, trachéo-bronchites, troubles de la vision, conjonctivites, pathologies auditives, stress (post-traumatique) partiel et caractérisé. Il leur a été également demandé de signaler toutes les « pathologies inhabituelles ».

Chaque semaine, le nombre de consultations pour les cas précédemment cités a été noté par les médecins déclarants. A partir de ce nombre, il a été fait une extrapolation à l'ensemble de l'agglomération toulousaine pour estimer le nombre global de consultants pour ces pathologies pendant les 2 mois qu'a duré cette surveillance. Cette estimation est basée sur l'hypothèse que les consultations des médecins sentinelles sont représentatives de l'ensemble des consultations auprès des médecins généralistes et des pédiatres de l'agglomération. Dans le recueil de données fait par les médecins sentinelles, l'âge des patients n'est pas noté. Or beaucoup d'enfants consultent un médecin généraliste. Il nous a donc semblé logique de faire un bilan global des consultations.

#### **2. Les médecins spécialistes ORL et ophtalmologistes**

Un recueil de données spécifique auprès des médecins spécialistes hospitaliers et libéraux (ORL et ophtalmologistes) a été institué juste après l'explosion, coordonné par l'Union Régionale des Médecins Libéraux en ce qui concerne les ORL, et par le service d'ophtalmologie du CHU en ce qui concerne les ophtalmologistes.

Les données couvrant la période du 21 septembre au 20 octobre 2001 (1 mois) ont été recueillies sous forme agrégée pour les pathologies suivantes :

- en ORL : les surdités, les douleurs d'oreilles et les acouphènes ;
- en ophtalmologie : les traumatismes, plaies ou contusions graves du globe oculaire (ayant entraîné une intervention chirurgicale).

### **3. Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI)**

Ce système d'information inclut des données sur les séjours hospitaliers publics et privés. Dans la semaine qui a suivi l'explosion, un code indiquant le lien avec l'explosion a été transmis pour utilisation à l'ensemble des structures hospitalières publiques et privées de la région Midi-Pyrénées pour le recueil et l'analyse des données sur les admissions hospitalières. Les données concernant le CHU de Toulouse sont disponibles grâce au Département d'Information Médicale du CHU. Pour les autres établissements publics et privés de la région, les données sont collectées et analysées ultérieurement par la DRASS.

Avec ou sans utilisation de ce code spécifique, ce système peut fournir des informations sur des soins ou diagnostics spécifiques dans le cadre d'une hospitalisation.

### **4. L'Assurance Maladie.**

L'Union Régionale des Caisses d'Assurance Maladie (URCAM) gère une base de données sur les médicaments, consultations et actes médicaux (hors hospitalisations du secteur public) remboursés par la Caisse d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS). La consommation de médicaments psychotropes en Haute-Garonne, dans les suites immédiates de l'explosion, a été analysée par la Direction Régionale du Service Médical de l'Assurance Maladie. Par ailleurs, d'autres analyses sur la même base de données sont en cours ou prévues.

Le même service collecte et analyse les certificats médicaux initiaux des accidents de travail liés à l'explosion déclarés aux assurés sociaux du régime général.

### **5. Le comité pluridisciplinaire des fœtopathies de la Haute Garonne.**

Le CHU de La Grave coordonne un comité pluridisciplinaire examinant l'ensemble des demandes d'interventions thérapeutiques de grossesse (ITG) pour fœtopathies de la région. Des données sur ces ITG ont été collectées pour une période proche de l'explosion et comparées à une période de référence.

### **6. Le service de promotion de la santé en faveur des élèves de Haute Garonne.**

Au cours de l'automne 2001, une enquête sensorielle coordonnée par le service de promotion de la santé en faveur des élèves de l'Inspection Académique de Haute Garonne (25 médecins scolaires, 7 infirmières scolaires) a été entreprise. Elle a concerné l'ensemble des élèves des trois lycées professionnels et techniques, des cinq collèges et des 40 écoles élémentaires et maternelles des quartiers sud de Toulouse, dans un rayon d'environ 2km autour du site de l'explosion.

Les élèves ont bénéficié d'un bilan auditif et visuel dans les 8 à 10 semaines suivant l'explosion. Certains établissements ont fait l'objet d'un dépistage systématique, d'autres ont fait l'objet d'un dépistage à la demande. Les dépistages auditifs ont été effectués à l'aide de deux types d'appareils (Derbesse ou SCR 55) et ont exploré les fréquences de 500 Hz à 6000 Hz en audiométrie tonale. Les dépistages de l'acuité visuelle de loin ont été effectués avec verres correcteurs.

## **7. Le centre Anti Poison (CAP).**

La première fonction de ce dispositif est une fonction d'alerte concernant les toxiques identifiés, supposés ou potentiels, diffusés à la suite de l'explosion. La méthode utilisée est de surveiller l'évolution du nombre d'appels dans le temps, en comparant les motifs de ces appels avant et après l'explosion, et d'analyser les fiches d'appel remplies en signalant tout problème de santé éventuellement en lien avec l'inhalation de produits toxiques. La période analysée dans un premier temps couvre les 3 mois précédant et les 3 mois suivant l'explosion.

De plus, afin de rechercher des pathologies inhabituelles pouvant être rattachées à un toxique, identifié ou non, libéré lors de l'explosion de l'usine, une lettre a été envoyée aux services de gastro-entérologie et de néphrologie de Purpan, Ranguel et de l'hôpital d'enfants.

## **8. L'Observatoire Régional des Urgences de Midi-Pyrénées.**

Cet observatoire permet le recueil des motifs de recours aux urgences. Une analyse de ces motifs avant et après l'explosion est envisagée, notamment en ce qui concerne les consultations.