

Ecole Normale Supérieure

**CERES-ERTI**

Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société  
Environmental Research and Teaching Institute

## **ATELIER *SANTE ENVIRONNEMENT***

2<sup>ème</sup> semestre - Année 2011-2012

### **Conséquences sanitaires du 11 septembre 2001**

Matthieu PIERCE, Justine SCHAEFFER

An aerial photograph capturing the aftermath of the September 11 attacks. The two towers of the World Trade Center are visible on the left, partially obscured by thick, billowing clouds of dust and debris that have risen from the impact sites. The dust plumes are massive and white, contrasting sharply with the blue sky. Other skyscrapers of Lower Manhattan are visible in the foreground and midground, some also partially shrouded in dust. The overall scene is one of catastrophic destruction.

# Conséquences sanitaires du 11 septembre 2001

Matthieu Pierce et Justine Schaeffer

Photo By  
Det. Greg Semerling  
NYC Police Aviation

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Conséquences environnementales</b>	<b>3</b>
1.1	Caractéristiques techniques du World Trade Center . . . . .	3
1.1.1	Architecture des deux tours . . . . .	3
1.1.2	Effondrement des deux tours. . . . .	3
1.2	Composants libérés dans l’atmosphère. . . . .	3
1.3	Pénétration dans l’organisme selon le type d’exposition. . . . .	6
<b>2</b>	<b>Conséquences sur la santé</b>	<b>7</b>
2.1	Pathologies des voies respiratoires . . . . .	7
2.2	Pathologies cardio-vasculaires et cancers . . . . .	8
2.3	Pathologies psychiques . . . . .	9
2.4	Effets transgénérationnels . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Gestion sanitaire des conséquences de l’effondrement</b>	<b>11</b>
3.1	Position des autorités . . . . .	11
3.2	Données actuelles . . . . .	12
3.3	Polémiques en cours . . . . .	12
3.3.1	Relancer l’Amérique . . . . .	13
3.3.2	Les “First Responders” . . . . .	13
3.3.3	L’amiante . . . . .	13

## Introduction

New-York, 11 septembre 2001, 8h46, un avion percute la tour nord du World Trade Center. A 9h03, la tour sud est touchée par un second avion de ligne. Conséquence : effondrement des deux tours respectivement à 9h59 et 10h28. 2 750 personnes y trouvèrent la mort.

La tragédie aurait pu s’arrêter là. C’était sans compter sur les modifications environnementales dues à cet effondrement : débris pulvérisés, stress traumatique et conséquences économiques sont autant de facteurs qui menacent la santé des témoins de la catastrophe. Plus de dix ans après l’effondrement du World Trade Center, nous disposons aujourd’hui d’un recul suffisant pour analyser ses conséquences à long terme, et les décisions prises à l’époque par les agences de veille sanitaire sont remises en cause. Grâce à des surveillances médicales par différents organismes, des données épidémiologiques ont pu être collectées. Par leur analyse, nous allons étudier les conséquences sanitaires du 11 septembre et mettre en perspective la gestion de la crise par les autorités de santé publique américaines.

Les mesures qui ont été prises par les autorités américaines étaient-elles adaptées à la réalité du risque autour de la zone d’effondrement ?

# 1 Conséquences environnementales

## 1.1 Caractéristiques techniques du World Trade Center

### 1.1.1 Architecture des deux tours

Le World Trade Center est un complexe de sept bâtiments, comprenant les deux tours, s'étalant sur 6,47 hectares et occupant une surface de bureaux de 930 000  $m^2$  au cœur de Manhattan. Les tours Nord et Sud mesuraient respectivement 417 et 415 mètres de hauteur et comprenaient 110 étages et six sous-sols [1].

Les tours étaient chacune portées par 240 colonnes en acier, réparties sur la façade extérieure (structure tubulaire pour la résistance au vent). Cette charpente métallique, du fait de la particularité des syndicats ouvriers à New York (du moins avant les attentats) a été bâtie avant que les différents escaliers de secours ne soient protégés par du béton armé (procédure usuelle), ces escaliers ont donc dû être protégés par des plaques de plâtre [2]. Le matériau utilisé pour la façade des tours est un alliage d'aluminium. En tout, il a fallu 200 000 tonnes d'acier et 425 000  $m^3$  de béton pour la construction.

La charpente métallique était enduite d'un isolant thermique constitué d'un mélange de ciment, gypse, laine minérale et d'un composé à base d'amiante (chrysotile) dont des proportions varient selon les endroits de la tour (13% à 80%) [3].

### 1.1.2 Effondrement des deux tours.

La conception des deux tours prévoyait la possibilité d'un séisme, les risques liés aux vents en altitude et même le crash d'un avion perdu dans le brouillard. Cependant, la résistance des deux tours s'est avérée trop fragile et celles-ci se sont écroulées après leur collision avec les avions.

Plusieurs théories ont été avancées puis réfutées pour expliquer l'effondrement inattendu des tours, ce qui a favorisé l'émergence de théories du complot (même si elles restent marginales) . De plus, les quantités de combustibles (environ 38 000 litres de kérosène dans chaque avion) permettent uniquement d'expliquer les premières explosions et la propagation des flammes dans le bâtiment.

Cependant, on peut expliquer la cause des explosions indirectes qui ont eu lieu dans les deux tours en évoquant une réaction dévastatrice entre l'eau des douches anti-incendie et de l'aluminium en fusion provenant des avions et de la façade [4]. La présence d'aluminium en fusion, mélangé à d'autres substances présentes dans les bureaux (dont des plastiques) a été clairement constatée, justifiant les différentes explosions et "l'effondrement progressif" des planchers les uns sur les autres, dû à un manque de robustesse des matériaux [2]. Enfin les précautions prises en cas de choc avec un avion ne concernaient que de petits avions en fin de course (contenant peu de carburant).

Finalement, malgré la persistance de quelques imprécisions, l'effondrement des deux tours peut s'expliquer par la difficulté de prévoir l'ensemble des risques mais aussi par des défauts de construction. Les explosions et les effondrements ont alors libéré dans l'atmosphère d'immenses quantités de métal, de béton mais aussi de produits de combustion et d'amiante sous forme de poussière, ainsi que des gaz toxiques.

## 1.2 Composants libérés dans l'atmosphère.

On peut distinguer quatre différentes phases de contamination à la suite des attentats, ce que l'on retrouve dans la figure 1 :

Time period	Predominant sources of pollution	Airborne pollutants
First 12 hr after collapse (11 September 2001)	Burning jet fuel Fires Collapse of the Twin Towers	Combustion products: gaseous and particulate Evaporating gases from the collapse of towers Coarse particles
Days 1 and 2	Burning jet fuel Resuspension of settled dust/smoke	Combustion products: gaseous and particulate Gases evaporating from piles Resuspended coarse particles
Days 3–13	Smoldering fires Resuspension of settled dust/smoke	Combustion products: gaseous and particulate Coarse particle resuspension Diesel exhaust
Day 14 through 20 December 2001	Smoldering fires with occasional flareups Removal of debris by trucks and other heavy equipment	Combustion products: gases and particulates Diesel exhaust

FIGURE 1 – Chronologie de la contamination de l’environnement à la suite des attentats du World Trade Center [5]

On peut ainsi voir que les dangers proviennent à la fois des gaz toxiques et des particules en suspension dans l’atmosphère. Ces dernières ont été analysées afin de déterminer l’impact sur la santé des citoyens. Des mesures ont été faites aux 6e et 7e jour après l’attentat sur trois sites différents : Cortland Street, Cherry Street et Market Street, chacune situées de plus en plus à l’est sur la carte suivante, le point le plus à l’ouest étant le WTC [6].

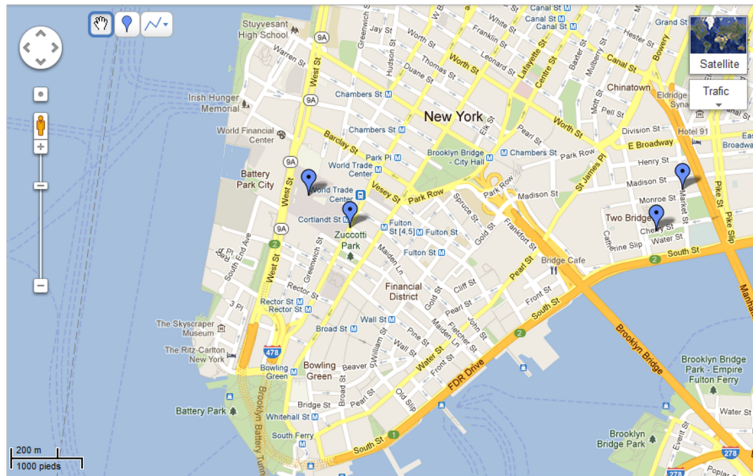


FIGURE 2 – Carte de New York, quartier de Brooklyn

Ces trois sites ont été choisis car le vent allait vers l’est et afin de déterminer l’étendue des dégâts. Les scientifiques ont alors détecté différents composés : des métaux, des éléments organiques et minéraux, des micro-particules, ... La composition de la cendre aux trois sites est donnée dans la figure 3 :



**Table 1.** General characteristics of settled dust and smoke samples (percent by mass) from the first days after the collapse and fires of the WTC.

Sample	Street		
	Cortlandt	Cherry	Market
Color	Pinkish gray	Pinkish gray	Pinkish gray
pH	11.5	9.2	9.3
Nonfiber (cement/carbon; %) <sup>a</sup>	50.0	49.2	37.0
Glass fiber (%) <sup>a</sup>	40.0	40.0	40.0
Cellulose (%) <sup>a</sup>	9.2	10.0	20.0
Chrysotile asbestos (%) <sup>a</sup>	0.8	0.8	3.0
Aerodynamically separated sample (% mass)			
< 2.5 $\mu\text{m}$ diameter	1.12	0.88	1.30
2.5–10 $\mu\text{m}$ diameter	0.35	0.30	0.40
10–53 $\mu\text{m}$ diameter	37.03	46.61	34.69
> 53 $\mu\text{m}$ diameter	61.50	52.21	63.60
Sieved sample (% mass)			
< 75 $\mu\text{m}$ diameter	38.00	30.00	37.00
75–300 $\mu\text{m}$ diameter	46.00	49.00	42.00
> 300 $\mu\text{m}$ diameter	16.00	23.00	21.00
Anions/cations (ng/g)			
Fluoride	220	70	ND
Chloride	800	270	220
Nitrate	330	ND	ND
Sulfate	41,400	35,200	42,100
Calcium	18,200	14,000	17,700
Sodium	400	200	130
Potassium	60	170	270

ND, not detectable.

<sup>a</sup>Values reported to L.C. Chen by the Ambient Group, TNC (New York, NY), measured by polarized light microscopy (400–450 $\times$ ).

FIGURE 3 – Composition de la cendre aux trois sites en pourcentage massique [6]

Les résultats montrent donc un pH très basique de la cendre, la présence de l’amiante de l’isolant ainsi que de microparticules de diamètres inférieurs à 2,5 microns donc très dangereuses pour la santé des secouristes, de ceux qui ont déblayé les débris mais également des résidents et des personnes travaillant à proximité au quotidien.

En plus de ces composants, les études définitives de l’EPA ont montré qu’il y avait eu en tout 400 tonnes d’amiante, 90 000 litres de benzène, plus de 500 000 lampesfluorescentes contenant du mercure, plus de 100 tonnes de Plomb et de Cadmium provenant des composés électroniques, 1 000 tonnes de HAPs et plus de 400 litres d’huiles contenant du PCB qui ont été pulvérisés et libéré dans l’atmosphère [22 :7’].

L’analyse de la fumée a conduit aux mêmes conclusions avec également la détection de composés volatiles, de différents HAPs (Hydrocarbure Polycyclique Aromatique) et de PCBs (polychlorobiphényles) que l’on retrouve dans la figure 4.

Compound	Street		
	Cortlandt	Cherry	Market
<b>Pesticides</b>			
Hexachlorobenzene	1.9	0.9	1.2
Heptachlor	ND	ND	ND
4,4 DDE	1.3	2.1	3.0
2,4 DDT	ND	ND	ND
4,4 DDT	ND	ND	ND
Mirex	ND	0.8	ND
Total chlordanes	3.1	5.6	3.7
<b>PCBs<sup>a</sup></b>			
Total PCBs (without 8 and 5)	631	562	723
Total PCBs (with 8 and 5)	659	589	753
<b>Selected PAHs</b>			
Fluorene	6,800	2,620	32,200
Phenanthrene	44,100	22,300	32,100
Fluoranthrene	40,300	13,700	32,600
Benzo[a]pyrene	23,000	12,100	19,300
Benzo[b+k]fluoranthane	36,600	15,600	29,500
Total PAHs (40 compounds) <sup>b</sup>	383,300	218,100	376,100

ND, not detected.

<sup>a</sup>PCB concentrations are the sum of 68 congeners (66 congeners in the case of sum PCB without IUPAC congeners 5 and 8).

<sup>b</sup>Other compounds shown in Figure 7.

FIGURE 4 – Composants détectés dans la fumée en ng/g [6]

En résumé, on a détecté en grandes quantités des composés hautement toxiques pour l’homme dans les échantillons de poussière et de fumée récoltés peu après les attentats. D’autres mesures effectuées trois semaines plus tard encore détecté des taux semblables de HAPs, donc l’exposition des travailleurs de la zone à ces composés dangereux a été de longue durée.

### 1.3 Pénétration dans l’organisme selon le type d’exposition.

Les différents composés chimiques retrouvés dans les cendres ont pu avoir des conséquences différentes. Rentrent aussi en compte les différences d’exposition entre les forces de secours intervenues pour sauver les victimes puis pour déblayer et les résidents qui ont eu des contacts avec les cendres moins directs mais pendant plus longtemps.

L’amiante ne peut plus être évacuée une fois inhalée et peut causer de nombreux cancers ; le benzène affaiblit le système immunitaire et peut causer des leucémies ; le mercure attaque le système nerveux et les rein ; le plomb et le cadmium sont aussi toxiques pour le système respiratoire et les poumons ; les PAHs causent des cancers des poumons, du larynx et de la gorge ; les PCB peuvent causer de graves éruptions cutanées et des dommages au foie [22 :7’].

Les microparticules de taille inférieure à  $10 \mu m$ , et plus spécifiquement de taille inférieure à  $2.5 \mu m$  passent à travers les poumons, à travers les bronchioles et dans le sang ce qui leur permet d’atteindre les organes et en particulier le cœur. Elles commencent à avoir un effet au-delà du seuil de  $10 \mu g/m^3$  d’air [7].

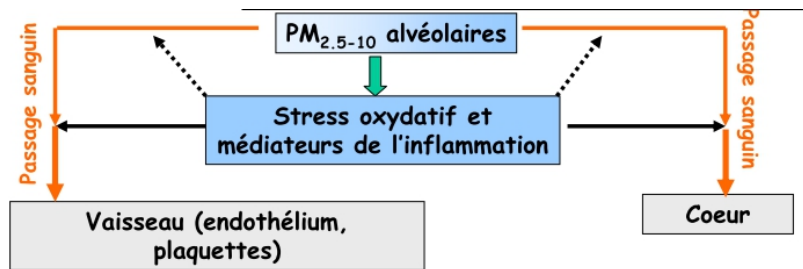


FIGURE 5 – Pénétration des microparticules dans l'organisme.

Ainsi, des microparticules des composés précédents résultant de l'effondrement des deux tours et disséminées par le nuage de poussière ont pu atteindre l'ensemble des personnes présentes.

*Enfin, l'effondrement progressif des deux tours a entraîné la formation de microparticules des composés chimiques toxiques présents dans les tours ou les équipements bureautiques qui ont été libérées en grandes quantités dans l'atmosphère, provoquant par la suite de nombreuses pathologies.*

## 2 Conséquences sur la santé

### 2.1 Pathologies des voies respiratoires

Un nuage de poussière et de fumée a été libéré par l'effondrement du World Trade Center, suite à la pulvérisation ou à la combustion des matériaux qui le composent. Les organes les plus sensibles à ce nuage sont les voies Les organes les plus sensible à ce nuage sont les voies aéro-digestives supérieures, qui ont été touchées pour plusieurs raisons.

La pathologie la plus courante chez les personnes exposées au nuage du World Trade Center est une toux, appelée "toux du World Trade Center". Cette toux est définie comme une toux persistante s'étant développée après exposition sur le site du World Trade Center et accompagnée de symptômes respiratoires suffisamment sévères pour nécessiter une surveillance médicales d'au moins 4 semaines [8]. C'est une réponse à court terme due à une irritation des organes respiratoires. Certains composés présents dans le nuage du World Trade Center, comme le gypse ou le carbonate de calcium sont irritant pour les voies respiratoires [11]. Une seconde cause d'irritation est le pH du nuage, très alcalin, ce qui peut irriter les muqueuses du nez et de la gorge [9]. Le pH varie avec la taille des microparticules inhalées : plus elles sont petites plus elles sont basiques, les particules de  $2,5\mu m$  étant neutres. Ainsi à ce niveau ce sont les grosses particules qui causent le plus de dégâts. Les particules en elles-même ont aussi un effet destructeur sur les poumons, ce qui a été prouvé expérimentalement sur des souris : les souris ont été exposées à des échantillons de  $PM_{2,5}$  extraits de la cendre du World Trade Center. Le lendemain, un lavage bronchoalvéolaire permettait d'évaluer, à partir du nombre de cellules récupérées, le degré d'inflammation des poumons [10]. Ces études ont montré qu'à haute dose, les  $PM_{2,5}$  entraînaient une irritation des poumons, ainsi qu'une augmentation de la réponse à la méthacholine, composé qui entraîne le rétrécissement des voies respiratoires et sert souvent pour détecter l'asthme. Des études épidémiologiques réalisées chez les travailleurs du World Trade Center a montré une bonne corrélation entre le degré d'exposition et la prévalence (pourcentages de cas dans la population étudiée) de la toux du World Trade Center.



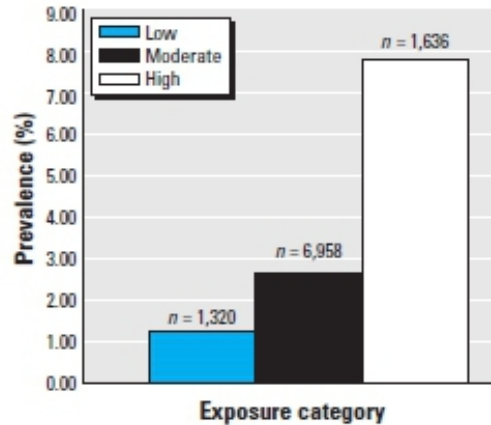


FIGURE 6 – Prévalence de la toux du World Trade Center en fonction de l’exposition

La toux n’est pas la seule pathologie respiratoire des personnes exposées : maladie du parenchyme pulmonaire, asthme, RADS (Reactive Air-Ways Disfunction Syndrom), spirométrie (mesure de la capacité pulmonaire) anormale, ... ont aussi été observées [11]. Par exemple une étude menée sur 46 000 personnes sans antécédents d’asthme exposées lors de l’effondrement des deux tours a montré que 10% d’entre eux avaient développé un asthme dans les années suivant le 11 septembre [12]. L’inflammation des poumons peut même mener à des granulomes de cellules immunitaires, pathologie appelée sarcoïdose, comme montré chez des pompiers du Fire Department of New York[13]. Mais la sarcoïdose reste une pathologie bénigne qui guérit d’elle même dans la majorité des cas.

Les pathologies respiratoires ont été les mieux suivies épidémiologiquement depuis le 11 septembre 2001. Elles sont très diverses mais toutes étroitement liées à la date d’arrivée et à la durée de séjour sur le site du World Trade Center. Heureusement très peu ont des conséquences graves et à long terme ces effets du nuage devraient disparaître.

## 2.2 Pathologies cardio-vasculaires et cancers

Parmi toutes les particules et molécules libérées dans l’air par l’effondrement des deux tours du World Trade Center, toutes ne constituent pas des agressions uniquement pulmonaires. En effet, l’efficacité de la barrière alvéolaire constituée par nos poumons n’est pas absolue. Certains composants libérés dans l’atmosphère ont donc pu contaminer le sang et agir sur de nombreux tissus.

Nous allons tout d’abord nous intéresser aux microparticules, car en plus de leurs effets pathogènes directs, elles peuvent transporter un certain nombre de composés toxiques, composés dont nous parlerons ensuite. La dangerosité physiologique de ces particules dépend précisément de leur taille : lorsque la taille diminue, le rapport surface sur volume augmente, ce qui accroît la réactivité chimique. C’est aussi leur faible taille qui leur permet de passer la barrière alvéolaire, d’atteindre le sang puis tous les organes où elle peuvent provoquer cancers, athérosclérose, troubles du rythme, ... Un des organes touché par les microparticules est le cœur : des études épidémiologiques ont montré qu’une exposition à un taux de  $PM_{2,5}$  de plus de  $10\mu g/m^3$  augmentait la mortalité cardiovasculaire de 1% à court terme et de 76% à long terme [15]. Différents mécanismes peuvent conduire à ces effets cardiovasculaires [16], comme montré dans la figure ci-dessous :

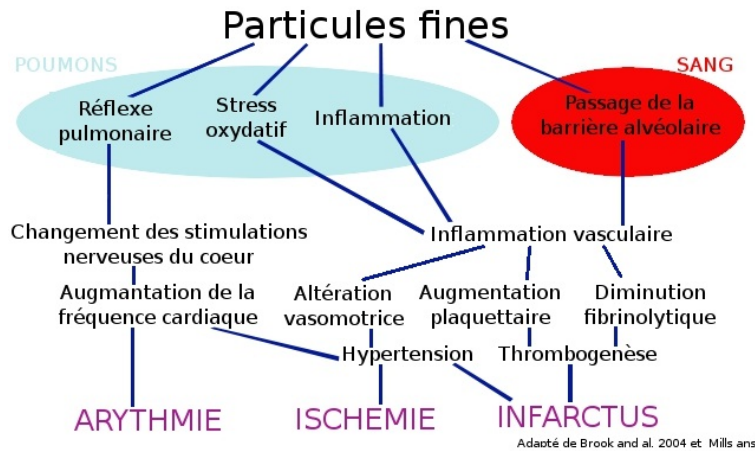


FIGURE 7 – Effets cardiovasculaires de particules fines

Des expériences menées chez l'animal vont encore en faveur de ces effets cardiovasculaires de microparticules. Chez des souris exposées 6h/jour, 5 jours/semaine pendant 6 mois à  $85\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$ , on observe une accélération de la progression des lésions vasculaires. Ces lésions peuvent mener à une athérosclérose, c'est à dire à la formation d'une plaque lipidique dans les vaisseaux. Si cette plaque se rompt, on peut aller jusqu'à un infarctus, un AVC ou une embolie pulmonaire.

Ces particules fines ont été libérées en très grande quantité suite à la combustion des Twin Towers. Quant aux produits chimiques transportés par ces particules, ils sont très divers, des métaux lourds aux pesticides en passant par toutes sortes de molécules organiques. Parmi ces composés certains sont toxiques, même à très faibles doses, contaminant les personnes exposées par le biais de microparticules et des gaz. C'est le cas par exemple des HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et des PCBs (PolyChloroBiphényles).

Pour ce qui est des cancers, 10 ans ne sont pas suffisants pour faire une étude épidémiologique approfondie des effets du nuage de fumée et de poussière libéré par l'effondrement du World Trade Center. On peut cependant évaluer les risques de cancer en fonction de la composition du nuage. Par exemple de l'amiante, connue pour être cancérigène, mais aussi des pesticides, des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) et des PCB pouvant causer, entre autres, des cancers du cerveau ou de la vessie [17]. De plus le taux de radiations  $\beta$  a été légèrement plus élevé que le taux habituel ; ces radiations peuvent être à l'origine de cancers. L'apparition de cancers dus au 11 septembre n'a pas encore été montrée, cependant les risques sont réels, il faut donc suivre sur le long terme les personnes exposées.

### 2.3 Pathologies psychiques

Un événement tel que l'effondrement des tours jumelles, symbole de la puissance financière américaine, et surtout au centre de cette immense métropole qu'est New-York, est loin d'être anodin. Ses conséquences ne se limitent donc pas aux pathologies physiques, des troubles psychologiques en ont aussi résulté.

Les événements du 11 septembre 2001 ont été une source de stress importante pour la population et les travailleurs de la ville envoyés sur les décombres. Il n'est donc pas étonnant de recenser un nombre important de cas de stress post-traumatique (PTSD pour Post-Traumatic Stress Disorder)

et de dépression. La figure ci-dessous montre la prévalence du PTSD chez différentes catégories de la population 5 à 6 ans après le 11 septembre 2001 [12].

### Rescue/recovery workers and volunteers Lower Manhattan residents and office workers

Risk Factor	PTSD at Follow-up, No. (%)	Risk Factor	PTSD at Follow-up, No. (%)
<b>No. of days worked at any WTC site</b>		<b>Residents</b>	
1-7	1061 (16.3)	Evacuation of home	
8-30	978 (17.2)	Did not evacuate	307 (16.1)
31-90	736 (22.7)	Evacuated	645 (16.4)
>90	898 (28.3)	<b>Damage to home</b>	
<b>Time of arrival</b>		None	518 (12.3)
September 11, on pile	847 (28.0)	Damage without heavy layer of dust	167 (23.8)
September 11, other WTC site location	632 (23.3)	Heavy layer of dust with or without damage	267 (28.5)
September 12-17, any WTC site	1662 (20.8)	<b>Office workers</b>	
September 18, 2001, to June 2002, any WTC site	717 (12.4)	No office damage	1823 (16.4)
		Damage without heavy layer of dust	493 (23.1)
		Heavy layer of dust with or without damage	498 (33.8)

FIGURE 8 – Stress post-traumatique chez les témoins du 11 septembre

On remarque que le nombre de cas de PTSD est très lié à la proximité des personnes avec l'évènement : le nombre de jours passés sur le site, la date d'arrivée, les dommages causés à la résidence ou au lieu de travail, ... autant de facteurs qui jouent sur le PTSD. Une autre étude menée dans une rue de Manhattan a montré que 10% de ses habitants montraient des signes de dépression [18]. Au total, près de 30% de la population touchée présente des symptômes post-World Trade Center parmi lesquels PTSD, dépression, mauvaise santé physique ou mentale [19]].

Ces conséquences psychologiques de l'effondrement des deux tours influent sur les comportements sociaux des personnes touchées. Un exemple est la consommation d'alcool. Pour déterminer une dépendance, on se base sur le questionnaire CAGE, composé de 4 questions :

- Avez-vous déjà senti que vous aviez besoin de diminuer votre consommation d'alcool ?
- Des personnes vous ont-elles agacé en critiquant votre consommation d'alcool ?
- Vous êtes-vous déjà sentis coupables d'avoir bu ?
- Avez-vous déjà ressenti le besoin de boire un verre tôt le matin ?

On peut aussi y ajouter des critères, comme la consommation massive d'alcool, soit plus de 6 vers lors d'une occasion, plus d'une fois par mois, ou l'augmentation de la consommation après un certain événement. Un ou deux ans après le 11 septembre, sur une cohorte de plus de 3000 personnes interrogées, 15% ont une consommation massive d'alcool, 5% correspondent à un des critères de dépendance CAGE, 10% ont augmenté leur consommation de plus de 4 verres par mois et 9% de plus de 2 verres par mois [19]. Ces comportements vis à vis de l'alcool sont liés souvent à un stress post-traumatique, une dépression, un mal-être.

L'effondrement du World Trade Center a donc eu des conséquences sur la santé et la qualité de vie des personnes l'ayant vécu.

## 2.4 Effets transgénérationnels

Si le 11 septembre a eu de nombreuses conséquences sur ses témoins, ses effets restent concentrés dans le temps et dans l'espace. La poussière due à l'effondrement a été lavée par la pluie au bout de quelques semaines. On pourrait donc penser qu'il n'y aura pas de victimes supplémentaires du World Trade Center. Mais cette hypothèse oublie une partie de la population : les femmes enceintes. Leurs enfants n'ont pas été les témoins directs du 11 septembre, et pourtant il peuvent en subir les conséquences.

Les problèmes sur la grossesse vont deux origines : d'une part les particules et composés passés dans le sang de la mère et ayant pu atteindre le fœtus par le cordon ombilical ; d'autre part le stress subi par la mère pendant la grossesse. L'exposition de la mère aux microparticules et PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) peut avoir un effet sur les accouchements prématurés et le développement du bébé, avec une augmentation du nombre des enfants SGA (Small-for-Gestational-Age)[10][20]].

	WTC group	Control group	p-Value
No.	187	2,367	—
Mean gestational age (weeks)	39.1	39.0	0.55
Mean birth weight (g)	3,203	3,267	0.14
Frequency of preterm birth (%)	9.9	9.2	0.76
Frequency of low birth weight (%)	8.2	6.8	0.47
Frequency of SGA infants (%)	8.2	3.8	<0.01

Data from Berkowitz et al. (2003).

FIGURE 9 – Etude des grossesses chez les femmes exposées au World Trade Center. Les cadres rouges indiquent une différence de moyenne statistiquement significative

Pour ce qui est du stress post-traumatique chez la mère, il modifie les balances hormonales, ce qui affecte le fœtus. Les personnes souffrant d'un PTSD ont un niveau de cortisole plus bas que le reste de la population. Si une femme souffre d'un PTSD durant sa grossesse, le bébé, après sa naissance, aura lui aussi un taux de cortisole bas [21]. On peut donc détecter très tôt chez l'enfant les conséquences du stress de la mère.

Ainsi les effets pathologiques du World Trade Center ne se limitent pas aux personnes directement exposées. A travers la grossesse, les événements du 11 septembre ont eu des effets transgénérationnels.

*Tous les constituants libérés lors de l'effondrement des Twin Towers constituent un facteur de risque pour les populations exposées. Dix ans après, on peut se demander si la réalité épidémiologique reflète ces risques, et aussi si la gestion de cette crise par les autorités sanitaires a été adaptée à la réalité des risques.*

## 3 Gestion sanitaire des conséquences de l'effondrement

### 3.1 Position des autorités

Les autorités en place ont mis en place un dispositif de secours important (plus de 70 000 intervenants) important pour les victimes coincées dans les débris puis pour le déblayage rapide de la zone.

Le 13 septembre 2011, la chef de l'EPA (Environment Protection Agency : agence de protection environnementale) Christin Todd Whitman affirme qu'aucun niveau significatif d'amiante n'a été constaté dans les deux douzaines d'échantillons prélevés, puis le 14 septembre que les échantillons prélevés sont

sans danger. Le 18 septembre elle confirme ses propos : “I am glad to reassure the people of New York (...) that their air is safe to breathe and the water is safe to drink.” Le président des États-Unis de l’époque, George W. Bush est venu à Ground Zero le premier weekend, sans respirateur, pour montrer notamment que l’air était sain [22 : 14’].

Le 17 septembre 2001, Wall Street est ouverte de nouveau, envoyant le message qu’il était temps de se remettre au travail [22 : 15’]. Le 28 septembre 2001, le maire de New York de l’époque, Rudy Giuliani, affirme de nouveau que l’air est sain. De simples consignes de nettoyage des cendres entrées dans les résidences recommandaient de s’en débarrasser.

Depuis, la position de l’EPA a changé, de nouveaux responsables ont reconnus des erreurs de l’époque et une loi fut votée “9/11 Victim Compensation Fund” pour financer les victimes collatérales du World Trade Center entre 2001 et 2003 (pour le dépôt d’une demande). Le 2 janvier 2011, le président américain Barack Obama a signé le “James Zadroga 9/11 Health and Compensation Act of 2010” pour réactiver les demandes de fonds et les élargir.

### 3.2 Données actuelles

Les décisions prises par les autorités dans la situation de crise qui a suivi l’effondrement du World Trade Center ont-elles eu des conséquences sanitaires ? Dix ans après, de nouvelles données sont disponibles. La majorité provient du suivi, organisé par ces mêmes autorités, des travailleurs du World Trade Center : pompiers, policiers, secouristes professionnels ou volontaires, équipes de déblaiement, ... Cette sous-population new-yorkaise comptant plus de 9000 membres a été particulièrement exposée au nuage de poussière. Ils ont entre autre dû nettoyer 1 800 000 tonnes de débris entre le 11 septembre 2001 et le 30 mai 2002. La question qui se pose est de savoir si leur arrivée sur le lieu de l’effondrement était prématurée. Au niveau du reste de la population, ce sont les mesures d’évacuation qui sont étudiées, surtout pour les personnes dites à risque.

Une partie des travailleurs est intervenue sur le site dans les 48h qui ont suivi la collision des deux avions, parmi eux 90% présentaient des symptômes respiratoires : toux, nez bouché, brûlures dans la poitrine, ... Dans le premier mois suivant l’effondrement du World Trade Center, 16% de ces travailleurs s’étant présenté à une visite médicale présentaient des problèmes respiratoires, et le nombre de pathologies respiratoires nouvellement diagnostiquées n’a pas diminué avant février 2002. A plus long terme, on a observé l’apparition de syndromes persistants et une accélération du déclin des fonctions respiratoires. En 2007, un tiers des travailleurs du World Trade Center présentaient une spirométrie (mesure des capacités pulmonaires) anormale [11].

Pour ce qui est des pathologies cardiaques, aucun effet général sur l’ensemble de la population exposée n’a été montrée. En revanche, des personnes plus fragiles ont pu développer certains symptômes. C’est le cas de celles possédant un défibrillateur cardiovertéur implantable ou DCI, appareil qui contrôle les battements irréguliers du cœur par des secousses électriques. Chez ces patients, le risque d’arythmie potentiellement mortelle a été multiplié par deux après le 11 septembre[22].

La place du traumatisme psychologique n’est plus à démontrer. Les données exposées dans la partie II 3 indique de nombreux cas de stress post-traumatique, de dépression, une augmentation de la consommation d’alcool, ... tous ces symptômes touchant un publique plus large que les personnes directement témoins de l’incident.

### 3.3 Polémiques en cours

Différentes polémiques sont encore en cours aujourd’hui suite à la gestion particulière de cette crise sanitaire.

### 3.3.1 Relancer l'Amérique

Le premier point sur lequel se sont portés les polémiques correspond à la réaction immédiate des autorités. On reproche au gouvernement en place une trop grande volonté de remettre le plus vite possible la ville en marche, dans le but de ne pas paralyser trop longtemps l'économie (réouverture de Wall Street) et de donner l'image d'une Amérique qui sait se relever (réouverture d'écoles).

Des rapports de l'EPA de l'époque ont été retrouvés et les officiels ont constaté des différences entre ces rapports et les rapports officiels, avec la disparition de certains paragraphes, le changement de titres et le remplacement de certains chiffres par des quantificateurs vagues ("3%" est devenu "un peu au-delà de 1%").

On signale aussi la pression de la Maison Blanche qui insistait pour rassurer la population, notamment le conseiller de la Maison Blanche sur la qualité de l'environnement, James L. Connaughton. Celui-ci n'était pas un scientifique mais un ancien représentant d'entreprises de nettoyage de sites toxiques (ARCO, ALCOA, ...) donc sujet à des conflits d'intérêts [22 : 11'].

Un procès est en cours contre l'ex-responsable de l'EPA Christin Todd Whitman, mené par les résidents du quartier, et en février 2006 le juge fédéral Deborah A. Batts a rejeté son immunité en tant que haute responsable en considérant que ses affirmations ont mis la population en danger [22 :50'].

### 3.3.2 Les "First Responders"

Un autre procès est en cours contre les compagnies qui ont employé les pompiers et les autres travailleurs durant les secours et surtout le déblayage des débris pour ne pas les avoir protégés suffisamment.

En effet, la plupart des travailleurs ne portaient ni masque ni respirateur (d'autant plus qu'on leur avait assuré que l'air était sans danger) et ont aujourd'hui des maladies graves dues à cet épisode. Ces conditions de travail considérées inacceptables sont dénoncées par l'avocat David E. Worby qui a réuni en septembre 2004 une centaine de plaignants et aujourd'hui plus de 8100 plaignants dans ce procès [22 :48']

En outre, les aides de l'Etat accordées par le "9/11 Compensation Fund" sont jugées insuffisantes et trop difficiles à obtenir (il faut prouver que l'on était sur place dans les 96 heures qui ont suivi l'effondrement des deux tours), et sont à l'origine d'associations telles "9/11 Health Now" qui se battent pour aider l'intégralité des victimes [24].

### 3.3.3 L'amiante

La présence d'amiante dans les cendres engendra également une polémique car son importance fut négligée.

Un matériau est considéré comme porteur d'amiante au-delà d'une concentration de 1%, les cendres analysées en comportaient environ 3% pourtant les autorités (EPA) ont présenté d'autres chiffres qui considéraient ces cendres comme peu dangereuses.

L'institut de l'amiante s'insurge quant à lui contre les chiffres des scientifiques qu'il présente comme alarmistes et mensongers, accusant le Secrétariat International Ban Asbestos (bannir l'amiante) de manipuler les données à ses fins [3]. Cet institut défend l'utilisation sécuritaire de l'amiante ce qui fait écho à d'autres polémiques en France et dans le monde.



## Conclusion

Dix années se sont écoulées depuis la chute des tours jumelles du World Trade Center. Cette attaque était totalement inattendue, les autorités américaines n'étaient donc pas préparées pour gérer une telle crise. Face à une situation inconnue, prendre les bonnes décisions est un vrai casse-tête.

Beaucoup de choses dépendaient des décisions des autorités sanitaires américaines. Tout d'abord la santé de toutes les personnes exposées, ensuite l'économie des États-Unis, enfin l'impact moral de cet événement sans précédent. Prendre toutes les précautions possibles ou se relever vite pour renvoyer l'image d'une Amérique forte dans l'adversité, telle était le dilemme auquel les responsables ont été confrontés.

Il semblerait qu'ils aient choisi la vitesse. Aujourd'hui ils se retrouvent face aux conséquences sanitaires, et doivent répondre de leurs choix, bien souvent devant les tribunaux.

## Références

- [1] Article **World Trade Center**, *Wikipédia*
- [2] **Pourquoi le World Trade Center est-il tombé ?**, Geoff Rooke, *http://www.bastison.net*
- [3] **Pour l'utilisation responsable et sécuritaire du chrysotile**, Institut de l'amiante
- [4] **Did chemical reactions cause Twin Towers collapse ?**, Marlowe Hood, *AFP 2011*
- [5] **Health and Environmental Consequences of the World Trade Center Disaster**, Philip J. Landrigan, *Environmental Health Perspectives 2004, 112(6) : 731-739*
- [6] **Characterization of the Dust/Smoke Aerosol that Settled East of the World Trade Center (WTC) in Lower Manhattan after the Collapse of the WTC 11 September 2001**, Paul J. Lioy, *Environmental Health Perspectives 2002, 110(7) : 703-714*
- [7] **Les particules atmosphériques fines et ultrafines : Un facteur du risque cardiovasculaire**, Gilles Nalbonne, *Cardiologie - Cardinale 2009, 3(19) : 94-97*
- [8] **Cough and Bronchial Responsiveness in Firefighters at the World Trade Center Site**, David J. Prezant, *The New England Journal of Medicine 2002, 348(1) :76-7*
- [9] *http://www.niehs.nih.gov/research/supported/sep/2002/wtccough/index.cfm*, Site du National Institute of Environmental Health Sciences
- [10] **Health and Environmental Consequences of the World Trade Center Disaster**, Philip J. Landrigan, *Environmental Health Perspectives 2004, 112(6) : 731-739*
- [11] **Epidemiology of Respiratory Health Outcomes Among World Trade Center Disaster Workers : Review of the Literature 10 Years After the September 11, 2001 Terrorist Attacks**, Christine C. Ekenga, *Disaster Medicine and Public Health Preparedness 2011, 5 Suppl 2 :S189-96*
- [12] **Asthma and Posttraumatic Stress Symptoms 5 to 6 Years Following Exposure to the World Trade Center Terrorist Attack**, Robert M.Brackbill, *American Medical Association 2009, 302(5) :502-16*
- [13] **World Trade Center "Sarcoid-Like" Granulomatous Pulmonary Disease in New York City Fire Department Rescue Workers**, Gabriel Izbicki, *Chest 2007, 131(5) :1414-23*
- [14] **The World Trade Center attack : Increased frequency of defibrillator shocks for ventricular arrhythmias in patients living remotely from New York City**, Omer L. Shedd, *Journal of the American College of Cardiology 2004, 44(6) :1265-7*
- [15] **Cardiovascular effects of air pollution**, Brook R.D, *Clinical Science 2008, 115 :175-187*

- [16] [http://www.inspq.qc.ca/pdf/evenements/conf\\_08\\_04\\_a\\_smargiassi.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/evenements/conf_08_04_a_smargiassi.pdf), site de l'Institut National de Santé Publique du Québec
- [17] <http://www.mdrgf.org/210pesticides.html>, site du MDRGF (Mouvement pour le Droit et le Respect des Générations Futures)
- [18] **PSYCHOLOGICAL SEQUELAE OF THE SEPTEMBER 11 TERRORIST ATTACKS IN NEW YORK CITY**, SANDRO GALEA, *The New England Journal of Medicine* 2002, 346 :982-987
- [19] **Alcohol Use, Mental Health Status and Psychological Well-being 2 Years After the World Trade Center Attacks in New York City**, Richard E. Adams, *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse* 2006, 32(2) :203-24
- [20] **The World Trade Center Disaster and Intrauterine Growth Restriction**, Eric P. Brass, *American Medical Association* 2003, 290(5) :595-6
- [21] **Transgenerational Effects of Posttraumatic Stress Disorder in Babies of Mothers Exposed to the World Trade Center Attacks during Pregnancy**, Rachel Yehuda, *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2005, 90(7) :4115-8
- [22] **Dust to Dust : The Health Effects of 9/11**, Heidi Dehncke-Fisher, *Documentaire disponible sur le site de la fondation 9/11 Health Now*
- [23] **Increased Incidence of Life-Threatening Ventricular Arrhythmias in Implantable Defibrillator Patients After the World Trade Center Attack**, Jonathan S. Steinberg, *Journal of the American College of Cardiology* 2004, 44(6) :1261-4
- [24] [http://www.911healthnow.org/911healthnow/The\\_9\\_11\\_Health\\_Crisis.html](http://www.911healthnow.org/911healthnow/The_9_11_Health_Crisis.html), site de la fondation 9/11 Health Now
- [25] <http://carfree.free.fr/index.php/2008/01/29/pollution-de-l%E2%80%99air-alerte-aux-micro-particules/> site de la fondation CARFREE