

UNIVERSITE PARIS 5 – RENE DESCARTES

Faculté de Médecine René DESCARTES PARIS 5

ANNEE 2006

N°

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

DIPLOME D'ETAT

PAR

Monsieur Sébastien BEAUME

Interne des Hôpitaux des Armées

Hôpital d'Instruction des Armées PERCY

Ecole du Val de Grâce

Ancien élève de l'Ecole du Service de Santé des Armées de LYON-BRON

Né le 23/04/1979 à NICE (06)

Présentée et soutenue publiquement le 20 décembre 2006

**Prise en charge de victimes en ambiance chimique :
concepts actuels et intérêts d'une médicalisation de l'avant**

Sous la Direction de

Monsieur le Médecin en Chef Michel RÜTTIMANN

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Jury

- **Président de Jury : Monsieur le Professeur Frédéric BAUD**
- **Monsieur le Professeur Philippe JUVIN**
- **Monsieur le Professeur Frédéric ADNET**
- **Monsieur le Médecin en Chef Claude FUILLA**

AVANT-PROPOS REMERCIEMENTS

A notre Président de Thèse,

Monsieur le Professeur Frédéric BAUD,

Chef du Service de Réanimation Médicale et Toxicologique
de l'Hôpital LARIBOISIERE – AP-HP

Praticien Hospitalier – Professeur des Universités

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de Thèse.
Soyez assuré de l'expression de notre reconnaissance et de notre profond respect.

* * * * *

A notre Directeur de Thèse,

Monsieur le Médecin en Chef Michel RÜTTIMANN,

Coordinateur de la Fédération d'Anesthésie-Réanimation-Urgences
de l'Hôpital d'Instruction des Armées LEGUEST – METZ

Chef de la 6^{ème} Antenne Chirurgicale Aérotransportable

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier des Palmes Académiques

Vous nous avez proposé ce travail et fait l'honneur de nous encadrer dans l'accomplissement
de celui-ci, même depuis un autre Continent.

Nous avons apprécié votre rigueur, vos conseils et votre disponibilité.

Veillez trouver ici le témoignage de toute notre gratitude.

Aux membres de notre jury,

Monsieur le Professeur Philippe JUVIN,

Chef du Service d'Accueil des Urgences de l'Hôpital BEAUJON – AP-HP

Praticien Hospitalier – Professeur des Universités

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Nous sommes sensibles à votre présence dans ce jury.

* * * * *

Monsieur le Professeur Frédéric ADNET,

Chef du Service d'Aide Médicale Urgente de Seine-Saint-Denis

Hôpital AVICENNES – AP-HP

Praticien Hospitalier – Professeur des Universités

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Nous sommes sensibles à votre présence dans ce jury.

* * * * *

Monsieur le Médecin en Chef Claude FUILLA,
Médecin Chef de la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS
Anesthésiste-Réanimateur
Praticien certifié en Médecine d'Urgence.
Chevalier de la Légion d'Honneur,
Chevalier de l'Ordre National du Mérite,
Médaille d'or de la Défense Nationale.

Vous nous avez permis de faire nos premiers pas à la « Brigade ».
Malgré vos nombreuses occupations vous avez toujours su vous montrer disponible pour nous
apporter conseils et encouragements.

Vous nous avez fait l'honneur d'apporter vos compétences à la critique de ce travail.

Pour l'ensemble nous vous adressons nos respectueux remerciements.

* * * * *

A Monsieur le Médecin Général Inspecteur Jean-Paul BURLATON,

Médecin-Chef de l'Hôpital d'Instruction des Armées PERCY,
Professeur Agrégé du Service de Santé des Armées,
Chevalier de la Légion d'Honneur,
Officier de l'Ordre National du Mérite,
Chevalier des Palmes Académiques,
Récompense pour travaux scientifiques et techniques,
Médaille d'Honneur du Service de Santé des Armées.

* * * * *

A Monsieur le Médecin chef des services de classe normale Olivier BERETS,

Référent pédagogique des Internes de Médecine Générale de l'HIA PERCY,
Chef du service de Médecine Interne de l'HIA PERCY,
Chevalier de la Légion d'Honneur,
Officier de l'Ordre National du Mérite,
Récompense pour Travaux Scientifiques et Techniques.

* * * * *

A Monsieur le Médecin en Chef Thierry du PERRON de REVEL,

Référent pédagogique des Internes de Médecine Générale de l'HIA PERCY,
Chef du service d'Hématologie de l'HIA PERCY,
Professeur Agrégé du Val de Grâce,
Chevalier de la Légion d'Honneur,
Chevalier de l'Ordre National du Mérite,
Récompense pour Travaux Scientifiques et Techniques.

A Monsieur le Médecin Général Inspecteur Guy BRIOLE,

Directeur de l'Ecole du Val-de-Grâce
Professeur Agrégé du Val-de-Grâce,
Officier de la Légion d'Honneur,
Officier de l'Ordre National du Mérite,
Chevalier des Palmes Académiques.

* * * * *

A Monsieur le Médecin Général FLOCARD,

Directeur adjoint de l'Ecole du Val-de-Grâce,
Professeur Agrégé du Val-de-Grâce,
Chevalier de la Légion d'Honneur,
Officier de l'Ordre National du Mérite,
Récompense pour travaux scientifiques et techniques,
Médaille d'Honneur du Service de Santé des Armées.

Vous nous avez permis de soutenir ce travail dans ce haut lieu de notre Service.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre reconnaissance et de notre profond respect.

Aux services qui nous ont fait l'honneur de nous accueillir au cours de notre internat, à ceux dont nous avons eu l'honneur de recevoir l'enseignement et avec lesquels nous avons eu le plaisir de travailler,

Au Centre de Traitement des Brûlés de l'HIA PERCY,

Et en particulier à :

Monsieur le Médecin chef des services hors classe Hervé CARSIN,
Monsieur le Médecin chef des services de classe normale Hervé LE BEVER,
Monsieur le Médecin en Chef Laurent BARGUES,
Madame le Capitaine Anne-Laure SEYEUX.

Qui ont vu nos premiers pas d'interne dans ce service si passionnant et prenant.

* * * * *

Au Service de Pathologies Cardiovasculaires et Médecine Aéronautique de l'HIA PERCY,

Et en particulier à :

Monsieur le Médecin chef des services de classe normale Christian PLOTTON,
Monsieur le Médecin en Chef Eric PERRIER,
Aurélia, Agnès, Aude ...

Pour cet accueil chaleureux et ces bons moments passés dans le service.

* * * * *

Au Centre Médical de Garnison du 92^{ème} Régiment d'Infanterie de CLERMONT-FD,

Et en particulier à :

Monsieur le Médecin en Chef Jean-Michel SAISON,
ses adjoints : Anne, Cyril, Matthieu,
et le Caporal Chef Philippe OGUET, en souvenir de SUIPPES et BARCELONNETTE

* * * * *

Au Service d'Accueil des Urgences Pédiatriques et l'Unité d'Hospitalisation de Courte Durée de l'Hôpital DEBROUSSE de LYON,

Et en particulier à :

Mesdames les Docteurs Aline ROUSSON et Christine RAYBAUD.

* * * * *

Au Service d'Accueil des Urgences de l'HIA PERCY,

Que nous venons d'intégrer.

* * * * *

Au Service Médical du 3^{ème} Groupement Incendie de la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS,

Au sein duquel nous avons effectué nos premiers pas d'urgentiste.

A Julie,

Avec tout mon Amour,
Je te dédie ce travail ainsi qu'à ce petit qui est en toi et va combler notre Foyer.

A ma mère,

Pour ses sacrifices et son soutien tout au long de ces années.

A mon père,

Dont le dévouement au service des autres reste pour moi un exemple.

A Papy Gérard,

Puisses-tu encore longtemps marcher à mes côtés comme depuis les premiers jours.
Ta présence en ce jour me touche beaucoup. Mamy, là haut, est aussi avec nous.

A Papy Jeff et Mamy Simone,

Je pense bien à vous en ces instants, puisse votre santé se montrer plus clémente.

A Tata Christine,

Pour cette complicité indéfectible.

A mes beaux parents,

Vous m'avez accueilli comme un fils. Votre présence en ce jour me touche beaucoup.

A ma belle famille,

Au sein de laquelle je me suis senti « en famille » dès le début et à ces moments déjà partagés.

A Bertrand, Lise, Nicolas, Sarah et les jumeaux !

A cette amitié qui m'est chère. Qu'elle perdure malgré les distances.

Aux amis de la Boîte et « assimilés » : Déborah et Damien, Bertrand et Caroline, Julien, Léo, Claire

Pour tous ces bons souvenirs. Bonne continuation et à très bientôt.

A ma famille Boîte,

A mes co-internes de Percy,

Pour ces années passées à l'hôpital ou sur les bancs de la fac...

A Xavier, Déborah, Guy,

Pour ces bons moments de formation passés ensemble.

LISTE DES ABREVIATIONS

AFSSAPS	Agence Française de Sécurité Sanitaire et des Produits de Santé
AIBC	Auto-Injecteur Bi-Compartment du SSA
ANP-VP	Appareil Normal de Protection à Visière Panoramique = ARFA
AP2C	Appareil Portatif de Contrôle de Contamination
AR	Ambulance de Réanimation (BSPP)
ARF	Appareil Respiratoire Filtrant
ARFA	Appareil Respiratoire Filtrant des Armées = ANP-VP
BMPM	Bataillon de Marins Pompiers de MARSEILLE
BSPP	Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS
CA2C	Centre d'Accueil des Contaminés Chimiques
CHDE	Chaîne de Décontamination (BSPP)
CIC	Cellule d'Identification Chimique
CMIC	Cellule Mobile d'Intervention Chimique
COS	Commandant des Opérations de Secours
CPCO	Centre de Planification et de Conduite des Opérations
CRC	Cellule de Reconnaissance Chimique
CRSSA	Centre de Recherche du Service de Santé des Armées
CTBRC	Centre de Traitement des Blessés Radio Contaminés
DCSSA	Direction Centrale du Service de Santé des Armées
DDSC	Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles
DOS	Directeur des Opérations de Secours
DSM	Directeur des Secours Médicaux
EMA	Etat Major des Armées
EMAT	Etat Major de l'Armée de Terre
FMA	Fiche Médicale de l'Avant
FPT	Fourgon Pompe Tonne
HIA	Hôpital d'Instruction des Armées
HTH	Higt Titer Hypochlorite
NOP	Neurotoxiques organophosphorés
OIAC	Organisation pour l'Interdiction des Armes Chimiques
ONU	Organisation des Nations Unies
PC	Poste de Commandement
PLS	Position Latérale de Sécurité
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PMA	Poste Médical Avancé
POS	Plan d'Occupation des Sols
PRID	Point de Regroupement des Impliqués Directs
PRV	Point de Regroupement des Victimes
SAI	Seringue Auto-Injectante
SAMU	Service d'Aide Médicale Urgente

SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SSA	Service de Santé des Armées
TLD	Tenue Légère de Décontamination
TMD	Transport de Matières Dangereuses
UIISC	Unité d'Instruction et d'Intervention de la Sécurité Civile
UMH	Unité Mobile Hospitalière (SAMU)
UMMD	Unités Mobiles Médicales de Décontamination (BMPPM)
VAB	Véhicule de l'Avant Blindé
VSAV	Véhicule de Secours et d'Assistance aux Victimes
VVP	Voie Veineuse Périphérique
ZC	Zone Contrôlée
ZDI	Zone de Déploiement Initial
ZDL	Zone de Danger Liquide
ZDV	Zone de Danger Vapeur
ZEX	Zone d'Exclusion = ZDL + ZDV
ZS	Zone de Soutien

SOMMAIRE

Avant-propos Remerciements	2
Liste des abréviations	10
Sommaire.....	13
Table des illustrations.....	20
Liste des tableaux	21
Liste des figures.....	22
Liste des photographies	23
Liste des annexes.....	23
Introduction	24
CHAPITRE 1 - Historique	26
1.1. Les origines ancestrales.....	27
1.2. La Grande Guerre et L'escalade meurtrière.....	29
1.3. L'entre deux guerres.....	31
1.4. La seconde Guerre Mondiale	32
1.5. La Guerre Froide et les conflits « récents »	33
1.6. La Convention de 1993 sur l'interdiction des armes chimiques.....	34
1.6.1. Genèse de la convention	34
1.6.2. Les principaux aspects de la convention	35
1.6.2.1. Objectifs.....	35
1.6.3. Surveillance de l'industrie chimique	35
1.6.3.1. Produits sensibles.....	35
1.6.3.2. Restrictions touchant les produits sensibles	36
1.6.4. L'OIAC - Organisation pour l'interdiction des armes chimiques....	37
1.6.5. Destruction des armements chimiques	38
1.6.6. Démantèlement des capacités de production d'armes chimiques ...	38
1.6.7. Modalités de contrôle	39
1.6.8. Application	39
1.7. Les évènements impliquant des armes chimiques	40
1.8. Les accidents industriels	41
1.9. L'avènement du terrorisme chimique	42
1.9.1. L'attentat au sarin dans le métro de Tokyo	42
1.9.2. Les autres évènements terroristes.....	43
CHAPITRE 2 - Danger, risque et menace chimiques.....	45
2.1. Terminologie	46
2.2. Accident ou attentat ?.....	46
2.3. Les différents types de risques	47
2.3.1. Risques liés aux agressifs chimiques de guerre.....	48
2.3.2. Risques liés aux toxiques industriels.....	49
2.3.2.1. Terminologie.....	49
2.3.2.2. Nature des risques.....	49
2.3.2.3. Le transport de matières dangereuses.....	51
2.4. La menace chimique.....	55

2.4.1. La situation actuelle.....	55
2.4.2. Enseignements de l'attentat de TOKYO.....	55
2.5. Une nécessaire préparation.....	57
CHAPITRE 3 - Concepts militaires de défense NRBC.....	58
3.1. Concept de défense NRBC de l'Armée Française.....	59
3.1.1. Le concept de Défense français.....	59
3.1.2. La défense NRBC.....	60
3.2. Quelques éléments de doctrine et de stratégie dans le domaine de la menace chimique sur le plan militaire.....	62
3.2.1. Les scénarios d'engagement.....	62
3.2.2. Les risques NBC selon le type d'engagement.....	62
3.2.3. La doctrine de défense NBC.....	64
3.2.3.1. Prévenir.....	64
3.2.3.2. Gérer les effets des attaques.....	65
3.2.3.3. Restaurer.....	65
3.3. La menace chimique sur le plan militaire.....	66
3.3.1. La menace « massive ».....	66
3.3.2. La menace liée à la prolifération.....	67
3.3.2.1. La menace chimique conventionnelle.....	67
3.3.2.2. La menace terroriste.....	68
3.3.2.3. La menace dégradée.....	68
3.3.3. Le potentiel chimique.....	68
3.3.3.1. Les agents toxiques de guerre.....	68
3.3.3.2. Les vecteurs chimiques.....	69
3.4. Evolution du concept de défense NBC.....	69
3.4.1. La baisse de capacité opérationnelle.....	69
3.4.2. Un « guépard » chimique.....	70
CHAPITRE 4 - Notions Elémentaires physico - chimiques et toxicologiques appliquées au risque chimique.....	71
4.1. Généralités.....	72
4.1.1. Etat physique des toxiques chimiques.....	72
4.1.2. Paramètres de toxicité des produits chimiques.....	74
4.2. Les modes de dispersion.....	79
4.2.1. Explosion.....	79
4.2.2. Epanchage.....	79
4.2.3. Chauffage.....	80
4.3. Influences extérieures sur le danger chimique.....	81
4.3.1. Influence des conditions atmosphériques.....	81
4.3.1.1. Action du vent.....	81
4.3.1.2. Influence de la température.....	81
4.3.1.3. La stabilité de l'air.....	81
4.3.1.4. Humidité et précipitations.....	83
4.3.2. Influence du terrain.....	83

4.3.2.1.	Le relief.....	83
4.3.2.2.	La nature du sol.....	83
4.3.2.3.	La planimétrie et la végétation	83
4.4.	Les armes chimiques	84
4.4.1.	Les agents létaux.....	84
4.4.1.1.	Les neurotoxiques organophosphorés	84
4.4.1.2.	Les vésicants	93
4.4.1.3.	Les suffocants	101
4.4.1.4.	Les toxiques cellulaires.....	107
4.4.2.	Les agents incapacitants psychiques	109
4.4.2.1.	Le LSD 25.....	110
4.4.2.2.	Les autres stimulants du SNC.....	111
4.4.2.3.	Le benzilate de quinuclidinyle.....	111
4.4.2.4.	Le Delta-9-tétrahydrocannabinol.....	113
4.4.3.	Les agents neutralisants ou anti-émeutes	113
4.4.3.1.	Les lacrymogènes	114
4.4.3.2.	Les sternutatoires	115
4.4.3.3.	Autres incapacitants physiques.....	116
4.5.	Les toxiques industriels.....	117
4.5.1.	Les 21 toxiques chimiques d'importance opérationnelle.....	117
4.5.2.	Sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré.....	118
4.5.2.1.	Propriétés	118
4.5.2.2.	Mécanisme d'action	118
4.5.2.3.	Symptomatologie.....	119
4.5.3.	Dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux	119
4.5.3.1.	Symptomatologie.....	119
4.5.4.	Les acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique, fluorhydrique	120
4.6.	Synthèse.....	120
CHAPITRE 5	- Cadre Légal	121
5.1.	Quelques rappels sur l'organisation des secours en France.....	122
5.1.1.	Les plans de défense nationaux	122
5.1.2.	Direction des Opérations de Secours.....	122
5.1.3.	Commandement des Opérations de Secours	123
5.2.	Le plan Rouge	123
5.2.1.	A l'origine du Plan Rouge : la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS	123
5.2.2.	Cadre de déclenchement.....	124
5.3.	La « circulaire 700 ».....	125
5.3.1.	Principes généraux.....	125
5.3.2.	Plans d'organisation des secours	126
5.3.3.	Principes généraux et missions des intervenants.....	127
5.3.3.1.	Choix des matériels de protection individuelle	127
5.3.3.2.	Missions de l'échelon local et de l'échelon départemental.....	127

5.3.3.3. Moyens et missions des renforts zonaux et nationaux.	128
5.3.4. Premières actions du Directeur des Opérations de Secours à l'échelon territorial.....	128
5.3.5. Evolution de la doctrine.....	129
5.4. PIRATOX.....	129
5.5. La prévention.....	130
5.5.1. Le risque industriel en France et sa réglementation	130
5.5.1.1. La législation des installations classées.....	130
5.5.1.2. La réglementation SEVESO	131
5.5.2. Le transport des matières dangereuses (TMD) et sa réglementation.....	134
5.5.2.1. Réglementation selon le type de transport.....	134
5.5.2.2. La classification et la signalisation des matières dangereuses	135
5.5.3. Plans de secours particuliers relatifs aux risques industriels.....	136
CHAPITRE 6 - Les moyens de protection.....	137
6.1. La protection - Généralités.....	138
6.1.1. La protection individuelle autonome.....	138
6.1.1.1. Protection de la face, des yeux, des voies respiratoires et digestives.....	139
6.1.1.2. Protection de la peau.....	139
6.1.2. La protection individuelle assistée	140
6.1.3. La protection collective	141
6.1.4. La protection préventive.....	141
6.1.4.1. Mesures techniques.....	141
6.1.4.2. Prophylaxie et thérapie	142
6.2. Les moyens de protection.....	143
6.2.1. Les Appareils Respiratoires Isolants (ARI).....	143
6.2.2. Les Appareils Respiratoires Filtrants (ARF).....	145
6.2.2.1. La pièce faciale	145
6.2.2.2. La cartouche filtrante.....	146
6.2.2.3. L'Appareil Respiratoire Filtrant des Armées (ARFA) ou Appareil Normal de Protection à Visière Panoramique modèle F1 (ANP-VP F1).....	149
6.2.3. Le survêtement de protection NBC à port permanent (S3P).....	151
6.2.4. Tenue de combat NBC à port permanent (TOM et centre Europe).....	152
6.2.5. Tenue de combat « NBC/feu »	152
6.2.6. Tenue Légère de Décontamination modèle 93 (TLD 93)	152
6.2.7. Choix actuels des Armées.....	153
6.3. Protection des populations	154
6.3.1. Protection des victimes.....	154
6.3.2. Protection des populations.....	154

CHAPITRE 7 - Concept zonal en ambiance chimique.....	155
7.1. La zone d'exclusion (ZEX).....	156
7.1.1. La Zone de Danger Liquide (ZDL).....	156
7.1.2. La Zone de Danger Vapeur (ZDV).....	156
7.2. la zone contrôlée (ZC).....	158
7.3. La zone de soutien (ZS).....	159
CHAPITRE 8 - La médicalisation de l'avant : intérêts et limites.....	160
8.1. Pourquoi une médicalisation de l'avant ?.....	161
8.2. Quand peut-on envisager une médicalisation de l'avant ?.....	163
8.3. En quoi peut consister la médicalisation de l'avant ?.....	164
8.3.1. Le médecin, une aide à l'identification de l'agent en cause.....	164
8.3.2. Possibilité d'un « pré-tri » fixant des priorités de décontamination.....	168
8.3.3. Gestes simples de réanimation.....	168
8.3.3.1. Pose d'un abord veineux périphérique.....	169
8.3.3.2. L'administration de drogues.....	170
8.3.3.3. Intubation.....	171
8.3.3.4. Ventilation.....	174
8.4. Limites de la médicalisation de l'avant.....	175
8.4.1. Contraintes physiologiques liées au port des équipements de protection.....	175
8.4.1.1. Contraintes liées à la protection respiratoire.....	175
8.4.1.2. Contraintes liées à la protection cutanée.....	175
8.4.2. Formation des personnels.....	179
8.4.3. Ratio victimes / potentiel médical.....	180
8.5. Discussion.....	181
CHAPITRE 9 - Evolution du concept de prise en charge incluant la médicalisation de l'avant en ambiance chimique.....	182
9.1. Déclenchement de l'alerte.....	183
9.2. La levée de doute NRBC, le rôle des CMIC.....	184
9.3. L'extraction.....	184
9.3.1. Objectifs.....	184
9.3.2. Personnels - tenue.....	185
9.3.3. Modalités.....	185
9.3.4. Rôle du médecin.....	185
9.4. Le tri visuel.....	186
9.4.1. Personnels - tenue.....	186
9.4.2. Modalités.....	186
9.4.3. Rôle du médecin.....	186
9.5. Le point de regroupement des victimes (PRV).....	187
9.5.1. Objectifs.....	187
9.5.2. Personnels – tenue.....	187
9.5.3. Modalités.....	187

9.5.4. Médicalisation du PRV chimique.....	187
9.5.4.1. La Fiche Médicale de l' Avant décontaminable.....	188
9.5.4.2. Le secourisme de base	188
9.5.4.3. Prise en charge médicale au PRV.....	188
9.5.5. Prise en charge des victimes présentant des blessures conventionnelles.....	197
9.5.6. Cas particuliers	198
9.5.6.1. Enfants et nourrissons.....	198
9.5.6.2. Blessés ou intoxiqués les plus légers.....	198
9.5.7. Synthèse.....	198
9.6. Le sas de contrôle de contamination et la décontamination	199
9.6.1. Transfert des victimes du PRV chimique vers les sas et les chaînes de décontamination	199
9.6.1.1. Patients valides	199
9.6.1.2. Patients non valides	199
9.6.1.3. Orientation des victimes	200
9.6.1.4. Les sas de contrôle de contamination.....	200
9.7. La décontamination.....	200
9.7.1. Quand ?.....	201
9.7.2. Où ?.....	201
9.7.3. Qui ?.....	202
9.7.4. Comment ?.....	202
9.7.4.1. Déshabillage.....	202
9.7.4.2. Décontamination sèche par adsorption.....	203
9.7.4.3. Décontamination humide.....	203
9.7.5. Les chaînes de décontamination.....	206
9.7.5.1. Les structures mobiles	206
9.7.5.2. Les structures en dur : l'exemple du Centre d'Accueil des Contaminés Chimiques de l'HIA PERCY	208
9.7.6. Présence et action médicales à la décontamination.....	209
9.8. La gestion des résidants.....	209
9.8.1. L'alerte aux populations	209
9.8.2. La prise en charge des résidants	210
9.9. La prise en charge au niveau du PMA	210
9.10. La prise en charge hospitalière.....	211
9.11. Synthèse sur la stratégie de prise en charge de victimes suite à un évènement à caractère chimique	211
Conclusions	214
Annexes	217
Table des matières	230
Bibliographie.....	240

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Produits chimiques et leurs précurseurs (Tableau I simplifié de la convention).....	36
Tableau 2 - Produits chimiques et leurs précurseurs (Tableau II simplifié de la convention).....	36
Tableau 3 - Produits chimiques et leurs précurseurs (Tableau III simplifié de la convention).....	36
Tableau 4 - Caractéristiques de deux événements d'exposition au risque chimique.....	47
Tableau 5 - Les six scénarios d'engagement et la menace NBC (d'après TTA 601).....	62
Tableau 6 - Evaluation du risque chimique en fonction de type d'opération (d'après TTA 601).....	63
Tableau 7 - Buts d'utilisation massive d'agents toxiques (d'après TTA 601).....	66
Tableau 8 - Menace chimique en fonction de la capacité de l'adversaire potentiel (d'après TTA 601).....	68
Tableau 9 - Constantes physiques des principaux agressifs chimiques de guerre [37].....	75
Tableau 10 - Caractères organoleptiques des principaux agressifs chimiques de guerre [37].....	76
Tableau 11 - Toxicité des neurotoxiques organophosphorés [41].....	88
Tableau 12 - Structure chimique et principales propriétés des vésicants.....	94
Tableau 13 - Toxicité du phosgène chez l'homme lors d'une intoxication aiguë.....	103
Tableau 14 - Principaux agents lacrymogènes (Morand et col. 187-190).....	114
Tableau 15 - Principales propriétés physico-chimiques des lacrymogènes.....	114
Tableau 16 - Principales propriétés physico-chimiques des sternutatoires.....	116
Tableau 17 - Liste des 21 toxiques chimiques d'importance opérationnelle	117
Tableau 18 - Classification des cartouches filtrantes (normes européennes) (d'après TTA 601 bis).....	148
Tableau 19 - Orientation pour l'identification du toxique en fonction des signes cliniques.....	165
Tableau 20 - Les obus pouvant être vectorisés comme arme chimique (d'après TTA 601).....	221
Tableau 21 - Les roquettes pouvant être vectorisées comme arme chimique (d'après TTA 601).....	221
Tableau 22 - Les roquettes lourdes et missiles pouvant être vectorisés comme arme chimique (d'après TTA 601).....	222
Tableau 23 - Les bombes d'avions pouvant être vectorisées comme arme chimique (d'après TTA 601).....	222
Tableau 24 - Répartition par région des établissements à risques.....	223

Tableau 25 - Classification des matières dangereuses (d'après prim.net)..... 224
 Tableau 26 - Le code danger (d'après prim.net)..... 226

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Modélisation des effets de l'explosion d'un camion-citerne..... 54
 Figure 2 - Le champ de bataille chimique après le contact (d'après TTA 601) . 67
 Figure 3 - Les toxiques de guerre en phase liquide (d'après TTA 601)..... 73
 Figure 4 - Stabilité de l'air 82
 Figure 5 - Instabilité de l'air 82
 Figure 6 - Neutralité de l'air 82
 Figure 7 - Neurotoxiques organophosphorés : agents G..... 86
 Figure 8 - Neurotoxiques organophosphorés : Agents V..... 88
 Figure 9 - Inhibition des cholinestérases par les neurotoxiques organophosphorés..... 89
 Figure 10 - Schéma réactionnel de la formation du benzilate de quinuclidinyle 111
 Figure 11 - Protection individuelle assistée (d'après TTA 601) 141
 Figure 12 - Les niveaux de protection NBC (d'après TTA 601)..... 142
 Figure 13 - Appareil Respiratoire Isolant à circuit fermé (ARI-CF) 144
 Figure 14 - Appareil Respiratoire Isolant à circuit ouvert (ARI-CO)..... 144
 Figure 15 - Coupe d'une cartouche filtrante (d'après TTA 601 bis) 147
 Figure 16 - ANP-VP mle F1 (d'après TTA 601)..... 151
 Figure 17 - Modélisation de la ZEX si vent < 1m.s⁻¹ 157
 Figure 18 - Modélisation de la ZEX si vent > 1m.s⁻¹ 157
 Figure 19 - Modélisation de la ZC si vent < 1m.s⁻¹ 158
 Figure 20 - Modélisation de la ZC si vent > 1m.s⁻¹ 158
 Figure 21 - Modélisation du zonage si vent < 1m.s⁻¹ 159
 Figure 22 - Modélisation du zonage si vent > 1m.s⁻¹ 159
 Figure 23 - Chronologie des évènements suite à un accident chimique (d'après BSPP) 162
 Figure 24 – Organigramme d'orientation pour l'identification du toxique en fonction de la clinique 167
 Figure 25 - Pré-triage médical en cas d'afflux de victimes..... 168
 Figure 26 - Temps mis pour la pose d'une VVP (témoin/tenu NRBC)..... 170
 Figure 27 - Temps mis pour l'intubation (témoin/tenu NRBC) 172
 Figure 28 - Chaînes de décontamination pour victimes valides et invalides sous tente (UTILIS SA®)..... 208
 Figure 29 - Schéma d'organisation du CA2C de l'HIA PERCY (d'après ppt. MC FUILLA) 209

Figure 30 - Schéma de synthèse - Stratégie de PEC des victimes en ambiance chimique	213
Figure 32 - Taille de la plaque-étiquette de danger (d'après prim.net)	226
Figure 33 - Plaque-étiquette de danger (d'après prim.net)	227

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 - Brûlure à l'ypérite du 2ème degré.....	98
Photographies 2 - ARI-CO et ARI-CF (Photos BSPP©).....	145
Photographie 3 - Cartouche filtrante "large spectre"	148
Photographie 4 - ANP mle 51 M 53 (d'après TTA 601 bis)	149
Photographie 5 - Tenue Légère de Décontamination TLD 93 (d'après TTA 601 bis)	153
Photographies 6 - Cagoules de fuite adulte, enfant, bébé	154
Photographie 7 - Capteur de CO ₂ télé-expiratoire de type Easy Cap II.....	173
Photographie 8 - Montage final après intubation en ambiance chimique.....	174
Photographie 9 - Exercice d'intubation sous tente à air vicié	180

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 - Etats ayant ratifié la CIAC	218
Annexe 2 - Conseil exécutif de l'OIAC	220
Annexe 3 - Le potentiel chimique militaire	221
Annexe 4 - Le recensement des établissements SEVESO II	223
Annexe 5 - Classification et signalisation des matières dangereuses	224
Annexe 6 - Dotation médicale du PRV - Lot pour 10 victimes	228

INTRODUCTION

« N. R. B. C. » ; ces quelques lettres suffisent à provoquer inquiétude voire angoisse dans l'inconscient collectif. Tout le monde a en mémoire les images des victimes des combats à l'arme chimique lors de la Grande Guerre. L'émergence du terrorisme mondial depuis les attentats du 11 septembre 2001 aux Etats-Unis a provoqué une prise de conscience collective de cette nouvelle menace. De plus l'attentat au gaz sarin dans le métro de TOKYO a montré la faisabilité du terrorisme chimique. Par ailleurs le développement industriel de nos pays rend les risques technologiques omniprésents.

Nous avons essayé dans ce travail de reprendre, après un rappel historique, les notions de risque et de menace chimiques, de faire le point sur le cadre légal national et sur la doctrine militaire en la matière. Une étude toxicologique nous montrera l'extrême variété des substances pouvant être rencontrées. Disposant de moyens de protection performants, nous verrons que le dogme de la décontamination préalable à toute action médicale n'est plus tout à fait licite si l'on veut donner aux populations les meilleures chances de survie. Ainsi nous expliciterons le concept de médicalisation de l'avant en ambiance chimique et nous montrerons comment il peut être intégré dans les protocoles de prise en charge des victimes suite à un évènement, accidentel ou terroriste, impliquant des substances chimiques.

* * * * *

CHAPITRE 1 - HISTORIQUE

L'arme chimique dans sa dimension d'arme de destruction massive a fait tragiquement son entrée dans l'histoire de l'humanité un certain 22 avril 1915 à Ypres. L'arme chimique est qualifiée de manière classique d'« arme de destruction massive » alors qu'elle tue sans détruire et ne possède pas non plus la létalité des armes biologiques ou nucléaires. Ce terme sera donc utilisé selon la terminologie classique mais non pour son sens littéral. D'ailleurs, si aujourd'hui l'arme chimique sous entend une certaine technologie et la recherche de composés toxiques, on peut constater dans l'histoire qu'une simple fumée irritante, judicieusement utilisée, constitue déjà en soi une arme chimique. Ainsi nous allons voir que les origines de ces armes nous fait remonter beaucoup plus loin dans le temps, jusqu'à l'Antiquité.

1.1. LES ORIGINES ANCESTRALES

La première trace dans l'histoire d'utilisation d'une substance chimique à des fins guerrières remonte à la guerre du Péloponnèse (428 – 424 avant notre ère) [1]. On soupçonne le général athénien Démosthène, assiégeant la petite île ionienne de Sphactérie d'avoir utilisé des fumées « puantes » générées par la combustion de plumes mélangées à de la poix afin de contraindre les Spartiates à se rendre. Cette même technique sera utilisée une dizaine d'années plus tard lors du siège des Platées. L'historien Tite-Live nous rapporte l'occasion en 187 avant Jésus-Christ pour les assiégés de recourir à des fumées « suffocantes et caustiques » pour chasser les Romains.

Les Byzantins utilisèrent contre les Turcs pendant cinq siècles le « feu grégeois ». Ces fumées toxiques résultaient de l'inflammation d'une pâte de composition secrète à base de résine ou de goudron mélangé à du soufre, du salpêtre (nitrates), de l'oxysulfure d'antimoine et de la chaux vive [2]. Un Grec du nom de Kallinikos en 673 de notre ère l'a utilisé pour la défense de Constantinople contre les Sarrasins. C'est grâce à cette arme inattendue que les Musulmans auraient été repoussés. Au XIV^{ème} siècle ce seront les Turcs qui l'utiliseront contre les Grecs. Puis la formule s'étendit à toute l'Europe en connaissant quelques remaniements et on la trouvera utilisée lors de sièges ou de batailles navales. Il sera utilisé pendant plus de huit siècles et ne sera détrôné que par l'invention de l'artillerie.

Des mélanges du même type seront également employés pour agir par voie digestive. Ainsi, Frédéric Barberousse emporta en 1155 la ville de Tortona dans le Piémont italien après avoir empoisonné les vivres des assiégés avec une mixture de soufre et de goudron.

Le Moyen-âge et la Renaissance ont vu l'essor des barriques de chaux vive aveuglante projetées par des catapultes, des « pots puants », des « bombes toxiques », des grenades ou nettement plus toxiques, des fumées arsenicales. Ces dernières résultaient de chiffons imprégnés d'arsenic puis enflammés. Elles seront utilisées par les défenseurs de Belgrade pour repousser les Turcs qui assiégeaient leur ville en 1456 après avoir pris Constantinople trois ans auparavant. Les « pots puants » et les « bombes toxiques » furent utilisés en grande quantité pendant la guerre de Trente ans (1618-1648) et selon Leibnitz, « leur fumée insupportable délogeait l'ennemi le mieux retranché ». Vers 1675, les « Dragons » de Louis XIV délogèrent quant à eux les Protestants réfugiés dans les grottes du Languedoc à l'aide de fumées toxiques.

Flemming, écrivain et diplomate allemand, décrit dans un ouvrage paru en 1726 des armes chimiques utilisant d'autres produits toxiques que l'arsenic comme l'orpiment, le plomb, la céruse, le minium, le vert-de-gris ou l'antimoine mélangés pour faire bonne mesure avec des poisons végétaux issus de la belladone et de l'aconit par exemple et même des venins.

Les Britanniques à leur tour envisagèrent le recours aux armes chimiques au cours du siège de Sébastopol (1854 – 1856). L'amiral Sir Thomas Cochrane prévoyait d'utiliser des vapeurs sulfureuses pour enfumer mortellement la garnison russe qui tenait le fort de Sébastopol lors de la guerre de Crimée. Ce plan qui devait voir l'utilisation de 500 tonnes de soufre associés à 2000 tonnes de coke échoua pour des raisons techniques. Plus tard, afin de « soumettre » les Boers d'Afrique du Sud (1899 – 1902), les Anglais eurent recours à des obus contenant de l'acide picrique dont les vapeurs sont toxiques.

Au cours de la guerre américaine de Sécession (1861 – 1865) le chimiste new-yorkais John Doughty mit au point des obus de chlore pour briser la résistance des Sudistes mais les troupes Yankee se refusèrent à en faire usage.

Imaginée et employée par le passé sous différentes formes avec des succès très relatifs compte tenu d'une technologie peu maîtrisée, l'arme chimique a toujours été considérée comme contraire aux us et coutumes de la guerre. Aussi lorsque les grandes nations de l'époque se réunirent à La Haye en 1898 et 1907 pour formaliser un code éthique de la guerre, elles imposèrent l'interdiction des armes chimiques. Pourtant la France au début de la Grande

Guerre n'hésita pas à employer des gaz incapacitants (des irritants). Toutefois ces derniers n'avaient aucune répercussion sur la santé des combattants.

1.2. LA GRANDE GUERRE ET L'ESCALADE MEURTRIÈRE

Ypres, le 22 avril 1915, 18 heures... sur un front de 6 Km les forces allemandes viennent de répandre 150 tonnes de chlore contenues dans 6000 sphères environ... les vapeurs forment rapidement un nuage toxique qui se dirige grâce au vent soufflant en direction des positions ennemies à la vitesse de 2 à 3 mètres par seconde. Ce jour là les soldats français figés dans cette guerre de tranchées depuis plusieurs semaines virent ramper vers eux une brume jaune et âcre avant de suffoquer les poumons en feu.

L'Allemagne venait en ce jour de printemps de donner le départ d'une escalade meurtrière qui, malgré l'indignation et l'horreur de tous, ne sera difficilement enrayée par la communauté internationale qu'au cours de la fin du XX^{ème} siècle.

Avec cette arme chimique l'ennemi avait obtenu en une heure ce qu'il n'avait pas réussi à conquérir depuis des mois, une percée de 6 Km ouvrant l'accès à la Mer du Nord et mettant l'Angleterre à portée de son artillerie. Les Allemands, protégés par des tampons respiratoires, investirent peu après ces positions jonchées de cadavres verdâtres et de victimes à l'agonie en proie à de violents spasmes. Pour 2 à 3000 intoxiqués, le « maudit nuage » venait de tuer 800 à 1000 soldats dans d'atroces souffrances. Paradoxalement le haut commandement allemand, qui n'avait pas imaginé un tel « succès », fut incapable de fournir les renforts suffisants pour tenir le terrain conquis et dès le lendemain les Alliés avaient repris le terrain cédé...

L'inventeur de cette arme chimique était un « petit homme chauve aux yeux noirs profondément enfoncés dans leurs orbites », le Professeur Fritz Haber, directeur du département de chimie de l'institut Kaiser Wilhelm à Berlin. C'est semble-t-il sans état d'âme que ce scientifique de haut niveau a proposé l'utilisation du chlore, solution d'autant plus simple que l'industrie allemande, alors la plus puissante au monde, pouvait fournir en grandes quantités. Neuf jours plus tard, son invention fit une autre victime... Clara, son épouse, préféra mettre fin à ses jours lorsqu'elle découvrit avec horreur ce que son mari avait imaginé. Ironie de l'histoire, le Professeur Haber reçut avant la fin de la guerre le Prix Nobel pour ses travaux sur la synthèse de l'ammoniaque à partir de l'azote de l'air qui permirent le développement des engrais et par voie de conséquence l'amélioration des rendements

agricoles. Ainsi le Comité Nobel, face à l'immense controverse provoquée à l'époque mit en avant sa « contribution éminente à la lutte contre la faim »... Par ailleurs il n'aura aucune reconnaissance de sa patrie qu'il devra fuir à l'arrivée d'Adolf Hitler au pouvoir en raison de ses origines juives.

L'Allemagne, jusqu'aux derniers jours du premier conflit mondial, continuera d'utiliser massivement l'arme chimique. Le 31 mai 1915 un mélange beaucoup plus meurtrier fut répandu sur le front russe associant du phosgène au chlore. Toutefois, ces agents restaient des agents suffocants dont l'action exclusivement respiratoire fut rapidement contrée par la mise au point de masques isolants avec cartouches filtrantes. Il fallut donc ajouter à l'arsenal des agents capables de traverser la barrière cutanée. Par ailleurs, les nuages de vapeurs étant tributaires des conditions météorologiques, il fallut concevoir de nouveaux vecteurs.

En juillet 1915, les Allemands tirèrent des obus chargés d'un irritant, le bromure de benzyle. En mars 1916, à Verdun, les Français eurent recours à 75 obus à phosgène. Trois mois plus tard les Allemands employèrent à leur tour du phosgène faisant 6000 morts sur le front russe. En juillet 1916 lors de l'offensive de la Somme, les Français tirèrent, avec peu d'effets, les premiers obus d'artillerie chargés en acide cyanhydrique. Les Allemands répliquèrent de la même façon mais avec du diphosgène. En avril 1917, les Britanniques mirent au point des mortiers pour munitions chimiques : les « Projector Livens ». En septembre de la même année, les Allemands tentèrent l'emploi d'obus chargés en arsines sans grand effet.

Une nouvelle étape majeure est franchie avec l'introduction par les Allemands le 12 juillet 1917 de l'ypérite (du fait de son emploi pour la première fois près d'Ypres), plus connue sous le nom de « gaz moutarde ». Cet agent, invisible, ne dégageant qu'une faible odeur de moutarde, a la faculté de provoquer des brûlures des yeux, de la peau et des muqueuses en les rongant avec un effet retard qui ajouta au caractère diabolique de ce nouvel agent. Une nouvelle classe venait de s'ouvrir, celle des agents vésicants pour laquelle on dut ajouter, au masque déjà contraignant, une combinaison étanche pour protéger le combattant. De plus cet agent était le premier à avoir la faculté de rester actif après sa dissémination d'où la qualification d'agent persistant par opposition aux précédents qui étaient fugaces. L'ypérite deviendra rapidement l'agent de choix des belligérants. En juin 1918, 25% des obus français contenaient de l'ypérite. Moins létal que le phosgène, il avait l'« avantage » d'être très contraignant pour les troupes et extrêmement invalidant pour les victimes. Les Américains ajoutèrent fin 1918 un agent à la classe des vésicants : la lewisite, premier agent

spécifiquement synthétisé pour la guerre contrairement aux précédents qui étaient dérivés de l'industrie chimique. Il ne fut toutefois pas utilisé en raison de la cessation des combats.

Au terme du conflit mondial, le bilan approximatif faisait état d'une soixantaine de millions d'obus chimiques fabriqués, de l'usage de 113.000 tonnes de toxiques sur les champs de bataille et de 1.300.000 victimes dont 91.000 morts soit une létalité de 7%. Aucune autre guerre par la suite ne fut le théâtre d'une utilisation aussi massive de l'arme chimique. Certains historiens considèrent même que si le conflit s'était prolongé d'un an il se serait transformé en une guerre chimique généralisée [3].

1.3. L'ENTRE DEUX GUERRES

L'horreur et les dégâts causés par l'arme chimique durant la Grande Guerre firent interdire aux vaincus la fabrication et l'importation d'armes chimiques. Cette notion sera présente dans tous les traités signés après la capitulation allemande. En particulier dans le Traité de Versailles du 28 juin 1919, l'article 171 précisait que « l'emploi des gaz asphyxiants, toxiques ou similaires, ainsi que de tous les liquides, matières ou procédés analogues, étant prohibé, la fabrication et l'importation en sont rigoureusement interdites à l'Allemagne ».

Pourtant, dès 1919, les Russes blancs, avec le concours des Britanniques eurent recours à l'arme chimique contre les bolcheviks.

Puis en 1925, en même temps que se déroulait à Genève une nouvelle Convention sur l'interdiction des armes chimiques, l'Espagne utilisa des gaz de combat, de l'ypérite principalement, lors de la guerre du Rif contre les tribus Berbères qui refusèrent l'autorité de Madrid.

Les Japonais à leur tour en usèrent six ans plus tard en Mandchourie. Les troupes de Mussolini dans leur conquête de l'Abyssinie (actuelle Ethiopie) en 1936 dévastèrent d'immenses territoires avec 700 tonnes de gaz moutarde. Dans ce conflit un tiers des victimes faites par les Italiens furent dues aux armes chimiques, si bien que la communauté internationale indignée décréta un embargo, par la voix de la Société Des Nations, ancêtre de l'Organisation des Nations Unies (ONU). Cette mesure sera sans effet et l'Abyssinie sera annexée quelques mois plus tard par l'Italie qui avait pourtant ratifié la Convention de Genève de 1925.

1.4. LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Au déclenchement de la Seconde Guerre Mondiale, tout le monde s'attendait à un désastre chimique. Toutefois le rapport des forces en présence était tel qu'aucune des parties ne se hasarda à lancer l'offensive chimique. Seule exception à ce cadre général fut la guerre sino-japonaise pendant laquelle les Japonais eurent massivement recours aux armes chimiques contre les troupes et les populations chinoises.

Dès 1942, la Grande-Bretagne par la voix de Winston Churchill fit savoir que « toute initiative malheureuse de la part des nazis à l'encontre de l'allié soviétique ferait immédiatement l'objet de représailles de même nature contre les principales villes allemandes » (Message radiodiffusé le 10 mai 1942) [4]. De plus cette arme était peu adaptée à la guerre de mouvement. Par ailleurs, l'utilisation du Zyklon B dans les chambres à gaz nazies ne relève, selon Claude Meyer, « ni de la guerre chimique, ni de la guerre tout court : c'est un crime contre l'humanité » [3].

L'invasion du territoire nazi à la fin du conflit permit de mettre à jour le véritable arsenal allemand qui, en cas d'emploi, aurait pu surclasser la capacité de riposte des Alliés. En effet ces derniers avaient des stocks en grande quantité mais les technologies avaient connu peu d'évolution depuis la Grande Guerre au contraire des Allemands qui disposaient non seulement de nouveaux vecteurs de dissémination mais surtout d'une nouvelle génération d'agents : les neurotoxiques. C'est un chercheur allemand civil, Gerhard Schrader, de la puissante société IG FARBEN qui, en travaillant sur les insecticides, mit au point en 1937 le tabun, agent huit fois plus puissant que le phosgène. Il poursuivit ses recherches avec la synthèse en 1939 du sarin, 50 fois plus puissant que le phosgène. Le soman apparut en 1944 au sein de la même usine. Les Britanniques complétèrent cette nouvelle famille avec le VX en 1953 qui intéressera particulièrement les protagonistes de la Guerre Froide, les Russes ayant synthétisé de leur côté le VR.

1.5. LA GUERRE FROIDE ET LES CONFLITS « RECENTS »

La course aux armements qui occupa les deux blocs de 1947 à 1987 sera particulièrement âpre concernant l'arme chimique. Les Etats-Unis et l'URSS tentèrent chacun d'exploiter au maximum les résultats des recherches des scientifiques allemands. Les Américains développèrent particulièrement le VX et la technique de binarisation pendant que les Soviétiques développèrent le soman. Les recherches portèrent également sur les vecteurs de dissémination avec l'introduction de l'aviation et la conception de missiles à compartiments chimiques.

On ne dénombre pas moins d'une vingtaine de cas d'utilisation d'armes chimiques, principalement utilisées par de petits pays lors de conflits de peu d'envergure. Les deux géants n'y eurent recours qu'en deux occasions.

Lors de la Guerre du Vietnam, les Américains utiliseront massivement de puissants désherbants, en déversant environ 45 000 tonnes. Le but initial était de dégager une bordure de végétation le long des routes afin de les sécuriser en diminuant la capacité d'action des petits groupes de soldats Viêt-Congs surgissant de la végétation abondante pour tendre des embuscades. Puis l'escalade conduisit à la défoliation totale de vastes étendues de forêts (2,5 millions d'hectares) et à la destruction de cultures avec 1,3 millions d'hectares de terres stérilisées pour affamer la population. Ces agents portaient le nom de couleurs correspondant à celle de leur conteneur. On retrouvera ainsi l'agent orange (le 2-4-5 T), l'agent blanc dérivé du phénol et l'agent bleu à base de sels d'arsenic. En 1975, au sortir de la Guerre du Vietnam, les Américains ratifièrent le Protocole de Genève de 1925.

Les Soviétiques utilisèrent à partir de 1980 des paralysants pour déloger les Moudjahiddines retranchés dans les montagnes de l'Hindu Kuch en Afghanistan. En 1987 avec la perestroïka, l'URSS reconnut la possession d'armes chimiques, ouvrant la porte à la transparence qui commençait à se mettre en place en Occident.

Plus récemment un nouveau pays fit parler de lui en raison de l'utilisation répétée d'armes chimiques : l'Irak. En effet, lors du conflit Iran – Irak, de 1984 à 1987, les troupes de Saddam Hussein usèrent du gaz moutarde puis du tabun à une quarantaine d'occasions au moins. Puis le gouvernement irakien utilisera les gaz chimiques contre son propre peuple afin d'écraser la rébellion kurde. Plus de 5000 civils, hommes, femmes et enfants périrent à Halabja à 150 Km au nord – est de Bagdad.

1.6. LA CONVENTION DE 1993 SUR L'INTERDICTION DES ARMES CHIMIQUES

1.6.1. Genèse de la convention

Avec la fin de la Guerre Froide la communauté internationale put envisager la conception d'un droit international visant à interdire à l'échelle planétaire les armes chimiques.

Dès 1985, le « Groupe Australie » regroupant quelques états, tentait de limiter le trafic international civil des technologies et des composés pouvant conduire à la fabrication d'armes chimiques.

Rappelons que les traités de La Haye en 1899 et 1907 prohibaient déjà « l'emploi des poisons, des balles empoisonnées et celui de projectiles qui ont pour but unique de répandre des gaz asphyxiants et délétères ». Puis en 1925, le Protocole de Genève visait à imposer « l'interdiction à la guerre de gaz asphyxiants, toxiques ou similaires et de moyens bactériologiques ». En 1972, c'est la convention de Londres, Moscou et Washington qui tentera à son tour d'imposer « l'interdiction de la mise au point, de la fabrication et du stockage des armes bactériologiques (biologiques) ou à toxines et sur leur destruction ».

Des travaux initiés en 1978 à Genève par le comité du désarmement puis par la conférence du désarmement marquèrent le début de la mise au point de la conférence sur l'interdiction. En 1984, le vice-président Bush énonce une proposition choc : la possibilité d'inspections de contrôle « anywhere, anytime ». Cette initiative sera acceptée par l'URSS en 1987. La conférence de Paris marquera l'achèvement de ces travaux avec la signature à Paris les 13 et 14 janvier 1993 de la « Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques » par 130 Etats.

Ce texte ne se contente pas comme les précédents traités d'énoncer des principes généraux mais décrit un ensemble de procédures minutieuses visant à désarmer et à surveiller étroitement les industries chimiques sensibles avec la création d'inspecteurs internationaux dotés de pouvoirs d'investigation étendus. La convention fait 170 pages comprenant un préambule, 24 articles et trois annexes dont nous allons reprendre les principaux éléments [5].

1.6.2. Les principaux aspects de la convention

1.6.2.1. Objectifs

Ils sont résumés dans l'article 1 qui prohibe la mise au point, la fabrication, le stockage, le transfert, l'emploi d'armes chimiques. Chaque pays signataire, ou Etat-partie, s'engage donc à détruire ses stocks d'armes chimiques ainsi que toutes ses installations de production. En outre, l'usage d'agents anti-émeute est proscrit comme arme de guerre.

L'article 2 définit avec précision les armes chimiques relevant de la convention. Ce sont non seulement les armes opérationnelles mais aussi leurs éléments constitutifs pris séparément : le produit chimique toxique quelle qu'en soit l'origine, les munitions et dispositifs adéquats, tout matériel spécifiquement conçu pour être utilisé en liaison directe avec leur emploi. Ainsi les agents chimiques toxiques d'origine biologique, comme les toxines, relèvent eux aussi de la convention.

1.6.3. Surveillance de l'industrie chimique

1.6.3.1. Produits sensibles

L'annexe 1 de la convention regroupe au sein de trois tableaux différentes substances et familles de composés chimiques sensibles qui feront l'objet d'une surveillance particulière. Les substances y sont définies par leur formule et par le numéro qui les répertorie dans le fichier du « Chemical abstracts service ». Les familles sont caractérisées par un ensemble de fonctions chimiques dangereuses. Par ailleurs la liste n'est pas figée car la convention prévoit de pouvoir ajouter à ces tableaux toute nouvelle substance potentiellement dangereuse.

1.6.3.1.1. Tableau I

Il regroupe des produits n'ayant pas d'applications industrielles civiles ayant été mis au point comme arme ou chimiquement proches de ces derniers.

A noter la présence dans ce tableau de la saxitoxine et de la ricine. Mais comme nous l'avons signalé, les toxines sont incluses dans la convention alors qu'elles sont parfois classées comme agents biologiques. La saxitoxine est une neurotoxine paralysante non protéique qui inhibe les canaux voltage-dépendants de la cellule alors que la ricine est une protéine cytotoxique qui agit par inhibition de la synthèse protéique. Cette dernière fit son entrée dans l'histoire avec l'affaire du « parapluie bulgare ».

Tableau 1 - Produits chimiques et leurs précurseurs (Tableau I simplifié de la convention)

Produits chimiques toxiques	Précurseurs
Sarin Soman et autres alkylphosphonofluoridates de O-alkyle Tabun et autres N,N-dialkylphosphoramidocyanidates de O-alkyle Alkylphosphonothioates de O-alkyle Ypérites et autres moutardes au soufre Léwisites Moutardes à l'azote Saxitoxine Ricine	Chlorosarin Chlorosoman et dérivés phosphorylés Phosphonites et amines

1.6.3.1.2. Tableau II

Le tableau II regroupe les produits toxiques ou leurs précurseurs qui présentent une utilisation civile mais en quantités limitées : les amitons, le trichlorure d'arsenic...

Tableau 2 - Produits chimiques et leurs précurseurs (Tableau II simplifié de la convention)

Produits chimiques toxiques	Précurseurs
Certains amitons et leurs sels alkylés ou protonés Benzylate de quinuclidinyle Dérivé fluoré du propène	Dérivés alkylés de l'acide phosphonique, de l'aminoéthanol, de l'aminoéthanethiol Trichlorure d'arsenic Quinuclidinol Thiodiglycol Alcool pinacolique

1.6.3.1.3. Tableau III

Il regroupe des produits synthétisés et produits en grandes quantités par l'industrie dont certains ont été employés comme armes chimiques. Certains comme le phosgène, la chloropicrine, l'acide cyanhydrique et le chlorure de cyanogène sont particulièrement dangereux.

Tableau 3 - Produits chimiques et leurs précurseurs (Tableau III simplifié de la convention)

Produits chimiques toxiques	Précurseurs
Phosgène Acide cyanhydrique Chlorure de cyanogène Chloropicrine	Dérivés phosphorés et soufrés Dérivés alcools aminés

1.6.3.2. Restrictions touchant les produits sensibles

La synthèse des produits du tableau I n'est autorisée qu'à des fins de recherche médicale ou pharmaceutique ou pour des études de protection. En effet, la mise au point de moyens plus performants de protection est de nature à diminuer l'attrait militaire pour une substance toxique d'où cette disposition prise par les rédacteurs de la convention. Par contre

la quantité globale produite est limitée à une tonne par an et par pays. Elle ne peut s'effectuer que dans « une installation unique à petite échelle » ainsi que dans des laboratoires répertoriés et contrôlés. Par ailleurs toute exportation vers des Etats non-parties est prohibée.

Les installations synthétisant des substances du tableau II doivent déclarer leur production à partir d'un tonnage seuil, variable selon le produit. L'exportation vers des Etats non-parties est interdite trois ans après l'entrée en vigueur de la convention.

Les installations produisant annuellement plus de 30 tonnes des substances du tableau III doivent être déclarées et contrôlées. L'exportation vers des Etats non-parties ne peut s'envisager que s'ils s'engagent à une utilisation pacifique. Sont donc déclarées toutes les usines fabriquant annuellement plus de 30 tonnes d'un produit organique renfermant du phosphore, du soufre ou du fluor (« produit PSF »). Il en est de même pour toutes les installations produisant plus de 200 tonnes par an d'un produit chimique organique à l'exception des usines d'hydrocarbures et d'explosifs.

1.6.4. L'OIAC - Organisation pour l'interdiction des armes chimiques

Contrairement aux précédents traités qui n'avaient qu'une valeur d'annonce de principes généraux, la convention de 1993 se dote d'une structure politique et administrative chargée de veiller à l'application de toutes ses dispositions et de créer un cadre au sein duquel les Etats-parties se consultent et coopèrent. Son organisation est la suivante [6] :

◇ Chaque Etat-partie nomme un représentant, l'ensemble de ces représentants constitue la **conférence des Etats-parties** siégeant à La Haye qui en est l'organe suprême. Elle tient des sessions annuelles ordinaires au cours desquelles elle émet des recommandations, des directives et prend des décisions (cf. annexe 1).

◇ Cette conférence élit un conseil exécutif comptant 41 membres selon la répartition géographique suivante (cf. annexe 2) :

- 10 représentants des pays occidentaux
- 9 d'Afrique
- 5 d'Europe orientale
- 9 d'Asie
- 7 d'Amérique latine et des Caraïbes
- 1 membre désigné alternativement par les deux derniers groupes

◇ Ce conseil exécutif agit sous la férule d'un directeur général et par l'intermédiaire d'un secrétariat technique composé de personnels administratifs, scientifiques, techniques et d'inspecteurs internationaux (200 environ).

1.6.5. Destruction des armements chimiques

Toutes les armes chimiques des pays adhérents doivent être détruites dans un délai de dix ans. Le secrétariat technique en assure le contrôle permanent. La séquence suivante a été retenue :

- déclaration des stocks d'armes chimiques opérationnelles, anciennes ou abandonnées
- déclaration et description des stocks d'agents anti-émeute
- déclaration des importations ou exportations d'armes chimiques depuis 1946
- proposition d'un calendrier de destruction qui décrit en outre la technologie mise en œuvre
- destruction des armes chimiques
- déclaration annuelle de destruction

Les procédés de destruction doivent bien naturellement être respectueux de l'environnement. Ils nécessitent l'enlèvement de la substance chimique de son conteneur puis sa destruction en système clos par incinération, hydrolyse ou neutralisation chimique.

1.6.6. Démantèlement des capacités de production d'armes chimiques

La séquence est sensiblement identique :

- déclaration et description des sites de production existants ou ayant existé depuis 1946
- déclaration des installations importées ou exportées depuis 1946
- planification des opérations de démantèlement
- déclaration annuelle de démantèlement

L'ensemble de ces opérations doit être réalisé en dix ans. Quatre modalités de démantèlement peuvent être envisagées :

- la destruction
- la fermeture
- la conversion définitive en une unité de production civile
- la conversion temporaire en une unité de destruction d'armes chimiques

1.6.7. Modalités de contrôle

L'article 9 de la convention définit les modalités générales des contrôles et l'annexe 2 en décrit les procédures et prévoit à l'avance un certain nombre de situations conflictuelles et en prescrit la conduite à tenir. Les rédacteurs de la convention avaient d'ailleurs bénéficié de l'expérience des inspecteurs délégués par l'ONU en Irak.

Les inspecteurs effectuent non seulement des missions de routine programmées mais ils peuvent également décider de visites inopinées après mise en demeure ou dans le cadre d'enquêtes faisant suite à une allégation d'emploi d'armes chimiques.

L'inspection inopinée par mise en demeure aussi appelée « inspection par challenge » est l'arme dissuasive par excellence, garante du respect et de la crédibilité de la convention. Ainsi tout Etat-partie qui suspecterait une violation par un autre Etat-partie peut demander au directeur général du secrétariat technique une inspection sur place par mise en demeure. Si la demande est recevable, elle est notifiée à l'Etat-partie mis en cause au moins douze heures avant l'arrivée de l'équipe d'inspection. L'accès au site incriminé doit être possible au maximum cinq jours après la notification. A l'échelon industriel, ce délai qui peu paraître long est en effet très court pour camoufler une production significative de produit illicite. Par ailleurs le site incriminé peut entre temps être placé sous surveillance satellitaire permanente.

Une équipe d'inspecteurs peut également être amenée à enquêter sur une allégation d'emploi d'agents chimiques ou d'agents anti-émeute en tant qu'arme de guerre. Pour cela elle dispose d'une possibilité totale d'accès à toute zone suspecte, aux camps de réfugiés, aux hôpitaux et à tout lieu pertinent. Par ailleurs elle peut prélever tout échantillon utile, y compris des prélèvements biologiques sur l'homme ou les animaux et procéder à des analyses sur place ou à l'extérieur. Elle peut également interroger témoins, victimes présumées et personnel médical, consulter les dossiers médicaux et assister à des autopsies.

Une formation spécifique est dispensée aux inspecteurs par l'institut hollandais Prins Maurits. En France, un enseignement est dispensé par le centre français de formation pour l'interdiction des armes chimiques (CEF-FIAC) sous l'égide du Ministère de la Défense. Le Service de Santé des Armées, entre autres, participe à cette formation.

1.6.8. Application

L'article 21 prévoyait qu'elle « entre en vigueur le cent quatre vingtième jour qui suit la date de dépôt du soixante cinquième instrument de ratification, mais en aucun cas avant un

délai de deux ans à compter de la date de son ouverture à la signature ». Elle est entrée dans les faits en vigueur en 1997 soit quatre ans après sa signature alors que les prévisions de l'époque estimaient une entrée en vigueur possible pour 1995. Il faut toutefois signaler la grande difficulté de la destruction des armes chimiques nécessitant la construction d'usines spécialisées.

Par ailleurs la tournure géostratégique actuelle procure plus d'inconvénients à rester en dehors de la convention que de la ratifier car l'avantage à utiliser un armement chimique face à une armée entraînée et équipée est relativement mince et il existe un risque non négligeable d'être soumis à de nombreuses restrictions sur les échanges économiques avec les Etats-parties.

1.7. LES EVENEMENTS IMPLIQUANT DES ARMES CHIMIQUES

Voici une liste non exhaustive faisant état d'accidents impliquant des armes chimiques d'après Pierre KOHLER, historien [1] :

- 1968 – USA : Suite au blocage d'une valve, un chasseur Phantom pulvérise par accident du gaz VX lors d'un exercice. Fort heureusement, cet accident ne fera que des victimes animales puisqu'on retrouvera 6400 moutons morts dans les prés alentour.
- 1969 – Belgique : 1 ou 2 barils d'Ypérite fuient en Mer du Nord provoquant la mort d'une grande quantité de poissons mais aussi des brûlures sur quelques pêcheurs et enfants jouant sur des plages.
- 1972 – Alaska : 50 rennes sont tués par du sarin. 200 cartouches entreposées sur un lac gelé avaient été englouties lors de la fonte des glaces et jamais retrouvées.
- 1979 – Allemagne : Un enfant succombera après avoir trouvé un stock de cartouches de tabun près de Hambourg.
- 1979 – Russie : Un millier de personnes seraient décédées après la fuite d'une grande quantité d'agent chimique (V-21) à Sverdlovsk, aujourd'hui Ekaterinbourg dans l'Oural.
- 1980 – Cuba : Un agent de renseignement est blessé après avoir approché accidentellement un dépôt de munitions chimiques.

- 1995 – France : Neuf personnes sont décédées dans une grotte à Monterolier dans la Seine Maritime. Il s’agissait de trois adolescents, d’un père de famille, de quatre pompiers et d’un spéléologue venus à leur secours après qu’ils se sont perdus dans une grotte. Les experts ont alors accredité la thèse de l’intoxication au monoxyde de carbone à laquelle les familles n’ont jamais cru alors que l’hypothèse d’une asphyxie due à des gaz de combat stockés par les Allemands pendant la Seconde Guerre Mondiale avait également été développée [1].

1.8. LES ACCIDENTS INDUSTRIELS

Les accidents chimiques les plus importants de ces dernières décennies donnent la mesure de ce risque :

- 1976, Seveso en Italie : 2 kg de dioxine s'échappent dans l'atmosphère et contaminent une superficie de 2 500 hectares,
- 1978, camping de Los Alfaques en Espagne : l'explosion d'une citerne de propylène sous pression fait 216 morts et 200 blessés, dont des brûlés gravement atteints,
- 1979, Mississauga au Canada : un accident de train provoque une fuite de chlore pendant 4 jours, entraînant l'évacuation de 240 000 personnes,
- 1984, Bhopal en Inde [7] : la rupture d'une soupape de sécurité provoque la fuite dans l'atmosphère de 35 tonnes d'isocyanate de méthyle en 40 minutes, exposant 200 000 personnes au toxique, dont 6 500 décèdent par OAP,
- 1992, Dakar au Sénégal [8]: l'explosion d'un camion chargé d'une cuve d'ammoniac liquide fait 150 morts et 500 intoxiqués,
- 2001, Toulouse à l'usine AZF [9]: l'explosion d'un silo contenant du nitrate d'ammonium entraîne la libération de vapeurs nitreuses (NO_2) dans l'atmosphère et la rupture de cuves contenant de l'ammoniaque provoque un dégagement de gaz (NH_3), mais les 30 décès et les nombreuses blessures sont dues au souffle de l'explosion et non aux toxiques libérés.

1.9. L'AVENEMENT DU TERRORISME CHIMIQUE

Si le 22 avril 1915 a marqué la tragique entrée dans l'histoire des armes chimiques, le 20 mars 1995 signe un nouveau tournant dans la terreur avec la première attaque terroriste d'envergure utilisant des agents chimiques.

1.9.1. L'attentat au sarin dans le métro de Tokyo

Voici un rappel chronologique des événements [10] :

Tokyo, lundi 20 mars 1995...

7H55 : Dans cinq voitures de trois rames de lignes différentes du métro de Tokyo qui convergent vers le quartier des ministères du Gouvernement japonais se répand un toxique gazeux. C'est l'heure de pointe en ce lundi matin dans cette ville de douze millions d'habitants. Les toxiques, sous forme liquide, sont placés dans onze sacs plastiques entourés de papier et percés à l'aide de pointes de parapluie. Dans un des wagons, un employé du métro prévenu de la présence d'un liquide suspect par des voyageurs, entreprend de le nettoyer avec un balai qu'il range ensuite dans un placard s'intoxiquant et intoxiquant ses collègues. Les passagers ressentant alors les premiers symptômes sortent des stations de métro s'ils en sont encore capables et se dirigent vers les hôpitaux. D'autres continuent leur trajet le métro n'ayant pas été stoppé. Ils sortiront plus loin augmentant d'autant le périmètre d'action des secours. Les victimes les plus gravement touchées resteront dans les stations où elles seront prises en charge par des équipes médicalisées.

8H16 : Le centre de contrôle des ambulances de Tokyo alerte les hôpitaux annonçant que des explosions ont eu lieu dans différents points du métro et qu'elles sont associées à des émissions de gaz toxiques.

8H28 : La première victime arrive par ses propres moyens à l'hôpital Saint-Luke avec une symptomatologie associant douleurs oculaires et baisse de l'acuité visuelle.

8H43 : La première ambulance arrive à l'hôpital Saint-Luke puis les victimes affluent... 640 personnes se présenteront à cet établissement, un des plus proches des points d'attaque. Avec une capacité de 520 lits il dispose de 129 médecins et de 477 infirmières.

9H05 : Le premier intoxiqué inconscient, apnéique et convulsant arrive aux urgences de l'Ecole de médecine suivi d'une autre victime en arrêt respiratoire.

9H20 : Le plan « désastre hospitalier » équivalent au Plan Blanc français est déclenché par les directeurs des hôpitaux. L'avantage de l'horaire d'attaque fait que l'ensemble des équipes médicales et paramédicales est présente et les programmes opératoires et les consultations sont arrêtés. Par contre très rapidement le chaos s'installe aux abords des hôpitaux où affluent les victimes, les familles, les journalistes, les curieux et les consultants prévus... Ainsi 640 personnes se présenteront à l'hôpital Saint-Luke, 213 à l'hôpital Toranomom [11], 85 à l'Ecole de médecine, 71 à l'hôpital Teishin [12], 58 à l'hôpital universitaire de Tokyo [13]...

9H40 : Le laboratoire des pompiers du métro de Tokyo révèle par une analyse par spectrométrie infrarouge que l'intoxication pourrait être due à de l'acétonitrile [14] sans qu'on ne détecte de méthémoglobinémie chez les patients. Ce produit était probablement le solvant utilisé pour solubiliser le sarin ce qui expliquerait pourquoi les victimes avaient remarqué une forte odeur de peinture. Parallèlement des dosages hospitaliers révèlent une diminution de l'activité des cholinestérases plasmatiques faisant supposer l'emploi d'un agent anticholinestérasique.

11H00 : La police de Tokyo identifie l'agent grâce à des techniques par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Il s'agit de sarin. L'annonce est alors officiellement faite dans les médias mais certains hôpitaux n'apprendront la nouvelle que sept heures plus tard [15].

Au soir du 20 mars, douze personnes sont décédées et plus de 5000 personnes ont été exposées aux vapeurs du sarin.

Cet attentat a été perpétré par la secte japonaise Aum Shinrikyo. Elle n'a eu recours au gaz qu'après avoir échoué pour des raisons techniques dans neuf tentatives de contamination biologique à l'anthrax et à la toxine botulique. Les enquêteurs japonais ont saisi l'arsenal de la secte au pied du Mont Fuji dans le village de Kamikuishiki, à une centaine de kilomètres de Tokyo. Ils ont saisi 180 tonnes de trichlorure de phosphore pouvant servir à fabriquer 40 tonnes de sarin dont seulement 5 litres furent utilisés le 20 mars...

1.9.2. Les autres évènements terroristes

Cette secte avait déjà fait parler d'elle, mais l'information était restée cantonnée au Japon, lors d'un précédent attentat mortel à Matsumoto en juin 1994, petite station de montagne à 150 kilomètres de Tokyo. Cette attaque, visant principalement le système

judiciaire alors que des juges devaient se prononcer sur une plainte prononcée contre la secte, a fait sept victimes et près de 264 hospitalisés. Il s'agissait déjà de gaz sarin.

Puis une vingtaine de personnes ont été hospitalisées à quatre reprises dans les deux mois suivants après avoir respiré des vapeurs toxiques dans des trains de banlieue, un magasin et une salle de sport.

Par ailleurs, une nouvelle attaque a peut être été déjouée dans le métro un mois et demi après la précédente lorsque des gardes découvrirent à temps deux litre de cyanure de sodium en poudre enflammés à proximité d'un bidon d'acide sulfurique dans les toilettes d'une station très fréquentés à Shinjuku. Les carnets saisis dans les locaux de la secte ont montré qu'ils envisageaient de renverser le gouvernement japonais et qu'ils prévoyaient de disperser du sarin sur plusieurs villes du pays ainsi que sur le palais impérial à l'aide d'hélicoptères téléguidés...

L'entrée dans cette nouvelle ère avec l'avènement du terrorisme chimique nous fait maintenant aborder les questions délicates relatives au risque et à la menace chimiques.

**CHAPITRE 2 - DANGER, RISQUE
ET MENACE CHIMIQUES**

Le danger, le risque et la menace chimiques sont des termes faisant malheureusement désormais partie de notre quotidien. Précisons d'abord notre terminologie.

2.1. TERMINOLOGIE

- Le **danger** est ce qui compromet la sûreté, l'existence d'une personne ou d'une chose. Par exemple, par sa nature physique, un produit chimique toxique présente un danger pour celui qui le manipule.
- Le **risque** est défini différemment suivant que l'on se place sur le plan industriel ou militaire :
 - o Sur le plan industriel : il y a risque lorsqu'à un danger est assortie une probabilité d'accident déclenché par maladresse ou insouciance. Ce risque existe plus particulièrement lors des opérations de transport ou de manipulation. C'est pourquoi les accidents chimiques d'origine industrielle font partie des risques technologiques.
 - o Sur le plan militaire : le risque est représenté par la possession, par un adversaire, d'un potentiel NBC.
- La **menace** existe lorsqu'au danger ou au risque est associée une volonté délibérée de nuire :
 - o Sur le plan industriel : par sabotage d'installations ou de moyens de transport.
 - o Sur le plan militaire : lorsque l'emploi par l'adversaire du potentiel NBC est envisageable.

2.2. ACCIDENT OU ATTENTAT ?

Le risque chimique est multiforme et concerne aussi bien les agressifs chimiques de guerre que les toxiques à usage industriels. Lorsqu'une catastrophe survient, comme celle de l'explosion de l'usine AZF à Toulouse en 2001, il n'est pas facile de distinguer rapidement un accident industriel d'un attentat terroriste.

Tableau 4 - Caractéristiques de deux événements d'exposition au risque chimique

Evénements	Catastrophe de Bhopal en Inde 2 décembre 1984	Attentat dans le métro de Tokyo 25 mars 1995
Contexte	Accident industriel	Attentat terroriste
Toxique	Isocyanate de méthyle (toxique industriel, suffocant)	Sarin (neurotoxique organophosphoré)
Quantités	35 tonnes de produit pur	Quelques Kg de produit dilué
Diffusion	Atmosphère libre	Espace confiné
Nature du danger	Vapeur (inhalation)	Vapeur (inhalation) et liquide (contact)
Symptômes majeurs	Troubles respiratoires	Troubles respiratoires
Identification	Immédiate	Différée (3 heures)
Nombre d'intoxiqués	200 000	5 000
Nombre de décès	6 500	12

A partir de deux événements, la catastrophe de Bhopal en Inde en 1984 et l'attentat dans le métro de Tokyo en 1995, il est possible de mettre en exergue des points communs et des différences qui caractérisent les divers types d'exposition au risque chimique (Tableau [16]).

Entre ces deux types d'événements assez bien caractérisés, on peut aussi envisager l'hypothèse d'un attentat perpétré sur un site industriel ou un dépôt de produits chimiques. Il faut alors apporter la preuve qu'il s'agit bien d'un acte terroriste et non pas d'un accident. De nombreuses responsabilités peuvent être engagées : outre celle des coupables, seront impliquées celle de l'industriel, en raison de mesures de sécurité insuffisantes ou d'un manque de respect de la réglementation en vigueur, celle des pouvoirs publics (mairie, préfecture, ministère) pour avoir autorisé l'implantation du site industriel ou attribué des permis de construire pour les habitations situées à proximité.

2.3. LES DIFFERENTS TYPES DE RISQUES

Le risque chimique collectif est bien réel de nos jours, qu'il soit secondaire à un accident technologique ou à un attentat [17]. Voyons les différents types de risques auxquels nous pouvons être exposés.

2.3.1. Risques liés aux agressifs chimiques de guerre

On peut distinguer quatre formes de risque :

- **Risque ouvert**, au cours d'opérations militaires comme l'opération Daguet, en 1991, les alliés savaient que l'Irak possédait l'arme chimique et qu'elle était capable de l'utiliser. Par ailleurs, les frappes aériennes visant à détruire les installations de production et de stockage d'armes chimiques constituaient un risque supplémentaire. Nous verrons dans le chapitre suivant les scénarios d'engagement en rapport avec le risque chimique.
- **Risque terroriste**, comme lors des attentats au sarin perpétrés au Japon par la secte Aum Shinrikyo en 1994 et 1995.
- **Risque fortuit**, par découverte accidentelle de vieilles munitions, notamment dans certaines localités de l'Est et du Nord de la France lors d'activités agricoles ou de travaux de terrassements, ou encore dans les mers Baltique et Adriatique lorsque les pêcheurs remontent des obus chargés d'ypérite dans leurs filets.
- **Risque maîtrisé**, pendant les opérations de déminage, de transport ou de stockage de munitions datant du 1^{er} conflit mondial chargées en yperite, en phosgène ou en acide cyanhydrique. Ainsi, le 13 avril 2001, des obus chargés de phosgène et d'ypérite furent transportés de VIMY en conteneurs réfrigérés pour être stockés dans des silos également réfrigérés à SUIPPES.

En effet, en attendant la livraison de l'usine de destruction prévue pour 2007, les munitions sont triées et celles susceptibles de contenir des produits toxiques sont stockées dans des dépôts spécialisés [18]. Le centre de déminage d'ARRAS collecte environ 100 tonnes de munitions par an. Il s'agit essentiellement de munitions datant de la première guerre mondiale, d'origine française, allemande ou anglaise. Les calibres vont du 75 au 210 mm et environ 20% de ces obus contiennent un chargement d'emploi particulier. La zone de stockage du centre de déminage se situe sur la commune de VIMY, au lieu dit la « gueule de l'ours ». Un rapport remis en avril 2001 aux autorités signalait une détérioration récente des conditions de stockage de ces munitions entraînant un danger de chocs entre ces dernières. Les experts ont alors conseillé de transférer les munitions chimiques déjà triées, représentant un potentiel toxique important en cas d'accident, et le réaménagement du dépôt. Compte tenu du risque de ces manipulations, le gouvernement décide le 12 avril l'évacuation de la population dans un rayon de trois kilomètres autour du dépôt. Ce sont entre autres les UIISC

de NOGENT LE ROTROU et BRIGNOLES qui ont été chargées de participer à la sécurisation du dépôt et au transfert de certaines munitions vers le camp militaire de SUIPPES (15 tonnes de munitions au phosgène, chloropicrine et ypérite au soufre).

2.3.2. Risques liés aux toxiques industriels

2.3.2.1. Terminologie

Un risque industriel majeur [19] est un évènement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement. Par ailleurs nos Forces peuvent être amenées en opérations extérieures à être confrontées à des risques chimiques industriels majorés en raison du délabrement des structures locales ou de l'absence d'information sur la nature exacte des produits. A MITROVICA, le camp français se trouvait à côté d'une usine de batteries désaffectée, plus ou moins détruite, avec des fûts non identifiés laissés à l'abandon [20]. Plus récemment la pollution dans le port d'ABIDJAN en Côte d'Ivoire a rappelé la dangerosité de ce risque.

L'industrie chimique regroupe l'ensemble des activités qui produisent ou qui utilisent des produits chimiques en grande quantité. L'industrie pétrolière (ou pétrochimique) quant à elle correspond à l'ensemble des industries travaillant les produits pétroliers. Les raffineries en sont l'élément principal et le premier maillon mais d'autres industries utilisent, stockent ou transforment des produits pétroliers.

2.3.2.2. Nature des risques

Le risque industriel concerne principalement certains sites industriels tels que :

- Des sites de production de matières premières chimiques ou pétrolières, qui utilisent en entrée des produits chimiques afin d'en produire d'autres en sortie
- Des sites de transformation de ces matières, qui utilisent des produits chimiques en entrée mais qui les transforment en produits non dangereux, directement ou indirectement utilisables
- Des sites de stockage de produits chimiques ou pétroliers
- Des sites de distribution comme les unités de livraison pour les produits pétroliers par exemple

En ce qui concerne les sites industriels fixes, sept scénarios d'accidents sont à envisager :

- celui lié aux installations de **gaz combustible liquéfié**, avec deux scénarii :

1. Le BLEVE (pour "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion")

Avec un effet thermique de boule de feu et un effet mécanique de surpression. L'exemple type est celui de l'explosion survenue dans un centre de stockage et de redistribution de gaz de pétrole liquéfié, implanté en banlieue de Mexico, le 19.11.1984 ; l'accident débute par une fuite sur une conduite d'alimentation des sphères de stockage ; une nappe de GPL se forme, entraînant le développement d'un nuage de 20.000 m² sur une hauteur de 2m. L'allumage a lieu 10 minutes plus tard, provoquant une explosion et des incendies dans les habitations les plus proches, à 200 m de là ; le retour de flamme sur la nappe surchauffe les réservoirs et tuyauteries avoisinants, provoquant leur éclatement (BLEVE proprement dit) et la formation de boules de feu, provoquant ainsi de nouveaux incendies et de nouveaux BLEVE (9 en 1 h 30, et d'autres, plus espacés, pendant 3 heures). Outre les dégâts matériels considérables, le bilan humain de cet accident fut très lourd : 500 morts, 7.000 blessés ou brûlés, dont 2.000 hospitalisés, et 200.000 personnes évacuées)

2. L' UVCE (pour "Unconfined Vapor Cloud Explosion")

Avec un effet essentiellement mécanique de surpression, l'explosion se produisant lorsque la masse de gaz est maximale. L'exemple type est celui survenu en juin 1975 à Flixborough, petite localité du Royaume-Uni située à 260 km au N de Londres, dans une usine produisant un intermédiaire du nylon : à la suite d'une fuite antérieure sur un réacteur d'oxydation du cyclohexane par l'air, une réparation de fortune tient deux mois, jusqu'à la rupture d'une conduite, libérant 50 tonnes de cyclohexane chaud sous pression ; le nuage se forme, et s'enflamme 30 secondes plus tard, provoquant une explosion entendue à 50 km, dont les effets sont ceux d'une explosion de 20 tonnes de TNT, et de multiples incendies, maîtrisés au bout de 3 jours. Outre les dégâts matériels (tous les bâtiments détruits dans un rayon de 600 mètres, et 2450 maisons endommagées), le bilan humain fut de 28 morts et 36 blessés sur les 72 personnes de service ce samedi-là, et de 53 blessés dans la population voisine.

- celui lié aux réservoirs de **gaz toxique, liquéfié ou non**, avec **effet de toxicité** par diffusion de nuage dans les deux scénarii suivants:

3. Eclatement avec perte totale et instantanée de confinement

Exemples : cas de Potchefstrom, en Afrique du Sud, en 1973 ; perte de confinement et fuite d'isocyanate de méthyle à **Bhopal**, en Inde, dans la nuit du 2 au 3 décembre 1984, avec un bilan de 2.500 morts et de plusieurs centaines de milliers d'intoxiqués) ;

4. Rupture instantanée de grosse canalisation en phase liquide

Exemple : cas d'Altona, Australie, en 1982.

- Celui lié aux installations suivantes :

5. Celui lié aux dépôts à grande capacité de liquide inflammable :

Avec un effet thermique de boule de feu et de flux thermique, un effet mécanique de surpression et de projection de produits enflammés, et un effet de "Boil Over"

Exemple : incendie d'un dépôt SHELL au port E. Herriot, à **Lyon**, dans la nuit du 2 au 3 juin 1987)

6. Celui lié au stockage d'explosifs ou de produits explosibles, avec effet mécanique de surpression et effet thermique

Exemple : explosion de la poudrerie de Pont-de-Buis, dans le Finistère, en 1975.

7. Celui lié au stockage de produits phytosanitaires, avec un double effet, thermique et de toxicité, en cas d'explosion et d'incendie

Exemple : usine d'engrais, à Nantes, le 29.10.1987 ; bilan : plan ORSEC, et évacuation de 40.000 habitants des communes de la banlieue Ouest.

2.3.2.3. Le transport de matières dangereuses

2.3.2.3.1. Terminologie

Une matière est classée dangereuse lorsqu'elle est susceptible d'entraîner des conséquences graves pour la population, les biens et/ou l'environnement en fonction de ses propriétés physiques et/ou chimiques ou bien par la nature des réactions qu'elle peut engendrer.

2.3.2.3.2. Les risques liés aux matières dangereuses

On distingue neuf catégories de risques liés aux matières dangereuses :

1. **Le risque d'explosivité** : propriété de se décomposer violemment sous l'action de la chaleur ou d'un choc en provoquant une énorme masse de gaz chauds et une onde de choc.

2. **Le risque gazeux** : risque de fuite ou d'éclatement du récipient ; diffusion du gaz dans l'atmosphère ; risque propre à la nature du gaz : inflammabilité, toxicité, corrosivité...
3. **L'inflammabilité** : propriété de prendre feu facilement.
4. **La toxicité** : propriété d'empoisonner, c'est-à-dire de nuire à la santé ou de causer la mort par inhalation, absorption cutanée ou ingestion.
5. **La radioactivité** : propriété d'émettre divers rayonnements dangereux pour les être vivants.
6. **La corrosivité** : propriété de ronger, d'oxyder ou de corroder les matériaux ou les tissus vivants.
7. **Le risque infectieux** : propriété de provoquer des maladies graves chez l'homme ou les animaux. Ce risque concerne les matières contenant des micro-organismes infectieux (virus, bactéries, parasites).
8. **Le danger de réaction violente spontanée** : possibilité de réagir vivement et spontanément sous forme d'explosion avec production de chaleur et libération de gaz inflammables ou toxiques sous forte pression.
9. **Le risque de brûlures** : propriété de provoquer des brûlures par le chaud ou le froid.

Le risque de transport de matières dangereuses (TMD) est consécutif à un accident se produisant lors du transport par voie routière, ferroviaire, aérienne, voie d'eau ou canalisation de matières dangereuses.

2.3.2.3.3. Les différents modes de transport

- Le transport par route (camions) représente environ 76 % (1997) du tonnage transporté sur l'ensemble de la France
- Le transport par voie ferrée supporte environ 16 % (1997) du tonnage. Le transport de produits dangereux peut se faire en vrac (citernes) ou dans des emballages tels que jerricanes, fûts, sacs ou caisses
- Le transport par voie d'eau (transport fluvial) : bien qu'il ne représente que quelques pourcents du trafic, ce mode de transport est en véritable évolution. Les atouts de ce type de transport sont la grande capacité de transport, un prix attractif et un réseau

non saturé. À service équivalent, un seul convoi de 4 400 tonnes par voie fluviale représente 220 camions de 20 tonnes ou 3 à 4 trains de 110 wagons;

- Le transport par canalisations enterrées (qui peuvent être aériennes sur de très faibles distances). Ce type de transport se compose d'un ensemble de conduites sous pression, de diamètres variables, qui sert à déplacer de façon continue ou séquentielle des fluides ou des gaz liquéfiés. Les canalisations sont principalement utilisées pour véhiculer du gaz naturel (gazoducs), des hydrocarbures liquides ou liquéfiés (oléoducs, pipelines), certains produits chimiques (éthylène, propylène, etc.) et de la saumure (saumoduc).
- Le transport par air est négligeable. On peut noter cependant son utilisation pour le transport de matières radioactives ou biologiques, à destination médicale. Il fait l'objet d'une réglementation spécifique

2.3.2.3.4. Les conséquences d'un accident sur la santé

- **L'explosion** peut être occasionnée par un choc avec production d'étincelles (notamment pour les citernes de gaz inflammables), par l'échauffement d'une cuve de produit volatil ou comprimé, par le mélange de plusieurs produits ou par l'allumage inopiné d'artifices ou de munitions [21].

Une explosion consécutive à la rupture d'enceinte, due à la formation de mélanges particulièrement réactifs ou à un incendie, peut provoquer des effets thermiques, mais également mécaniques (effet de surpression), du fait de l'onde de choc. À proximité du sinistre et jusque dans un rayon de plusieurs centaines de mètres, les blessures peuvent être très graves et parfois mortelles : brûlures, asphyxie, lésions internes consécutives à l'onde de choc, traumatismes dus aux projectiles. Au-delà d'un kilomètre, les blessures sont rarement très graves.

- **L'incendie** peut être causé par l'échauffement anormal d'un organe du véhicule, un choc contre un obstacle (avec production d'étincelles), l'inflammation accidentelle d'une fuite, une explosion au voisinage immédiat du véhicule, voire un sabotage.

60% des accidents de TMD concernent des liquides inflammables. Un incendie de produits inflammables solides, liquides ou gazeux engendre des effets thermiques (brûlures) qui peuvent être aggravés par des problèmes d'asphyxie et d'intoxication, liés à l'émission de

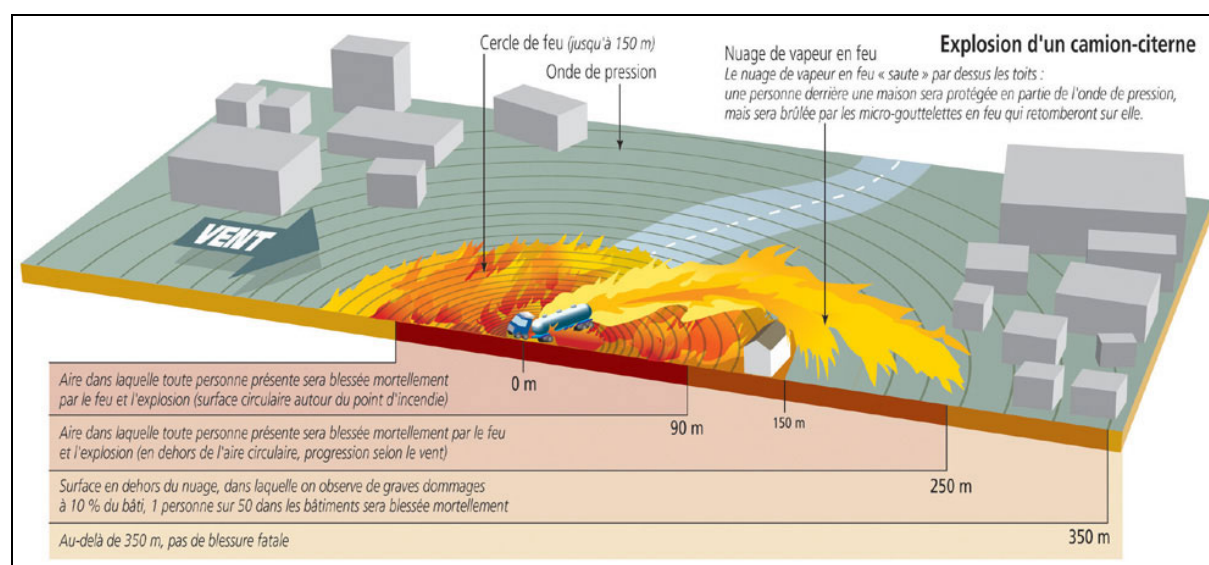
fumées toxiques. Un incendie peut provoquer des brûlures à des degrés variables selon la distance à laquelle il se produit.

- **Le nuage toxique** peut provenir d'une fuite de produit toxique ou résulter d'une combustion (même d'un produit non toxique), qui se propage à distance du lieu de l'accident. En se propageant dans l'air, l'eau et/ou le sol, les matières dangereuses peuvent être toxiques par inhalation, par ingestion directe ou indirecte lors de la consommation de produits contaminés, par contact.

Les produits toxiques pénètrent principalement dans le corps par les poumons, mais la peau et les yeux risquent également d'être atteints. En fonction de la concentration des produits et de la durée de l'exposition aux produits, les symptômes peuvent varier d'une simple irritation de la peau ou d'une sensation de picotements de la gorge, à des atteintes graves comme des asphyxies ou des œdèmes pulmonaires. Ces effets peuvent être ressentis jusqu'à quelques kilomètres du lieu du sinistre.

Toutes les manifestations décrites ci-dessus peuvent être associées (explosion, incendie, nuage toxique – cf. figure 1).

Figure 1 - Modélisation des effets de l'explosion d'un camion-citerne



2.4. LA MENACE CHIMIQUE

2.4.1. La situation actuelle

Même si tous les pays du monde ratifiaient et respectaient la CIAC, les armes chimiques resteraient un risque jusqu'en 2007, date à laquelle tous les stocks seraient théoriquement détruits. La Fédération de Russie est actuellement l'unique détentrice de tout le stock d'armes chimiques de l'ancienne Union Soviétique. Toutefois, malgré sa situation politique et économique précaire, elle affiche une volonté politique marquée pour la destruction de ses stocks.

Des sources américaines non classifiées ont fait état du potentiel chimique en Ex-Yougoslavie et du possible recours à ces armes lors du dernier conflit inter-ethnique. Depuis, le potentiel chimique de l'ex-armée yougoslave a été clairement établi.

De nombreux pays en développement en seraient également détenteurs, l'arme chimique étant l'arme nucléaire du pauvre. La Libye a été suspectée de construire une usine à TARUNHA avec un grand complexe de production souterrain et malgré les dénégations du pays, le doute subsiste [22].

Les limites à la réalisation d'un attentat NRBC semblent aujourd'hui plus liées à la difficulté logistique qu'à la crainte des auteurs d'engendrer un nombre considérable de victimes innocentes. Inversement, la probabilité d'un accident NRBC semble diminuer dans les pays développés où s'est développée une réglementation sécuritaire pour encadrer le risque technologique [23].

2.4.2. Enseignements de l'attentat de TOKYO

Ils concernent non seulement le bilan des victimes, leur comportement immédiat et les difficultés rencontrées pour les prendre en charge, aussi bien sur le terrain qu'à l'hôpital [24-25]. En outre, de nombreux personnels soignants ont été intoxiqués par les vapeurs issues du toxique piégé au niveau des vêtements et des cheveux des victimes.

Parmi les 640 victimes accueillies à l'hôpital Saint-Luke, seulement 99 ont été transportées par des moyens médicalisés (ambulances et véhicules de pompiers). Les 541 autres personnes hospitalisées sont arrivées par leurs moyens propres (à pied ou transportées par les taxis qui se sont rapidement mobilisés par appels radio).

Le triage des victimes effectué à l'entrée de l'hôpital Saint-Luke a permis de distinguer trois groupes de patients :

- légèrement atteints (82,5% des victimes), souffrant uniquement de troubles oculaires (myosis, douleurs, troubles visuels), ils ont été placés en observation pendant 12 heures maximum. Les victimes qui ne présentaient pas de troubles oculaires n'ont pas reçu de traitement à base d'atropine,
- modérément atteints (16,7% des victimes), présentant un état de faiblesse, une difficulté à respirer, des fasciculations et des convulsions,
- gravement atteints (0,75%), en détresse respiratoire nécessitant une intubation trachéale et une ventilation artificielle. Suzuki et coll. [13] incluent dans cette catégorie les victimes présentant une forte diminution de la conscience, des fasciculations marquées, une détresse respiratoire et une paralysie flasque. La majorité des victimes modérément et sévèrement atteintes ont bénéficié d'un traitement immédiat par injection de sulfate d'atropine et d'une oxime durant les trois à quatre premières heures après exposition.

Par ailleurs à TOKYO, 5 000 personnes ne présentant aucun signe clinique ont consulté après l'attentat.

La décontamination des victimes n'a été entreprise qu'après l'identification du toxique, soit plusieurs heures après l'attentat. Elle n'a concerné que les patients les plus atteints, qui furent déshabillés, douchés et habillés avec des vêtements propres. Parmi les personnels soignants qui se sont occupés des victimes sans prendre de précautions particulières, 23% ont présenté des signes d'intoxication. A l'hôpital Saint-Luke, les intoxiqués ont été traités dans la chapelle de l'hôpital, lieu peu ventilé, où des réserves d'oxygène et des compresseurs d'air avaient été installés. On a pu constater 46% d'intoxications secondaires parmi le personnel.

Plusieurs leçons peuvent être retirées de ces enseignements :

- Une grande majorité des personnes impliquées ont été **légèrement atteintes** et leur prise en charge peut se faire de manière différée.
- Un important **transfert de contamination** a eu lieu, essentiellement par les vapeurs contenues dans les vêtements, en particulier au détriment du personnel soignant, rendant la décontamination indispensable avant de pouvoir sortir de la zone d'exclusion, ou avant d'entrer dans un établissement hospitalier.

- L'**identification du toxique** a été très tardive. Il faut donc être vigilant en cas de signe évocateurs d'intoxication collective, disposer de moyens performants de détection. Par ailleurs la présence d'un médecin peut aider à l'identification du toxique.
- Par ailleurs, le nombre de personnes ayant nécessité des **gestes de réanimation respiratoire** est relativement faible. C'est cette population cible dont nous pouvons augmenter le pronostic vital en les médicalisant au plus tôt, c'est-à-dire en ambiance chimique par du personnel en tenue de protection selon des modalités que nous verrons au cours de ce travail.

2.5. UNE NECESSAIRE PREPARATION

Les autorités et les professionnels chargés des secours doivent se préparer à faire face à ce nouveau type de menace. Ceci passe par une nécessaire prise de conscience, une formation adaptée et des entraînements réguliers permettant de se maintenir au niveau, de tester les procédures et de les améliorer. Tout ceci s'intègre dans un véritable rôle de défense civile à laquelle participent tous les acteurs habituels du secours.

Cette prise de conscience est mondiale. Chaque pays tente d'élaborer des procédures en fonction de ses habitudes de prise en charge. Ces plans sont désormais inclus dans les hypothèses de risque lors de la mise en place de plans préventifs lors d'importantes manifestations. Les Etats-Unis ont pour la première fois testé leur plan de prise en charge chimique lors des Jeux Olympiques d'ATLANTA en 1996 montrant l'importance du chemin restant à parcourir pour un fonctionnement optimum [26-27]. Ce sont également pour la plupart des médecins militaires américains qui ont contribué à l'élaboration de ces plans [28-29]. En France un exercice grandeur nature a eu lieu aux Invalides à PARIS le 22 octobre 2003, premier exercice d'ampleur ayant pour thème un attentat chimique. Des scénarii sont en permanence élaborés afin de préparer des contre-mesures adaptées [30]. La France, qui a déjà connu des vagues d'attentats, principalement en 1985-1986 et 1995-1996 [31], s'est dotée de dispositifs de prise en charge de nombreuses victimes comme nous le verrons ultérieurement et a adapté ses protocoles en intégrant le spectre de la menace NRBC [32].

CHAPITRE 3 - CONCEPTS
MILITAIRES DE DEFENSE NRBC

Après avoir abordé les concepts de risque et de menace chimiques de manière générale, voyons la place de la Défense que ce soit dans un contexte de guerre impliquant des armes chimiques ou lors de la participation aux activités de défense civile en cas d'accident ou d'attentat impliquant des substances chimiques.

3.1. CONCEPT DE DEFENSE NRBC DE L'ARMÉE FRANÇAISE

Nous nous appuyerons pour cela sur les principes évoqués dans le Manuel de défense NBC [33] de l'Armée de Terre connu sous l'appellation de TTA 601, approuvé le 21/07/1995 par l'Etat-Major de l'Armée de Terre sous le n°2324/DEF/EMAT/ETUDES/7C. (*Texte non classifié*)

Par ailleurs la doctrine NBC de l'Armée Française est en train d'évoluer sensiblement pour être plus en adéquation avec le nouveau cadre géostratégique post 11 septembre 2001 et les missions de nos Forces Armées. Cette nouvelle doctrine est en cours de rédaction et de mise en place. Ces documents sont par contre actuellement classifiés « Confidentiel Défense ».

Afin de cadrer notre propos, disons quelques mots du concept général de la Défense française avant d'aborder plus particulièrement celui de la défense NBC.

3.1.1. Le concept de Défense français

Le concept de défense de la FRANCE privilégie la prévention et la maîtrise des crises à travers un nouvel équilibre entre dissuasion et action:

- **la dissuasion** reste bien au cœur du système visant à défendre nos intérêts vitaux, que ceux-ci soient mis en cause par de grandes puissances, ou par des puissances régionales;
- **l'emploi des moyens conventionnels**, en dehors du contexte de dissuasion nucléaire, pour la maîtrise des crises, est désormais dominant, orientation qui détermine la posture principale de l'armée de terre.

Dans ce contexte, les forces armées se voient assigner les missions suivantes:

- **préserv**er les intérêts vitaux de la FRANCE contre toute forme d'agression;
- **contribuer à la sécurité et à la défense de l'espace européen et méditerranéen** en participant:

- à la prévention et à la résolution des crises, notamment en prenant part à des actions militaires de nature, d'intensité et de durée variables,
 - en cas d'agression, à la défense de l'EUROPE au sein de l'Alliance atlantique;
- **contribuer aux actions en faveur de la paix et pour le respect du droit international**, en participant à divers types d'opérations:
- militaro-humanitaires,
 - de maintien de la paix,
 - de rétablissement de la paix;
- **assurer des tâches de service public**, en participant à la protection et à la sauvegarde des populations, notamment face aux catastrophes naturelles ou technologiques, ainsi qu'au maintien et à la sécurité des pouvoirs publics et des administrations.

Dans la plupart des situations évoquées ci-dessus il peut y avoir un risque NRBC dans le cadre d'emploi des Forces.

3.1.2. La défense NRBC

Même si notre travail se concentre uniquement sur les événements à caractère chimique, voyons brièvement le concept global de défense NBC afin d'en comparer les différentes composantes.

Les armes nucléaire, biologique et chimique présentent un certain nombre de points communs:

- le caractère brutal et soudain des attaques,
- l'ampleur des zones sur lesquelles se manifestent leurs effets,
- l'existence d'un danger différé,
- les conséquences psychologiques sur le combattant et les populations locales,
- la sensibilisation des opinions publiques à l'emploi de telles armes, son impact médiatique et la pression qui en résulte sur le pouvoir politique.

Les armes nucléaire, biologique et chimique ont été longtemps classées parmi les armes de destruction massive. Cela reste vrai pour l'arme nucléaire et, dans certaines conditions, pour l'arme biologique, alors que l'arme chimique occasionne plutôt une baisse de capacité opérationnelle, sans remettre en cause la mission d'une force instruite, entraînée et protégée. Nous verrons plus tard que ce concept de baisse de capacité opérationnelle est en train de s'effacer au profit de la prise en charge des combattants et des populations civiles touchées.

Par ailleurs, il est clair qu'une attaque nucléaire est un phénomène d'une toute autre nature qu'une attaque chimique une attaque nucléaire entraîne nécessairement une réponse impliquant le plus haut niveau politique et modifie complètement le déroulement ultérieur des opérations.

Ainsi, le concept de défense nucléaire et le concept de défense chimique des forces terrestres se situent dans deux perspectives différentes:

- **la défense nucléaire** vise à donner à un système de forces terrestres, soumis à un événement nucléaire, une capacité opérationnelle résiduelle suffisante pour conduire encore un combat, afin de préserver la liberté d'action du pouvoir politique aussi longtemps que possible;
- **la défense chimique** a pour objectif de maintenir, quels que soient le poids de la menace et l'ampleur de l'attaque, un niveau de capacité opérationnelle permettant de mener à bien la mission.

Le Service de Santé des Armées n'échappe bien évidemment pas à cette doctrine puisque ses personnels devront être non seulement capables d'appliquer les mesures de protection dictées par le Commandement mais ensuite de prendre en charge des victimes chimiques éventuellement encore en ambiance de protection avec toutes les contraintes que les tenues de protection peuvent avoir sur les actes à réaliser. Une formation aussi complète que possible et des entraînements réguliers sont les seuls garants d'une meilleure réaction en cas de mise en situation réelle.

Voyons donc maintenant exclusivement le concept de défense chimique.

3.2. QUELQUES ELEMENTS DE DOCTRINE ET DE STRATEGIE DANS LE DOMAINE DE LA MENACE CHIMIQUE SUR LE PLAN MILITAIRE

Comme nous l'avons précédemment défini, risque et menace chimiques dans le domaine militaire sont intimement liés au potentiel NBC de l'adversaire et de la probabilité d'emploi de celui-ci.

3.2.1. Les scénarios d'engagement

L'Armée Française a défini six scénarios principaux d'engagement de ses forces. Les risques nucléaire et chimique au sein de ces six scénarios font l'objet du tableau ci-après où l'on verra qu'ils peuvent être présents dans tous les cas de figure.

Tableau 5 - Les six scénarios d'engagement et la menace NBC (d'après TTA 601)

	SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3	SCENARIO 4	SCENARIO 5	SCENARIO 6
Type de conflit	Conflit régional ne mettant pas en cause nos intérêts vitaux	Conflit régional pouvant mettre en cause nos intérêts vitaux	Intégrité nationale menacée hors métropole	Mise en œuvre des accords de défense bilatéraux	Opérations en faveur de la paix et du droit international	Résurgence d'une menace majeure contre l'Europe occidentale
Zone	Méditerranée Moyen-Orient	Europe et ses abords	DOM / TOM	Afrique (principalement)	Monde	Europe
Types de menaces	Forces conventionnelles puissantes	Forces conventionnelles puissantes	Actions directes de déstabilisation sur le territoire concerné	Capacités militaires adverses réduites	Très variées (guerre latente, guérilla)	Forces conventionnelles très puissantes et de hautes technologies Moyens de subversion (fort/faible)
Cadre de l'intervention	International	International	National	Multinational	ONU	International
Risques N et C	Arme chimique	Armes chimique et nucléaire	Arme chimique (en cas d'agression seulement)	Arme chimique	Arme chimique	Armes nucléaire et chimique
Terrorisme nucléaire et/ou chimique. Risque nucléaire et/ou chimique d'origine industriel.						

3.2.2. Les risques NBC selon le type d'engagement

Les forces terrestres peuvent être engagées dans des opérations :

- militaro-humanitaires,
- de maintien de la paix,

- de rétablissement de la paix et de participation à des conflits d'intensité diverse (combat aéroterrestre),
- de défense du territoire.

Les situations spécifiques engendrées par ces différents types d'opérations présentent pour les forces, au regard du danger ou de la menace N.B.C., des risques d'intensité et de probabilité variables.

Le tableau ci-après constitue une aide permettant d'évaluer ces risques.

Tableau 6 - Evaluation du risque chimique en fonction de type d'opération (d'après TTA 601)

TYPE D'OPERATION	ACTION	RISQUE C
1. Opérations militaro-humanitaires	1.1 – Aide d'urgence aux populations civiles	
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Evènement accidentel ou catastrophe naturelle <input type="checkbox"/> Déplacement de réfugiés 	Pollution de l'air, de l'eau, de l'alimentation...
	1.2 – Restauration des services publics	
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Evènement accidentel ou catastrophe naturelle <input type="checkbox"/> Destructons consécutives à des opérations militaires antérieures 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pollution de l'air, de l'eau, de l'alimentation... <input type="checkbox"/> Contamination résultant d'attaques chimiques
2. Opérations de maintien de la paix	Maintien de la paix	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Chantage et action terroriste contre un site industriel produisant, stockant ou traitant des matières dangereuses, inflammables, explosives, toxiques + transport <input type="checkbox"/> Actions sporadiques de tirs chimiques <input type="checkbox"/> Accident sur site chimique abandonné (conséquence indirecte des combats)
3. Opérations de rétablissement de la paix ou de participation à des conflits d'intensité diverse (combat aéroterrestre)	3.1 – Opérations de faible ou moyenne intensité	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Attaques de harcèlement <input type="checkbox"/> Cibles civiles (stockage disséminés de produits dangereux)
	3.2 – Affrontement majeur (ennemi de niveau technologique avancé)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Attaques visant à neutraliser ou désorganiser nos moyens : avions (épandages, bombes), missiles, lance-roquettes multiples, obusiers... en appui de la manœuvre ennemie <input type="checkbox"/> Emploi de persistants et de non persistants <input type="checkbox"/> Frappes ponctuelles de harcèlement visant à créer un climat d'insécurité au sein des forces <input type="checkbox"/> Frappes ponctuelles ou massives sur des objectifs civils
4. Défense du territoire	Chantage et action terroriste ou agression ponctuelle venant de l'extérieur (missiles...)	Epanchage d'agents chimiques sur un site à forte concentration humaine, bombe sale...

3.2.3. La doctrine de défense NBC

Elle s'appuie sur trois impératifs :

- Prévenir
- Gérer
- Restaurer

3.2.3.1. Prévenir

Il s'agit de prévenir tout en préservant la capacité opérationnelle en dehors de la présence effective d'agents toxiques.

- **Evaluation :**

Le commandement évalue en permanence la vulnérabilité des unités, à partir des informations sur le potentiel chimique de l'adversaire ainsi que sur l'évolution prévisible des facteurs d'environnement ayant une influence sur le danger chimique.

- **Détection d'alerte :**

La détection d'alerte comprend l'ensemble des moyens permettant d'indiquer la présence d'agents toxiques pour permettre au combattant de s'en protéger. Sa mise en œuvre vise à retarder au maximum la mise en place des mesures de protection totale entraînant une baisse de capacité opérationnelle.

- **Postures de défense chimique :**

La protection totale, efficace vis-à-vis des toxiques de guerre, entraîne néanmoins une baisse de capacité opérationnelle.

Les postures de défense chimique correspondent à une recherche permanente du meilleur compromis protection/capacité opérationnelle selon un choix du commandement, dicté par l'évaluation dans le cadre espace-temps de la menace ou de la vulnérabilité.

Elles comprennent des mesures d'ordre:

- tactique (dispersion, dissimulation, discrétion, déception)
- technique (protection individuelle ou collective)

- **santé: prophylaxie.** En effet c'est sur ordre du commandement que le Service de Santé des Armées peut mettre en œuvre les mesures de prophylaxie contre le risque chimique,

actuellement il s'agit de l'administration de pyridostigmine en cas de risque d'attaque aux neurotoxiques.

3.2.3.2. Gérer les effets des attaques

Cet impératif comporte deux volets complémentaires :

- Le premier vise le dispositif opérationnel lui-même : Limiter l'affaiblissement de capacité opérationnelle en présence d'agents toxiques par des mesures de protection individuelles et collectives adaptées en permanence au danger.
- Le second vise le terrain de la zone d'action de ce dispositif : Contrôler la nature exacte, la dimension réelle et la localisation précise de la contamination liquide d'une part et l'évolution du danger vapeur d'autre part.

3.2.3.3. Restaurer

Il s'agit de restaurer dans les meilleurs délais la capacité opérationnelle des unités concernées.

- La **décontamination immédiate** : c'est un acte élémentaire du combattant. Elle permet d'éliminer le danger immédiat et d'assurer sa survie, en minimisant les atteintes directes des toxiques sur la peau.
- La **décontamination opérationnelle** : elle est effectuée au niveau de l'individu ou du véhicule de combat, de l'engin ou du système d'armes, a pour but de réduire les risques de transfert de contamination sur des parties de l'équipement restées propres.
- La **décontamination approfondie des matériels** : qui a pour objectif de permettre aux unités contaminées d'utiliser leurs moyens organiques sans mesure de protection particulière.
- La **remise en condition du personnel** : elle a pour but pour le personnel qui a été en contact avec un toxique d'autoriser l'allègement de la protection. Cette remise en condition nécessite un échange des effets d'habillement et des composants non décontaminables de l'équipement individuel du combattant. Le traitement des combattants blessés et/ou contaminés nécessite une adaptation de la chaîne de soutien sanitaire.

Elle s'appuie sur une procédure, des moyens de protection et de décontamination communs. Nous ne détaillerons pas la procédure NBC qui consiste en un certain nombre de messages dont le contenu sort du cadre de notre travail. Enfin les moyens de protection et de décontamination seront vus ultérieurement.

3.3. LA MENACE CHIMIQUE SUR LE PLAN MILITAIRE

3.3.1. La menace « massive »

Elle fait référence à des doctrines d'emploi de type « ex Pacte de Varsovie » basés sur l'utilisation massive d'agents toxiques dont les buts peuvent être résumés dans le tableau suivant :

Tableau 7 - Buts d'utilisation massive d'agents toxiques (d'après TTA 601)

BUTS	EFFETS	LIEU D'APPLICATION	TYPES DE TOXIQUES
NEUTRALISATION	SURPRISE (< 30 sec)	CONTACT	NP
INTERDICTION	INTERDICTION DE TERRAIN	PROFONDEUR FLANCS	P
DESTRUCTION	DESTRUCTION D'UNITES		
BAISSE DE CAPACITE OPERATIONNELLE	HARCELEMENT	PROFONDEUR	P & NP

(NP = non persistants ; P = persistants)

La neutralisation vise à changer localement le rapport de forces et utilise donc des toxiques non persistants directement au contact de forces préalablement repérées.

La gêne à la manœuvre vise plutôt :

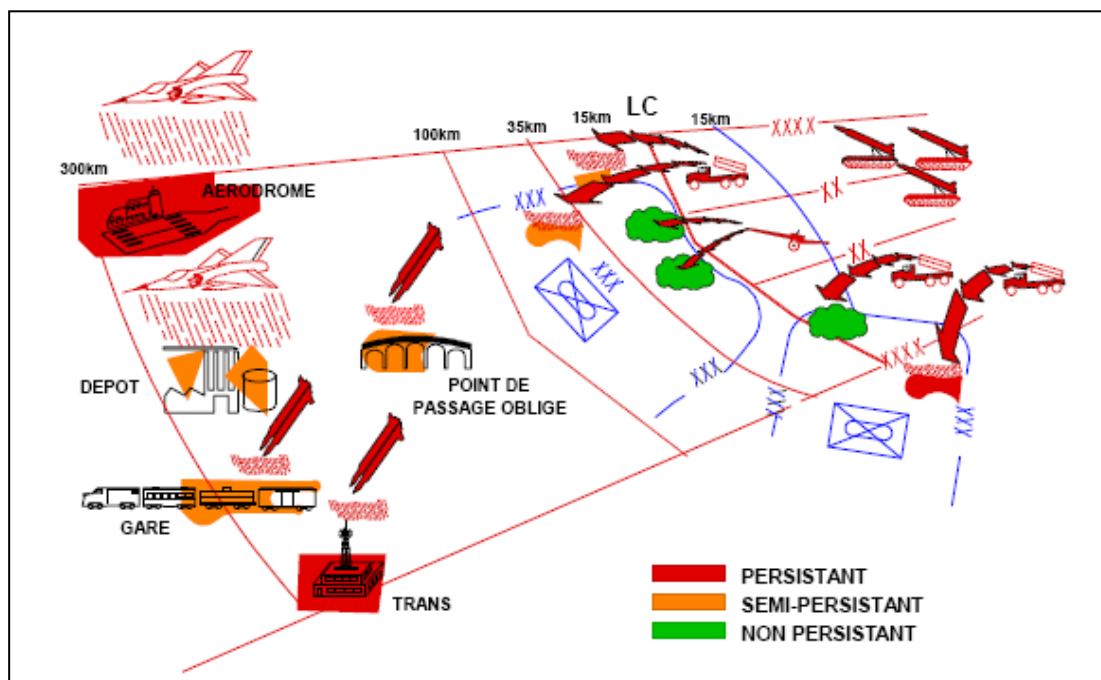
- l'interdiction de terrain : par une action sur des points hauts, des points de passage obligés, des carrefours importants, des dépôts, des gares... ou sur les flancs pour éviter une contre attaque.
- La destruction d'unités principalement logistiques.

De ce fait, ces attaques utilisent plus particulièrement des toxiques persistants ou semi persistants.

La baisse de capacité opérationnelle sera obtenue par des attaques avec tous types de toxiques obligeant des forces à un port quasi permanent des tenues de protection avec toutes les répercussions que ce port peut avoir sur la capacité des unités.

Le schéma suivant permet de résumer les cibles potentielles et la nature des toxiques pouvant être utilisés.

Figure 2 - Le champ de bataille chimique après le contact (d'après TTA 601)



3.3.2. La menace liée à la prolifération

3.3.2.1. La menace chimique conventionnelle

Comme nous l'avons déjà évoqué à propos de la CIAC, le contrôle de l'exportation des produits toxiques est très difficile à mettre en œuvre car la plupart des produits précurseurs ont une utilisation aussi bien industrielle civile que militaire. On distingue trois types d'Etats proliférants :

- Les Etats proliférants très industrialisés : peu nombreux et bien connus, ils sont capables de produire tous les types de toxiques y compris les plus performants comme les produits de 3^{ème} génération dont le VX.
- Les Etats proliférants peu industrialisés : n'étant capables de produire que des agents toxiques relativement faciles à synthétiser (produits de 1^{ère} génération comme l'ypérite ou de 2^{ème} génération comme les agents G : sarin et tabun)
- Les Etats proliférants n'ayant pas la capacité de production : important donc ces toxiques d'autres Etats proliférants.

3.3.2.2. La menace terroriste

Comme nous l'avons déjà évoqué, étant donnée la faible quantité de produit nécessaire, les terroristes peuvent utiliser tout type de toxique sur un objectif civil.

3.3.2.3. La menace dégradée

Sur certains théâtres d'opérations où l'alimentation en eau est un problème crucial, une pollution de l'eau, du sol ou des aliments doit toujours être envisagée et prévenue par des mesures simples comme :

- l'analyse régulière des points d'approvisionnement en eau
- le gardiennage des points d'eau
- le contrôle de l'alimentation par le Service de Santé des Armées
- la détection des toxiques liquides par les unités avant leur installation sur un site

3.3.3. Le potentiel chimique

3.3.3.1. Les agents toxiques de guerre

Le tableau suivant résume la menace chimique en fonction de la capacité de l'adversaire potentiel :

Tableau 8 - Menace chimique en fonction de la capacité de l'adversaire potentiel (d'après TTA 601)

<p>PAYS DISPOSANT DE LA CAPACITE TECHNOLOGIQUE DES ANNEES 90 (concerne essentiellement les scénarios 2 et 6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - attaque massive généralisée - Attaque de harcèlement <p>TOXIQUES POSSIBLES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - non persistants : sarin (GB) ou éventuellement acide cyanhydrique (HCN) - semi persistants : soman (GD), cyclohexylsarin (GF) - persistants : ypérite (HD), A4 (VX)
<p>PAYS DISPOSANT DE LA CAPACITE TECHNOLOGIQUE DES ANNEES 70 (concerne essentiellement les scénarios 1 et 4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Frappe de harcèlement <p>TOXIQUES POSSIBLES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - non persistants : sarin (GB) ou éventuellement acide cyanhydrique (HCN) - semi persistants : soman (GD), tabun (GA) - persistants : ypérite (HD), léwisite (L)
<p>TERRORISME</p>	<ul style="list-style-type: none"> - sur un site industriel - sur un objectif civil
<p>QUELLE QUE SOIT LA CAPACITE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Accident technologique sur un site industriel, volontairement provoqué ou consécutif à une attaque classique à proximité immédiate

3.3.3.2. Les vecteurs chimiques

Bien qu'il n'existe pas à proprement parler de vecteur exclusivement dédié à la capacité chimique, certains vecteurs pourtant conventionnels, de par leur portée, leur cadence de tir ou la contenance possible de leurs munitions peuvent être employés comme vecteurs chimiques. Ces éléments sont disponibles en annexe 3.

3.4. EVOLUTION DU CONCEPT DE DEFENSE NBC

Parmi les éléments développés précédemment, on se rend rapidement compte que nombre d'entre eux sont maintenant dépassés car ils avaient été écrits dans la perspective d'un affrontement massif contre le bloc de l'est.

Le 11 septembre 2001 a marqué l'entrée dans une nouvelle ère de menace. Cette constatation ajoutée au fait qu'avec l'effondrement du bloc de l'est le contexte géostratégique a totalement changé ont imposé d'adapter nos concepts d'emploi des forces et le domaine NBC n'échappe naturellement pas à cette réforme. Les Etats-Majors travaillent donc actuellement à une refonte de la doctrine de défense NRBC.

Nous ne pourrions pas ici révéler en détail tous ces changements puisqu'ils sont inscrits dans des documents actuellement classifiés « Confidentiel Défense » mais nous évoquerons les grandes lignes doctrinales que nous avons pu recevoir de l'Etat Major des Armées. Nous insisterons sur deux points principaux.

3.4.1. La baisse de capacité opérationnelle

Elle n'est clairement plus le souci majeur des Etats-Majors. Le but n'est plus de décontaminer au plus vite hommes et matériels pour les remettre au combat le plus rapidement possible. En cas d'attaque chimique, la mission principale devient la prise en charge des militaires contaminés et des populations locales si elles sont également touchées. Ce point est une petite révolution dans le domaine de la doctrine puisque l'homme passe avant la mission et que la prise en charge des populations locales, dans le cadre d'OPEX, est pour la première fois envisagée.

Ainsi les cadres d'emploi militaires et civils sont en train de se rapprocher de manière significative. On ne regarde plus l'unité touchée en tant que groupe dont la capacité opérationnelle est diminuée mais on considère les victimes de cette attaque ainsi que les dommages collatéraux sur les populations civiles.

Par voie de conséquence le rôle du Service de Santé des Armées prendra une place encore plus importante avec la nécessité pour ses équipes d'être prêtes à faire face à ce genre de menaces. Il est donc impératif pour les forces d'avoir des unités de décontamination mobiles, faciles à mettre en œuvre et pour le Service de Santé des Armées, d'avoir des Postes de Secours plus mobiles, en mesure d'accueillir les victimes militaires ou civiles contaminées et intoxiquées. Tout ceci nécessite une adaptation des moyens matériels, ceux en dotation étant relativement « lourds » et peu mobiles. En effet on demande aux Forces Armées d'avoir une capacité opérationnelle proche de celle des pompiers en métropole.

3.4.2. Un « guépard » chimique

Les Forces Armées vont recevoir la mission de constituer des modules d'alerte guépard NBC capables d'intervenir sur le territoire national dans le cadre des renforts nationaux pouvant être mis en œuvre dans le cadre du plan gouvernemental PIRATOX. Ces modules dits « 1007 » seront armés par environ 60 personnels et représenteront une vingtaine de véhicules. En fonction du niveau d'alerte PIRATOX, ils pourront être pré-positionnés auprès de grandes agglomérations afin d'être opérationnels au plus vite. Si l'attaque vient par surprise dans un contexte où le niveau de vigilance national n'est pas particulièrement renforcé, ces unités devront être en mesure d'intervenir en 12 heures sur le territoire national.

En effet, actuellement, les moyens de renfort nationaux sont clairement insuffisants. L'Unité d'Intervention et d'Instruction de la Sécurité Civile n°1 (UIISC) de NOGENT LE ROTROU qui possède une capacité de décontamination chimique ne pourrait assurer ces délais de mise en œuvre, sauf peut être au profit de la capitale dont elle est la plus proche.

Le but à terme est de défendre 16 agglomérations en France. Ces renforts ne remplacent pas les moyens de secours départementaux (Sapeurs Pompiers, SAMU) mais doivent venir en complément, assurer la relève des personnels.

Ces modules incluront le poste de secours armé par le SSA. Ceci nécessite une montée en puissance des 2 régiments médicaux qui ne possèdent actuellement que des éléments lourds, peu mobiles, anciens et mal adaptés à ces nouvelles missions. L'équipement de ces deux unités devrait être prioritaire et suivre celui du 2^{ème} Dragons – Défense NBC récemment créé à FONTEVREAU qui est maintenant l'unité de défense NBC de l'Armée de Terre. Cette unité sera en mesure de fournir des modules 1007 ainsi que le soutien NBC des forces en OPEX lorsque la menace NBC aura été jugée comme crédible par l'Etat Major des Armées (CPCO).

**CHAPITRE 4 - NOTIONS
ELEMENTAIRES PHYSICO -
CHIMIQUES ET TOXICOLOGIQUES
APPLIQUEES AU RISQUE
CHIMIQUE**

La toxicité [34] est une propriété inhérente à la substance chimique mais elle est modulée par un certain nombre de facteurs comme la voie de pénétration dans l'organisme, la dose absorbée, les propriétés physico-chimiques du produit (solubilité dans les milieux, ionisation, stabilité), les conditions d'utilisation (température, hygrométrie, atmosphère confinée ou non). La toxicité de ces produits résulte de ses effets néfastes sur l'organisme après contact avec celui-ci, créant alors pour les toxiques sous forme solide ou liquide une contamination, généralement suivie d'une pénétration interne cause directe de l'intoxication. A noter qu'à charge égale la mortalité des armes chimiques est 7 fois inférieure à celle des armes à feu [35].

Cette étude nous oblige à envisager deux catégories de substances : les armes chimiques [36] que l'on divise classiquement en trois catégories : les agents létaux, les agents incapacitants psychiques et les agents neutralisants ou anti-émeutes et les toxiques industriels, eux-mêmes classés en quatre catégories principales : les suffocants, les toxiques cellulaires, les dérivés soufrés et les acides (sulfurique, chlorhydrique, nitrique et fluorhydrique).

Après avoir fait quelques rappels concernant les généralités physico-chimiques, nous allons envisager ici les propriétés physico-chimiques et la toxicité des principaux agents d'intérêt, cette liste ne pouvant être exhaustive étant donnée la multiplicité des substances.

4.1. GENERALITES

Certains toxiques chimiques peuvent se rencontrer sous un seul état physique (solide, liquide, gaz), d'autres sont sous forme liquide tout en émettant des vapeurs. L'état physique de chaque produit dépend de ses constantes physico-chimiques : point de fusion (passage de l'état solide à l'état liquide) et température d'ébullition (passage de l'état liquide à l'état gaz), et des conditions météorologiques (température et pression atmosphérique) au moment de son utilisation [37].

4.1.1. Etat physique des toxiques chimiques

A l'état solide, les toxiques chimiques se présentent sous forme pulvérulente et sont diffusés en aérosol (petites particules en suspension dans un gaz, ce gaz pouvant être l'air). Certains produits comme le chlore, l'ammoniac ou l'hydrogène arsénié ayant une température d'ébullition négative (figure 4), seront totalement à l'état gazeux après explosion ou diffusion dans l'atmosphère. D'autres composés chimiques sont à l'état liquide à température ordinaire

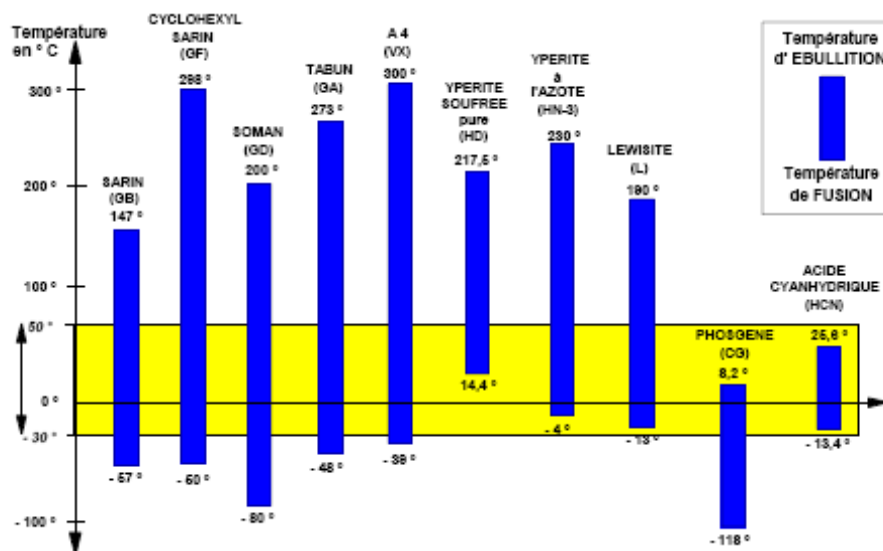
(20 à 25° C), mais bien que leur température d'ébullition soit très supérieure à 100° C, ils émettent des vapeurs toxiques. C'est le cas de l'ypérite au soufre et des neurotoxiques organophosphorés du groupe des agents G. On parle alors de «danger liquide» associé à un «danger vapeur», lequel s'accroît à mesure que la température augmente. Le VX, neurotoxique organophosphoré de la série des amitons se présente sous forme liquide à température ordinaire et est très peu volatil.

L'état physique du composé toxique conditionne la voie de pénétration dans l'organisme. Les gaz, les vapeurs et les aérosols pénètrent par voie respiratoire et viennent au contact de la muqueuse oculaire et des parties découvertes du corps réalisant le classique syndrome de pénétration [38]. Les liquides agissent au niveau épidermique mais peuvent aussi pénétrer par la voie buccale.

Certains toxiques chimiques ont un caractère rémanent plus ou moins marqué. Avec les toxiques liquides et solides, tout contact avec les sujets contaminés ou les objets de leur environnement expose les secouristes au risque de transfert de contamination (figure 3). Dans ces conditions, la décontamination est obligatoire. En revanche, les toxiques sous forme vapeur exclusive n'exposent pas au risque de transfert (tableau 9).

Certains agressifs chimiques de guerre présentent des caractères organoleptiques plus ou moins spécifiques qui sont mis à profit pour les détecter et les identifier (tableau 10)

Figure 3 - Les toxiques de guerre en phase liquide (d'après TTA 601)



4.1.2. Paramètres de toxicité des produits chimiques

L'intoxication, conséquence de la pénétration du toxique dans l'organisme, se manifeste par des effets délétères. Pour les agressifs chimiques de guerre, seule la toxicité aiguë est recherchée. Le degré de toxicité est inversement proportionnel à la quantité de toxique nécessaire. Pour les toxiques à l'état vapeur, la quantité inhalée Q (exprimée en mg) dépend de la concentration atmosphérique du toxique C (exprimée en mg/m^3) et du volume d'air inhalé (exprimé en m^3).

Le volume total d'air inhalé est égal au volume inspiré par minute (généralement 10 litres/min, soit $0,01 \text{ m}^3/\text{min}$ pour un homme ayant une activité normale) multiplié par la durée de l'exposition aux vapeurs t (exprimée en minutes). Il est alors possible de définir le produit **$C.t$ (exprimé en $\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$)**, comme un paramètre caractérisant le toxique inhalé lorsque celui-ci n'est pas métabolisé dans l'organisme. La loi de Haber, édictée avec les suffocants (chlore, phosgène), énonce que le produit $C.t = k$ (constante). On peut comparer la toxicité aiguë des produits sous forme vapeur à partir des valeurs statistiques suivantes :

- CtL_{100} (Ct létal 100%), produit Ct qui entraîne la mort de 100% des sujets exposés,
- CtL_{50} (Ct létal 50%), produit Ct qui entraîne la mort de 50% des sujets exposés,
- CtI_{50} (Ct incapacitant 50%), produit Ct qui entraîne un effet incapacitant de 50% des sujets exposés au toxique.

Tableau 9 - Constantes physiques des principaux agressifs chimiques de guerre [37]

		Point de fusion (°C)	Point d'ébullition (°C)	Etat physique 20° C	Densité de vapeur	Tension de vapeur (mm hg) 20° C	Volatilité (mg/m ³) 25°C
NOP	Tabun	- 49	+ 240	Lq. et vap.	5,63	0,07	612
	Sarin	- 56	+ 147	Lq. et vap.	4,86	2,2	17 000
	Soman	- 70	+ 167	Lq. et vap.	6,33	0,31	3 000
	VX	- 30	+ 300	Lq.	9,2	0,00011	8 à 10
Vésicants	Ypérite au S	+14,5	+227,8	Lq. et vap.	5,4	0,09	625 (20°C)
	Ypérite à l'azote	- 3,8	+144	Lq.	6,9	< 0,01	120
	Lewisite	- 13	+190	Lq. et vap.	7,2	0,394	4400(20°C)
	Oxime de phosgène	+39	+129 (décompose)	Poudre blanche	3,96	-	-
Suffocants	Chlore	- 101	- 34	Gaz	2,45	5 092	19 370 000
	Phosgène	- 118	+8,2	Gaz	3,4	1 173	6 370 000
	Diphosgène	- 57	+127	Lq. et vap.	6,9	10,3	110 000
	Chloropicrine	- 64	+112	Lq. et vap.	5,64	-	-
	Isocyanate de méthyle		+39,1	Lq. et vap.	0,96	-	-
	PFIB		+4,8	Gaz	6,89	-	-
Toxiques cellulaires	Acide cyanhydrique	- 13,9	+26,5	Lq. et vap.	0,93	757	1 075 000
	Chlorure de cyanogène	- 6	+12,5	Vapeur	2,1	1010	3 400 000
	Hydrogène arsénié	- 116	- 63	Gaz	2,69	11 350	30 900 000
Incapacitants	BZ	+165	-	Pd. blanche	11,3	-	Négligeable
Neutralisants	CS	+95	+310	Pd. blanche	6,5	-	
	CN	+55	+245	Pd. blanche	5,3	-	105
	CR	+72	-	Poudre jaune pâle	-	-	-
	DM	+195	+410	Poudre jaune/vert	-	-	0,02

Tableau 10 - Caractères organoleptiques des principaux agressifs chimiques de guerre [37]

Couleur Odeur	Incolore	Jaunâtre	Verdâtre	Brun jaune	Blanc
Inodore	NOP purs				
Fruitée	NOP impurs (Tabun, Soman, Sarin)			NOP impurs (Tabun, Soman Sarin)	
Camphrée	Soman impur			Soman impur	
Ail ou moutarde	Ypérite au S Hydrogène arsénié impur			Ypérite au S impure	
Poisson ou de savon	Ypérite à l'azote				
Essence de géranium	Lewisite			Lewisite	
Irritante	Acroléine	Chlore Acroléine	Chlore		
Herbe fraîchement coupée	Phosgène	Phosgène impur			
Pomme verte	Diphosgène				
Piquante pain d'épices	Chloropicrine				
Acre - Poivrée	Isocyanate de méthyle Ammoniac				O.chloro-benzylidène-malononitrile
Amande amère	Acide cyanhydrique Chlorure de cyanogène				
Fleur de pommier	Chloracétophénone	Chloracétophénone			
Combustion de houille		Adamsite	Adamsite		

Des concentrations atmosphériques à ne pas dépasser ont été définies pour les personnels exposés aux produits chimiques industriels inhalés en milieu professionnel et susceptibles d'entraîner une toxicité chronique. Ces valeurs limites servent de références en médecine du travail et comprennent :

- la valeur limite d'exposition (VLE) ou concentration à ne pas dépasser pendant 15 minutes d'exposition en milieu professionnel. Ce paramètre présente un intérêt pour apprécier le risque de toxicité aiguë,
- la valeur limite de moyennes d'exposition (VME) ou concentration supportable 8 heures par jour, 5 jours sur 7, pendant toute une vie professionnelle, sans entraîner d'effets nocifs chez la majorité des personnels exposés.

Un paramètre appréciant la toxicité d'un produit chimique industriel ou d'un agressif chimique de guerre est la concentration présentant un danger immédiat pour la vie ou la santé (IDLH : Immediately Dangerous to Life or Health). L'IDLH correspond à la concentration à laquelle il ne faut pas être exposé pendant plus de 30 minutes afin d'éviter tout effet néfaste.

Aux Etats-Unis, l'American Industrial Hygienist Association publie des lignes directrices pour la planification de mesures d'urgence (ERPG pour Emergency Response Planning Guidelines), en cas d'exposition d'une heure aux substances toxiques. Trois niveaux ont été définis : ERPG-1, 2 et 3.

ERPG-1 : concentration maximale d'un toxique dans une atmosphère, non décelable par son odeur et n'entraînant, après une heure d'exposition, que des effets mineurs et transitoires sur la santé. Cette concentration est adaptée à la population générale.

ERPG-2 : concentration maximale d'un toxique dans une atmosphère, n'entraînant pas d'effets sérieux et irréversibles sur la santé pour la presque la totalité des individus exposés durant une heure. A cette concentration, les interventions peuvent s'effectuer sans protection.

ERPG-3 : concentration maximale d'un toxique dans une atmosphère, à laquelle presque tous les individus peuvent être exposés pendant une heure sans danger mortel. Ce niveau de concentration justifie le port d'équipements de protection.

Lorsque les agressifs chimiques sont à l'état liquide, la toxicité dépend de la dose absorbée au niveau de la peau ou du tractus digestif, exprimée généralement en milligrammes par kilo ou en mg si l'on estime la masse corporelle moyenne d'un homme adulte à 70 kg.

Chaque composé est caractérisé par les valeurs statistiques suivantes :

- la DL_{50} (dose létale 50%), dose qui entraîne la mort de 50% des sujets intoxiqués,
- la DI_{50} (dose incapacitante 50%), dose qui entraîne l'incapacité de 50% des sujets intoxiqués.

Au niveau des téguments, le toxique peut exercer une irritation locale et/ou pénétrer dans l'organisme par voie percutanée. Les phénomènes d'irritation locale se rencontrent avec les produits comme les bases fortes, les acides concentrés, les solvants, les détergents et peuvent évoluer vers des ulcérations et des nécroses.

Lorsque la molécule migre de la surface de la peau vers le réseau circulatoire en traversant la couche cornée de l'épiderme et le derme, un effet systémique peut apparaître. L'épaisseur de la couche cornée est variable selon les zones corporelles. Dans la région des plis, des organes génitaux et des paupières, cette épaisseur est faible (0,05 mm pour les paupières), l'absorption du toxique est alors facilitée. En revanche, lorsque l'épaisseur de la couche cornée augmente, comme sur la paume des mains et la plante des pieds (où elle est supérieure à 2 mm), ou sur le dos (1,5 à 2 mm) l'absorption est plus faible.

De nombreux autres facteurs conditionnent aussi l'absorption cutanée d'un toxique :

- la masse molaire du produit,
- la solubilité dans l'eau et les lipides (les petites molécules, à la fois hydrosolubles et liposolubles, pénètrent rapidement à travers la couche cornée essentiellement lipophile mais aussi à travers le reste de l'épiderme majoritairement hydrophile),
- la durée d'exposition,
- la quantité de toxique déposée par unité de surface cutanée,
- la température de la peau et la température extérieure,
- l'existence ou non d'un courant d'air au contact de la peau,
- l'humidité et la transpiration qui augmentent la perméabilité cutanée.

La pénétration peut également s'effectuer au niveau des glandes sébacées, des glandes sudoripares et des follicules pileux. L'épiderme a tendance à retenir les substances

hydrophiles, tandis que les tissus adipeux retiennent les composés lipophiles comme les solvants organiques.

4.2. LES MODES DE DISPERSION

Un toxique est dispersé sous une forme qui dépend de sa nature et de l'effet recherché. Dans un contexte d'emploi militaire, on retient trois modes de dispersion :

4.2.1. Explosion

Le toxique liquide ou solide est placé dans un contenant métallique. L'explosion de la charge dispersive provoque l'ouverture voire la fragmentation de l'enveloppe et la libération de son contenu.

Ce procédé n'intéresse que les produits chimiques non inflammables et stables vis-à-vis de l'élévation de température due à l'explosion.

Dans le cas des toxiques liquides, la dispersion conduit soit à la formation de vapeurs ou d'aérosols, soit à l'obtention de gouttelettes provoquant une contamination liquide du terrain.

Dans un contexte militaire, le produit peut être mis en œuvre par des projectiles classiques ou par des projectiles binaires. Les projectiles binaires possèdent deux réservoirs. Ils sont soit remplis de produits précurseurs peu ou pas toxiques, soit remplis avec deux produits toxiques (ex: ypérite et lewisite, sarin et cyclohexylsarin).

Après le départ du coup, il y a mélange des deux produits. En fin de trajectoire, les deux produits donneront soit par synthèse, un seul produit toxique ; soit un mélange de produits toxiques.

En règle générale, on aura :

- une dispersion des toxiques non persistants par tirs percutants,
- une dispersion des toxiques persistants par tirs fusants.

4.2.2. Epannage

Le produit toxique placé dans un ou plusieurs réservoirs fixés sous le fuselage de l'avion ou dans un missile, est dispersé à la verticale ou au vent de l'objectif. Le jet de liquide

est fragmenté par le vent en gouttelettes qui tombent au sol et en aérosols qui peuvent parcourir de grandes distances sous le vent.

Le procédé de l'épandage ne peut s'appliquer qu'aux toxiques dont la volatilité est suffisamment faible pour que les pertes par évaporation pendant la chute des gouttes puissent être considérées comme négligeables: toxiques persistants ou semi persistants.

Dans le cas où l'adversaire recherche la contamination directe d'unités, l'efficacité est liée à l'effet de surprise. Le temps qui s'écoule entre le passage de l'aéronef et l'arrivée au sol doit être aussi court que possible. Ce temps est fonction:

- de l'altitude d'épandage (de l'ordre de 50 mètres pour un avion à 2 000 mètres pour un missile balistique tactique),
- de la taille des gouttes (jusqu'à quelques millimètres).

4.2.3. Chauffage

Ce mode de dispersion est essentiellement réservé aux agents incapacitants. L'agent est porté rapidement à une température supérieure à son point de vaporisation. Les vapeurs émises se recondensent au contact de l'atmosphère, formant un nuage d'aérosols. Ce procédé n'a été retenu que pour la dispersion de produits solides. Les munitions sont chargées avec un mélange composé du produit, d'un combustible, d'un liant et d'un stabilisant. Le combustible fournit en brûlant la chaleur nécessaire pour provoquer la vaporisation du toxique.

Remarques :

- Nécessité de produits stables à la chaleur.
- Destruction d'une partie du toxique.
- Formation d'aérosols très stables.
- Vecteur de dispersion privilégié: munition de type grenade.

A noter que dans un contexte d'utilisation terroriste, tous ces modes de dispersions peuvent être exploités, à une taille restreinte mais pouvant produire des effets dévastateurs sur une population civile non préparée.

4.3. INFLUENCES EXTERIEURES SUR LE DANGER CHIMIQUE

4.3.1. Influence des conditions atmosphériques

Dès sa dispersion, un toxique est soumis à l'action de nombreux facteurs extérieurs qui exercent une influence, parfois très importante, sur son efficacité. En particulier ils accélèrent ou retardent l'évaporation et l'hydrolyse du produit.

Le nuage toxique ne présente d'intérêt pour un agresseur éventuel, que dans la mesure où il évolue dans les très basses couches de l'atmosphère, au voisinage du sol. Ce sont donc les conditions micrométéorologiques qui auront une grande importance.

4.3.1.1. Action du vent

La direction du vent n'a aucune influence sur l'évolution de la contamination mais détermine la direction prise par le nuage chimique. Un vent instable en direction est défavorable à l'efficacité d'un toxique car il entraîne une diminution importante de la concentration par étalement du nuage (dilution).

La vitesse de déplacement du nuage est fonction de celle du vent. Elle conditionne le temps de passage sur l'objectif. Un vent fort favorise l'évaporation des agents chimiques liquides. Il accélère le déplacement et la dilution du nuage.

4.3.1.2. Influence de la température

La température a une influence faible sur l'évolution du nuage toxique, mais une température élevée favorise sa formation. Les températures élevées vont augmenter l'efficacité des neurotoxiques persistants et non persistants mais diminuer la durée de la contamination liquide. Aux températures très basses, les risques d'intoxication par voie respiratoire seront réduits du fait de la très faible évaporation des agents, mais le risque de contamination par transfert demeure. Cependant les zones contaminées présentent à nouveau un danger vapeur dès que la température s'élève.

4.3.1.3. La stabilité de l'air

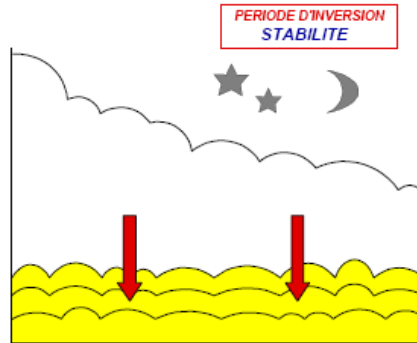
Les nuages de vapeurs ont d'autant plus d'effets que l'air est stable.

La stabilité de l'air est liée au gradient vertical de température, défini comme différence algébrique entre la température de l'air prise en altitude et au sol.

On distingue ainsi :

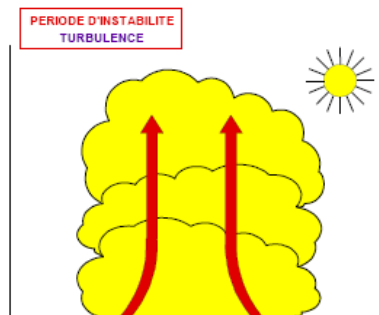
- La **stabilité** : les couches supérieures plus froides sont stables, les vapeurs toxiques ont tendance à demeurer au ras du sol. (exemple : nuit par temps clair)

Figure 4 - Stabilité de l'air



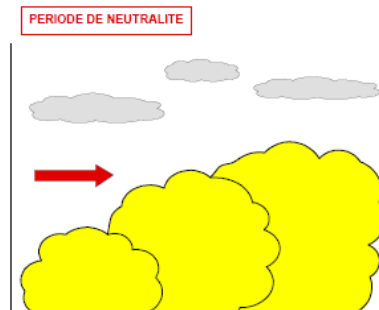
- L'**instabilité** : les couches supérieures sont plus chaudes, les vapeurs ont tendance à s'élever. (exemple journée ensoleillée)

Figure 5 - Instabilité de l'air



- La **neutralité** : la différence de température n'est pas significative. (exemple : couverture nuageuse importante ou vent fort)

Figure 6 - Neutralité de l'air



4.3.1.4. Humidité et précipitations

Les précipitations et l'humidité de l'air vont affecter les effets des agents chimiques. Par exemple, plus l'humidité est importante, plus l'efficacité des vésicants est accrue. Par contre celle des neurotoxiques non persistants reste inchangée.

Une pluie forte ou durable va diluer et déplacer l'agent toxique, favoriser sa pénétration dans le sol et peut accélérer la destruction de certains agents sensibles à l'hydrolyse.

Une couverture neigeuse augmente la persistance de la contamination car elle réduit l'évaporation des agents liquides. Dans le cas de l'ypérite, il y a transformation du produit en une masse pâteuse qui peut persister jusqu'à la fonte des neiges.

4.3.2. Influence du terrain

La nature du terrain influence la direction et la vitesse de déplacement du nuage toxique.

4.3.2.1. Le relief

Le relief a une influence très importante sur la direction du vent, qui s'oriente suivant les lignes caractéristiques du terrain.

Les nuages toxiques sont la plupart du temps des nuages denses qui ont tendance à s'écouler vers les parties basses du terrain, surtout en cas de situation de stabilité atmosphérique.

La contamination reste efficace plus longtemps sur les versants ombragés ; des concentrations dangereuses peuvent subsister dans les creux.

4.3.2.2. La nature du sol

Elle joue un rôle important pour la persistance de la contamination : un terrain dur et compact, imperméable favorise l'évaporation et limite la pénétration du toxique dans le sol.

4.3.2.3. La planimétrie et la végétation

Le nuage a tendance à contourner et à sauter les obstacles qui se présentent sur son passage. Quand le terrain est accidenté, le nuage se dissocie rapidement, perdant une grande partie de son efficacité et, de plus, est ralenti. Par contre, quand un nuage se forme ou pénètre

dans un sous-bois, il rencontre généralement des conditions de stabilité qui augmentent sa durée et son efficacité.

Les nuages chimiques butant sur des zones urbaines ont tendance à s'élever et non à y pénétrer. Mais la contamination liquide subsistera plus longtemps du fait des matériaux et revêtements poreux, utilisés en construction, qui absorbent et retiennent les agents liquides, prolongeant ainsi la durée de la contamination. De même, les facteurs qui en rase campagne tendent à diminuer la persistance (ensoleillement, vent au sol...) jouent un rôle moins important dans une cité bâtie où leur importance est réduite par exemple dans le cas de rues étroites peu ensoleillées.

Un sol recouvert de végétation haute ou de buissons favorise l'évaporation du toxique en empêchant le contaminant d'atteindre le sol et en le fragmentant, elle retarde aussi le déplacement du nuage mais augmente le risque de transfert dû à la contamination liquide. Un sol nu augmente la durée d'efficacité du toxique, permet un déplacement régulier et diminue le risque de transfert dû à la contamination liquide.

4.4. LES ARMES CHIMIQUES

4.4.1. Les agents létaux

Ils provoquent la mort ou conduisent à des états morbides graves avec persistance de séquelles plus ou moins invalidantes. Ces victimes doivent bénéficier d'une prise en charge médicale urgente.

4.4.1.1. Les neurotoxiques organophosphorés

Les neurotoxiques organophosphorés (NOP) agissent par inhibition des cholinestérases tissulaires entraînant une accumulation d'acétylcholine au niveau des synapses nerveuses et neuromusculaires.

Leur dénomination provient d'une double liaison ($-P=O$) retrouvée chez l'ensemble de ces molécules qui leur confère une toxicité sur le système nerveux.

A noter que ces agents ont une structure très voisine de celle des insecticides utilisés en agriculture, permettant de camoufler leur production sous prétexte d'usine d'insecticides.

4.4.1.1.1. Quelques mots d'histoire

En 1935, le chimiste allemand Gerhard Schrader parvint à synthétiser des insecticides organophosphorés : le parathion, le malathion, le paraoxon, destinés à remplacer la nicotine dont les coûts d'importation étaient conséquents. Le 23 décembre 1936, il synthétise une molécule cyanée : le tabun, dont une très faible concentration suffisait à tuer spontanément tous les insectes avec lesquels ce nouveau NOP se trouvait en contact. En raison de sa très grande toxicité, son intérêt militaire n'échappa pas à l'Etat major du III^{ème} Reich qui le vectorisa pour en faire une arme chimique et plaça cette découverte sous le sceau du secret [39].

Gerhard Schrader poursuivit ses travaux et découvrit en 1938 le sarin, molécule fluorée quatre fois plus toxique que le tabun. Son nom est en l'honneur des personnes à l'origine de sa mise au point : Schrader, Ambros, Rubrigger et van der Linde.

En 1942, une usine est construite à DYHERNFURT qui produira jusqu'en 1945 30.000 tonnes de tabun puis à partir de 1945 avait la capacité de synthétiser 7.000 tonnes de sarin par an.

En 1944, l'équipe de Schrader synthétise le soman avec une structure moléculaire voisine du sarin mais encore plus toxique car modifiant de façon irréversible la structure des cholinestérases (phénomène de vieillissement ou « aging »).

Avec la fin de la Seconde Guerre Mondiale, les Soviétiques démantèlent l'usine et la transfèrent avec son personnel clé en Union Soviétique où l'activité reprendra dès 1946. En 1953, ce sont les Britanniques du Centre de recherches de Porton Down qui mettent au point le VX ou A₄ dans la famille des amitons, insecticides actifs contre les acariens.

Les NOP présentant un intérêt militaire sont classés en deux groupes [40] :

- Les trilons ou agents G (tabun, sarin, soman, sarin cyclohexylique)
- Les amitons ou agents V (VX ou A₄)

4.4.1.1.2. Structure et principales propriétés physico-chimiques

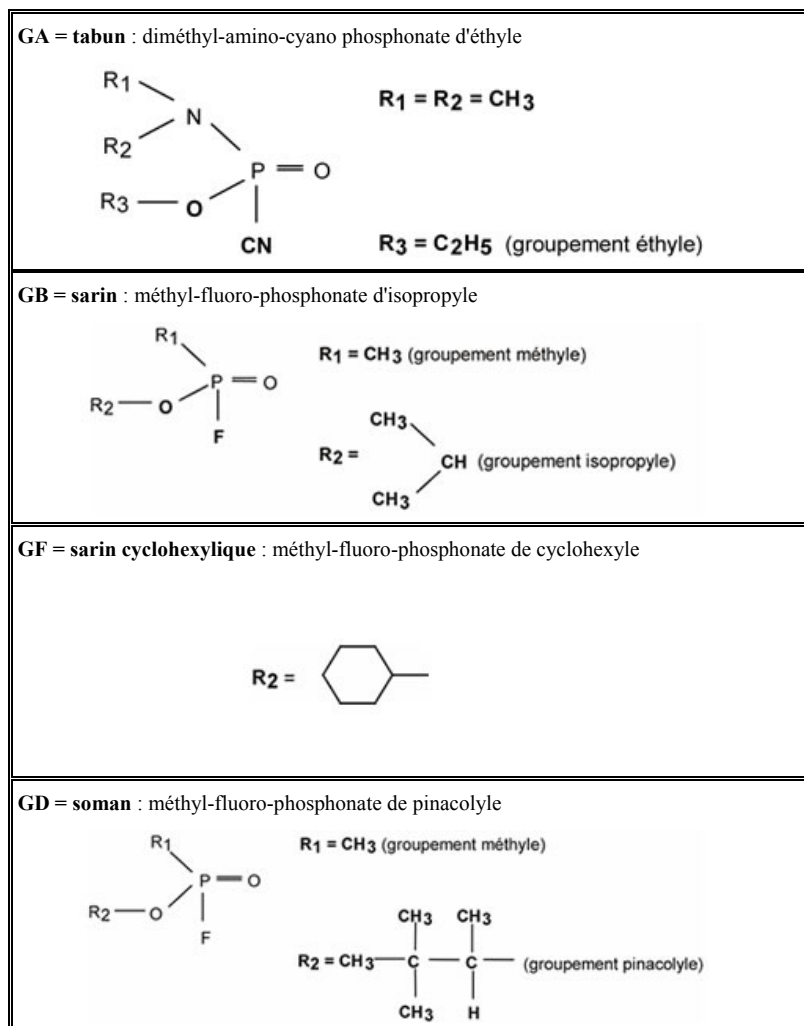
4.4.1.1.2.1. Les agents G

Les agents G sont des esters de dérivés des acides fluorophosphonique ou phosphoramidique. Leurs structures chimiques sont représentées figure 7.

Les différents représentants de ce groupe sont :

- GA = le tabun : diméthyl-phosphoramido-cyanidate d'éthyle
- GB = le sarin : méthyl-fluoro-phosphonate d'isopropyle
- GF = le sarin cyclohexylique : méthyl-fluoro-phosphonate de cyclohexyle
- GD = le soman : méthyl-fluoro-phosphonate de pinacolyle

Figure 7 - Neurotoxiques organophosphorés : agents G



La structure chimique du soman est très voisine de celle du sarin (le groupement isopropyle du sarin est remplacé par un groupement pinacolyle). De par son extrême toxicité et les difficultés qu'il pose en termes de traitement, le soman est l'un des agents G les plus redoutables.

La structure chimique des insecticides et des toxiques de guerre présente de nombreuses similitudes. Les études sur les insecticides ont porté sur la recherche d'une modification de certains groupements fonctionnels de façon à réduire la toxicité vis-à-vis de l'homme. Les NOP sont caractérisés par une grande liposolubilité et une affinité très forte

pour les cholinestérases (de 1 000 à 10 000 fois supérieure à celle des insecticides), qui pourraient expliquer en partie la différence de symptomatologie.

A température ambiante, tous les agents G sont à l'état liquide et émettent des vapeurs beaucoup plus denses que l'air ($d = 5,6$ pour le tabun, $4,8$ pour le sarin et $6,3$ pour le soman).

Sous forme liquide, ils sont capables de s'adsorber, de pénétrer et de traverser la plupart des matériaux habituels (bois, cuir, vêtements, caoutchouc, peinture, vernis...). Les matériaux contaminés peuvent par la suite libérer le toxique par désorption et évaporation progressive. Les agents G traversent les gants en latex en quelques minutes, en revanche les gants en caoutchouc butyle assurent une protection suffisante.

La volatilité varie selon le NOP considéré. Ainsi le sarin, composé le plus volatil, peut atteindre une concentration atmosphérique de 17 g/m^3 d'air à 25°C . Sa volatilité, bien qu'inférieure à celle de l'eau, est pratiquement six fois celle du soman (3 g/m^3) et presque trente fois celle du tabun ($0,612 \text{ g/m}^3$). Elle croît avec la température. Les agents G peuvent donc pénétrer dans l'organisme par voie cutanée et par inhalation.

Lorsqu'ils sont purs, les NOP sont des liquides incolores et inodores, solubles dans les solvants organiques. En revanche, leur solubilité dans l'eau diffère d'un produit à l'autre. Le sarin (GB) et le sarin cyclohexylique (GF) sont hydrosolubles, la solubilité du tabun est de 98 g.L^{-1} , celle du soman de 21 g.L^{-1} .

Ils sont facilement hydrolysés par l'hypochlorite (de sodium ou de calcium) et par les solutions alcalines concentrées.

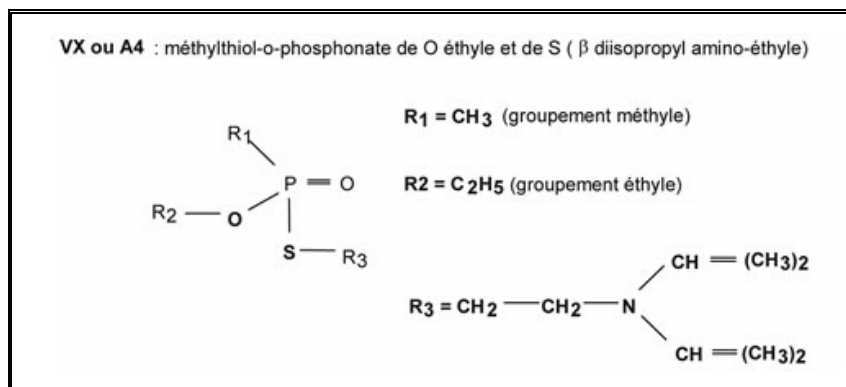
Les agents G sont des toxiques non persistants, selon la terminologie militaire mais, moins volatiles que l'eau, ils peuvent présenter un danger pour les premiers secours voire pour les équipes médicales hospitalières. Le soman associé à différents polymères comme le méthacrylate forme du soman épaissi au caractère persistant. L'addition d'eau en présence de l'agent épaississant génère des fibres qui s'enchevêtrent entre elles rendant alors la décontamination impossible.

4.4.1.1.2.2. Les agents V ou amitons

Les agents V sont des esters organiques de l'acide thiophosphonique. Ce sont des composés huileux, peu solubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques. Leur faible volatilité (8 à 10 mg/m^3 à 25°C) et leur résistance à l'hydrolyse, supérieure à celle des agents G, leur confèrent un caractère persistant.

Ils pénètrent essentiellement dans l'organisme par voie percutanée. Le «danger vapeur» est très faible, sauf en cas de fortes chaleurs ou si l'on vient respirer à proximité immédiate des gouttelettes de VX. Le VX est un composé très toxique : une gouttelette de la taille d'une tête d'épingle (0,5 à 10 mg) déposée sur la peau peut tuer un homme (tableau 11).

Figure 8 - Neurotoxiques organophosphorés : Agents V



4.4.1.1.3. Principales caractéristiques toxicologiques

Les caractéristiques de toxicité des NOP sont résumées tableau 11.

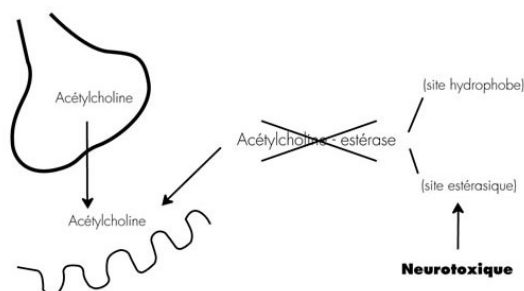
Tableau 11 - Toxicité des neurotoxiques organophosphorés [41]

Neurotoxique OP	CtL ₅₀ (mg.min/m ³)	CtI ₅₀ (mg.min/m ³)	Ct ₅₀ (mg.min/m ³)	DL ₅₀ (mg/70 kg)
Tabun (GA)	400	300	2,5	1 000
Sarin (GB)	100	75	3 à 5	1 700
Sarin cyclohexylique (GF)	?	?	< 1,0	50
Soman (GD)	70	?	< 1,0	30
VX	50	35	0,04	10

4.4.1.1.4. Mécanisme d'action

Les NOP, très lipophiles, franchissent aisément toutes les barrières biologiques. Ils se fixent de façon covalente au site estérasique des cholinestérases, que ce soit les acétylcholinestérases du système nerveux central (SNC), des muscles, des érythrocytes, des plaquettes ou les butyrylcholinestérases plasmatiques. Même si une faible quantité de neurotoxique franchit la barrière hémato-encéphalique, cela suffit pour inhiber en quelques secondes pratiquement toute l'activité cholinestérasique. Les NOP inhibent les cholinestérases en phosphorylant ou en phosphonylant leur site actif, bloquant ainsi la réaction d'hydrolyse normale de l'acétylcholine (figure 9).

Figure 9 - Inhibition des cholinestérases par les neurotoxiques organophosphorés



La déphosphorylation de l'enzyme est très lente mais elle peut être accélérée par des réactivateurs des cholinestérases ou oximes. La réaction peut donc évoluer dans deux directions :

- soit une réactivation spontanée de l'enzyme par hydrolyse ou déplacement du NOP par une oxime,
- soit une désalkylation de la liaison acétylcholinestérase-organophosphoré, entraînant un changement de la conformation et de la stabilité de l'enzyme et interdisant sa réactivation ultérieure.

Ce vieillissement de l'enzyme ou «aging» se produit en quelques minutes avec le soman, 5 à 6 heures avec le sarin, 46 heures avec le tabun, 48 heures avec le VX.

L'inhibition des cholinestérases provoque une accumulation d'acétylcholine au niveau des synapses du système nerveux autonome, de la plaque motrice et du SNC. Cet excès d'acétylcholine agit alors à la fois sur les récepteurs muscariniques et nicotiniques.

4.4.1.1.4.1. Les effets muscariniques

Les récepteurs muscariniques se situent dans les terminaisons des fibres postganglionnaires du système parasympathique. L'excès d'acétylcholine agit sur les muscles lisses (œil, bronches et intestin), au niveau des glandes salivaires, lacrymales et sudorales et au niveau des nerfs crâniens.

Il se manifeste par :

- une contraction des muscles lisses entraînant un bronchospasme, des spasmes gastro-intestinaux et des coliques, une incontinence fécale, des nausées et des vomissements,
- une hypersécrétion lacrymale, salivaire, nasale, bronchique et sudorale,

- un myosis dont l'intensité n'est pas proportionnelle à la gravité de l'intoxication, des troubles de l'accommodation accompagnés de photophobie et de douleur oculaire en cas de contact direct du toxique avec l'œil,
- une bradycardie par stimulation vagale, pouvant entraîner un arrêt cardiaque, et une hypotension par vasodilatation.

4.4.1.1.4.2. Les effets nicotiques

Les récepteurs nicotiques étant situés au niveau des synapses neuromusculaires des muscles striés, des synapses ganglionnaires du système nerveux autonome et des médullosurrénales, l'excès d'acétylcholine se manifeste par :

- des fasciculations musculaires et des crampes au point de contact avec le toxique, suivies d'une asthénie rapidement croissante par atteinte de la plaque motrice, évoluant vers une paralysie flasque des muscles striés et un arrêt respiratoire,
- une mydriase rapide, accompagnée d'une tachycardie et une hypertension artérielle due à la stimulation des glandes surrénales.

La combinaison des effets muscariniques et nicotiques se traduit sur la fréquence cardiaque qui peut être soit élevée, soit normale, soit basse.

4.4.1.1.4.3. Le syndrome central

Il associe des troubles du comportement avec ataxie et des convulsions intenses, de type tonico-clonique, pouvant évoluer vers un état de mal épileptique. Si ces troubles ne sont pas enrayés rapidement, des lésions cérébrales graves peuvent survenir. Après plusieurs heures de décharges paroxystiques ininterrompues à l'électro-encéphalogramme, apparaissent des signes d'encéphalopathie et un coma contemporain de la dépression respiratoire fatale.

Outre l'inhibition de l'acétylcholinestérase, les NOP agissent sur le SNC par d'autres mécanismes : la libération excessive de glutamate, acide aminé excitateur agissant au niveau de ses récepteurs notamment de type N-méthyl-D-aspartate (NMDA), provoque l'apparition de crises épileptiques proches de celles du lobe temporal, évoluant vers un état de mal intense et prolongé et laissant des séquelles à long terme [42].

4.4.1.1.5. Symptomatologie de l'intoxication aiguë par les neurotoxiques organophosphorés

La sévérité clinique dépend de la dose absorbée et de la voie de pénétration du toxique. L'intoxication par les vapeurs de NOP provoque des effets immédiats qui s'aggravent rapidement. En revanche, lors des intoxications par les NOP à l'état liquide (voie cutanée), les premiers effets sont localisés au point de contact des gouttelettes et se manifestent par une sudation et des fasciculations. Après une période de latence de quelques minutes à plusieurs heures, apparaît une phase de progression rapide. Tout d'abord, l'excès d'acétylcholine présent au niveau des récepteurs provoque un renforcement de la transmission de l'influx nerveux se traduisant par des spasmes et une augmentation des sécrétions. Au-delà d'une certaine limite, la repolarisation de la membrane cellulaire n'est plus possible, la transmission des influx est inhibée, les organes cibles sont paralysés. On distingue différents tableaux d'intoxication.

- **Exposition brève à des vapeurs de NOP :**

Les signes cliniques se limitent à un myosis serré, avec parfois douleur oculaire et vision trouble, une céphalée, des nausées et une dyspnée. Ces symptômes étaient présents chez la plupart des victimes de l'attentat de Tokyo. Plus rarement, on note de la fatigue, des vomissements, une rhinorrhée, une salivation abondante et de la toux. La sévérité des effets est souvent mal corrélée avec l'inhibition de l'acétylcholinestérase érythrocytaire.

- **Exposition à des liquides de NOP (dose absorbée inférieure à la DL₅₀) :**

Les premiers effets systémiques débutent 30 minutes à 18 heures après le contact avec le toxique, parfois même après la décontamination si le toxique a pu pénétrer dans la peau. Ultérieurement apparaissent des troubles gastro-intestinaux : vomissements, diarrhées.

- **Inhalation prolongée de vapeurs ou absorption digestive de NOP :**

Il existe un myosis avec larmolement et difficultés d'accommodation, une hypersialorrhée, des nausées avec vomissements, douleurs abdominales et épigastriques, une oppression thoracique avec bronchorrhée, dyspnée et toux, une hypersudation avec pâleur voire cyanose, une bradycardie (inconstante), des mictions involontaires, une faiblesse musculaire avec tremblements, des fasciculations évoluant vers la paralysie flasque. L'état de conscience se dégrade, des convulsions apparaissent, puis une défaillance ventilatoire. Des signes cardio-vasculaires peuvent compliquer l'évolution : ce sont des troubles du rythme ou de la conduction avec défaillance circulatoire complexe associant vasoplégie, hypovolémie et atteinte myocardique. La mort peut survenir en une heure.

- **Inhalation massive d'agents G ou contact (dose absorbée supérieure à la DL₅₀) :**

Quelques secondes à deux minutes après l'inhalation, se constitue un tableau d'hypoxie multifactorielle associant un bronchospasme sévère, une hypersécrétion bronchique encombrant les voies aériennes supérieures, des difficultés respiratoires par paralysie diaphragmatique, une paralysie des centres respiratoires et une perte de conscience. La mort par asphyxie peut survenir en cinq à dix minutes. Un syndrome convulsif intense et prolongé peut s'installer en quelques minutes et provoquer des lésions irréversibles du SNC. Dans ces circonstances, l'activité des cholinestérases plasmatiques et surtout érythrocytaires est diminuée de 70 à 80%.

Avec les NOP à l'état liquide, les premiers signes cliniques débutent une à trente minutes après le contact par une perte de connaissance et des crises épileptiques. Le myosis et la rhinorrhée peuvent apparaître plus tard et ne sont pas de bons critères pour apprécier la gravité de l'intoxication percutanée.

Effets à long terme : Si certains troubles visuels ou neuro-psychiques peuvent persister pendant 3 à 6 semaines après exposition aux NOP, des perturbations mineures de l'EEG peuvent se rencontrer un an après l'intoxication.

4.4.1.1.6. Prétraitement à la pyridostigmine

Le traitement de base de l'intoxication par les NOP est l'association atropine + oxime. Des effets synergiques sont observés pour le traitement de la plupart des intoxications par les NOP, excepté pour le soman en raison du phénomène d'aging des cholinestérases qui s'installe très rapidement.

Le traitement préventif de l'intoxication par les NOP repose sur la prise d'un carbamate inhibiteur réversible des cholinestérases : le **bromure de pyridostigmine**, destiné à faciliter l'action du traitement atropine + oxime après intoxication.

A noter que le bromure de pyridostigmine est le principe actif du MESTINON®, prescrit dans le traitement de la myasthénie.

Les comprimés sont fabriqués par la Pharmacie Centrale des Armées et sont pris sur ordre du Commandement. 1 comprimé de 30mg doit être pris toutes les 8 heures. Ce

prétraitement peut être poursuivi pendant 10 jours. A noter que l'efficacité maximale de protection est obtenue à partir de la 16^{ème} heure soit après le 3^{ème} comprimé.

Ce carbamate ne franchit pas la barrière hémato-méningée et n'agit par conséquent que sur les cholinestérases périphériques. Il n'empêche donc pas l'état de mal et sans d'autres moyens de contrôle pharmacologique des crises épileptiques, l'accroissement de la durée de survie laisse présager un accroissement des séquelles neurologiques chez les survivants [43]. L'huperzine A possède la faculté de passer la barrière hémato-encéphalique et pourrait être un bon candidat pour le remplacement éventuel de la pyridostigmine dans le prétraitement des intoxications organophosphorées. Des essais sont en cours [44].

Ses principaux effets indésirables, liés à ses caractéristiques parasympathomimétiques sont :

- des troubles gastro-intestinaux (crampes abdominales, nausées, diarrhées)
- une augmentation de la fréquence des mictions
- un écoulement nasal, une salivation et de la transpiration

Les effets indésirables potentiels ont largement été médiatisés dans le cadre de ce qu'on appelle le « syndrome de la guerre du Golfe » et sont encore actuellement discutés. Toutefois rien ne permet pour l'instant d'incriminer cette molécule à titre individuel [45].

Ce prétraitement ne peut bien sûr s'envisager que dans un contexte militaire.

4.4.1.2. Les vésicants

Les vésicants sont des agents létaux persistants qui provoquent des brûlures, des vésications et des nécroses lorsqu'ils sont au contact de la peau, ainsi qu'une toxicité générale. Les principaux sont l'ypérite au soufre (H ou HD lorsqu'elle est distillée), les ypérites à l'azote (HN1, HN2, HN3), la lewisite (L) et l'oxime de phosgène (CX). Leur structure chimique et leurs principales propriétés sont regroupées dans le tableau 12.

Tableau 12 - Structure chimique et principales propriétés des vésicants

Dénominations	Formules chimiques	Propriétés
Ypérite au soufre Gaz moutarde (H ou HD*) Sulfure de 2,2'dichloroéthyle * distillée	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} \\ \diagdown \text{S} \diagup \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$	Liquide huileux incolore ou légèrement jaunâtre PF = 14,5°C CtL ₅₀ = 1 500 mg.min/m ³ DL ₅₀ = 7g (percutané)
Ypérite à l'azote Moutarde à l'azote HN3 2,2',2"tri (chloroéthylamine)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} \\ \diagdown \text{N} \diagup \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} \\ \diagdown \text{N} \diagup \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$	Odeur de poisson ou savon si impure Presque inodore à état pur Liquide huileux incolore à jaune brunâtre PF = - 13°C CtL ₅₀ = 1 500 mg.min/m ³
Lewisite (L) 2, chlorovinylidichlorarsine	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \diagdown \text{As} \diagup \\ \text{Cl} \end{array} - \text{CH} = \text{CHCl}$	Si impure, odeur de géranium Si pure, presque inodore Liquide incolore à brun PF = -18°C CtL ₅₀ = 1 500 mg.min/m ³ DL ₅₀ = 35 mg/kg
Oxime de phosgène CX Dichloroformoxine	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \diagdown \text{C} \diagup \\ \text{Cl} \end{array} = \text{N} - \text{OH}$	Odeur désagréable et irritante Poudre cristalline blanchâtre PF = 39 à 40° C CtL ₅₀ = 3200 mg.min/m ³

4.4.1.2.1. Les ypérites

Le sulfure de 2,2'dichloroéthyle (ou ypérite au soufre, ou "gaz moutarde") est l'agent vésicant le mieux connu. L'ypérite au soufre a été utilisée pour la première fois comme toxique de guerre par les troupes allemandes dans la nuit du 12 au 13 juillet 1917 près de la ville d'Ypres, d'où son nom. Abondamment utilisée par les deux camps pendant la 1ère Guerre Mondiale, puis dans d'autres conflits, son emploi a été redouté pendant la Guerre du Golfe en 1991 [46,47].

4.4.1.2.1.1. Propriétés

L'ypérite au soufre est un liquide huileux incolore ou légèrement jaunâtre, qui émet rapidement des vapeurs incolores plus denses que l'air, sentant la moutarde ou l'ail. Elle est très peu soluble dans l'eau (0,8 g.L⁻¹ à +20° C), au contact de laquelle elle s'hydrolyse en formant de l'acide chlorhydrique et des polyols comme le thiodiglycol. A forte concentration, elle forme des micelles insensibles à l'hydrolyse. Sa persistance est de quelques jours dans l'eau courante et de quelques mois dans l'eau stagnante. En revanche, elle est soluble dans les solvants organiques et les graisses. Elle est peu volatile et d'une grande stabilité chimique. Sa

température de fusion étant de +14,5° C, son caractère persistant est très prononcé dans des conditions climatiques froides ou tempérées. A +40° C, la persistance est inférieure à trois jours, mais à +10° C, elle dépasse une semaine. Bien que sa température d'ébullition soit très élevée (+227,8° C), des vapeurs dangereuses sont générées par explosion ou par évaporation à température ordinaire. La concentration atmosphérique des vapeurs croît avec la température.

Les ypérites à l'azote, à température ambiante, sont des liquides dont l'odeur de poisson ou de savon est d'autant plus prononcée qu'elles sont impures. Elles sont représentées par trois molécules dont la seule susceptible d'avoir une application militaire (HN3 ou 2,2',2''trichloroéthylamine) n'a jamais été utilisée dans un contexte militaire. Les deux autres, HN1 et HN2, sont aussi des amines à radical chloréthyle. Elles ont donné naissance à une classe de produits thérapeutiques cytotoxiques (Alkéran[®], Caryolysine[®], Endoxan[®]).

Les ypérites sont caractérisées par un pouvoir de pénétration très rapide : en moins de trois minutes, elles pénètrent dans tous les matériaux usuels (bois, peintures, vêtements ordinaires, cuir, gants chirurgicaux en latex), nécessitant d'entreprendre très rapidement les opérations de décontamination.

L'ypérite au soufre, toxique sous forme liquide et vapeur, exige des protections cutanées et respiratoires, d'autant que les vapeurs franchissent également la barrière cutanée. Sous forme liquide, la DL₅₀ de l'ypérite au soufre est d'environ 100 mg/kg, soit 7 g (ou environ 5 ml) pour un homme de 70 kg. Ceci correspond à une atteinte d'environ 20 à 25% de la surface corporelle. Lorsqu'une goutte d'ypérite est déposée sur la peau, 80% du volume s'évaporent et 20% pénètrent. Totalement indolore, la pénétration s'effectue en moins de 3 minutes. La sensibilité des téguments dépend de leur finesse et de la densité en glandes sudoripares et sébacées. Certaines zones anatomiques (visage, cou, aisselles, espaces interdigitaux, plis unguéaux, organes génitaux) sont plus perméables, de même que la peau humide de transpiration.

Les cibles tissulaires de l'ypérite sont la peau, les yeux, les voies respiratoires, le tube digestif, la moelle osseuse et le SNC. Un blessé ypérité est considéré comme un brûlé immunodéprimé.

4.4.1.2.1.2. Mécanisme d'action des ypérites

Différentes hypothèses ont été avancées.

- Alkylation des molécules biologiques :

L'ypérite pénètre dans la cellule par une simple diffusion. La pénétration transcutanée est très rapide (1 à 4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \text{ min}$), facilitée par l'humidité, la chaleur et au niveau des zones corporelles où l'épaisseur de la couche épidermique est faible. L'ypérite subit ensuite une cyclisation qui la transforme en cation episulfonium au pouvoir électrophile très élevé. Elle attaque alors les sites biologiques possédant un centre nucléophile riche en électrons, comme les atomes de soufre (groupement thiols), d'azote (groupements aminés) ou d'oxygène (groupements carboxyliques). L'ypérite alkyle les protéines et les acides nucléiques. En particulier, elle établit des liaisons covalentes stables avec les deux brins d'ADN, ce qui inhibe la synthèse protéique et les mitoses par un effet radiomimétique. Ces propriétés cytostatiques, cytotoxiques et mutagéniques altèrent particulièrement les cellules à division rapide (couche basale germinative de l'épiderme, moelle hématopoïétique, muqueuse intestinale).

- Déplétion en thiols et atteinte de la régulation du Calcium intracellulaire :

L'ypérite provoque une baisse du glutathion intracellulaire, ce qui perturbe l'homéostasie des groupements thiols, inhibe le transport de l'ion Ca^{++} et active les processus cataboliques Ca^{++} dépendants : dégradation des protéines, cassures de l'ADN, hydrolyse des phospholipides.

- Peroxydation lipidique :

La déplétion en glutathion provoque aussi une augmentation des concentrations en peroxyde d'hydrogène et en radicaux libres, secondairement responsables de la perte d'intégrité des membranes et de cytolyse par peroxydation de leurs phospholipides.

- Activation des poly-ADP-ribose polymérase par les ADN altérés :

Elle provoque une déplétion en NAD^+ . Il en résulte une inhibition de la glycolyse, une activation de la voie des hexoses-phosphates, une libération de protéases qui participent à la formation des vésicules. Les vésicules résultent de la rupture de la jonction dermo-épidermique, de l'extravasation locale, d'infiltration de leucocytes, de la libération de cytokines et de médiateurs de l'inflammation. Le résultat est une nécrose cellulaire associée à une réaction inflammatoire. La lésion cutanée ressemble plus à une toxidermie avec épidermolyse (syndrome de Lyell) qu'à une brûlure thermique.

4.4.1.2.1.3. Symptomatologie de l'intoxication par l'ypérite

Elle résulte de l'effet de contact du toxique avec certains organes (œil, voies respiratoires et peau) et des effets systémiques du toxique ayant pénétré dans l'organisme [48,49].

Les effets oculaires sont les premiers à apparaître après une exposition à des vapeurs, les yeux étant les organes les plus sensibles. Le délai d'apparition des symptômes dépend de la valeur du Ct.

- Si l'intoxication est légère :

4 à 12 heures après le contact apparaissent un larmoiement, des picotements, une sensation de brûlure qui s'accroît alors que la vision devient floue.

- Si l'intoxication est forte :

En 3 à 6 heures apparaissent une conjonctivite, un blépharospasme avec douleur intense et photophobie. Il existe un œdème de la cornée avec afflux de leucocytes qui peut durer plusieurs semaines. Le processus cicatriciel diminue les mouvements de la pupille et prédispose les victimes au glaucome.

- Si l'intoxication est sévère :

Dans < 1% des cas, par gouttelette d'ypérite dans l'œil ou auto-contamination, les symptômes apparaissent en 1 à 2 heures, dominés par une douleur intense, une photophobie et un blépharospasme.

Une kérato-conjonctivite et des ulcérations cornéennes accompagnent l'œdème et les vésications palpébrales. Une infection secondaire est fréquente. Une cécité peut apparaître, temporaire le plus souvent. La cicatrisation est lente et les séquelles fréquentes.

Les symptômes respiratoires et leur délai d'apparition dépendent également du Ct. Les lésions commencent au niveau des voies aériennes supérieures et s'étendent progressivement.

- Si le Ct est faible, les effets se limitent au nez, aux sinus et au pharynx (irritation, sensation de brûlures, hypersécrétion, épistaxis).
- Si le Ct est élevé, l'atteinte des voies respiratoires s'étend à la trachée et aux bronches, conduisant à une toux productive. Les bronchioles et les alvéoles ne sont touchées qu'en phase terminale ou en cas de forte intoxication.

Dès la 1ère heure qui suit l'exposition à l'ypérite, les muqueuses nasales, sinusales et pharyngées sont atteintes. Entre 2 et 16 heures apparaissent un œdème inflammatoire de la

muqueuse, des éternuements avec rhinorrhée muco-purulente, une sinusite sévère, une pharyngite avec nécrose de la muqueuse entraînant la formation de pseudomembranes épaisses de couleur jaune, qui obstruent les voies aériennes, et une laryngite avec sensation de strictions dans la poitrine. Entre 16 à 48 heures apparaissent une toux productive sévère contenant des débris muco-purulents, une obstruction des bronchioles par les pseudomembranes provoquant une atélectasie, une dyspnée et une tachypnée, un œdème pulmonaire, des hémorragies alvéolaires. La mort peut survenir en moins de 24 heures par laryngospasme ou par asphyxie mécanique résultant du dépôt des pseudomembranes, ou entre 2 et 4 jours par broncho-pneumonie chimique secondaire, ou plus tard, entre 8 et 11 jours, en cas de surinfection.

Les effets cutanés se succèdent en trois phases. La contamination est insidieuse car indolore. En 30 minutes l'ypérite a déjà pénétré dans le derme. La période de latence, de 1 à 24 heures, est marquée par un érythème (1 à 3 heures) comparable à un coup de soleil accompagné de prurit intense, un œdème (8 à 12 heures) et, pour les fortes doses d'ypérite, des nausées. Entre 13 à 22 heures, apparaissent de petites vésications qui se transforment en phlyctènes en 16 à 48 heures (figure 4). Celles-ci se rompent, laissant des lésions suintantes, puis nécrotiques de l'épiderme et du derme, sièges d'infections dont la guérison demandera plusieurs semaines à plusieurs mois. Une à deux semaines après l'intoxication, l'érythème disparaît mais il persiste des anomalies pigmentaires avec cohabitation de zones hyper et hypopigmentées. Les phlyctènes commencent à guérir si elles sont protégées de l'infection. A noter que Atkins et al. ont montré un effet protecteur cellulaire de la N acétylcystéine [50].

Les effets systémiques concernent principalement le tube digestif, la moelle osseuse et le SNC.

Photographie 1 - Brûlure à l'ypérite du 2ème degré



Phlyctènes entre 22 et 36 h



Phlyctènes entre 30 h et 3 jours

Les effets gastro-intestinaux, consécutifs à un œdème suivi d'une nécrose de la muqueuse, se manifestent par une œsophagite, une gastrite et des diarrhées sanglantes.

Les effets sur l'hématopoïèse, identiques à ceux résultant d'une irradiation, sont l'inhibition de la prolifération des cellules souches dans la moelle osseuse et le tissu lymphoïde. Après une augmentation initiale des leucocytes par réaction au stress, leur nombre chute à partir du 2^{ème} ou 3^{ème} jour. Le pronostic est mauvais si la leucopénie devient inférieure à 200/mm³. La diminution des érythrocytes et des plaquettes est plus tardive [51].

Les effets neurologiques débutent après deux à quatre heures et durent plusieurs jours. Ce sont des manifestations cholinergiques (myosis, nausées, vomissements, tremblements) associées à un état de malaise, de fatigue, d'anxiété, d'agitation ou de dépression, une névrose ou des troubles de la personnalité.

Au total, l'intoxication par les ypérites expose à des risques infectieux à court terme, hématopoïétiques à moyen terme, tératogènes et cancérogènes à long terme. La mortalité globale est faible, inférieure à 5%.

4.4.1.2.2. La lewisite

4.4.1.2.2.1. Propriétés

La lewisite (L) est une arsine halogénée qui associe à des propriétés vésicantes, la toxicité générale de l'arsenic. Liquide à température ordinaire, sa température de fusion est de -18° C et sa température d'ébullition de +190° C. Elle peut être mélangée à l'ypérite pour abaisser le point de fusion de cette dernière et permettre ainsi une utilisation à très basse température. A l'état impur, la lewisite développe une odeur d'essence de géranium. A l'état pur elle est presque inodore.

4.4.1.2.2.2. Mécanisme d'action de la lewisite

Le mécanisme d'action est mal connu, les données toxicologiques humaines sur la lewisite étant très limitées et parfois contradictoires. L'arsenic trivalent (As³⁺) inhibe un grand nombre d'enzymes à groupements thiols (-SH), notamment l'hexokinase et la pyruvate déshydrogénase. Cette dernière enzyme intervient dans le métabolisme énergétique au niveau de la formation d'acétyl-coenzyme A et comporte de l'acide lipoïque au niveau duquel se fixe la lewisite.

4.4.1.2.2.3. Symptomatologie de l'intoxication par la lewisite

La douleur caractéristique du contact avec la lewisite est une notion controversée. La symptomatologie serait semblable à celle provoquée par l'ypérite, mais plus précoce. Elle se caractérise par une irritation nasale et une sensation de brûlure immédiate au niveau des yeux, de la peau et de l'appareil respiratoire.

Les effets oculaires immédiats sont la douleur et le blépharospasme. Dans l'heure qui suit, se développent une conjonctivite et un œdème des paupières. Les troubles seraient ensuite comparables à ceux générés par l'ypérite.

Les effets cutanés sont une irritation immédiate, laissant apparaître en cinq minutes des zones grisâtres autour des points de contact du toxique avec l'épiderme. Ce signe est pathognomonique de l'intoxication par la lewisite. La vésication survient à la 12ème heure. Les lésions se développent plus rapidement qu'avec l'ypérite et sont plus profondes, plus douloureuses et plus nécrosantes. Par voie percutanée la DL₅₀ est de 35 mg/kg (soit 2,5 g pour un adulte de 70 kg).

Les effets respiratoires sont annoncés par une irritation des muqueuses qui, dans une zone à risque d'attaque chimique, provoque la mise en place immédiate du masque. Dans ce cas, il n'y a pas d'atteinte des voies respiratoires. Dans le cas contraire, la symptomatologie est comparable à celle provoquée par l'ypérite, mais se manifeste dans des délais plus brefs.

Les effets systémiques traduisent l'intoxication générale avec somnolence et troubles nerveux périphériques, troubles digestifs (vomissements et diarrhées), atteintes hépatique, intestinale, rénale, anémie hémolytique, troubles de la perméabilité capillaire (hémococoncentration, état de choc pouvant conduire à la mort). La lewisite n'a pas d'effet radiomimétique.

4.4.1.2.3. L'oxime de phosgène

L'oxime de phosgène (CX) est désormais considéré plus comme un agent irritant cutané que comme un vésicant.

Il se présente sous forme d'une poudre blanche soluble dans l'eau et les solvants organiques.

Son pouvoir irritant s'exerce au niveau des yeux, des organes respiratoires et de la peau.

4.4.1.3.

Les suffocants

Les agents suffocants sont des toxiques chimiques létaux qui pénètrent dans l'organisme par les voies respiratoires, entraînant une irritation au niveau de la trachée et des bronches, et agissent sur le tissu pulmonaire en créant un œdème lésionnel. La plupart sont des produits industriels chimiques comme le chlore, le phosgène, l'isocyanate de méthyle ou l'ammoniac, certains pouvant être utilisés comme arme chimique.

Au plan militaire, la classe des suffocants regroupe le phosgène (CG), le diphosgène (DP), le chlore (Cl), la chloropicrine (PS), le perfluoroisobutylène (PFIB). Ce dernier, obtenu par pyrolyse des polymères du tétrafluoroéthylène comme le Téflon[®], est dix fois plus toxique que le phosgène. Il a été produit en grande quantité par l'ex-URSS, mais les Soviétiques n'ont pas pu l'adapter à un vecteur pour en faire une véritable arme chimique. Le PFIB peut être généré lors d'incendies de matériels militaires qui possèdent souvent des constituants en téflon [52].

En opération, les combattants peuvent être exposés à des substances à effet suffocant comme les vapeurs nitreuses ou les fumigènes, dont la combustion produit du chlorure de zinc qui s'hydrolyse en formant de l'acide chlorhydrique. De même, certains agents irritants comme les lacrymogènes ou les sternutatoires peuvent avoir une action suffocante à forte concentration, notamment en atmosphère confinée.

4.4.1.3.1. Le phosgène

C'est le toxique le plus caractéristique du groupe des suffocants. Aussi, les mécanismes d'action, les symptômes et la prise en charge des victimes du phosgène peuvent être étendus aux autres agents suffocants. Ceux-ci diffèrent essentiellement par leur hydrosolubilité qui conditionne leur niveau d'action : les composés peu solubles dans l'eau, comme le phosgène, le PFIB et les oxydes d'azote, pénètrent directement jusque dans les bronchioles et provoquent un œdème aigu du poumon (OAP) ; au contraire, les composés hydrosolubles, comme le chlore et l'ammoniac, agissent au niveau des voies aériennes supérieures.

Le phosgène a été employé comme arme chimique dès le premier conflit mondial. Le 22 juin 1916, à VERDUN, des obus chargés de phosgène furent tirés des lignes allemandes. De nombreuses autres attaques devaient suivre, rendant cet agent responsable de 80% des décès causés par les armes chimiques. Bien qu'il ne soit plus stocké à des fins militaires, le phosgène est un intermédiaire de la synthèse de nombreux produits de l'industrie chimique :

colorants, acide chlorhydrique, isocyanates, polycarbonates, polyuréthanes, carbamates, produits pharmaceutiques, herbicides et insecticides. Par ailleurs, la décomposition thermique des hydrocarbures halogénés génère du phosgène qu'il est possible d'inhaler.

4.4.1.3.1.1. Propriétés

Le phosgène est l'oxychlorure de carbone (COCl_2) dont la masse molaire est de 98,92 daltons. A température ambiante, c'est un gaz incolore, plus lourd que l'air (densité de vapeur par rapport à l'air : 3,4), dont l'odeur rappelle celle du foin fraîchement coupé. Sa température d'ébullition étant relativement basse ($+8,2^\circ \text{C}$), le phosgène est un composé très volatil au caractère non persistant. Cependant, il peut demeurer pendant plusieurs heures au niveau du sol, lorsque les conditions météorologiques le permettent (température basse, à l'abri du vent). Par ailleurs, les cheveux et certains tissus adsorbants comme la laine peuvent piéger les vapeurs de phosgène et les relarguer dans une atmosphère à température plus élevée (lieu confiné comme une ambulance ou salle d'accueil des victimes). Très peu soluble dans l'eau, il s'hydrolyse à son contact pour donner naissance à de l'acide chlorhydrique (HCl) et à du dioxyde de carbone (CO_2). En revanche, il est facilement soluble dans les solvants organiques et dans les huiles. Chauffé à plus de 300°C , il se décompose en émettant du chlore (Cl_2) et du CO_2 .

La toxicité du phosgène (IDLH) apparaît pour 2 ppm, c'est-à-dire $2 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, ce qui correspond à une concentration atmosphérique de $8,0 \text{ mg}/\text{m}^3$. Cette concentration est inférieure au seuil de détection par l'odorat qui est de $22 \text{ mg}/\text{m}^3$. Certaines personnes à l'odorat sensible pourraient le détecter dès 1 ppm soit $4 \text{ mg}/\text{m}^3$.

4.4.1.3.1.2. Mécanisme d'action du phosgène

Une partie du phosgène inhalé est hydrolysée au niveau des voies aériennes supérieures. Grâce à sa très faible solubilité dans l'eau, il atteint rapidement les alvéoles pulmonaires. Par son groupement carbonyle, il crée des réactions d'acylation avec les fonctions nucléophiles (amine $[-\text{NH}_2]$, hydroxyle $[-\text{OH}]$, sulfhydryle $[-\text{SH}]$), portées par les macromolécules tissulaires qui constituent la barrière air-sang. L'acylation produit une dénaturation des protéines et des lipoprotéines, une altération irréversible des membranes de structure et des dérèglements du métabolisme cellulaire. Quelques jours après une exposition au phosgène, les teneurs tissulaires en glutathion-réductase et superoxyde-dismutase augmentent, ce qui correspond à une réponse du poumon à l'agression.

La glycolyse et le métabolisme aérobie des cellules pulmonaires sont diminués, ainsi que les teneurs intracellulaires en ATP et AMP cyclique. L'altération progressive de la barrière sang-air laisse passer du liquide des capillaires vers l'épithélium interstitiel et les espaces alvéolaires, dépassant les capacités de drainage lymphatique. Les traitements doivent augmenter la concentration d'AMP cyclique intracellulaire, soit en stimulant sa production (bêta-2-adrénergiques), soit en inhibant sa dégradation (inhibiteurs de la phosphodiesterase tels que l'aminopylline).

4.4.1.3.1.3. Symptomatologie de l'intoxication aiguë par les suffocants

Les manifestations respiratoires dues aux suffocants vont de l'irritation bénigne à l'OAP lésionnel, voire au syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA). L'évolution vers l'OAP se produit après une période asymptomatique de 20 minutes à plus de 24 heures. Le dénominateur commun est l'hypoxie due au trouble de diffusion de l'oxygène au travers de la membrane alvéolocapillaire lésée. Dans les formes simples, l'oxygénothérapie peut suffire à condition que les patients soient mis au repos et en observation. Dans les formes plus compliquées, une ventilation artificielle en pression d'expiration positive continue est nécessaire.

A l'état liquide (température < 8,2° C), le phosgène peut provoquer des brûlures de la peau et des yeux. Sous forme vapeur, si la concentration atmosphérique est supérieure à 3 ppm (12 mg/m³), il cause une irritation et une douleur immédiates des yeux et des muqueuses par production locale d'acide chlorhydrique. La sévérité des symptômes dépend de la concentration en phosgène de l'air respiré : irritation de la gorge pour une teneur > 3 ppm (12 mg/m³), irritation des yeux pour une teneur > 4 ppm (16 mg/m³), toux pour une teneur > 4,8 ppm (19,2 mg/m³).

Tableau 13 - Toxicité du phosgène chez l'homme lors d'une intoxication aiguë

Ct en ppm.min	Ct en mg.min/m ³	Effets
1300 = CtL ₁₀₀	5200 = CtL ₁₀₀	100% de mortalité
500 = CtL ₅₀	2000 = CtL ₅₀	50% de mortalité
300	1200	1 % de mortalité
150	600	Risque d'œdème pulmonaire +++
50 à 150	200 à 600	Inflammation interstitielle
25 à 50	100 à 200	Altérations biochimiques
< 25	< 100	Sans

La toxicité dépend de la dose absorbée, c'est-à-dire de la concentration et de la durée d'exposition, mais aussi de l'activité physique des personnes exposées (tableau 13).

Si le produit C.t est élevé, le phosgène, peu soluble dans l'eau, pénètre rapidement dans les voies respiratoires jusqu'aux poumons, provoquant une apnée et une bronchoconstriction. La diffusion du gaz dans la circulation pulmonaire entraîne une hémolyse qui provoque la mort en quelques minutes.

Si le produit C.t est compris entre 150 à 400 ppm.min (600 à 1 600 mg.min/m³), la symptomatologie comprend trois phases.

- **La phase de pénétration :**

Caractérisée par un larmolement, une irritation oculaire, des douleurs ou un prurit oropharyngé, une toux irritative, une douleur thoracique et une sensation d'oppression. Ce sont les premiers signes de l'intoxication, d'intensité et de durée variables d'un individu à l'autre.

- **La phase d'intervalle libre :**

Elle peut s'installer rapidement, dès la fin de l'exposition, pour 2 à 36 heures. Silencieuse, elle correspond à l'accumulation de liquide dans le tissu interstitiel et alvéolaire. La victime doit être mise au repos pendant cette période dont la fin est annoncée par un raccourcissement de la respiration avec ou sans douleur thoracique. Des crépitements peuvent être détectés à l'auscultation de la base des poumons, qui vont devenir plus intenses et s'étendre dans les deux champs pulmonaires. L'examen radiologique révèle une atteinte alvéolaire ou interstitielle. Si l'OAP apparaît dès la quatrième heure, le pronostic est péjoratif.

- **La phase d'œdème aigu du poumon :**

Elle se caractérise par une hypoxie, et une cyanose. La séquestration pulmonaire du liquide plasmatique provoque une hypovolémie et une hypotension. L'atteinte respiratoire avec hypoxie et hypovolémie évolue vers un SDRA terminal, la victime se noyant dans son propre liquide plasmatique. Si la phase aiguë de l'OAP est surmontée, l'œdème se résorbe progressivement et le pronostic s'améliore. Mais des complications infectieuses peuvent apparaître (broncho-pneumonie) et, plus tardivement, des séquelles (fibrose pulmonaire).

4.4.1.3.2. Le chlore

Le chlore est utilisé comme matière première pour la synthèse de nombreux composés organiques et minéraux. Il est également employé comme agent de blanchiment en papeterie et comme désinfectant dans le traitement de l'eau.

4.4.1.3.2.1. Propriétés

A température ambiante et sous pression normale, le chlore est gazeux (température d'ébullition : -34°C), de couleur jaune verdâtre et plus dense que l'air ($d=2,49$). C'est un composé volatil non persistant, détectable à partir de 1 ppm c'est-à-dire $2,9\text{ mg/m}^3$. En France la Valeur Limite d'Exposition (VLE) est de 3 mg/m^3 .

Le chlore est commercialisé à l'état liquide sous pression de vapeur saturante. Sa solubilité dans l'eau est de 7g.L^{-1} à 20°C . C'est un puissant oxydant qui réagit avec l'eau pour former de l'acide chlorhydrique et de l'acide hypochloreux. Les mélanges de chlore avec l'hydrogène, l'acétylène, l'éthane, l'éthylène et l'ammoniac peuvent exploser sous l'action d'une étincelle, de la lumière ou de certains catalyseurs.

4.4.1.3.2.2. Mécanisme d'action

L'action du chlore sur l'organisme est directement liée à son pouvoir oxydant : il provoque une déshydrogénation de l'eau tissulaire entraînant alors une libération d'oxygène et d'acide chlorhydrique. L'oxygène ainsi formé au niveau pulmonaire produit un œdème lésionnel dont l'acide chlorhydrique aggrave les effets.

4.4.1.3.2.3. Symptomatologie

L'exposition à une faible concentration de chlore (inférieure à 45 mg/m^3) entraîne une irritation des muqueuses nasale, oculaire et pharyngée sans conséquence clinique. Si la concentration atmosphérique dépasse 90 mg/m^3 , des symptômes immédiats apparaissent (sensation de brûlure conjonctivale, larmoiement, rhinorrhée, hypersialorrhée, toux), accompagnés de signes généraux d'intoxication (sensation de suffocation avec anxiété, céphalées, douleurs rétrosternales, abdominales, nausées, vomissements). Dans les cas sévères, s'installe une détresse respiratoire avec cyanose et crachats hémoptoïques. En cas d'exposition plus importante, la complication principale est l'œdème lésionnel du poumon. Les principales séquelles sont l'asthme et l'emphysème.

4.4.1.3.3. Le fluor

Tout comme le chlore, le fluor (F_2) est utilisé dans l'industrie chimique pour la synthèse de nombreux composés organiques et minéraux. Il est aussi employé dans l'industrie nucléaire pour la préparation d'hexafluorure d'uranium, et comme agent comburant pour la propulsion des fusées.

4.4.1.3.3.1. Propriétés

A température ambiante et sous pression normale, c'est un gaz (température d'ébullition : $-188,13^{\circ}\text{C}$), de couleur jaunâtre presque incolore, plus dense que l'air ($d = 1,3$). Son odeur repoussante est très marquée. C'est un composé volatil non persistant, détectable à partir de 0,02 ppm c'est-à-dire $0,04\text{ mg/m}^3$. La VLE du fluor est fixée en France à 2 mg/m^3 . Le fluor est le plus électronégatif des éléments, par conséquent il réagit avec la plupart des substances organiques et minérales. Avec l'hydrogène la réaction est extrêmement violente et produit une explosion. Le fluor décompose l'eau en donnant un mélange de fluorure d'oxygène (OF_2) et d'acide fluorhydrique (HF).

4.4.1.3.3.2. Symptomatologie

Le fluor est un gaz extrêmement irritant et vésicant dont la toxicité est celle de l'acide fluorhydrique. L'irritation de la peau et des muqueuses apparaît à partir d'une exposition de 5 minutes à une concentration atmosphérique de 50 mg/m^3 . Au contact de la peau, le gaz peut provoquer des brûlures graves.

4.4.1.3.4. L'ammoniac

L'ammoniac (NH_3) a aussi un grand champ d'applications industrielles. Il est utilisé notamment pour la fabrication des engrais azotés comme le nitrate d'ammonium commercialisé sous le nom d'ammonitrates et pour la fabrication de produits d'entretien. Il est employé dans l'industrie du froid, du papier, des fibres textiles.

4.4.1.3.4.1. Propriétés

L'ammoniac est un gaz incolore (température d'ébullition $-33,3^{\circ}\text{C}$), d'odeur piquante, plus léger que l'air (densité de vapeur : 0,597). La VLE est fixée à 36 mg/m^3 . Sa grande solubilité dans l'eau (33,1% en poids à 20°C) conduit à la formation d'ammoniaque qui est une base faible caustique pour la peau et les muqueuses.

4.4.1.3.4.2. Symptomatologie

L'exposition à l'ammoniac provoque une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, une ulcération avec œdème pharyngé et laryngé, puis un bronchospasme. Elle provoque également des brûlures chimiques sur les parties cutanées découvertes. Les séquelles d'une exposition à l'ammoniac sont une diminution des perceptions olfactives et des capacités respiratoires.

4.4.1.4. Les toxiques cellulaires

Les toxiques cellulaires regroupent les agents cyanés et l'hydrogène arsénié.

4.4.1.4.1. Les dérivés cyanés

Ce sont des composés capables de libérer un ion cyanure (CN⁻) ou de l'acide cyanhydrique par combustion, ce qui va inhiber la chaîne respiratoire mitochondriale et provoquer une anoxie cellulaire.

Parmi ces composés figurent l'acide cyanhydrique et le chlorure de cyanogène qui sont des toxiques de guerre classés comme agents létaux non persistants. Ils peuvent être utilisés à des fins terroristes, mais aussi être en cause dans de nombreuses intoxications, survenant notamment en milieu industriel lors de la synthèse d'insecticides ou de produits cyanogènes comme les nitriles (acétonitrile, acrylonitrile, butyronitrile ou propionitrile), ou encore lors de la combustion accidentelle de nitriles, de laine, de soie, de polyacrylonitriles et de polyuréthanes.

4.4.1.4.1.1. Propriétés

L'acide cyanhydrique (HCN) est un liquide au point d'ébullition bas (+26,5° C), donc très volatil, incolore et inflammable. Son odeur d'amande amère est bien connue, mais 20 à 40% de la population sont insensibles à cette odeur, le seuil de détection variant de 0,5 à 2 ppm selon les individus.

Le chlorure de cyanogène (CNCl) est un composé encore plus volatil, son point d'ébullition étant de +12,5° C.

La volatilité des dérivés cyanés leur confère un caractère non persistant. Ils pénètrent dans l'organisme essentiellement par inhalation, accessoirement par la voie percutanée, plus rarement par ingestion, notamment sous forme de sel. La CtL₅₀ est de 1 000 mg.min/m³ avec une grande variabilité individuelle. La DL₅₀ de l'ion cyanure par voie buccale est de 0,9 mg/kg.

4.4.1.4.1.2. Mécanisme d'action

Dès son absorption par voie digestive (tous les cyanogènes), percutanée (acide cyanhydrique et nitriles) ou respiratoire (acide cyanhydrique et nitriles), la cyanure se répartit dans l'organisme de façon préférentielle dans les organes les plus vascularisés et riches en ions métalliques libres [53]. L'ion cyanure se fixe en effet sur les ions métalliques (ferriques, cuivriques et les oligoéléments tel que le cobalt), entraînant une inhibition de la cytochrome-

oxydase mitochondriale. Il en résulte un métabolisme cellulaire anaérobie qui se traduit par une acidose métabolique avec hyperlactacidémie (plus grande ou égale à 8 mmol.L⁻¹). L'anoxie provoque une paralysie du centre bulbaire supérieur qui conduit à un arrêt respiratoire suivi d'un collapsus cardio-vasculaire.

L'organisme transforme lentement les ions cyanures en thiocyanates, dérivés moins toxiques éliminés par les urines. Cette réaction est catalysée par une enzyme hépatique, la rhodanèse. Avec le cobalt de l'organisme il se forme de la cyanocobalamine. En cas d'intoxication, tous ces mécanismes physiologiques de détoxification sont débordés [54].

4.4.1.4.1.3. Symptomatologie

La forme foudroyante, après inhalation d'une forte concentration, conduit en quelques secondes à quelques minutes à un coma convulsif avec apnée et collapsus cardio-vasculaire.

La forme aiguë se manifeste immédiatement ou après un bref temps de latence par une perte de connaissance brutale, parfois précédée de céphalées, de vertiges, d'une oppression thoracique et d'une profonde angoisse. L'évolution se fait vers un coma profond, parfois convulsif, avec acidose métabolique, troubles hémodynamiques et collapsus cardio-vasculaire.

La forme légère est caractérisée par des sensations vertigineuses avec ébriété, hébétude, état confusionnel et discrète gêne respiratoire. La perception olfactive d'émanations d'acide cyanhydrique en faible quantité peut conduire à un état de panique.

4.4.1.4.2. L'hydrogène arsénié

L'hydrogène arsénié (AsH₃, ou arsine, ou trihydrure d'arsenic) est un toxique hémolytique puissant qui agit directement sur les érythrocytes en provoquant une hémolyse intra-vasculaire massive.

4.4.1.4.2.1. Propriétés

A température ordinaire l'hydrogène arsénié est un gaz incolore plus lourd que l'air (d=2,7). Inodore à l'état naissant, il prend par oxydation à l'air une odeur légèrement alliagée. Sa solubilité dans l'eau est de 200 ml par litre d'eau. Il est soluble dans de nombreux solvants organiques. L'hydrogène arsénié étant un toxique non persistant, la décontamination n'est pas nécessaire.

4.4.1.4.2.2. Mécanisme d'action

L'hydrogène arsénié pénètre dans l'organisme par voie respiratoire. Très liposoluble, il traverse rapidement les membranes alvéolocapillaires et érythrocytaires, provoquant une hémolyse intra-vasculaire.

4.4.1.4.2.3. Symptomatologie

Suivant l'intensité de l'intoxication, on observe :

- en cas d'intoxication légère ou d'exposition prolongée à de faibles concentrations, une asthénie, des céphalées, une faiblesse musculaire ou des courbatures, l'apparition d'urines couleur porto, des nausées, une odeur alliagée de l'haleine,
- en cas d'intoxication aiguë marquée, des céphalées, des vertiges et des frissons, accompagnés de signes digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales) et musculaires, une hémolyse intra-vasculaire massive avec ses conséquences : coagulation intra-vasculaire disséminée, hyperkaliémie, acidose métabolique, état de choc, œdème aigu pulmonaire, insuffisance rénale aiguë anurique,
- en cas d'intoxication suraiguë, une évolution rapidement mortelle par insuffisance circulatoire aiguë et défaillance multiviscérale.

4.4.2. Les agents incapacitants psychiques

Ces composés sont actifs à très faible dose sur le SNC, entraînant une impossibilité temporaire pour les victimes de se concentrer, de réagir intelligemment aux événements et de remplir la mission qui leur est confiée [55].

La durée de cette incapacité peut varier de quelques heures à plusieurs jours, mais elle est toujours limitée dans le temps. Ces produits présentent un seuil de létalité très supérieur au seuil incapacitant.

Parmi les incapacitants psychiques, on distingue :

- Les stimulants du SNC, dont le principal produit est le LSD 25. Ce sont des psychodysléptiques qui provoquent une activité nerveuse excessive en renforçant ou facilitant la transmission de stimulations nerveuses qui autrement n'auraient pu franchir certaines synapses. Le cortex étant inondé par un excès d'informations, la victime ne peut plus se concentrer et réagir efficacement.

- Les dépresseurs du SNC comme le benzilate de quinuclidinyle (BZ), répertorié au tableau II de la Convention d'Interdiction des Armes Chimiques de Paris en 1993, qui avait été vectorisé par les Américains pendant la guerre froide, et le delta-9- tétrahydrocannabinol ou ses dérivés.

4.4.2.1. Le LSD 25

Le Lysergic Saure Diethylamid ou LSD 25, appelé ainsi car il est le 25^{ème} composé synthétisé par Albert HOFMANN pour le laboratoire Sandoz à Bâle en 1943, est le diéthylamide de l'acide D lysergique, obtenu par voie semi-synthétique à partir de l'acide lysergique extrait des alcaloïdes de l'ergot de seigle [56].

4.4.2.1.1. Propriétés

Le LSD 25 est le plus actif des composés indoliques : de très faibles doses (50 µg pour un homme de 70 kg) sont capables d'induire un état psychotique grave.

C'est un composé solide à température normale qui se présente sous forme d'une poudre soluble dans l'eau. Il peut être inhalé sous forme d'aérosol ou ingéré sous forme liquide.

4.4.2.1.2. Mécanisme d'action

Le LSD 25 est un agoniste puissant des récepteurs sérotoninergiques. Il possède le noyau indole identique à celui de la sérotonine et c'est aussi un agoniste partiel des récepteurs D2 dopaminergiques.

Les premiers effets apparaissent quelques minutes après inhalation, atteignent leur intensité maximale en 2 à 3 heures et persistent plus de 4 à 8 heures. Si la tolérance s'acquiert rapidement par des expositions répétées, elle est de courte durée. La demi-vie plasmatique chez l'homme est d'environ 3 heures, le LSD étant métabolisé au niveau du foie et éliminé par les urines.

4.4.2.1.3. Symptomatologie

Une dose de 20 µg de LSD 25 suffit à provoquer une intoxication. Les premières manifestations sont des nausées, suivies dans les 45 à 60 minutes par un état confusionnel avec troubles sensoriels, visuels et auditifs notamment, hallucinations, changements d'humeur et dépersonnalisation.

Il s'ajoute des effets sympathomimétiques : tachycardie, moiteur de la paume des mains, dilatation de la pupille, extrémités froides, excitation mentale (nervosité, tremblements, spasmes, anxiété, euphorie, incapacité de se reposer ou de dormir). Ces symptômes peuvent persister 6 à 12 heures.

Il existe aussi un risque d'hyperthermie mortelle. De plus, il n'est pas rare que des troubles psychiques surviennent plus tard, à distance de tout usage du produit (épisodes de retour d'acide ou flash back).

4.4.2.2. Les autres stimulants du SNC

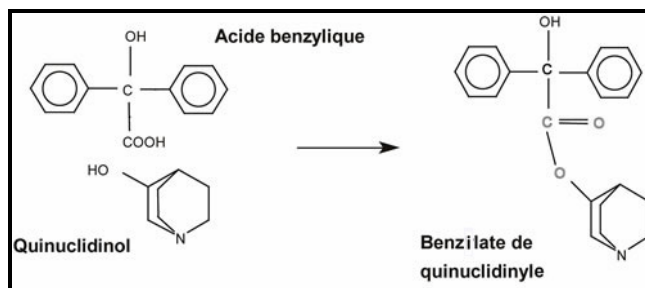
La psilocybine, la mescaline et la butofénine produisent les mêmes effets que le LSD25 et sont justiciables du même traitement.

- La psilocybine est un dérivé indolique provenant d'un champignon hallucinogène du Mexique appartenant au genre Psilocybe. Elle se présente sous forme de poudre et est peu soluble dans l'eau.
- La mescaline est extraite d'un cactus mexicain le Peyotl. C'est un alcaloïde soluble dans l'eau et les solvants organiques, de structure proche des catécholamines.
- La bufoténine ou diméthylsérotonine est présente naturellement dans le venin d'un crapaud.

4.4.2.3. Le benzilate de quinuclidinyle

Le benzilate de quinuclidinyle (BZ) est un ester stable obtenu par action de l'acide benzilique sur le quinuclidinol (figure 10)

Figure 10 - Schéma réactionnel de la formation du benzilate de quinuclidinyle



4.4.2.3.1. Propriétés

Le BZ se présente sous forme de poudre blanche, inodore et peu soluble dans l'eau. C'est un composé très persistant dans le sol, dans l'eau et sur de nombreuses surfaces. Dispersé sous forme d'aérosol solide, il pénètre dans l'organisme par inhalation. Dissous dans un solvant organique (propylène glycol ou diméthylsulfoxyde), il peut franchir la barrière cutanée ou être ingéré, mais ces voies d'absorption sont mineures.

Pendant la guerre du Golfe en 1991, les Américains ont rapporté l'existence de stocks importants d'un produit incapacitant irakien, l'Agent 15, dont les propriétés physico-chimiques étaient identiques ou voisines de celles du BZ, mais pour lequel les Irakiens n'avaient pas de vecteur.

4.4.2.3.2. Mécanisme d'action

Le BZ est un anticholinergique capable de franchir la barrière hémato-méningée. Ses effets sur les récepteurs muscariniques périphériques et centraux, sont comparables à ceux de l'atropine mais avec une action plus puissante et plus durable. Lorsque la concentration en BZ au niveau des récepteurs muscariniques augmente, la proportion de récepteurs capables de se lier à l'acétylcholine diminue, ce qui fait que l'organe reçoit moins d'acétylcholine. Une dose de 1 mg de BZ peut générer un délire de plusieurs jours. Ceci correspond à l'inhalation d'une atmosphère concentrée à 10 mg/m³ de BZ pendant 10 minutes. Le CtI₅₀ est de 112 mg.min/m³, mais la CtL₅₀, est 30 fois plus élevée.

4.4.2.3.3. Symptomatologie

De faibles doses de BZ peuvent entraîner une somnolence et une diminution de la vigilance. Chez des patients non traités, le diagnostic peut être porté devant une tachycardie associée à une sécheresse de la peau très marquée et des signes cliniques évoluant ainsi :

- entre 1 et 4 heures : tachycardie, ataxie, vertiges, vomissements, sécheresse de la bouche, mydriase, troubles visuels, confusion, sédation et stupeur. La peau devient chaude, l'arrêt de la sudation étant partiellement compensé par une vasodilatation, c'est le "flush atropinique",
- entre 4 et 12 heures, la victime est incapable de réagir à l'environnement et présente un état dépressif pouvant la conduire à un acte suicidaire. L'hyperthermie s'installe,

- entre 12 et 96 heures, on assiste à un retour progressif à la normale, avec une possibilité de rétention urinaire.

4.4.2.4. Le Delta-9-tétrahydrocannabinol

Le Δ 9-THC provient du chanvre indien : *Cannabis sativa*.

4.4.2.4.1. Propriétés

C'est un phénol cyclique très liposoluble, présentant 21 atomes de carbone.

4.4.2.4.2. Mécanisme d'action

Le Δ 9-THC agit en se liant à deux types de récepteurs (CB1 et CB2) présents sur les membranes cellulaires de plusieurs organes (utérus, gonades, cœur, rate), sur diverses cellules sanguines et l'ensemble des structures nerveuses. Ces récepteurs sont particulièrement concentrés dans le cortex et le cervelet. Le THC induit un effet dépresseur mais il module aussi l'activité de tous les systèmes de neurotransmission à dopamine, sérotonine, acétylcholine, opioïdes.

4.4.2.4.3. Symptomatologie

Le Δ 9-THC provoque un état euphorique avec ébriété et hallucinations. Si la dose est élevée, apparaissent délire paranoïde, panique, psychose aiguë. Aucun traitement n'est nécessaire.

4.4.3. Les agents neutralisants ou anti-émeutes

Les agents neutralisants ou anti-émeutes (Riot-Control Agents) affectent uniquement les performances physiques de l'homme. Ils sont utilisés dans le but de créer des symptômes désagréables au niveau des yeux, de la peau, du nez, de la bouche et des voies respiratoires, de façon à inciter les personnes exposées à s'éloigner. On distingue deux types d'agents : les lacrymogènes et les sternutatoires. Leur action est immédiate et limitée dans le temps : les symptômes doivent disparaître en 15 à 30 minutes. Dans les conditions normales d'emploi, leur toxicité est relativement faible et n'engendre aucune séquelle. Utilisés sous forme d'aérosols comme agents anti-émeutes, ils sont autorisés par la Convention d'interdiction des armes chimiques. Leur emploi comme arme de guerre est par contre interdit.

4.4.3.1. Les lacrymogènes

Lors du premier conflit mondial, en 1914 et 1915, de nombreux agents lacrymogènes furent utilisés : la bromoacétone (BA), le bromoacétate d'éthyle (BAE), le bromure de benzyle, le cyanure de bromobenzyle (CA) [57].

L'ortho-chlorobenzylidène-malononitrile (CS), mis au point dans les années cinquante à Porton Down, présente un fort pouvoir irritant tout en étant le moins toxique. Le chloracétophénone (CN) est la substance lacrymogène qui entre dans la composition des cartouches pour pistolet d'alarme. Le CR est une dibenzoxazépine apparue aux Etats-Unis dans les années soixante, qui présente un pouvoir urticant et lacrymogène très marqué.

Les principaux agents lacrymogènes utilisés actuellement sont le CS, le CN et le BAE.

Tableau 14 - Principaux agents lacrymogènes (Morand et col. 187-190)

Utilisateurs	Vecteur	Agents lacrymogènes et teneurs
Particuliers	Flacon pressurisé	CS 1 à 6 %
	Cartouche pour pistolet d'alarme	CN 0,1 à 5 %
Police	Grenades de type 0	BAE à 86,6 %
	Grenades de type 1	CN à 32 %
	Grenades de type 2	CS 1,5% avec aérogel de silice ou avec silicone hydrofuge
Gendarmerie	Grenades	CN 25 %

4.4.3.1.1. Propriétés

Les principaux composés (CS, CN, CR, BA, CA) sont des molécules halogénées et/ou cyanées. A température ambiante, elles se présentent sous forme de poudres (à l'exception de la bromoacétone qui est liquide) peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques (Tableau 15)

Tableau 15 - Principales propriétés physico-chimiques des lacrymogènes

	CS	CN	CR	CA	BA
Aspect	Poudre blanche	Poudre blanche	Poudre jaune pâle	Solide jaune à liquide brun huileux	Liquide incolore
Solubilité - eau - solvants organiques	Faible ++	Faible +	Faible +	Faible +	Faible +
Odeur	Poivrée	Fleur de pommier	-	Fruit pourri	Piquante
Seuil irritation (mg/m ³)	0,004	0,3	0,002	0,15 à 0,30	1
CtI ₅₀ (mg.min/m ³)	5 à 10	10	-	-	-
CtL ₅₀ (mg.min/m ³)	60 000	7 000 à 14 000	> 100 000	11 000	-

4.4.3.1.2. Mécanisme d'action

Les lacrymogènes agissent sur les terminaisons nerveuses des muqueuses oculaires, respiratoires et de la peau, très probablement par inhibition des groupements thiols des protéines tissulaires.

4.4.3.1.3. Symptomatologie

L'intoxication par les lacrymogènes se limite à des effets de contact. Les effets oculaires se caractérisent par une irritation de la conjonctive avec une sensation de brûlure violente et douloureuse pendant 2 à 5 minutes, un érythème des paupières, un larmoiement et une photophobie qui disparaissent en 15 à 30 minutes. Les effets respiratoires consistent en une sensation de brûlure dans la gorge, la douleur irradiant vers la trachée et les bronches, une dyspnée avec une toux pouvant entraîner des vomissements, une rhinorrhée accompagnée parfois d'épistaxis. Les sensations gustatives sont perturbées. Les effets cutanés se manifestent par une sensation de brûlure au niveau des zones humides, pouvant récidiver quelques heures plus tard, un érythème cutané avec prurit.

Lorsque la concentration en lacrymogènes est élevée (cas d'un espace confiné), les victimes présentent dans les secondes qui suivent l'exposition un blépharospasme incoercible, une dyspnée aiguë, puis, dans les heures qui suivent, des brûlures cutanées avec formation de vésicules, un œdème, une kératite avec risque d'ulcération de la cornée, une aggravation des signes respiratoires vers l'OAP et le SDRA.

4.4.3.2. Les sternutatoires

Lors du 1er conflit mondial, les Allemands utilisèrent dès octobre 1914 à Neuve-Chapelle près de Lens, des obus classiques chargés de chlorosulfate de dianisidine. Appelés «vomiting agents» par les anglo-saxons, les sternutatoires sont des produits organiques comportant un atome d'arsenic halogéné ou cyané dont le pouvoir irritant rend le port du masque insupportable. Les principaux sont la diphénylaminochlorarsine (DM ou Adamsite), la diphénylchlorarsine (DA) et la diphénylcyanarsine (DC) qui est le plus irritant. La DM peut être employée mélangée avec un lacrymogène, le chloracétophénone (CN).

4.4.3.2.1. Propriétés

Ces molécules sont des arsines halogénées ou cyanées comme la DC.

A température ambiante, ce sont des poudres peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques excepté l'Adamsite (Tableau 16).

Tableau 16 - Principales propriétés physico-chimiques des sternutatoires

	DM	DA	DC
Aspect	Poudre jaune ou verte	Cristaux incolores	Cristaux incolores
Solubilité - eau - solvants organiques	Faible Faible	Faible +	Faible +
Couleur des vapeurs	Jaune	Blanche ou grise	Blanche
Odeur	Combustion de la houille	Cirage	Ail
Seuil d'irritation (mg/m ³)	0,1	0,1	0,01
CtI ₅₀ (mg.min/m ³)	22 à 150	-	-
CtL ₅₀ (mg.min/m ³)	13 000 à 44 000	-	-

4.4.3.2.2. Mécanisme d'action

Les sternutatoires agissent en inhibant les enzymes du métabolisme énergétique cellulaire (comme la pyruvate-déshydrogénase), qui possèdent des groupements thiols.

4.4.3.2.3. Symptomatologie

Les premiers symptômes apparaissent quelques minutes après l'exposition, rendant le port du masque insupportable.

Les signes cliniques sont une sensation de brûlure des fosses nasales et de la gorge, des vomissements, une hypersécrétion salivaire, une rhinorrhée, une toux et des éternuements violents et parfois une atteinte oculaire.

L'intoxication, plus prononcée en espace confiné, provoque un érythème, des vésications, des douleurs digestives, voire un OAP.

4.4.3.3. Autres incapacitants physiques

Certains produits sont potentiellement menaçants en raison de leurs propriétés pharmacologiques : l'oxotrémorine qui provoque des tremblements, la guanéthidine qui est cause d'hypotension, le décaméthonium qui génère des paralysies et l'apomorphine qui entraîne des effets dopaminergiques périphériques (nausées, vomissements persistants, hypotension, bradycardie, dépression respiratoire).

4.5. LES TOXIQUES INDUSTRIELS

Les toxiques chimiques industriels représentent un risque de plus en plus important en raison d'une exposition croissante des populations à la pollution provenant des sites industriels, à laquelle s'ajoute la survenue possible d'accidents ou d'actes terroristes. Qu'ils atteignent les usines ou les transports de matières dangereuses, les phénomènes accidentels se caractérisent souvent par l'émission dans l'atmosphère de vapeurs ou de fumées toxiques, ou par le déversement de toxiques liquides dans les eaux superficielles ou souterraines. Les accidents chimiques industriels concernent pour 77% des installations fixes et pour 23% des transports de produits chimiques. Dans 88% des cas, un seul toxique est en cause (chlore, herbicide, gaz naturel, essence, acide, ammoniac...) [58].

4.5.1. Les 21 toxiques chimiques d'importance opérationnelle

Un groupe de travail tri-national « International Task Force » (Canada, Etats-Unis et Royaume Uni) a récemment défini une liste de 21 toxiques d'importance opérationnelle sur 3 paramètres : la probabilité de rencontrer le produit sur un théâtre d'opérations, la pression de vapeur (danger vapeur) et la toxicité du produit. Cette liste de 21 produits chimiques intéressant les forces armées a été adoptée par la France et incorporée dans l'AMedP6 © volume III (tableau 17). Elle contient des produits également considérés comme agressifs chimiques de guerre comme le chlore, le phosgène, l'arsine et l'acide cyanhydrique.

Tableau 17 - Liste des 21 toxiques chimiques d'importance opérationnelle

Toxiques considérés comme "arrêtés" par la cartouche militaire	Toxiques non arrêtés par la cartouche militaire
Chlore	Ammoniac
Formaldéhyde	Dioxyde de soufre
Phosgène	Oxyde d'éthylène
Arsine	Acide fluorhydrique
Trichlorure de bore	Trichlorure de phosphore
Trifluorure de bore	Acide nitrique
Disulfure de carbone	Bromure d'hydrogène
Diborane (B ₂ H ₆)	Acide chlorhydrique
Fluor	Hexafluorure de tungstène (WF ₆)
Acide cyanhydrique	
Sulfure d'hydrogène	
Acide sulfurique	

Ces toxiques chimiques peuvent être classés en quatre groupes suivant leur mécanisme d'action ou leurs propriétés : les suffocants (phosgène, chlore, fluor ammoniac), les toxiques cellulaires (acide cyanhydrique, arsine), les dérivés soufrés (sulfure d'hydrogène, dioxyde de soufre), les acides (sulfurique, chlorhydrique, nitrique, fluorhydrique).

La réglementation et les recommandations concernant ces différents toxiques peuvent être consultées sur les fiches toxicologiques établies par l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS). Au premier trimestre 2006, 259 fiches sont consultables en ligne sur le site www.inrs.fr permettant une recherche par nom de produit, numéro de fiche, numéro CAS ou numéro EINECS en fonction de la nomenclature utilisée [59].

4.5.2. Sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré

Le sulfure d'hydrogène (H₂S) est l'un des gaz les plus toxiques. Il se rencontre dans le charbon, le pétrole, le gaz naturel et lors de réactions chimiques sur des composés soufrés. Il est produit par la fermentation anaérobie de diverses substances organiques. L'exposition peut survenir lors de travaux effectués dans les fosses d'aisance, les puits, les égouts et les stations d'épuration.

4.5.2.1. Propriétés

La masse molaire de l'H₂S est de 34,08 daltons (MM = 34,08) et son point d'ébullition de -60° C. A température ordinaire, c'est un gaz incolore, stable, plus dense que l'air (densité = 1,19), d'odeur fétide. La VLE est de 10 ppm soit une concentration atmosphérique de 14 mg/m³. A faible concentration, il dégage une odeur d'œuf pourri, non détectée à forte concentration en raison d'une anesthésie de l'odorat au dessus de 100 ppm. C'est un composé réducteur qui peut s'enflammer spontanément ou former des mélanges explosifs avec l'air. Sa combustion en présence d'oxygène produit des fumées d'oxyde de soufre hautement toxiques.

4.5.2.2. Mécanisme d'action

L'hydrogène sulfuré pénètre dans l'organisme par inhalation. Il bloque la cytochrome oxydase mitochondriale en se fixant au fer trivalent de l'hème, inhibant ainsi le métabolisme aérobie cellulaire. Cette hypoxie tissulaire est associée à la peroxydation des lipides, cause directe de modifications des neurotransmetteurs membranaires de la cellule nerveuse.

4.5.2.3. Symptomatologie

Les intoxications aiguës ou suraiguës se rencontrent pour une concentration atmosphérique de 1 ppm (1400 mg/m^3) et entraînent la mort en quelques minutes. A la concentration de 500 ppm (700 mg/m^3), survient une perte rapide de connaissance suivie d'un coma parfois convulsif avec troubles respiratoires (dyspnée, cyanose), œdème pulmonaire, troubles du rythme cardiaque, hypotension et acidose métabolique. Si l'exposition n'est pas interrompue, la mort survient rapidement,

Les intoxications discrètes, pour des concentrations atmosphériques voisines de 100 ppm (140 mg/m^3), se manifestent par une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires avec conjonctivite, rhinite, dyspnée, et parfois un œdème pulmonaire retardé,

Les intoxications subaiguës ou chroniques se caractérisent par des symptômes oculaires (prurit des paupières, brûlures oculaires, hyperhémie conjonctivale). Le patient se plaint de photophobie et perçoit des halos autour des objets. Ces troubles régressent normalement en 24 à 72 heures. On note également des signes neurologiques (céphalées, insomnies, fatigue, perte de la libido, atteinte des fonctions cognitives, troubles mnésiques) et digestifs (nausées, anorexie, douleurs abdominales).

4.5.3. Dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux

Le dioxyde de soufre (SO_2) est un des polluants majeurs de l'atmosphère. C'est un gaz incolore, plus lourd que l'air, qui se forme lorsque l'on brûle du soufre en présence d'oxygène.

4.5.3.1. Symptomatologie

L'intoxication aiguë entraîne une rhinite, une laryngite, une conjonctivite et quelquefois une bronchite.

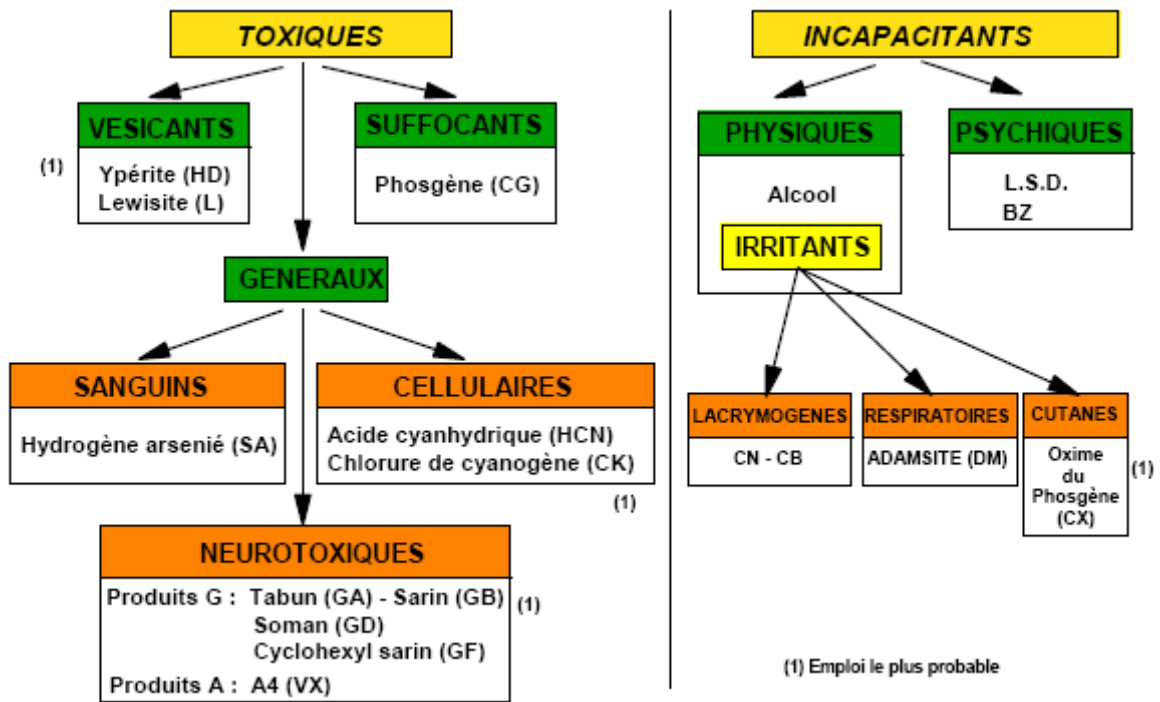
Le dioxyde de soufre est un irritant qui, après inhalation massive, peut provoquer un OAP avec risque de séquelles respiratoires. Chez l'asthmatique, une concentration en SO_2 de 1 ppm peut déclencher une crise d'asthme. On observe parfois une bronchiolite oblitérante d'apparition retardée, qui peut s'accompagner d'un SDRA.

Les intoxications chroniques peuvent provoquer une irritation oculaire et des voies aériennes supérieures, des troubles sensoriels et des symptômes digestifs (hypersalivation, dyspepsie). L'atteinte pulmonaire se manifeste sous forme de bronchite chronique.

4.5.4. Les acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique, fluorhydrique

De façon schématique les acides provoquent des brûlures ou des irritations au niveau des organes cibles (peau, œil, muqueuses respiratoires, voire digestives), dont l'intensité est fonction de la concentration, du temps de contact et, pour les aérosols, de la taille des particules.

4.6. SYNTHESE



CHAPITRE 5 - CADRE LEGAL

Ce chapitre traitera exclusivement de la réglementation civile qui s'applique sur le territoire national, que les unités de secours engagées soient civiles ou militaires. Le cadre d'engagement en ambiance chimique dans un contexte militaire est codifié dans le TTA 601 dont nous avons déjà eu l'occasion de traiter et les textes l'ayant modifié depuis.

5.1. QUELQUES RAPPELS SUR L'ORGANISATION DES SECOURS EN FRANCE

5.1.1. Les plans de défense nationaux

Au niveau institutionnel, la réponse à une menace ou à un éventuel emploi de matières NRBC à des fins malveillantes a donné naissance aux plans gouvernementaux dits « pirate » s'intégrant dans un dispositif global de prévention et de lutte contre le terrorisme [60].

Ce dispositif comprend (nous ne citerons que les plans en rapport avec le risque chimique) :

- Le plan VIGIPIRATE avec 4 niveaux d'alerte :
 - Jaune → Accentuer la vigilance
 - Orange → Prévenir une action terroriste
 - Rouge → Prévenir des attentats graves
 - Ecarlate → Prévenir des attentats majeurs
- Les différents plans spécialisés : plan rouge, plan blanc, plans particuliers d'intervention.
- La circulaire 700.
- Le dispositif « plis, colis et substances suspectées de contenir des agents biologiques, chimiques ou radioactifs dangereux ».
- Le plan PIRATOX (confidentiel défense).
- Le guide opérationnel chimique.

5.1.2. Direction des Opérations de Secours

Conformément aux dispositions législatives, relatives à l'organisation de la sécurité civile, la **direction des opérations de secours** relève soit du maire soit du préfet représentant de l'Etat dans le département. Le domaine militaire constitue un cas particulier où cette direction est assurée par l'autorité militaire responsable, en liaison avec le préfet ou le représentant du Gouvernement.

5.1.3. Commandement des Opérations de Secours

En vertu de l'article 43 du décret 97-1225 du 26 décembre 1997, « le **commandement des opérations de secours** relève, sous l'autorité du préfet ou du maire agissant dans le cadre de leurs pouvoirs respectifs de police, du directeur départemental des services d'incendie et de secours ou, en son absence, d'un sapeur-pompier professionnel ou volontaire, officier, sous-officier ou gradé, dans les conditions fixées par le règlement opérationnel du SDIS ». L'article L 1424-49 du Code des collectivités locales précise que cette disposition ne s'applique ni à la commune de Marseille, ni dans les départements de Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne, où les fonctions de COS sont exercées respectivement, conformément aux règles d'emploi du Bataillon de Marins Pompiers de MARSEILLE et de la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS.

5.2. LE PLAN ROUGE

Parce que la vie moderne a multiplié les risques qui menacent des populations sans cesse plus nombreuses, les services de secours ont été amenés à étudier, à élaborer et à rendre opérationnels des plans types devant être déclenchés automatiquement à l'occasion de sinistres ou de catastrophes.

5.2.1. A l'origine du Plan Rouge : la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS

En région parisienne, la BSPP avait mis au point ses propres plans de secours correspondant à des risques particuliers à sa zone de défense [61]. C'étaient les plans d'intervention dans des immeubles ou des établissements répertoriés (954 en 1990) soit parce que de grande hauteur, soit parce que présentant des risques particuliers. Ces dispositions concernent des risques susceptibles de survenir en des lieux reconnus et pour lesquels il est possible de prévoir les moyens en fonction de l'intervention, les itinéraires des engins d'évacuation des victimes, les points d'alimentation en eau... Mais la Brigade, consciente des risques importants que peut courir la population à l'occasion du déclenchement de sinistres graves d'origine naturelle, technologique ou terroriste susceptibles de causer de nombreuses victimes avait aussi mis au point un plan qui lui était propre. Ce plan, dont l'objectif était l'engagement simultané, avec une même doctrine et sous un commandement unique de très importants moyens médicaux et des moyens de secours adaptés à l'intervention, portait le

nom de Plan Rouge. Il est né en 1974 comme étant l'application à la région parisienne du plan ORSEC.

Sa première utilisation se fera à la suite d'une explosion importante due au gaz survenue le 17 février 1978 au 68 de la rue Raynouard dans le XVI^e arrondissement de PARIS et le premier Plan Rouge officiel fut mis en œuvre en 1982 lors d'un attentat perpétré à l'aéroport d'Orly.

Par la suite, le Ministre de l'Intérieur a imposé à tous les Préfets un Plan Rouge, inspiré de celui de la Brigade, régi par les textes suivants [62, 63]:

- Loi n°87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs.
- Décret n°88-622 du 6 mai 1988 relatif aux plans d'urgence.
- Circulaire n°89-21 du 19 décembre 1989 relative aux contenus et modalités d'élaboration des plans destinés à porter secours à de nombreuses victimes dénommés « plans rouges ».

5.2.2. Cadre de déclenchement

La BSPP avait prévu le déclenchement du plan rouge en cas d'accidents présentant les deux critères fondamentaux suivants :

- Nombreuses victimes connues ou supposées
- Risque évolutif dans le temps et l'espace entraînant la probabilité de victimes potentielles à rechercher

Par extension, il est mis en œuvre à l'occasion de situations diverses comme :

- Les incendies importants dans des immeubles d'habitation, des locaux recevant un public nombreux, des établissements sanitaires, entraînant des risques immédiats pour les personnes
- L'effondrement d'immeubles, qu'il soit consécutif à un glissement de terrain, à une explosion ou à d'autres causes technologiques ou naturelles
- Les accidents de circulation liés au trafic routier, ferroviaire de surface ou souterrain, les chutes d'avions...
- Les actes criminels, les attentats
- Les accidents du travail : mécanique, chimique, radioactif, bactériologique
- Les catastrophes naturelles

5.3. LA « CIRCULAIRE 700 »

La circulaire 700/SGDN/PSE/PPS du 26 avril 2002 [64] ou « **circulaire relative à la doctrine nationale d'emploi des moyens de secours et de soins face à une action terroriste mettant en œuvre des matières chimiques** » provient du Secrétariat Général pour la Défense Nationale (SGDN) dépendant directement du Premier Ministre. Elle annule et remplace la circulaire n°700/SGDN/DEN/OND du 6 novembre 1997, texte princeps. Nous reprendrons ici les grands axes abordés dans cette circulaire en tentant d'en retirer les lignes forces [65].

5.3.1. Principes généraux

La circulaire commence par rappeler le fondement d'une telle doctrine en évoquant la réalité de la menace comme nous avons pu le développer précédemment.

Elle s'applique à un « attentat chimique perpétré ouvertement en milieu urbain contre une population civile à forte densité, à l'air libre ou dans un site semi-ouvert tel que métro, grand magasin, administration ouverte au public... Ses dispositions s'appliquent tant qu'il n'a pas été établi avec certitude que le produit utilisé n'a pas de caractère contaminant. Elle peut aussi s'appliquer à certaines situations à caractère accidentel. **Son objectif principal est le sauvetage et la préservation des vies humaines.** »

Ce texte concerne les principaux services publics qui auraient à intervenir sur le terrain, raison pour laquelle il n'est pas protégé et destiné à une large diffusion auprès des intervenants potentiels :

- les services des sapeurs-pompiers et de la sécurité civile,
- les services de police et de gendarmerie,
- les services de l'aide médicale urgente,
- les établissements de santé, et notamment les hôpitaux référents,
- les personnels des armées, services interarmées et de la délégation générale pour l'armement susceptibles d'intervenir en renfort des services publics évoqués supra.

Ainsi, les médecins du Service de Santé des Armées sont pleinement concernés non seulement en cas de renfort demandé aux Armées mais aussi et surtout en première ligne, les médecins servant à la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS, au Bataillon de Marins Pompiers de MARSEILLE ou dans les Unités d'Intervention et d'Instruction de la Sécurité

Civile sans oublier les médecins hospitaliers pouvant être appelés à participer à ces plans, soit au niveau des structures prévues pour l'accueil et la décontamination des victimes aux portes des HIA, soit au niveau de leurs services respectifs pour l'accueil et le traitement des victimes.

Que les produits utilisés soient d'origine civile ou militaire, fugaces ou persistants, la présence probable de très nombreuses victimes, conjuguée à des opérations de secours longues et particulièrement délicates et pénibles, rendent nécessaire la mise en place, sur l'ensemble du territoire national d'une méthodologie unifiée d'emploi des moyens, afin d'en optimiser l'efficacité. Cette méthodologie de portée nationale a été, dans un premier temps, appliquée aux grandes agglomérations. Elle s'efforce de tenir compte des disparités du degré d'équipement et de formation des différents départements, deux domaines où un effort doit être consenti. Elle ne se substitue pas aux modalités génériques d'application du plan gouvernemental PIRATOX et des plans ministériels et départementaux qui en découlent. Elle ne s'oppose en rien au déclenchement et au déroulement des plans définis par la loi, notamment les plans destinés à porter secours à des nombreuses victimes (Plan Rouge). Elle a seulement pour objectif de préciser ces modalités.

5.3.2. Plans d'organisation des secours

Pour les situations visées dans la présente circulaire, le préfet dispose du **plan départemental PIRATOX** qui, comme un Plan de secours spécialisé, doit notamment prévoir l'organisation spécifique des secours.

En présence de nombreuses victimes, le plan d'urgence mis en œuvre sur les lieux de l'événement pour assurer la prise en compte pré-hospitalière des victimes est le **Plan Rouge**, tel que défini dans le décret 88-622 du 6 mai 1988 [63].

En secteur hospitalier, les dispositions prévues dans le **plan d'organisation interne des établissements hospitaliers**, telles que définies dans la note conjointe DH/HFD du 16 octobre 2001 et dans la circulaire du ministère de la santé DGS/3 E/DH/9C du 24 décembre 1987 (en cours d'actualisation), s'appliquent.

L'interface entre le plan Rouge et le plan d'organisation interne des établissements de santé, défini ci-dessus et couramment appelé Plan Blanc, est assurée par le médecin régulateur du SAMU du département concerné.

5.3.3. Principes généraux et missions des intervenants

Compte tenu des délais d'acheminement des renforts zonaux, et a fortiori nationaux, l'efficacité du dispositif repose en premier lieu sur la préparation, la formation et l'équipement des premiers intervenants.

A tous les niveaux (local, départemental, zonal et national), en raison de la spécificité des matériels destinés à faire face aux menaces nucléaires, radioactives, biologiques ou chimiques (NRBC), de leur entretien et de l'instruction des personnels appelés à les mettre en œuvre, il convient :

- de prépositionner les équipements NRBC dans les services qui auraient à les utiliser (dans les véhicules lorsque c'est possible) et notamment de donner une capacité d'intervention initiale aux premiers intervenants. Ainsi par exemple à la BSPP, tous les engins d'intervention sont dotés de TLD et ANP pour l'équipage ou de tenues de feu avec ARI pour les engins incendie.
- d'assurer la formation des personnels et de réaliser périodiquement (au moins une fois tous les trois ans pour chaque département) des exercices interservices. A ce titre, chaque ministère concerné a reçu mission d'élaborer un plan de formation des personnels relevant de sa responsabilité.

5.3.3.1. Choix des matériels de protection individuelle

Les masques filtrants ne doivent être, autant que possible, utilisés qu'après une première reconnaissance en scaphandre ou en tenue de protection chimique avec port d'un appareil respiratoire isolant. Les cartouches des masques respiratoires filtrants doivent être polyvalentes (classe A2B2E2K2P3), avec tenues de protection adaptées, gants et surbottes.

5.3.3.2. Missions de l'échelon local et de l'échelon départemental

La réponse locale est extrêmement tributaire de la connaissance ou de l'évaluation de la menace chimique. Dès lors qu'il est établi avec certitude que le produit n'est pas contaminant, les dispositions de la présente doctrine d'emploi ne s'appliquent plus, et c'est alors le schéma classique d'organisation des secours qui est appliqué face à un nuage chimique ou toxique.

En cas de doute, on prendra comme première hypothèse que le produit toxique utilisé possède un **pouvoir de contamination**.

Lorsque la menace chimique est avérée, ou lorsqu'il existe une forte présomption, notamment par l'observation de la situation à l'arrivée sur les lieux, la marche générale des opérations doit être appliquée.

Il est donc nécessaire que dans les grandes agglomérations et à proximité de sites estimés plus sensibles se développe une capacité de réponse.

5.3.3.3. Moyens et missions des renforts zonaux et nationaux.

Ces renforts doivent permettre de mener les missions et actions suivantes :

- Organisation du conseil à distance, puis sur site
- Renforcement du niveau départemental
- Démarrage de la décontamination des victimes, ou renforcement de cette action si elle a pu être débutée au niveau local.
- Application d'une procédure de prélèvement et d'analyse, si cela n'a pas pu être fait au niveau départemental.

En fonction des délais d'alerte, d'acheminement et de mise en œuvre de leurs équipements, les moyens nationaux définis dans le plan PIRATOX (Il s'agit notamment des formations militaires de la sécurité civile : UIISC n°1 de NOGENT LE ROTROU et l'UIISC n°7 de BRIGNOLES) devront être en mesure d'assurer l'appui et la relève des moyens territoriaux engagés dans les différentes opérations de secours, en particulier pour la décontamination. A cet effet, ces moyens sont mis en alerte via le COGIC dès que l'évènement est connu et les mesures sont prises pour assurer sans délais leur acheminement. La mise en alerte et l'engagement des moyens des armées sont effectués par le centre opérationnel interarmées (COIA), saisi par le COGIC.

Le COGIC assure notamment l'alerte des réseaux nationaux d'experts et de laboratoires. Les zones de défense tiennent également à jour un répertoire des experts en questions de terrorisme chimique, susceptibles de se rendre rapidement auprès du directeur des opérations de secours.

5.3.4. Premières actions du Directeur des Opérations de Secours à l'échelon territorial

◇ Déclencher, si nécessaire, le plan PIRATOX départemental :

Dès qu'il a connaissance d'un événement impliquant la diffusion d'un produit toxique, dont la nature malveillante est vraisemblable, le préfet déclenche le plan PIRATOX départemental qui définit les modalités concrètes d'intervention et de secours en cas d'attentat chimique, ce qui n'exclut pas le déclenchement ultérieur des plans zonaux et/ou nationaux.

◇ Alerter, sans délai, les moyens de secours zonaux et nationaux :

Le préfet de zone prend toutes les mesures pour rassembler les moyens NRBC de sa zone, civils et militaires, via l'état-major de zone et, via le COGIC, les moyens de renfort nationaux civils, ainsi que les réseaux d'experts et de laboratoires.

Au niveau zonal, l'officier général de la zone de défense constitue l'interlocuteur du Préfet de zone pour la mise en œuvre des moyens NRBC des Armées.

◇ Prendre les mesures d'urgence d'alerte des populations menacées :

Les populations menacées sont alertées dans les meilleurs délais, et une consigne de mise à l'abri leur est donnée (confinement, par exemple). Des consignes sont également données au public pour éviter de s'approcher des zones concernées.

5.3.5. Evolution de la doctrine

En 1997, le texte princeps de la circulaire 700 était basé sur le concept de périmètre de sécurité étanche et immédiat avec obligation de décontaminer toutes les victimes avant l'évacuation et ainsi empêcher tout transfert de contamination vers les hôpitaux. La version de 2002 a intégré les réserves émises lors des exercices de simulation et conseille désormais aux structures de soins de se doter de modules de décontamination à leurs portes pour permettre d'accueillir les victimes qui ne seraient pas passées par les chaînes de décontamination déployées sur les lieux du sinistre.

5.4. PIRATOX

Il s'agit du nom donné au plan de réponse à une attaque ou un accident chimique. Il se décline en plan PIRATOX gouvernemental et plans départementaux. Actuellement classifié « Confidentiel Défense » au niveau du SGDN, la prochaine version devrait être de diffusion plus large afin qu'un maximum de personnes soit sensibilisé au risque et que les populations connaissent les réflexes à avoir en cas d'alerte. Le nouveau texte est actuellement en cours d'élaboration.

5.5. LA PREVENTION

5.5.1. Le risque industriel en France et sa réglementation

En France, deux réglementations concernent les sites industriels [66] :

- La réglementation « installations classées »

La loi sur les installations classées pour la protection de l'environnement du 19 juillet 1976, dite loi ICPE [67], concerne toute activité ou stockage pouvant générer des nuisances ou des risques pour l'environnement. Cette réglementation donne lieu à un classement des entreprises concernées selon trois " régimes " :

- installation soumise à déclaration
- installation soumise à autorisation préfectorale d'exploiter
- installation soumise à autorisation préfectorale d'exploiter avec servitude d'utilité publique

Afin de définir à quel régime l'exploitant est soumis, les autorités de contrôle de ces sites se basent sur la nomenclature ICPE. Cette nomenclature définit des seuils (quantités de produits ou nature d'activité) à partir desquels l'entreprise est soumise à tel ou tel régime.

- La réglementation « SEVESO »

5.5.1.1. La législation des installations classées

La législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement est la base juridique de la politique de l'environnement industriel en France. En dehors des installations nucléaires et des mines (qui relèvent d'autres législations), elle vise toutes les activités industrielles, les élevages intensifs et les activités de traitement de déchets. La loi du 19 juillet 1976, codifiée au titre 1er du Livre V du code de l'environnement, a succédé à une loi de 1917, et cette dernière à un décret de 1810.

Les activités industrielles qui relèvent de la législation des installations classées sont énumérées dans une nomenclature qui les soumet soit à un régime de déclaration, soit à un régime d'autorisation. La réglementation des installations classées concerne 500.000 installations soumises à déclaration et 64.600 installations soumises à autorisation, dont 21.000 élevages.

5.5.1.1.1. Le régime de déclaration

Les installations dont l'impact sur l'environnement est réduit font l'objet d'une procédure simple de déclaration. L'exploitant adresse au préfet un dossier de déclaration précisant notamment la nature de l'activité qu'il veut exercer. Le préfet examine la conformité du dossier et délivre un récépissé ainsi que les prescriptions générales applicables à la catégorie d'activités concernée.

5.5.1.1.2. Le régime d'autorisation

L'autorisation concerne les activités les plus polluantes ou les plus dangereuses. La procédure d'autorisation débute par la constitution d'un dossier de demande d'autorisation où figurent une étude d'impact et une étude de dangers. Ces deux documents sont fondamentaux pour expliciter comment le projet a été conçu, justifier les mesures de prévention proposées et donner une évaluation des incidences que l'exploitation entraînerait pour l'homme et l'environnement, en situation normale et en cas d'accident. Le dossier est ensuite instruit par l'inspection des installations classées, sous l'autorité du préfet. Il est soumis à diverses consultations et notamment à une consultation des collectivités et à l'enquête publique. La procédure se termine par la délivrance (ou le refus) de l'autorisation sous la forme d'un arrêté du préfet qui contient les prescriptions (par exemple pour les rejets : les valeurs-limites de concentrations et de flux des divers polluants) que doit respecter l'industriel.

5.5.1.2. La réglementation SEVESO

5.5.1.2.1. La directive européenne SEVESO

L'accident de SEVESO en Italie le 10 juillet 1976 a entraîné une prise de conscience des autorités des pays industrialisés sur le risque technologique majeur. Le 24 juin 1982 était ainsi adoptée une directive européenne relative aux risques d'accidents industriels majeurs. Plus connue sous le nom de directive SEVESO [68], elle a conduit à une prise en compte plus attentive et méthodique des accidents potentiels tant par les exploitants que par les pouvoirs publics et à la mise en place d'un dispositif global de prévention des risques.

La directive prévoit la mise en place par les Etats d'un dispositif de maîtrise des risques présentés par les industries telles que la chimie, les raffineries, les stockages de produits toxiques ou de gaz liquéfiés, susceptibles d'être à l'origine d'incendies, d'explosions ou de relâchements de gaz toxiques.

La directive SEVESO visait 371 établissements des industries chimiques, pétrolières ou gazières. Cette directive 82/501/CEE a été modifiée à diverses reprises et son champ a été progressivement étendu, notamment à la suite de l'accident de Bâle en 1986.

Depuis le 3 février 1999, elle est remplacée par la directive 96/82/CE du 9 décembre 1996, appelée SEVESO II. La nouvelle directive, avec un champ d'application simplifié et étendu, reprend les exigences de sécurité de la directive de 1982 et renforce les dispositions relatives à la prévention des accidents majeurs.

5.5.1.2.2. La directive européenne SEVESO II

Les principaux points nouveaux :

La directive SEVESO II [69] vise désormais les établissements où sont présentes des substances dangereuses. La notion d'établissement permet de couvrir l'ensemble des infrastructures desservant l'établissement comme les embranchements ferroviaires, les appointements...

Au-delà des exigences réglementaires de nature technique déjà explicitées dans la réglementation française, la directive met l'accent sur les dispositions de nature organisationnelle que doivent prendre les exploitants en matière de prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses.

Les exigences en matière d'inspection qui seront à mener sous le contrôle des Autorités compétentes ont été renforcées par la directive SEVESO II. Les systèmes d'inspection à mettre en œuvre par les Autorités compétentes devront permettre de renforcer et d'harmoniser au niveau européen le niveau de protection des personnes et de l'environnement.

Selon la directive, il appartient également aux Etats membres de prendre en compte les risques industriels dans les politiques d'affectation ou d'utilisation des sols.

5.5.1.2.3. La transposition dans le droit français

La transposition de la directive 96/82/CE du 9 décembre 1996 est assurée par [70-71-72]:

- le décret n°77-1133 du 20 mars 2000 modifiant le décret du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées

- le décret n°99-1220 du 28 décembre 1999 modifiant le décret du 20 mai 1953 relatif à la nomenclature des installations classées
- l'arrêté et la circulaire ministériels du 10 mai 2000 précisant notamment les dispositions à mettre en œuvre par les exploitants en matière de politique de prévention des accidents majeurs pour les établissements à hauts risques et fixant les catégories d'installations concernées par ces obligations

5.5.1.2.4. Inventaire des établissements concernés par la Directive SEVESO II

La directive impose aux établissements concernés de fournir aux autorités (Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement) un inventaire des substances dangereuses. A partir des inventaires individuels et d'une règle de cumul permettant de comptabiliser de petites quantités de substances différentes, le régime de chaque établissement au regard de la directive a été déterminé. **Le total des établissements visés par SEVESO 2 s'élève à 1239 (bilan provisoire octobre 2001)**. Ils sont plus largement répartis entre les régions.

Aux quatre régions concentrant traditionnellement le plus d'établissements à risques (Rhône Alpes, Nord Pas de Calais, Haute Normandie, Provence Alpes Côte d'Azur) s'ajoutent maintenant la région Aquitaine et, si l'on considère les deux catégories d'établissements dangereux, les régions Ile de France, Bretagne, Centre, Picardie, Poitou Charentes.

Aux côtés de secteurs industriels traditionnellement générateurs de risques, tels que les diverses branches de la chimie, la pétrochimie, le cycle du combustible nucléaire, le raffinage pétrolier, les dépôts d'hydrocarbures, les dépôts de butane ou propane, les dépôts phytosanitaires, les dépôts d'engrais, les dépôts ou ateliers de fabrication d'explosifs, entrent dorénavant dans le champ de ce recensement : des usines métallurgiques, des usines de production de pneus, des industries agro-alimentaires telles des sucreries ou des distilleries, des verreries ou cristalleries, des stockages de gaz industriels, des stockages d'ammoniac agricole, des usines de micro-électronique, des entrepôts divers, des carrières, des usines de traitement de l'eau, des établissements de recherche...

Pour plus d'informations, cf. annexe 4.

5.5.2. Le transport des matières dangereuses (TMD) et sa réglementation

Plus de 3000 types de substances transitent régulièrement à travers l'Europe [73] aboutissant à la congestion du réseau de transport terrestre alors que les réseaux ferrés et les voies navigables sont sous exploités et pourtant plus sûres.

La diversité des modes de transport (routier, ferroviaire, maritime, aérien), ainsi que la diversité des produits transportés et des dangers qu'ils présentent, ont conduit à la mise en place de dispositions réglementaires très précises [74].

Les différents types de règlements :

« Les réglementations concernant les TMD sont gérées, pour la route et la voie d'eau, par la Commission économique pour l'Europe des Nations unies, qui siège à Genève et, pour le fer, par l'Organisation des transports internationaux ferroviaires, qui siège à Berne. Ces organismes ont élaboré une réglementation internationale, harmonisée pour tous les modes de transports (air, terre, mer). Elles ont été adoptées par une quarantaine de pays. Depuis le 1er juillet 2001, ces réglementations ont été " restructurées " pour être mieux lisibles par tous les acteurs concernés [...].

La France applique à la lettre cette réglementation. Ainsi, par exemple, chaque récipient destiné à contenir une matière dangereuse doit répondre à des spécificités techniques précises. Les processus de fabrication sont imposés, des vérifications et des tests de contraintes sont effectués (étanchéité, résistance à la chute, au gerbage, à de fortes pressions...). Des inspections supplémentaires ont lieu ensuite, tous les deux à trois ans pour les grands récipients, par exemple pour les grands récipients pour vrac (ou GRV) ou pour les citernes ».

[Extrait de l'interview de Monsieur Jacques VERNIER, chef de la mission TMD du ministère de l'équipement, du transport, du logement, du tourisme et de la mer]

5.5.2.1. Réglementation selon le type de transport

- **Le transport routier** : le transport de matières dangereuses par route est régi par l'accord européen ADR, complété par un arrêté pour les transports effectués sur le territoire français ;

- **Le transport ferroviaire** : le transport de matières dangereuses par chemin de fer est régi par le règlement international RID, complété par un arrêté pour les transports effectués sur le territoire français ;

- **Le transport fluvial** : les transports fluviaux nationaux et internationaux sont régis par l'accord européen ADNR, désormais étendu à l'ensemble de la navigation fluviale européenne ;

- **Le transport par canalisation** : une réglementation spécifique impose des prescriptions de construction et de contrôle lors de la mise en place d'une canalisation. En outre, pour prévenir tout accident lié à des travaux de terrassement, les plans des canalisations enterrées sont pris en compte par les communes traversées au travers :

- d'un plan de zonage (décret n° 91-1147 du 14 octobre 1991 et arrêté du 16 novembre 1994) déposé réglementairement en mairie à disposition du public
- d'une inscription au PLU ou au POS de la commune de ce tracé.

D'autre part, les communes doivent obligatoirement être consultées avant le début de travaux dans une zone définie autour de la canalisation. Préalablement à toute intervention, une déclaration d'intention de commencement des travaux (DICT) est imposée au gestionnaire de l'ouvrage.

Enfin, toutes les canalisations font l'objet d'un plan de surveillance et d'intervention (PSI) départemental.

Pour les canalisations, la réglementation fixe les contraintes d'occupation des sols : tracé de la canalisation, balisage par les soins de l'exploitant, zone de cinq mètres de large maintenue débroussaillée par l'exploitant, zone de vingt mètres accessible en permanence pour interventions ou travaux, et interdiction de faire toute construction ou toute plantation dans cette zone de cinq mètres. Au terme d'une étude de dangers que doit faire l'exploitant, le préfet peut prescrire des restrictions à l'urbanisation et/ou à la densification de la population autour de la canalisation, dans une zone pouvant aller jusqu'à cinq cents mètres selon le produit transporté.

5.5.2.2. La classification et la signalisation des matières dangereuses

Ces éléments sont repris en annexe 5.

5.5.3. Plans de secours particuliers relatifs aux risques industriels

Le plan d'organisation interne et le plan particulier d'intervention

La réglementation Seveso prévoit que l'industriel générateur de risque doit être capable de maîtriser un sinistre en interne. Pour ce faire, l'industriel dont l'installation est classée " Seveso seuil haut " a l'obligation de mettre en place un plan d'organisation interne (POI). Les autres sites soumis à autorisation ou " Seveso seuil bas " peuvent se voir imposer la mise en place d'un tel plan par le préfet, si ce dernier estime que les risques présents sur ce site sont de nature à nécessiter une telle organisation des secours (par exemple si l'évolution du sinistre pouvait menacer un autre établissement voisin).

Le POI impose à l'industriel de disposer d'une organisation interne et du matériel adapté afin de gérer un incident sur son site. Cette organisation doit permettre d'empêcher l'aggravation du sinistre, d'éviter qu'il ne sorte des limites de l'établissement (ou que les effets de ce sinistre menacent les populations) et de remettre l'installation en état de fonctionnement.

Dans le cadre du POI, l'industriel est seul responsable de l'organisation des secours. Le POI se limite donc à la gestion d'un sinistre interne à l'établissement et n'ayant pas de répercussion sur les populations hors du site.

Dans le cas d'un incident où les effets risqueraient de sortir des limites de l'établissement classé Seveso (menace pour les populations), l'industriel doit prévenir le préfet, qui décide alors de déclencher ou non le plan particulier d'intervention. Ce PPI est un plan départemental d'urgence, dont l'objectif est de protéger les populations des effets du sinistre. Ce plan prévoit la mobilisation des services de secours publics et de l'ensemble des services de l'État concernés (sapeurs-pompiers, gendarmes, police, DDE, DRIRE, etc.).

Dans le cas d'un déclenchement du PPI, c'est le préfet du département qui dirige les opérations de secours. Il est alors le décideur de l'ensemble des mesures à prendre pour assurer la protection de la population et pour la lutte contre le sinistre. Le directeur du site reste cependant le directeur des opérations de secours internes au site.

Le PPI ne sera suspendu que sur décision du préfet, après que celui-ci ait estimé que l'ensemble des risques menaçant la population et justifiant la décision de déclenchement a disparu, et qu'aucun risque résiduel n'est à craindre pour les populations.

**CHAPITRE 6 - LES MOYENS DE
PROTECTION**

Le concept même de médicalisation en ambiance chimique implique que les intervenants soient totalement protégés de ce risque. Nous allons donc voir dans cette partie les différents moyens à disposition pour se protéger des agressifs chimiques mais aussi les contraintes qu'imposent le port de ces protections.

6.1. LA PROTECTION - GENERALITES

La protection contre les toxiques est un acte essentiel en ambiance chimique car elle seule permet la survie dans ce contexte. Qu'il s'agisse du combattant en ambiance chimique où cette protection assure sa survie et la poursuite de la mission ou du personnel de secours appelé à intervenir sur une catastrophe à caractère chimique, les moyens de protection sont vitaux et une connaissance de ceux-ci est indispensable.

En contexte militaire, la protection concerne tout combattant se trouvant dans la zone à risque. Ces mesures sont possibles car chaque militaire ou véhicule dispose, lorsque le commandement a estimé probable le risque chimique, de moyens de protection adaptés pouvant être mis en œuvre rapidement afin d'assurer la survie des personnels et la poursuite de la mission.

Dans un contexte civil il n'est pas envisageable de pouvoir assurer cette protection pour toute la population. Elle concernera donc les personnels des secours intervenant sur une catastrophe à caractère chimique. Toutefois, une protection sommaire des victimes contaminées non intoxiquées doit être envisagée comme nous le verrons. Par ailleurs la protection des populations se trouvant dans une zone contaminée fait appel au confinement qui est en soi une mesure de protection collective.

Voyons de manière un peu plus détaillée les différents moyens de protection utilisables. A noter que cette protection s'applique au niveau individuel et collectif.

6.1.1. La protection individuelle autonome

Son but est de préserver tout combattant ou personnel de secours contre les effets d'une attaque chimique ou d'un accident à caractère chimique en protégeant son organisme de l'action des agents toxiques. Ces effets doivent par ailleurs être efficaces et d'une ergonomie acceptable.

6.1.1.1. Protection de la face, des yeux, des voies respiratoires et digestives

Cette protection est assurée par un masque facial comportant un système d'apport en air respirable sous pression ou filtré [75]. On distingue ainsi :

- Les Appareils Respiratoires Isolants (ARI) isolant l'individu de l'air ambiant vicié. Ils nécessitent la fourniture d'air respirable à partir d'installations fixes dans le cas des systèmes autonomes ou par un système mobile ou emporté dans le cas des systèmes autonomes.
- Les Appareils Respiratoires Filtrants (ARF) sont constitués d'un masque, demi-masque ou d'une cagoule et de cartouches filtrant l'air inspiré vicié (poussières ou gaz toxiques). Ces cartouches sont spécifiques et obéissent à une codification particulière. L'emploi des ARF n'est possible que si la concentration en oxygène de l'air inspiré est supérieure à 17%. Dérivé du masque ANP-VP en dotation dans les armées, le masque ARF-C certifié CE (norme EN 136) en est un exemple. Le masque ANP-VP est le seul masque français qualifié pour résister aux toxiques de guerre.

6.1.1.2. Protection de la peau

Cette protection est destinée à éviter le contact de la peau avec le toxique sous forme gazeuse, liquide ou solide. Les équipements de protection comportent selon les besoins des gants, des bottes et surbottes associés à la tenue de protection et sont classés en six types différents selon leur degré d'étanchéité, correspondant à des normes établies par le Comité européen de la Normalisation (excepté pour les toxiques de guerre). Ces équipements possèdent des caractéristiques physiques spécifiques et non spécifiques et des caractéristiques d'emploi [76].

6.1.1.2.1. Caractéristiques physiques spécifiques

Elles concernent les propriétés de « barrière » des matériaux composant l'équipement vis-à-vis du toxique, c'est-à-dire la perméation (facilité du matériau à être traversé par un produit chimique au niveau moléculaire) et la pénétration (facilité de l'équipement à être traversé par un produit chimique liquide ou solide par les pores et les interstices de l'équipement).

6.1.1.2.2. Caractéristiques physiques non spécifiques

Elles sont d'ordre mécanique (résistance à l'abrasion, à la déchirure, inflammabilité...) et d'ordre thermique caractérisées par la résistance thermique et la résistance évaporatoire.

La résistance thermique (R_{ct}) est exprimée en $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ ou en unité Clo (1 Clo = $0,155\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$). Elle correspond à la quantité de flux de chaleur sèche passant à travers une surface donnée de matériaux textiles ou composites quand un gradient de température stable dans le temps lui est appliqué.

La résistance évaporatoire (R_{et}) est exprimée en $\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. Elle est la quantité de flux de chaleur latente d'évaporation à travers une surface donnée de matériaux textiles ou composites quand un gradient de pression de vapeur d'eau stable dans le temps lui est appliqué. L'indice de perméabilité à la vapeur d'eau (i_{mt}) est égal à $(60 \times R_{ct}) / R_{et}$ et varie de 0 pour un vêtement imperméable à la vapeur d'eau (R_{et} infinie) à 1 (R_{et} et R_{ct} égaux à ceux d'une couche d'air de même épaisseur).

6.1.1.2.3. Caractéristiques d'emploi

Elles dépendent de la nature, de l'utilisation, des performances et des possibilités de réutilisation des équipements. On distingue ainsi :

- Les tenues étanches faites de matériaux « barrière » : Tenue Légère de Décontamination (TLD) par exemple.
- Les tenues filtrantes faites d'un complexe de couches de tissus comportant une couche « barrière » faite de mousse ou de microbilles carbonées. Ce type de tenue présente une « respirabilité » à la vapeur d'eau supérieure aux vêtements étanches assurant un meilleur confort thermique.

Si toutes ces notions concernant la protection individuelle autonome, peuvent s'appliquer aussi bien en contexte militaire que civil, les aspects suivants sont du domaine exclusivement militaire car non adaptables en contexte civil.

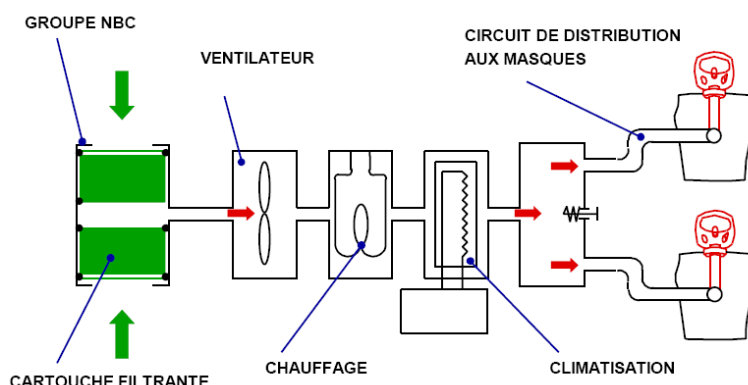
6.1.2. La protection individuelle assistée

Afin de diminuer les contraintes physiologiques issues de la protection individuelle autonome des membres d'équipage de certains matériels majeurs en service. Ainsi, pour chaque membre d'équipage d'engins blindés, il est prévu de compléter le système de

protection individuelle autonome. La cartouche filtrante est reliée à un tuyau flexible se vissant, soit sur la centrale NBC installée à bord de l'engin, soit sur une centrale portable mobile. Ces deux dispositifs d'assistance respiratoire fournissent un air filtré sain à partir de l'air extérieur pollué.

Le principe de la protection individuelle assistée installée à bord des engins est illustré ci-dessous.

Figure 11 - Protection individuelle assistée (d'après TTA 601)



6.1.3. La protection collective

Elle a pour but de soustraire des groupes d'individus, voire certains matériels sensibles, à l'action des agents chimiques sous forme liquide, aérosol ou vapeur. Elle est réalisée dans la plupart des véhicules de combat et dans certains ouvrages permanents équipés d'un système de pressurisation – filtration.

6.1.4. La protection préventive

Quel que soit son niveau, l'unité ou la formation doit diminuer sa vulnérabilité par l'application de mesures techniques et tactiques appropriées.

6.1.4.1. Mesures techniques

○ **Protection contre les vapeurs et aérosols** : Mise en œuvre du système de pressurisation – filtration des véhicules de combat et des ouvrages permanents équipés.

○ **Protection contre les liquides** : Les véhicules bâchés et fermés ainsi que les ouvrages couverts d'organisation de terrain ou d'infrastructure fournissent une protection variable contre les liquides. Ils donnent les délais nécessaires à la mise en place des effets individuels de protection. L'utilisation de bâches, housses, feuilles de plastique, toiles de tente ... peut

efficacement protéger les matériels, les accessoires et l'intérieur des véhicules, difficiles à décontaminer (sièges, roues, équipements de transmissions, paquetages...).

○ **Niveaux de protection** : Cinq niveaux de protection existent, numérotés 1, 2, 3, 4 et 4 Bis. Les trois premiers d'ordre croissant sont pris sur ordre du commandement en fonction de l'imminence d'une frappe chimique. Ils sont aussi commandés à titre préventif, en fonction de la menace. Quant au niveau 4, niveau maximal de protection, il est pris à partir du niveau 3, soit par acte réflexe en cas de frappe, soit sur ordre. Après frappe chimique, en fonction des résultats de la détection de contrôle, le commandement soit maintient le niveau 4, soit commande le passage à un niveau moindre de protection tel 4 bis ou 3 afin de limiter la baisse de capacité opérationnelle.

Figure 12 - Les niveaux de protection NBC (d'après TTA 601)



6.1.4.2. Prophylaxie et thérapie

En fonction de la menace et du potentiel chimique ennemi, le commandement fixe le moment où les troupes commenceront la prémédication (prise de pyridostigmine). Ce point est important. En effet, la prise de pyridostigmine est un ordre du commandement et non du Service de Santé des Armées qui est seulement fournisseur du traitement.

Le combattant recouvre de pansements ses coupures et écorchures.

6.2. LES MOYENS DE PROTECTION

6.2.1. Les Appareils Respiratoires Isolants (ARI)

Les ARI ont pour objet de protéger leur utilisateur d'une atmosphère viciée en les rendant indépendant de l'air ambiant tout en les alimentant en air depuis une source d'air comprimé non polluée. Ils sont constitués de deux éléments : un masque et un dispositif d'apport en air respirable. Ils sont dits de type non autonome lorsqu'ils sont raccordés à une installation fixe d'apport en air (canalisation) et de type autonome lorsqu'ils sont couplés à une source d'air comprimé mobile ou portable (bouteilles) [75].

◇ Les appareils respiratoires isolants de type autonome :

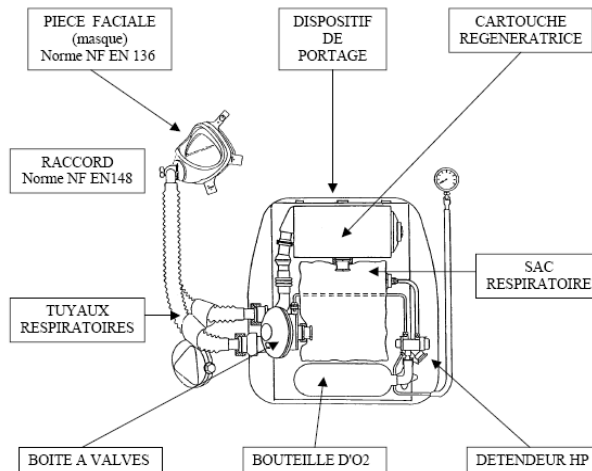
Ils sont principalement portés partout où les interventions ont lieu dans une ambiance toxique et appauvrie en oxygène en particulier dans la lutte contre les incendies.

- L'ARI à circuit fermé : ARI-CF :

Ils sont dits à « circuit fermé » car la vapeur d'eau et le gaz carbonique de l'air expiré par le porteur sont recyclés chimiquement par de l'oxyde de potassium (KO₂) afin de libérer de l'oxygène. L'autonomie de ces appareils varie selon les quantités de KO₂ utilisées et le rythme respiratoire du porteur pouvant aller de 90 minutes à 4 heures selon les modèles et l'expérience du porteur. Ils sont constitués des éléments suivants [77] :

- La pièce faciale ou masque
- La bouteille réserve d'O₂
- Le dispositif de portage
- La boîte à valves
- Le détendeur haute pression
- La cartouche régénératrice
- Le sac respiratoire
- Les tuyaux respiratoires
- Le système sonore de détresse

Figure 13 - Appareil Respiratoire Isolant à circuit fermé (ARI-CF)

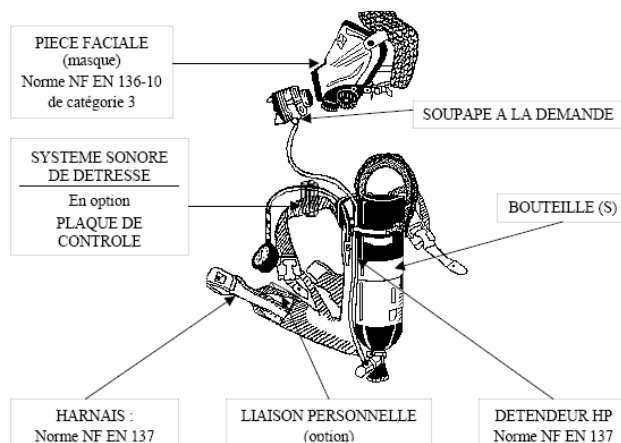


- L'ARI à circuit ouvert : ARI-CO :

Ce sont des appareils de haute technicité où l'air expiré est rejeté dans l'atmosphère ambiante. Ils sont constitués de plusieurs éléments distincts :

- La pièce faciale ou masque à pression positive
- La soupape à la demande
- Le détendeur haute pression
- La plaque dorsale et son harnais
- Le système sonore de détresse
- La ou (les) bouteille(s)

Figure 14 - Appareil Respiratoire Isolant à circuit ouvert (ARI-CO)



L'autonomie théorique de l'équipement varie de ½ heure à 1 heure en fonction des paramètres suivants :

- Nombre de bouteilles
- Pression dans la bouteille
- Capacité en litres de la bouteille

Photographies 2 - ARI-CO et ARI-CF (Photos BSPP©)



6.2.2. Les Appareils Respiratoires Filtrants (ARF)

Ils ont pour objet de filtrer de ses polluants l'air respiré par le porteur. Ces polluants peuvent être de différentes formes : aérosols, solides, liquides, poussières, gouttelettes en suspension, gaz, vapeurs... Rappelons qu'ils ne peuvent être utilisés que si la teneur en oxygène dans l'air respiré est supérieure à 17%.

Les ARF sont constitués de deux éléments :

- Une pièce faciale ou masque.
- Un filtre adapté et approprié aux particularités du lieu d'intervention et des toxiques potentiellement en cause.

6.2.2.1. La pièce faciale

6.2.2.1.1. Le demi-masque :

Il est constitué en matériau filtrant recouvrant le nez, la bouche et le menton. Il est fixé par des brides.

6.2.2.1.2. Le demi-masque filtrant :

Il est constitué en matériau souple et étanche, il comporte des brides de fixation, des soupapes d'inspiration et d'expiration ainsi qu'un raccord normé pour recevoir une cartouche filtrante ou un dispositif d'apport en air.

6.2.2.1.3. Le masque filtrant complet :

Il recouvre la face, il est constitué de brides, d'un dispositif oculaire (visière panoramique) ainsi que de soupapes d'inspiration et d'expiration ainsi qu'un raccord normé pour recevoir une cartouche filtrante ou un dispositif d'apport en air. Il peut être équipé d'une membrane phonique et/ou d'un dispositif d'alimentation liquide.

6.2.2.1.4. La cagoule filtrante :

Elle recouvre l'ensemble de la tête et parfois les épaules. L'intérieur est en surpression permanente par rapport à l'extérieur par un dispositif amenant de l'air filtré par des cartouches filtrantes alimenté par des piles électriques.

6.2.2.2. La cartouche filtrante

La nature et la concentration du toxique doivent être connues avant l'utilisation de tout équipement de protection respiratoire filtrante. Il existe différents dispositifs de filtration :

6.2.2.2.1. Le filtre anti-poussières :

Ils sont utilisés pour la filtration de poussières ou de particules en suspension dans l'air. Il existe 3 classes de filtration selon la norme EN 143 :

- Classe 1 dite « de faible efficacité » avec une pénétration inférieure à 20% soit 80% de l'aérosol arrêté.
- Classe 2 dite « d'efficacité moyenne » avec une pénétration inférieure à 6% soit 94% d'arrêt.
- Classe 3 dite « de haute efficacité » avec une pénétration inférieure à 0,05% soit 99,95% d'arrêt.

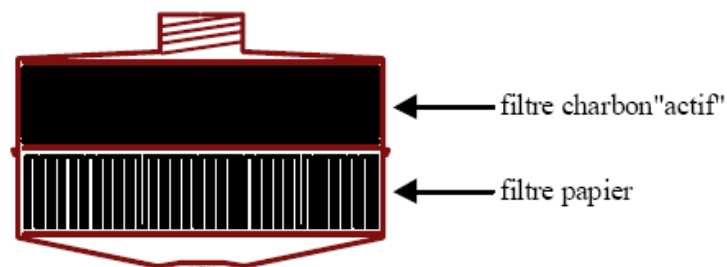
6.2.2.2.2. Les filtres anti-gaz :

Chaque type de filtration se caractérise par un marquage particulier réalisé au moyen d'une couleur ou de lettres. Un filtre mixte ou polyvalent protège contre plusieurs familles de gaz et se distingue par la juxtaposition de bandes de couleurs particulières à chaque famille [78].

La cartouche est constituée de deux parties :

- Un filtre anti-particules ou anti-aérosols formé d'un filtre en papier plié en accordéon contenant des microfibrilles de verre, le pliage en accordéon permettant d'accroître la surface de filtration.
- Un filtre de charbon actif (charbon de noix de coco) imprégné de sels métalliques (Cu, Cr, Ag). 1g de charbon correspond à 2000 m² de surface adsorbante. Ce filtre adsorbe et retient les toxiques gazeux ou à l'état de vapeurs, y compris l'acide cyanhydrique mais n'arrête par contre pas le monoxyde de carbone (CO).

Figure 15 - Coupe d'une cartouche filtrante (d'après TTA 601 bis)












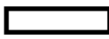
On distingue 3 classes de filtration selon la norme EN 141 :

- Classe 1 → 1000 ppm
- Classe 2 → 5000 ppm
- Classe 3 → 10.000 ppm

A chaque lettre correspond une spécificité [79] :

- A → protection contre les vapeurs dont la température d'ébullition est supérieure à 60°C.
- B → protection contre les vapeurs dont la température d'ébullition est inférieure à 60°C.
- E → protection contre le dioxyde de soufre (SO₂) et les vapeurs acides.
- K → protection contre l'ammoniac (NH₃) et les dérivés aminés
- P → filtre en papier arrêtant 99,995% d'aérosols et des particules dont le diamètre est supérieur à 0,15µm.

Tableau 18 - Classification des cartouches filtrantes (normes européennes) (d'après TTA 601 bis)

Couleur d'identification	Type de filtre	Applications principales
	AX	Gaz & vapeurs organiques à point d'ébullition < 65°
	A	Gaz & vapeurs organiques à point d'ébullition > 65°
	B	Gaz & vapeurs inorganiques
	E	Anhydride sulfureux Acide chlorhydrique
	K	Ammoniac
	CO	Monoxyde de carbone
	Hg	Mercur
	NO	Vapeurs nitreuses Egalement oxyde d'azote
	Réacteur	Iode radioactif Egalement iodure de méthane
	P	Particules en suspension

La cartouche de dotation dans les Armées est de type A2B2P3. Une cartouche large spectre existe, de type A2B2E2K2P3, plus épaisse et par conséquent plus encombrante. Dans un contexte de protection contre les agressifs chimiques de guerre cette cartouche large spectre n'est pas nécessaire mais elle est par contre impérative en cas d'intervention sur un site industriel chimique ou dans le cadre du terrorisme.

Photographie 3 - Cartouche filtrante "large spectre"



Conditions de stockage :

- Lorsqu'elles sont scellées en usine et conservées dans les conditions normales, à température ambiante et dans un endroit sec, les durées de stockage vont de 4 à 6 ans selon les modèles.
- Les cartouches déconditionnées mais non utilisées en atmosphère viciée doivent être remplacées au plus tard 6 mois après leur ouverture.

Durée de vie en utilisation :

- Elle dépend des conditions d'utilisation. La saturation d'un filtre est le moment où son efficacité se réduisant, il laisse passer dans le masque une teneur résiduelle de toxique. Lorsqu'un filtre est saturé, il est inopérant et laisse passer l'intégralité des polluants contenus dans l'air ambiant.

A titre d'exemple, la cartouche militaire assure une protection pour un Ct égal ou supérieur à $100\,000\text{ mg.mn.m}^{-3}$, Ct représentant la concentration atmosphérique du toxique en mg.m^{-3} multiplié par le temps d'exposition exprimé en minutes.

6.2.2.3. L'Appareil Respiratoire Filtrant des Armées (ARFA) ou Appareil Normal de Protection à Visière Panoramique modèle F1 (ANP-VP F1)

C'est l'appareil de protection respiratoire en dotation dans l'Armée française. Il remplace l'ANP modèle 51 M 53 qui avait, entre autres, l'inconvénient majeur de ne pas disposer de visière panoramique (cf. photo ci-dessous)

Photographie 4 - ANP mle 51 M 53 (d'après TTA 601 bis)

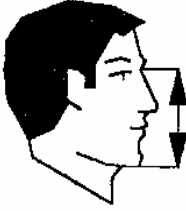
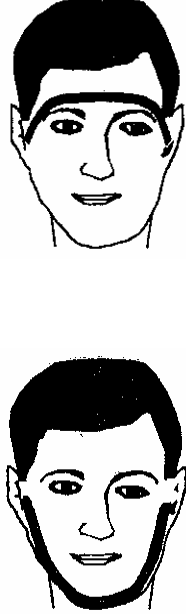


C'est un ARF destiné à la protection des voies respiratoires, de la peau du visage et des yeux contre les toxiques chimiques.

Il comporte :

- Un masque, existant en 4 tailles
- Une cartouche filtrante se fixant sur le masque

Détermination de la taille [80]

<p>1. Déterminer la hauteur de la face</p> <p><i>Hauteur gnathion - nasion</i></p>	
<p>2. Déterminer le périmètre de la face</p> <p><i>Arc bitragus – frontal</i> <i>Distance linéaire entre les 2 tragus passant par la glabelle</i></p> <p><i>Arc bitragus – gnathion</i> <i>Distance linéaire entre les 2 tragus et passant par le gnathion</i></p> <p>Additionner ces 2 distances</p>	

Un tableau permet alors de mettre en relation ces différentes mesures :

Hauteur de la face (mm)	Périmètre de la face (mm)	Taille théorique
H > 127	Pas de mesure du périmètre	1
H compris entre 116 et 127	P > 605	2
	P > 605	3
H < 116	Pas de mesure du périmètre	4

Ces mesures restent toutefois théoriques et ne dispensent pas d'un test d'utilisation.

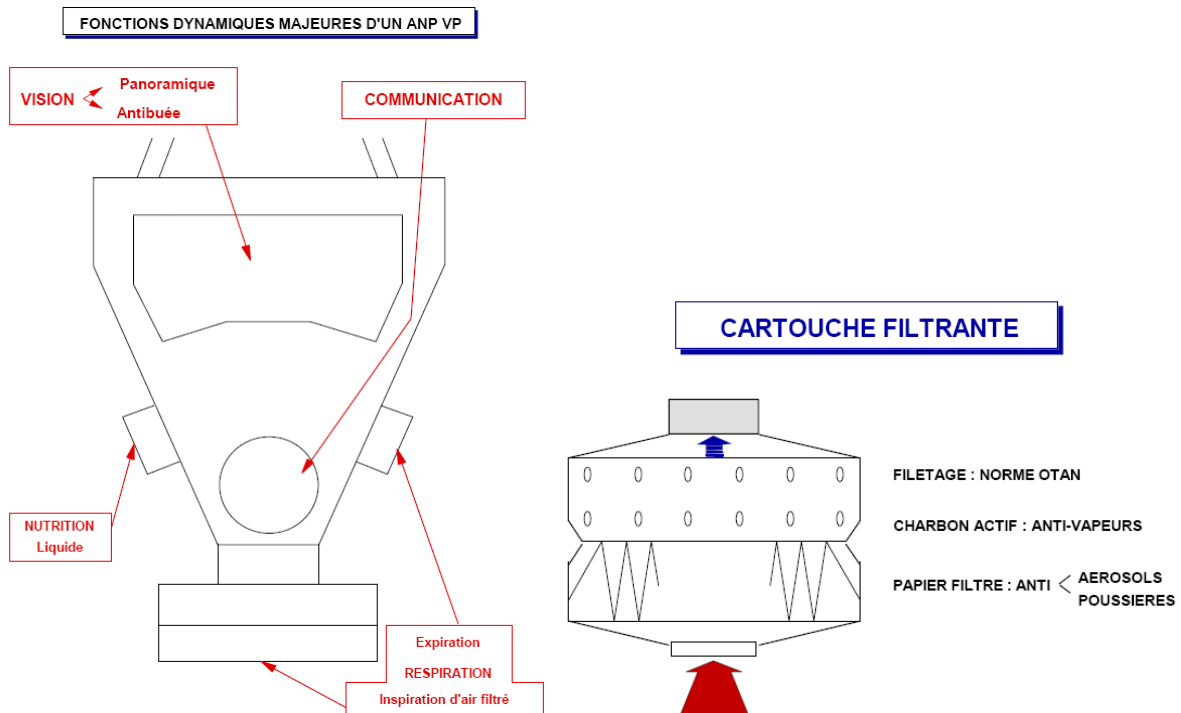
Ainsi on recommande la procédure d'affectation suivante :

1. Mesures anthropométriques du visage
2. Essayage et attribution de l'ANP
3. Réglage des brides de casque
4. Contrôle rapide d'étanchéité
5. Contrôle du confort de port pendant 45 minutes
6. Contrôle d'étanchéité en salle d'atmosphère viciée

Toutes ces mesures imposent de considérer l'ANP comme un matériel de dotation individuelle, ce qui n'est malheureusement pas encore le cas partout où des lots NBC sont disponibles avec des masques de tailles différentes distribués au besoin aux personnels en cas de nécessité avec tout ce que cela implique en terme de risque d'avoir un masque pas totalement étanche.

A noter qu'il existe des dispositifs de vision sous masque pour les personnels porteurs de lunettes.

Figure 16 - ANP-VP mle F1 (d'après TTA 601)



6.2.3. Le survêtement de protection NBC à port permanent (S3P)

Il est conçu pour la protection de la peau et des vêtements contre les toxiques sous forme liquide, aérosols et vapeur. Il protège aussi bien de l'atteinte directe que du transfert de contamination par contact au cours des évolutions en terrain contaminé. Sa protection est efficace contre les toxiques liquides pendant 24 heures.

La tenue complète comporte :

- Un pantalon
- Une veste avec capuchon
- Une paire de gants avec sous-gants NBC
- Une paire de chaussettes NBC

Le pantalon et la veste comportent 3 couches distinctes qui assurent, de l'extérieur vers l'intérieur, une protection :

- Anti-liquide : tissu en polyamide favorisant l'étalement des toxiques liquides.
- Anti-aérosol : couche de non tissé.
- Anti-vapeur : mousse carbonée qui absorbe les vapeurs, matériau collé sur une doublure en jersey de coton.

Les gants sont en peau, les sous-gants et chaussettes en mousse carbonée.

La S3P est portée sur la tenue de combat et existe en trois tailles. Elle est remplacée maintenant par la tenue de combat NBC à port permanent.

6.2.4. Tenue de combat NBC à port permanent (TOM et centre Europe)

La tenue S3P, comme nous l'avons vu précédemment possède l'énorme inconvénient d'avoir des contraintes thermophysiologicals importantes, rajoutant une couche sur la tenue de combat existante. Partant de ce constat, une tenue de combat, intégrant déjà la protection NBC a été développée afin de pouvoir être utilisée en cas de menace NBC sur un théâtre. Elle se décline en une version Outre-Mer et une Centre-Europe (selon la nécessité du camouflage).

Elle est constituée des effets suivants:

- Un pantalon et une veste avec capuchon
- Une paire de gants en cuir
- Une paire de sous-gants et de chaussettes carbonées

Elle est portée avec les brodequins de combat avec des sur-chaussures.

6.2.5. Tenue de combat « NBC/feu »

Il existe également une tenue spécifique « NBC/feu » pour les équipages d'engins blindés ou d'hélicoptères ayant pour caractéristique complémentaire d'être ignifugée mais sur laquelle nous ne nous étendrons pas.

6.2.6. Tenue Légère de Décontamination modèle 93 (TLD 93)

Tenue jetable, à l'origine conçue pour la protection du personnel procédant à des opérations de décontamination approfondie, la TLD a été maintenant adoptée comme tenue de protection des intervenants des secours dans le monde civil. En effet, elle a l'avantage d'être un moyen de protection à la fois efficace, peu volumineux et jetable.

Elle est composée des effets suivants :

- Un bourgeron avec doubles manches
- Un pantalon

Elle doit être utilisée avec des bottillons et des gants butyle, des sous-gants coton et chaussettes.

Photographie 5 - Tenue Légère de Décontamination TLD 93 (d'après TTA 601 bis)



6.2.7. Choix actuels des Armées

Dans l'Armée de Terre, la S3P doit petit à petit disparaître totalement au profit des tenues de combat à port permanent Centre-Europe et TOM. Il est prévu un équipement national de 2 tenues par militaire de l'Armée de Terre, 1 ANP-VP et 2 cartouches filtrantes militaires ainsi qu'un stock important de CF large spectre.

La Marine Nationale où la protection est de type « citadelle » avec une protection NBC collective assurée au niveau du bâtiment, on a préféré des TLD permettant de réagir en cas d'introduction d'agents chimiques au sein de la citadelle.

L'Armée de l'Air semble quant à elle préférer l'ajout d'une couche de protection type S3P, ceci étant lié au contexte d'emploi opérationnel différent de celui de l'Armée de Terre.

6.3. PROTECTION DES POPULATIONS

6.3.1. Protection des victimes

Des cagoules dites « de fuite » sont prévues pour les victimes contaminées dans l'attente de la décontamination afin de limiter la contamination par voie aérienne. Il en existe de 3 types : adulte, enfant, bébé. Elles sont constituées d'une cagoule avec visière panoramique, d'une cartouche filtrante et un dispositif électrique permettant une légère surpression à l'intérieur de la cagoule. Nous verrons dans le chapitre dédié à la prise en charge comment ces cagoules sont utilisées.

Photographies 6 - Cagoules de fuite adulte, enfant, bébé



6.3.2. Protection des populations

Elle fait essentiellement appel à la diffusion de l'alerte aux populations et aux mesures de confinement. Nous reviendrons également sur les principes généraux de prise en charge de ces personnes.

**CHAPITRE 7 - CONCEPT ZONAL
EN AMBIANCE CHIMIQUE**

Dès la survenue d'un évènement impliquant des produits chimiques, qu'il soit accidentel ou criminel, un certain nombre de zones vont être déterminées. Ces zones imposent le port de tenues adaptées. On distingue classiquement 3 zones principales qui doivent être rapidement matérialisées et sécurisées. Elles s'imposent à tous et doivent être clairement identifiées. Leurs limites peuvent être évolutives et elles doivent faire l'objet d'un bouclage par les forces de police ou de gendarmerie avec détermination des voies d'accès et d'entrée à chaque zone [81]. On distingue :

- La zone d'exclusion (ZEX)
- La zone contrôlée (ZC)
- La zone de soutien (ZS)

7.1. LA ZONE D'EXCLUSION (ZEX)

La zone d'exclusion est contaminée ou contaminable, **le port de la tenue de protection y est obligatoire**. Elle comprend la zone de danger liquide (ZDL) et la zone de danger vapeur (ZDV). Le zonage obéit à des règles précises selon que le lieu de la contamination dénommé « chantier chimique » est dans un lieu clos ou à l'air libre. Dans ce dernier cas, les conditions météorologiques influenceront le traçage des zones.

7.1.1. La Zone de Danger Liquide (ZDL)

Dans un lieu clos, c'est le volume dans lequel s'est répandu l'agent chimique en cause. Il faut considérer les systèmes de ventilation qui peuvent assurer une dispersion du produit mais cela dépend principalement de l'agent comme nous avons pu le voir dans les propriétés physico-chimiques.

Si le chantier chimique est à l'air libre on retient à priori une zone centrée sur le lieu de l'explosion ou de l'épandage du produit avec un rayon de 100 mètres. Cette zone dépendra également des capacités des forces de l'ordre à contrôler un tel périmètre.

7.1.2. La Zone de Danger Vapeur (ZDV)

Dans un espace clos ou lorsque le vent est inférieur à $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ on retient une bande de 400m autour de la ZDL.

Lorsque le vent est supérieur à $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, on retient schématiquement une zone s'étendant sur 500m avec un angle d'ouverture de 40° . Des logiciels type CAMEO®, permettent en

fonction des données météorologiques et des paramètres du terrain de modéliser cette zone. Ils sont disponibles par exemple, pour les unités militaires dans les VAB RECO NBC, dans le laboratoire mobile de spectrométrie pour le BMPM, au CCOT pour la BSPP...

Figure 17 - Modélisation de la ZEX si vent < 1m.s⁻¹

VENT < 1m.s⁻¹

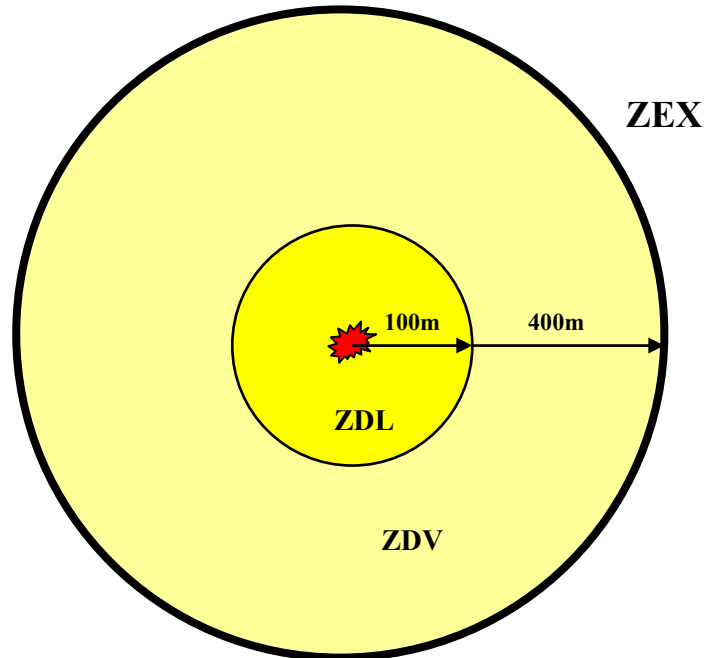
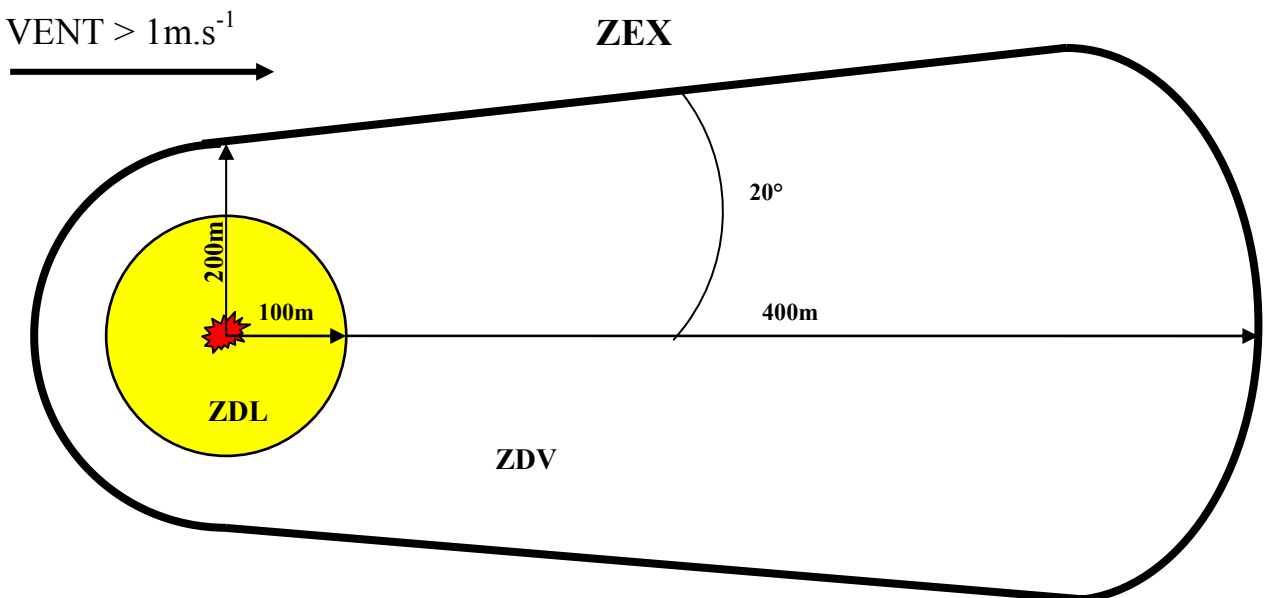


Figure 18 - Modélisation de la ZEX si vent > 1m.s⁻¹

VENT > 1m.s⁻¹



7.2. LA ZONE CONTROLEE (ZC)

La zone contrôlée est une bande de 50m qui sépare la zone d'exclusion de la zone de soutien dans le sens opposé au vent. Les chaînes de décontamination et le PMA y sont installés. Le port de la tenue de protection y est également obligatoire en amont de la décontamination et jusqu'à la sortie du sas de contrôle de contamination.

Figure 19 - Modélisation de la ZC si vent < 1m.s⁻¹

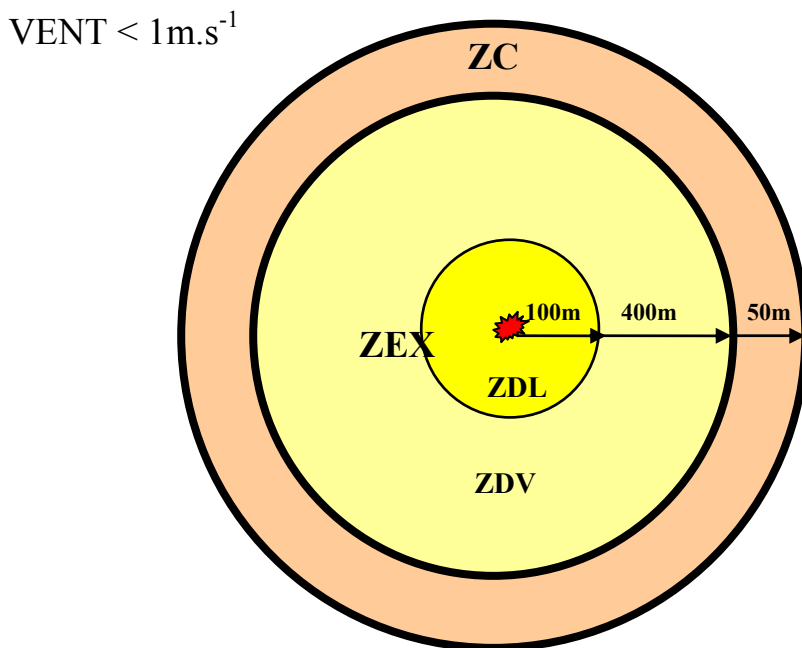
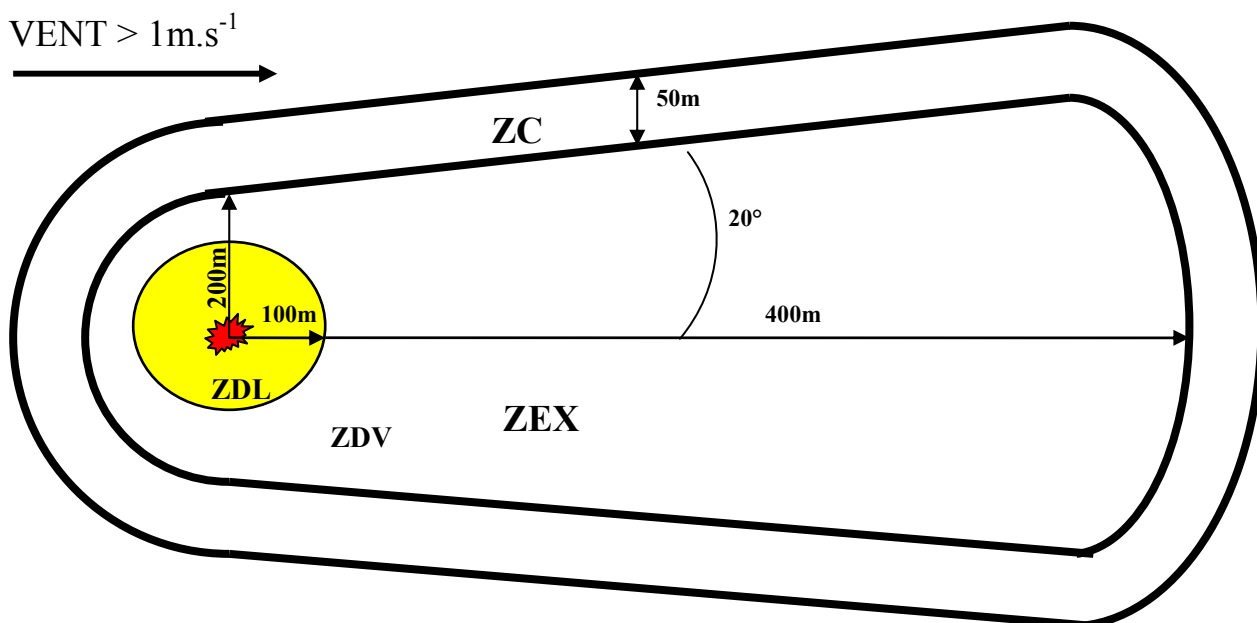


Figure 20 - Modélisation de la ZC si vent > 1m.s⁻¹



7.3. LA ZONE DE SOUTIEN (ZS)

La zone de soutien, opposée au vent, accueille les services de secours. Aucune tenue de protection n'est nécessaire car toute personne entrant dans cette zone doit avoir passé un contrôle affirmant son absence de contamination. S'y implante la structure type plan rouge classique avec un PMA et un point de répartition des évacuations des victimes décontaminées.

Figure 21 - Modélisation du zonage si vent < 1m.s⁻¹

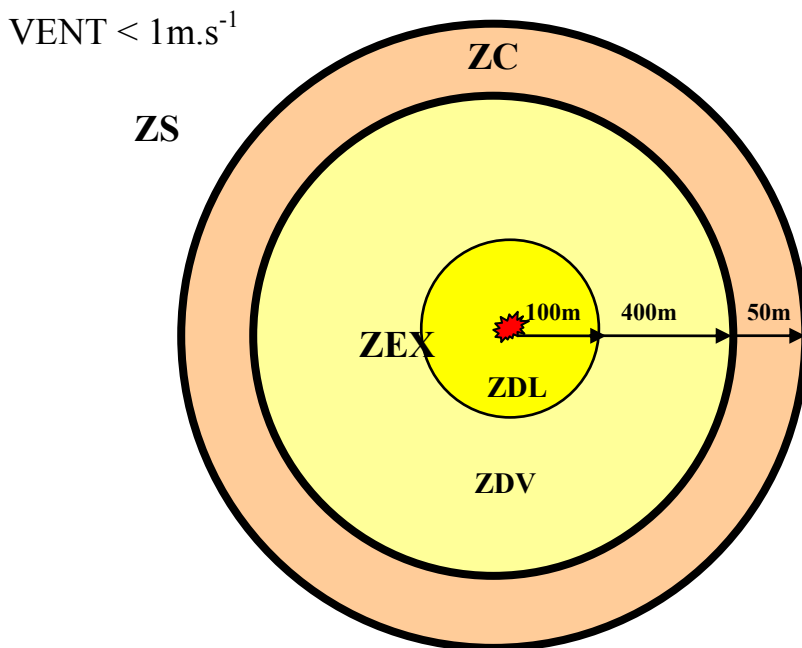
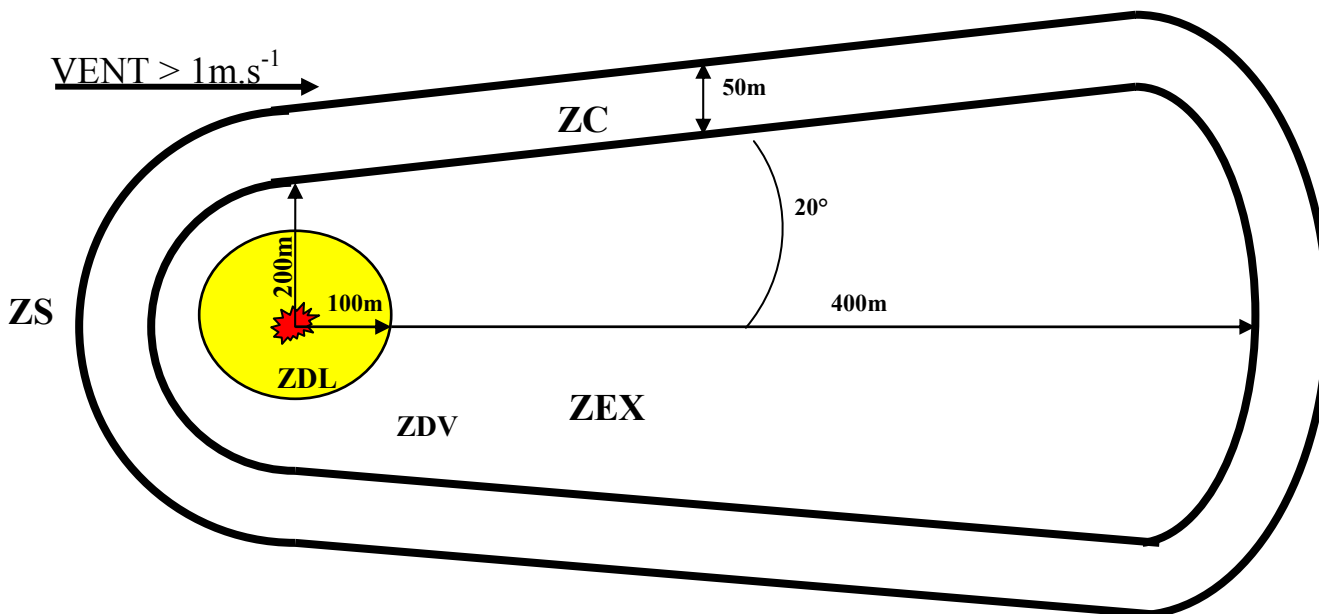


Figure 22 - Modélisation du zonage si vent > 1m.s⁻¹



A l'intérieur d'un bâtiment, ces zones peuvent être ramenées respectivement au local et à tout ou partie du bâtiment, si la ventilation mécanique a été arrêtée dès le début.

**CHAPITRE 8 - LA
MEDICALISATION DE L'AVANT :
INTERETS ET LIMITES**

Le concept de médicalisation de l'avant en ambiance NBC fait plutôt appel à la rhétorique militaire en évoquant le fait de disposer d'un médecin au plus près de la victime, au plus près des combats. La doctrine des secours français privilégie également l'envoi du médecin auprès du malade et non l'inverse, le « scoop and run » d'outre Atlantique.

Par ailleurs, ce concept s'appuie sur l'expérience militaire. En effet, lors d'un conflit avec risque d'attaque chimique, les troupes peuvent être amenées, sur ordre du Commandement, à porter une tenue de protection en fonction du degré de menace. Or le médecin n'échappe naturellement pas à cette règle s'il se trouve dans la zone de danger et lors du conflit de la première guerre du Golfe, nos aînés ont eu à faire face à ces périodes d'alerte chimique avec le port de tenue de protection intégrale. Que penserait-on alors d'un médecin qui, sous prétexte qu'il a revêtu une tenue de protection, ne soignerait plus ses camarades blessés ? Ainsi, il semble naturel, pour les médecins du Service de Santé des Armées, de devoir continuer à soigner les troupes, même en ambiance chimique. Partant de ce constat et de la réalité de la menace chimique dans le monde civil depuis les attentats au sarin de TOKYO, le concept de médicalisation de l'avant a commencé à germer au sein des professionnels des secours français [82-83]. Ce concept a en particulier été développé au sein du SSA et des unités militaires de Pompiers que sont la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS et le Bataillon de Marins Pompiers de MARSEILLE [84-85-86-87]. Pourtant un des premiers à avoir parlé de ce concept est un Anglais, DJ. BAKER avec le concept du TOXALS® qui est une application de l'ATLS® en contexte NBC [88-89-90].

8.1. POURQUOI UNE MEDICALISATION DE L'AVANT ?

Le premier constat fondamental est qu'on dispose de tenues de protection suffisamment efficaces pour que n'importe quel personnel formé qui les porte ne prenne aucun risque en cas d'exposition à une atmosphère viciée. De ce fait, il n'y a aucun obstacle à ce que les professionnels de secours, y compris des médecins, portent une tenue de protection en ambiance chimique, sous réserve d'une formation initiale.

Le dogme actuel est de décontaminer avant toute prise en charge médicale. Est-ce totalement licite ? Certes, il faut se prémunir contre les transferts de contamination mais un travail protocolisé, en tenue de protection, permet de s'en affranchir. Par ailleurs pour faire face au nombre pouvant être considérable de victimes ou d'impliqués, l'attente de la mise en place des chaînes de décontamination représente une perte de temps qui peut être fatale

comme nous l'avons vu, principalement en cas d'intoxication par les neurotoxiques organophosphorés. Voyons quelques chiffres :

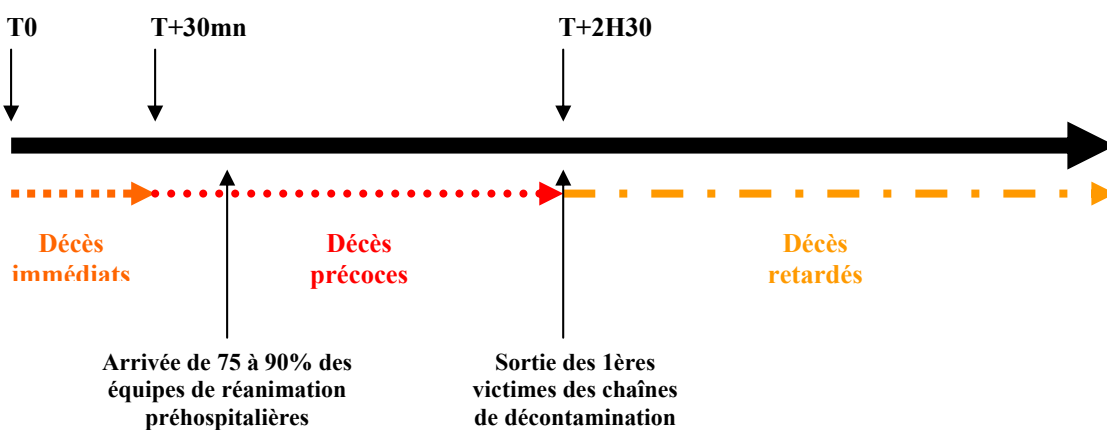
Attentat Saint Michel – PARIS	Attentat au sarin – TOKYO
4 DCD	12 DCD
17 UA	50 UA (SEU 45U1)
71 UR	1000 hospitalisés

Il y a finalement peu de patients catégorisés « Extrême Urgence ». Par ailleurs si on prend en compte le délai de mise en place des chaînes de décontamination et leur rendement on fait le constat suivant (d'après Service de Santé – BSPP) :

- pour 360 victimes dans PARIS,
- 6 chaînes de décontamination mobilisables opérationnelles en 1 à 2 heures,
- par ligne de décontamination, en moyenne 6 victimes par heure si on applique les protocoles de décontamination recommandés,
- soit 36 victimes / heure soit 10 heures nécessaires + 2 heures de mise en place,
- Ainsi **les 360 victimes auront toutes été décontaminées à H0 + 12 heures**

Par contre, la rapidité de montée en puissance des équipes de secours en cas de catastrophe sur une grande agglomération permet de disposer rapidement de nombreuses équipes médicalisées préhospitalières (75 à 90% en moins d'une heure) qui, si elles doivent attendre la décontamination, attendront en zone de soutien que les premières victimes sortent, ne pouvant éviter les décès précoces liés à la défaillance respiratoire principalement (cf. figure 23)

Figure 23 - Chronologie des événements suite à un accident chimique (d'après BSPP)



Partant de ces constats, si certains critères sont remplis, en particulier un ratio raisonnable entre les victimes et le potentiel médical, on peut envisager de prendre en charge médicalement les victimes les plus graves, c'est-à-dire celles dont la prise en charge « réanimatoire » ne peut être différée de 30mn.

8.2. QUAND PEUT-ON ENVISAGER UNE MEDICALISATION DE L'AVANT ?

Trois conditions principales doivent être remplies :

→ Avoir des personnels formés et entraînés régulièrement au port des tenues de protection et à la pratique de gestes techniques avec cette tenue. Nous reviendrons donc un peu plus loin sur la formation nécessaire et les modalités pouvant être proposées.

→ Etre en présence d'un ratio raisonnable entre le nombre de victimes et le potentiel médical. En effet, si le nombre de victimes est trop important, ce sont les règles du triage de la médecine de catastrophe qui s'appliquent. Il paraît également difficile d'envisager cette situation dans des régions à faible potentiel médical et aux moyens restreints. Toutefois dans les grandes agglomérations, il est possible d'avoir rapidement sur les lieux un nombre important d'équipes de réanimation préhospitalières qui pourront être ultérieurement relayées par les renforts zonaux puis nationaux mis en alerte dès la confirmation du caractère chimique de l'évènement.

→ Ne prendre en charge que les victimes qui ne pourraient pas attendre de passer aux chaînes de décontamination c'est-à-dire dont le pronostic vital est engagé dans les 30 minutes à 1 heure. Comment les reconnaître ?

Précisons que notre propos s'applique surtout dans un contexte d'intoxication par les neurotoxiques organophosphorés, les suffocants ou des anoxiants comme le cyanure qui nécessitent l'administration rapide d'oxygène voire une ventilation assistée et l'administration d'antidotes. En effet les vésicants comme l'ypérite présentent un danger différé mais ont un pouvoir contaminant très important. Il est donc indispensable de décontaminer finement ces victimes avant des les prendre en charge médicalement.

Sur le terrain, en l'absence de tout moyen diagnostique, c'est avant tout l'œil clinicien du médecin qui va tenter de détecter parmi les victimes celles qui vont nécessiter des gestes rapides de réanimation respiratoire. Classiquement, une victime inconsciente ne ventilant pas est classée « urgence dépassée » et sera prise en charge après les urgences absolues et relatives. Il faudra donc apprécier la gravité clinique du tableau visuellement. On peut trouver des rapprochements avec l'évaluation de la sévérité d'un asthme aigu grave dans l'appréciation de la sévérité de la détresse respiratoire.

8.3. EN QUOI PEUT CONSISTER LA MEDICALISATION DE L'AVANT ?

La présence d'un médecin au plus près des victimes présente de nombreux intérêts d'une part en augmentant les chances de survie des victimes mais aussi en aidant à l'organisation de la prise en charge.

8.3.1. Le médecin, une aide à l'identification de l'agent en cause

En cas d'intoxication collective, la symptomatologie clinique initiale peut ne pas être spécifique [91]. Il faut y penser lorsque plusieurs personnes s'étant trouvées au même endroit au même moment, présentent des symptômes de gravité variable pouvant évoquer un syndrome de pénétration (irritation des yeux, douleurs ou prurit oro-pharyngé, toux irritative, douleur thoracique, sensation d'oppression). Les enseignements tirés de l'attentat au sarin à TOKYO nous ont montrés que l'identification du toxique peut être techniquement très longue. Même si nous disposons désormais en France de moyens de détection, ils ne permettent dans un premier temps que d'affirmer la présence d'atomes de phosphore ou de soufre. L'identification par spectrométrie interviendra de manière bien différée. Ainsi, l'œil clinicien du médecin peut permettre de gagner du temps en tentant d'identifier le toxique selon les symptomatologies observées ce qui permettra d'adapter la prise en charge. Bien que l'ensemble des toxiques à usage militaire et la plupart des toxiques chimiques industriels conduisent à une hypoxie multifactorielle, il est possible d'orienter le diagnostic étiologique sur quelques éléments simples :

- Les agents suffocants peu hydrosolubles comme le phosgène et l'isocyanate de méthyle provoquent une détresse respiratoire progressive par œdème pulmonaire lésionnel.
- Les agents suffocants hydrosolubles comme le chlore et l'ammoniaque agissent sur les muqueuses des voies aériennes supérieures provoquant essentiellement une atteinte laryngée aiguë.
- L'intoxication par les neurotoxiques organophosphorés provoque un bronchospasme et une bronchorrhée avec paralysie respiratoire, aggravés par le coma et les crises convulsives.
- Les agents vésicants touchent l'ensemble de l'arbre respiratoire, les symptômes évoluant progressivement, après un intervalle libre, d'une toux sèche vers une toux

productive avec expectorations mucopurulentes et encombrement bronchique par formation de fausses membranes.

- L'intoxication cyanhydrique se traduit par un coma convulsif avec troubles hémodynamiques et collapsus cardio-vasculaire.

On peut également partir du symptôme pour tenter de remonter au toxique. Le tableau suivant, classé par grands syndromes, tente de donner une orientation diagnostique sur la nature du toxique en fonction des symptômes présentés. (D'après Renaudeau [92])

Tableau 19 - Orientation pour l'identification du toxique en fonction des signes cliniques

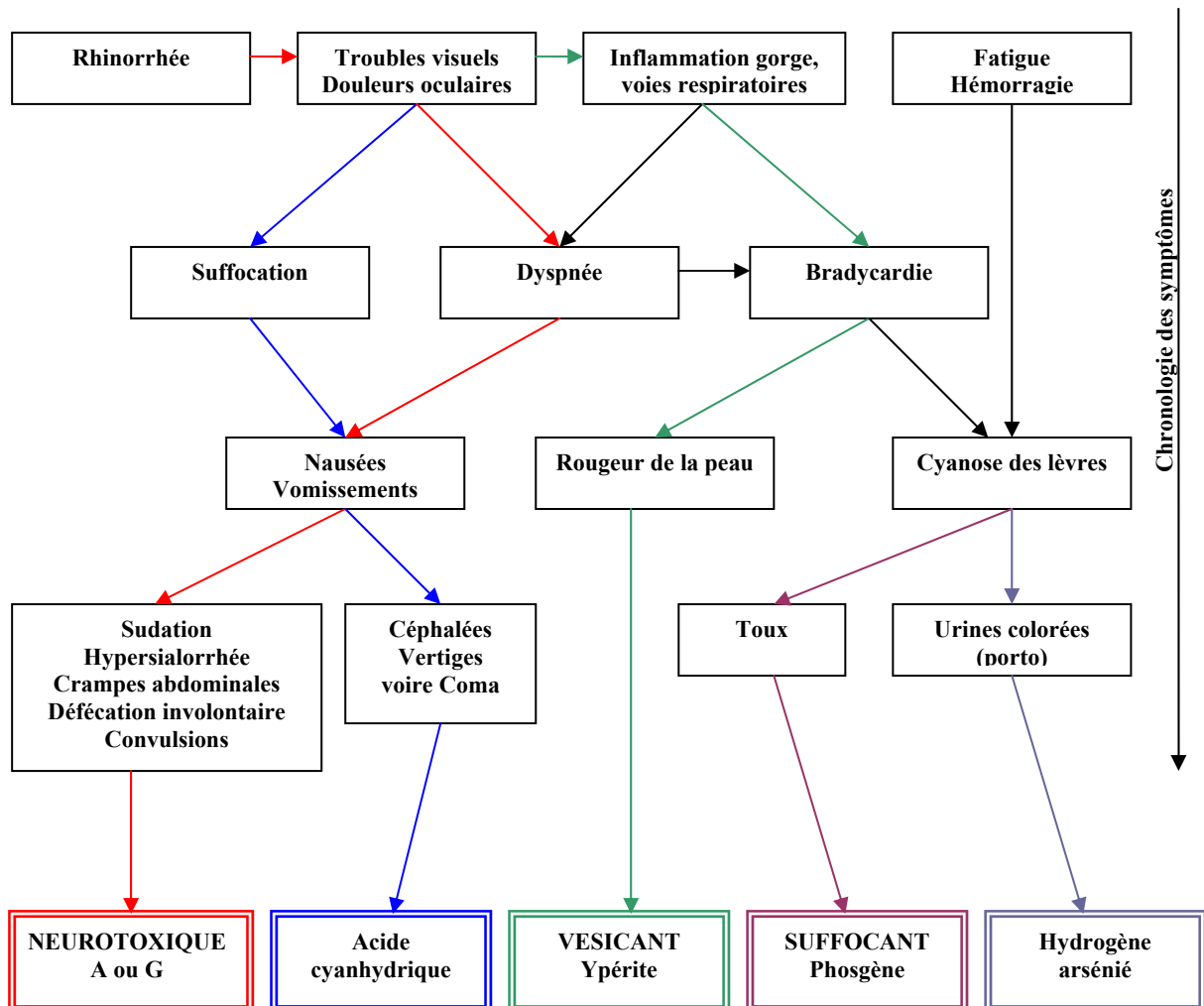
NATURE DU TROUBLE PRINCIPAL	SIGNES ASSOCIES	TOXIQUES POSSIBLES
TROUBLES GENERAUX		
Tachycardie	Vertiges, vomissements, réduction des sécrétions, troubles visuels, confusion	BZ (début de l'intoxication – 4 heures)
	Mydriase, hallucination, nervosité, tremblements, anxiété	LSD (phase d'état)
Hypotension	Arythmie, troubles de l'excitabilité, fibrillations	Fluorocarbones
Sudation, pâleur	Salivation, défécation, miction involontaire, contractions musculaires, nausées, vomissements, diarrhée, gêne respiratoire, cyanose	Neurotoxiques organophosphorés (absorption cutanée ou digestive ou exposition prolongée aux vapeurs)
Rhinorrhée	Myosis, conjonctivite, perte de conscience, convulsions, paralysie flasque, apnée	Neurotoxiques G (concentration élevée) et V
Tremblements incoercibles	Sudation, rhinorrhée, sialorrhée	Soman et neurotoxiques G
Nausées, vomissements, diarrhée	Sudation, rhinorrhée, sialorrhée	Neurotoxiques G (concentration élevée) et V
	Prostration, dépression du SNC, érythème, bloc auriculo-ventriculaire, anémie	Vésicants (absorption ou vapeurs)
	Idem + hypothermie et troubles hépatiques et rénaux	Lewisite
Agitation, confusion	Difficultés respiratoires, atonie du comportement	Cyanés (dose faible)
	Puis activité accrue et désordonnée	BZ (stade d'état de l'intoxication – 12 à 48 heures)
Spasmes neuromusculaires	Insuffisance respiratoire	Fluorocarbones
Convulsions	Céphalées intenses, perte de conscience, apnée	Cyanés Agents G (concentration élevée) et V
Céphalées frontales	Myosis, sialorrhée, rhinorrhée	Neurotoxiques
TROUBLES VENTILATOIRES		
Irritation des voies respiratoires	Irritation des conjonctives et de la peau	Adamsite, CS, fumigènes FS, HC, FM

Dyspnée, oppression, respiration sifflante	Sudation, contractions musculaires, rhinorrhée, toux	Agents G (exposition brève à des vapeurs)
	Nausées, vomissements, diarrhées, tremblements	Adamsite (forte concentration)
		CS, fumigènes (forte concentration, atmosphère sèche)
	Convulsions, perte de conscience, chute de la TA, téguments « rouge cerise »	Cyanés
	Idem + dysrégulation thermique, arythmie cardiaque, fibrillation	Fluorocarbones
Tachypnée	Toux irritative, expectoration blanc-jaunâtre hémoptoïque, nausées	Chlore, phosgène (faible concentration)
Dyspnée d'angoisse	Vomissements, hématurie	PFIB, fumigènes HC, FM
Apnée	Tremblements, paralysie flasque, convulsion, perte de conscience, myosis, conjonctivite, rhinorrhée, sudation, relâchement sphinctérien	Agents G (concentration élevée) et V
Trachéo-bronchite, obstruction bronchique, asphyxie	Irritation oculaire, érythème avec ou sans bruit (1 à 8H), photophobie, blépharoplastie, phlyctènes (12 à 48H), nécrose des muqueuses, bronchopneumonie (4 à 8H)	Ypérites (surtout vapeurs), Lewisite (symptômes plus précoces)
Suffocation, OAP	Irritation violente des yeux, nez, gorge, muqueuse, anoxie	Chlore, phosgène, PFIB, CN (lacrymogène à forte concentration)
	Pneumothorax, pneumomédiastin, pneumonie chimique	FS, HC ou FM (à très forte concentration)
	Idem + dilatation ventriculaire droite	Lewisite
TROUBLES OCULAIRES		
Larmoiement	Baisse de l'acuité visuelle (sensation de baisse de la lumière ambiante)	Neurotoxiques (voie percutanée ou respiratoire)
	Photophobie, blépharospasme, érythème avec ou sans prurit, œdème palpébral	CS Vésicants
Myosis serré	Conjonctivite, baisse de l'acuité visuelle, douleur frontale	Neurotoxiques G (sous forme vapeur)
Irritation modérée	Irritation du nez, gorge, muqueuses	Chlore, phosgène (faible concentration), isocyanate de méthyle (fortes concentrations)
Irritation insupportable	Difficultés respiratoires, anoxie, OAP	Chlore, phosgène, isocyanate de méthyle (fortes concentrations)
Sensation de brûlure de la cornée	Conjonctivite douloureuse (à partir de la 1 ^{ère} heure), irritation cutanée, érythème, vésication	CS, CN, CR, Lewisite
Nécrose cornéenne, mydriase	Irritation violente nez, gorge, muqueuses, céphalées, vomissements, altérations capillaires, vésications cutanées	Fumigènes (forte concentration), Fluorocarbones, vésicants
	Tachycardie, vertiges, vomissements, sécheresse des muqueuses et de la peau	BZ (début de l'intoxication 4H)
	Idem + sueur dans la paume des mains et refroidissement des extrémités	LSD
	Contractions musculaires	Neurotoxiques G et V (rarement et que par pénétration percutanée ou orale)

TROUBLES CUTANES		
Erythème (8 à 14H)	Irritation, photophobie, blépharospasme, œdème palpébral	Vésicants (ypérite, dose modérée, au début des manifestations), Adamsite (à dose élevée)
Pigmentations cutanées	Anémie, insuffisance circulatoire, troubles hépatiques et rénaux (signes tardifs)	Hydrogène arsénié
Phlyctènes (12 à 48H)	Lésions cornéennes (ulcérations) Leucopénie, thrombopénie, anémie (signes tardifs)	Adamsite (à dose très élevée), Ypérites
Idem + précoce et + profond	Lésions cornéennes (ulcérations) + leucocytose	Lewisite
Sensation de cuisson des zones humides	Larmolement, nausées, vomissements, toux fatigue	CS
Lésions de type eczémateux	Gène respiratoire	CN

Le schéma suivant, plus synthétique et plus utilisable sur le terrain, permet de donner une orientation en fonction des grands symptômes observés :

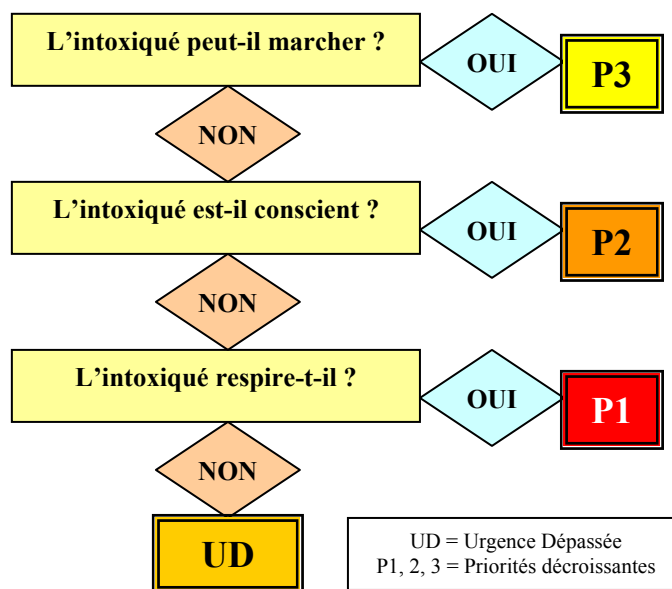
Figure 24 – Organigramme d'orientation pour l'identification du toxique en fonction de la clinique



8.3.2. Possibilité d'un « pré-tri » fixant des priorités de décontamination

Après avoir aidé à l'identification du toxique, le médecin au niveau du point de regroupement des victimes (PRV) va effectuer un tri parmi les victimes pour d'une part fixer les priorités de passage aux chaînes de décontamination et d'autre part repérer celles qui bénéficieront de gestes de réanimation de l'avant. L'organigramme suivant peut être utilisé pour fixer les priorités :

Figure 25 - Pré-triage médical en cas d'afflux de victimes



8.3.3. Gestes simples de réanimation

Nous allons maintenant lister et détailler la mise en œuvre des quelques gestes de réanimation qui pourront être réalisés par l'équipe médicale au niveau du PRV. Ce ne sont, rappelons le, que des **gestes de sauvetage** et il n'est en aucun cas question de proposer une réanimation sophistiquée. Ces gestes sont :

- la mise en place d'un abord veineux périphérique,
- l'administration de drogues (antidotes...),
- l'intubation,
- la ventilation.

8.3.3.1. Pose d'un abord veineux périphérique

Le protocole suivant peut être utilisé :

1. Découpage des vêtements au niveau de la zone de perfusion en les roulant de dedans en dehors.
2. Disposer un haricot sous la zone découverte.
3. Tamponner la zone à l'aide d'un gant poudreux à base de terre de foulon qui va adsorber le toxique.
4. Essuyer avec la face rugueuse du gant qui va retirer les particules formées qui pourront être recueillies dans le haricot.
5. Désinfection cutanée avec une solution de Dakin®.
6. Séchage avec des compresses stériles.
7. Pose du garrot.
8. Pose du cathéter.
9. Raccordement du cathéter au perfuseur et vérification de la perméabilité de la voie.
10. Fixation avec une bande auto-agrippante.

La contrainte majeure de cette opération est la diminution de sensibilité au bout des doigts avec les gants en butyle et la difficulté de manipuler des bandes collantes. Des gants bien adaptés aux mains, d'épaisseur 6/10°, permettent quand même une certaine sensibilité. Chez une personne au capital veineux faible, dont les veines ne sont pas visibles et seulement perceptibles au toucher, il paraît quand même beaucoup plus difficile de pouvoir réaliser ces gestes...

Une étude menée par le SSA sur l'incidence du port de la tenue de protection sur la pose d'une voie veineuse périphérique (VVP) et l'intubation oro-trachéale a été menée auprès de 30 médecins urgentistes civils et militaires au cours de stages NRBC. Les résultats ont été présentés lors du congrès urgences 2004 [93]. Reprenons ici les conclusions relatives à la pose de VVP.

La pose de VVP a été décomposée en 4 temps :

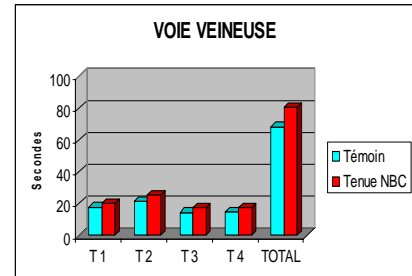
- T1 : Décontamination sommaire localisée à l'aide du gant poudreux puis brossage puis désinfection au Dakin® et séchage par compresses.
- T2 : Pose du garrot et pose du cathéter.

- T3 : Raccordement du cathéter au perfuseur et vérification de la perméabilité de la voie.
- T4 : Fixation du cathéter.

Résultats :

Figure 26 - Temps mis pour la pose d'une VVP (témoin/tenue NRBC)

	T1	T2	T3	T4	T total
Témoin	17,7	21,3	14,4	15,0	68,3
Tenue NRBC	20,1	25,6	17,3	17,4	80,4
Allongement	+13,5%	+20,2%	+20,1%	+16,0%	+17,7%



L'étude a montré que ce geste avait pu être réalisé par l'ensemble des participants et avec des délais raisonnables. En effet on observe en moyenne une augmentation de 17,7% soit 12 secondes de plus sur la pose de VVP. Toutefois ces résultats encourageant sont à nuancer car la pose de cathéter sur des mannequins est beaucoup plus facile qu'en réalité où intervient la qualité du capital veineux du sujet, l'épaisseur de la peau, la corpulence, ainsi que l'agitation du patient ou les mouvements convulsifs ... Des alternatives existent, nous les verrons dans le paragraphe suivant.

8.3.3.2. L'administration de drogues

Le fait de disposer d'un abord veineux permet d'administrer des drogues plus rapidement aux victimes permettant ainsi de réduire le délai d'administration d'antidotes, lorsque ceux-ci sont disponibles.

Il est par contre difficile de préparer les produits injectables avec la tenue de protection et on préconise alors de préparer les drogues à l'arrière, dans des seringues étiquetées, l'équipe de l'avant n'ayant plus qu'à administrer le produit.

Le conditionnement actuel de l'atropine, disponible en ampoules de 1mg/1mL, est peu adapté à cette situation où les besoins, en cas d'intoxication par les NOP, peuvent être rapidement importants. La Pharmacie Centrale du Service de Santé des Armées est en train d'élaborer des solutions d'atropine dans des poches souples (500mL à 1L) permettant une délivrance plus aisée et plus adaptée à ces utilisations de masse. Par ailleurs une équipe américaine a testé la stabilité de solutions de sulfate d'atropine préparées en vue d'attaque terroriste. Il en ressort que ces solutions sont chimiquement stables pendant au moins 72 heures [94].

Des alternatives à la voie veineuse existent :

- La voie intra-trachéale permet de passer un certain nombre de drogues (atropine, adrénaline) en multipliant leur posologie par 3.
- La voie intramusculaire (kétamine).
- La voie intraosseuse, fréquemment utilisée chez le nourrisson, est également utilisable chez l'adulte.

Les solutés et médicaments perfusés par voie intraosseuse (IO) atteignent la circulation centrale dans la seconde comme pour une voie veineuse périphérique. De plus la mise en place d'une perfusion IO prend généralement moins d'une minute. Chaque médicament ou produit sanguin pouvant être administré par voie veineuse peut l'être en toute sécurité par voie IO [95]. Les derniers protocoles édictés par l'American Heart Association [96] et par l'European Resuscitation Council [97] ont inscrit la perfusion IO comme étant la première alternative à la voie veineuse. Trois techniques peuvent être utilisées : insertion manuelle, système à percussion, moteur. Le débit de perfusion dépend du type d'aiguille utilisée. En général, le débit obtenu est l'équivalent d'un cathéter IV de 21G. Chez certains patients l'accès IO ne doit pas être choisi. Dans certaines obésités morbides, les aiguilles IO classiques ne sont pas assez longues pour atteindre le lit vasculaire osseux. Si des compressions thoraciques peuvent être nécessaires, on n'utilisera pas la voie sternale. Des fractures situées au-dessus du site de ponction doivent faire discuter la voie tibiale. Par ailleurs très peu de complications ont été observées. Les rares cas d'ostéomyélites sont survenus après une utilisation plus prolongée que d'habitude ou lorsqu'il existait déjà une bactériémie au moment de l'insertion.

Nous verrons ultérieurement les aspects thérapeutiques.

8.3.3.3. Intubation

L'intubation oro-trachéale en tenue de protection est techniquement réalisable par du personnel formé et entraîné avec certaines réserves que nous allons reprendre. Nous évoquerons dans le chapitre suivant les aspects thérapeutiques de l'induction et de l'entretien de l'anesthésie.

On peut suivre le protocole suivant :

1. Décontamination sommaire de la face à l'aide d'un gant poudreux.
2. Mise de la tête en hyperextension puis 3 ventilations au masque.

3. Laryngoscopie.
4. Introduction intratrachéale de la sonde d'intubation.
5. Gonflage du ballonnet.
6. 3 ventilations sur sonde pour vérifier la position de la sonde.
7. Fixation de la sonde à l'aide d'un lacet.

Voyons les résultats de l'étude du SSA précédemment citée [93] en ce qui concerne l'intubation.

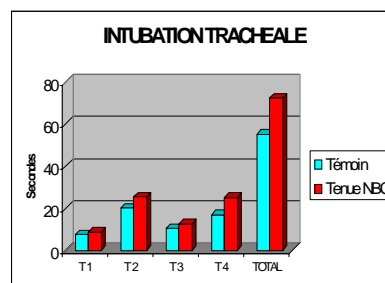
L'intubation oro-trachéale a été décomposée en 4 temps :

- T1 : Décontamination sommaire de la face à l'aide du gant poudreux, mise de la tête en hyperextension puis 3 ventilations au masque.
- T2 : Laryngoscopie, introduction intratrachéale de la sonde d'intubation et gonflage du ballonnet.
- T3 : 3 ventilations sur sonde pour vérifier la position de la sonde et pose d'une canule de Guédel.
- T4 : Fixation de la sonde par lacet.

Résultats :

Figure 27 - Temps mis pour l'intubation (témoin/tenue NRBC)

	T1	T2	T3	T4	T total
Témoin	7,6	20,1	10,6	17,0	55,3
Tenue NRBC	8,8	25,6	12,6	25,2	72,3
Allongement	+15,8%	+27,4%	+18,9%	+48,2%	+30,2%



On voit tout d'abord que la principale source de difficultés est la fixation de la sonde d'intubation avec presque un doublement du temps de réalisation. Le choix de la fixation par lacet dans cette étude explique en partie cette difficulté. Bien sûr la fixation avec de l'adhésif ne peut s'envisager car il colle au gant et on risque un décollement lors du passage ultérieur à la décontamination. De nouveaux dispositifs permettent une fixation plus simple avec un « passe – lacet » en plastique facilement manipulable avec les gants, une fixation solide de la sonde avec une vis plastique et un mors empêchant toute morsure accidentelle de la sonde et remplaçant la canule de Guédel dans cette fonction. L'utilisation de ce dispositif permettrait certainement de réduire encore les temps T3 et T4.

Par ailleurs l'étape de fixation mise à part l'accroissement du temps d'intubation est acceptable (+22,7% soit 38,3s vs 47,0s). Une étude israélienne [98] arrive aux mêmes conclusions. Ils mettent de plus en évidence que si on se réfère aux critères de l'Advanced Trauma Life Support®, la durée de l'intubation correspond au temps mis pour insérer le tube, ce temps devant être inférieur à la durée d'une respiration profonde soit environ 30s. Or aussi bien dans l'étude israélienne que l'étude française ces critères sont remplis. L'intubation en tenue NRBC répond donc aux critères de qualité exigés.

Un autre challenge est représenté par la détermination de la bonne position de la sonde. L'auscultation est bien sur impossible. On peut avoir recours à un dispositif s'intercalant entre le filtre et la sonde d'intubation qui va détecter, au moyen d'un papier avec indice colorimétrique, le CO₂ télé-expiratoire (Easy Cap II ®). Le papier, normalement rose vire au jaune en présence du CO₂ expiré permettant d'affirmer la position intratrachéale de la sonde. Ce dispositif ne permet en revanche pas de signaler une intubation sélective. Seul l'œil du clinicien pourra éventuellement s'en rendre compte. Des études supplémentaires pourraient être nécessaires pour valider son utilisation en atmosphère chimique, ce qui n'a pas encore été réalisé.

Photographie 7 - Capteur de CO₂ télé-expiratoire de type Easy Cap II



Une autre étude israélienne a évalué l'utilisation de masque laryngé en tenue de protection. Si cette technique apparaît possible et plus rapide que l'intubation, il est probable que les pressions d'insufflation élevées présentées par des patients intoxiqués rendraient ce mode de ventilation inefficace. En revanche, les médecins militaires américains ont également étudié l'utilisation de masques laryngés pour intubation de type Fastrach® [99]. Leur étude réalisée sur 16 personnels médecins a mis en évidence un meilleur taux de réussite lors de l'intubation (100% contre 78% sous laryngoscopie) et une diminution du temps d'intubation (24,6s contre 29,1s). Toutefois, comme le signalent les auteurs, les participants à cette étude

ne disposaient que de l'ARF et non pas de la tenue de protection complète, or la pose de ce type de dispositifs peut être gênée par les gants butyle, ce qui n'a donc pas été testé.

Quoiqu'il en soit, les différentes études montrent que certes la réalisation de ce geste est rendue plus difficile par le port de la tenue de protection mais qu'il n'en reste pas moins réalisable. Or par une intubation précoce et une ventilation assistée on peut espérer accroître grandement les chances de survie des patients intoxiqués en détresse respiratoire.

Photographie 8 - Montage final après intubation en ambiance chimique



8.3.3.4. Ventilation

Elle doit être réalisée avec des insufflateurs manuels à usage unique sur lesquels on adapte une cartouche filtrante. Celle-ci ne doit pas autoriser la ventilation en atmosphère viciée où la priorité est l'extraction de la victime, sous couvert éventuellement d'une cagoule de fuite. Le rôle de la cartouche filtrante est la protection vis à vis des vapeurs emprisonnées dans les vêtements de la victime.

L'utilisation de respirateurs n'est bien sûr pas envisagée à l'avant, en grande partie du fait des difficultés de décontamination des matériels. De plus, la ventilation de ces patients soulève un problème logistique majeur : l'apport en oxygène. En effet, les besoins sont immenses. Il est donc nécessaire d'avoir une chaîne logistique capable d'approvisionner en oxygène de manière continue et en quantité suffisante. Des systèmes d'extracteurs d'oxygène comme ceux utilisés pour les antennes chirurgicales du Service de Santé des Armées

pourraient avoir ici une utilité certaine sous réserve de la production d'un débit suffisant depuis l'abandon des techniques de production d'oxygène chimique.

8.4. LIMITES DE LA MEDICALISATION DE L'AVANT

Si la médicalisation de l'avant présente effectivement un certain nombre d'avantages, elle a néanmoins des contraintes et des limites que nous allons maintenant exposer.

8.4.1. Contraintes physiologiques liées au port des équipements de protection

Celles-ci ont bien été étudiées par le département des facteurs humains du Centre de Recherches du Service de Santé des Armées [100,76].

8.4.1.1. Contraintes liées à la protection respiratoire

Le port d'un masque respiratoire peut entraîner une augmentation du travail respiratoire, une diminution des capacités sensorielles avec déformations et réduction du champ de vision, altération de la communication. Les possibilités d'apports hydriques et nutritionnels à travers le masque sont difficiles du fait de l'inadaptation des systèmes actuels à l'ingestion abondante de boisson [101]. Cet aspect constitue une contrainte supplémentaire en cas d'intervention longue à fortiori en atmosphère chaude. Par ailleurs le port prolongé du masque peut induire douleurs, nausées, vomissements. Chez des sujets non entraînés peuvent apparaître des troubles psychologiques avec sensation d'isolement, anxiété majeure et parfois réaction de panique [102].

8.4.1.2. Contraintes liées à la protection cutanée

8.4.1.2.1. Contraintes liées au port de gants

Elles sont majoritairement représentées par la diminution de dextérité manuelle et de la sensibilité tactile qui, associées à la contrainte du port du masque de protection, engendrent une baisse majeure de capacité opérationnelle.

8.4.1.2.2. Contraintes liées au port de bottes et surbottes

Elles ne sont pas spécifiques. Il existe néanmoins un risque de vasculoneuropathie survenant au cours d'une exposition prolongée à une température positive inférieure à 10°C avec humidité ambiante élevée favorisé par la compression des pieds.

8.4.1.2.3. Contraintes liées au port de la tenue de protection

Elles sont essentiellement d'ordre thermophysique mais le problème de l'élimination des émonctoires est également préoccupant. Outre la baisse de capacité opérationnelle, ces contraintes peuvent provoquer des accidents gravissimes en cas de déséquilibre du bilan thermique.

8.4.1.2.3.1. Bilan thermique et tenues de protection

La température interne de l'être humain (température des organes profonds) est soumise à une régulation afin de maintenir celle-ci dans les limites de la physiologie. Ce maintien nécessite l'égalité entre les gains et les pertes. Les gains sont représentés par la charge thermique interne et externe, les pertes dépendent de l'environnement climatique en ambiance froide et de l'évaporation de la sudation qui est la principale voie de la thermolyse.

La **charge thermique interne** est la conséquence de l'activité métabolique, la chaleur métabolique (H_m) représentant environ 77% de la dépense énergétique du fait du rendement musculaire. H_m peut atteindre 400 W.m^{-2} lors d'un exercice physique intense et 250 W.m^{-2} lors de l'activité de frissons. Au cours d'une activité physique, la dépense énergétique dépend de la vitesse de marche, de la nature du terrain et de la charge portée, dont les équipements de protection. La formule de PANDOLF permet de déterminer cette dépense énergétique pour une vitesse de marche entre 0 et $8,5 \text{ km.h}^{-1}$. La norme ISO 8996 donne une classification de la dépense énergétique en 5 classes.

La **charge thermique externe** est représentée par les échanges de chaleur par radiation (R) et convection (C). Les échanges par conduction (K) peuvent être négligés chez un sujet debout car ils n'interviennent qu'au niveau de la plante des pieds. Ces échanges dépendent du gradient de température existant entre la peau du sujet (température cutanée moyenne : T_{sk}) et la température radiante moyenne (T_r) pour les échanges par radiation et la température d'air sec (T_{db}) pour les échanges par convection. Leur importance varie selon la surface corporelle exposée (A_D) et la vitesse du vent (v) pour la convection.

L'évaporation sudorale est le seul mécanisme thermolytique réellement efficace assurant la dissipation des gains de chaleur. L'évaporation d'un gramme d'eau nécessite un apport énergétique de 2,42 kJ et correspond donc à une perte thermique équivalente pour le sujet. Toutefois cette évaporation n'est possible que si l'environnement climatique le permet. En effet l'évaporation maximale permise par l'ambiance dépend du gradient qui existe entre la pression saturante de vapeur d'eau au niveau de la peau (fonction de la température de la peau) et la pression partielle de vapeur d'eau régnant dans l'air (fonction de la température de l'air et de son humidité relative). Par ailleurs, les pertes hydriques, si elles ne sont pas compensées, peuvent induire une déshydratation.

Le **bilan thermique simplifié (B)** peut s'écrire : $Hm \pm R \pm C - E = B$

Toutefois ce bilan thermique n'est valable que pour un sujet nu. La tenue de protection diminue les échanges de chaleur sensible ($\pm R \pm C$) selon sa résistance thermique (R_{ct}) et entrave l'évaporation sudorale selon la résistance évaporatoire (R_{et}) ou indice de perméabilité à la vapeur d'eau de l'équipement (i_{mt}). De plus le port de vêtements et d'équipements spécifiques majore la dépense énergétique donc la charge thermique interne. Le **bilan simplifié du sujet équipé d'une tenue de protection** devient : $Hm \pm R_{cl} \pm C_{cl} - E_{cl} = B_{cl}$.

- Si $B_{cl} = 0$ → équilibre thermique
- Si $B_{cl} > 0$ → stockage thermique interne → augmentation de la T° interne
- Si $B_{cl} < 0$ → dette thermique → chute de la T° interne

8.4.1.2.3.2. Les risques médicaux liés au déséquilibre du bilan thermique

→ **Si $B_{cl} > 0$**

- **Syncope de chaleur** : précédée par une pâleur, des nausées, la soif, elle survient généralement chez une personne non acclimatée au changement de position ou au cours d'une station debout prolongée. Elle est due principalement à la baisse du volume sanguin central en raison de la vasodilatation périphérique aggravée par la baisse du volume sanguin liée à la déshydratation. Il convient alors d'extraire le patient de l'atmosphère pour le mettre dans une pièce fraîche en position tête basse.
- Le **syndrome de déshydratation** : apparaît chez un sujet non ou insuffisamment hydraté lors d'une sudation abondante avec comme signe majeurs la soif, la fatigue, des vertiges, une oligurie, une hyperthermie et à un stade avancé un délire voire la mort. Une déshydratation de 1% du poids corporel est très bien tolérée. A 2%, la soif

devient importante et les capacités physiques commencent à s'altérer. A 4%, les capacités physiques et intellectuelles se dégradent. A 6% apparaît l'épuisement, à 8% une confusion mentale et à partir de 15% la mort peut survenir. La prise en charge nécessite une réhydratation par voie veineuse sous surveillance du ionogramme sanguin ou par voie orale par petites quantités fréquemment lors des cas mineurs.

- **L'hyponatrémie symptomatique** correspond à un déséquilibre hydrosodé lié à une ingestion d'eau trop importante par rapport à celle du sel. Elle se manifeste par une fatigue avec des crampes musculaires voire de la tétanie et des troubles digestifs (nausées, diarrhée) qui peuvent évoluer vers des formes plus graves avec troubles cardiocirculatoires, respiratoires et neurologiques liés à une hypertension intracrânienne. Le traitement se fait alors par le repos dans une pièce fraîche avec restauration de l'équilibre hydroélectrolytique selon le ionogramme sanguin.
- **L'épuisement à la chaleur** est un épuisement physique et psychique à la suite d'une contrainte thermique élevée due à une activité physique intense et prolongée à la chaleur. Il se manifeste par un abattement parfois associé à des troubles caractériels, une hyperthermie modérée, une déshydratation et une désadaptation cardiocirculatoire. Il évolue favorablement à l'arrêt de l'activité avec mise au repos dans une ambiance fraîche et réhydratation.
- Le **coup de chaleur** se caractérise par des troubles de conscience, une hyperthermie dépassant 40°C, un arrêt de la sudation, des vomissements et des troubles hémodynamiques avec insuffisance hépatique et rénale, coagulation intravasculaire disséminée et rhabdomyolyse. C'est la complication la plus grave et elle nécessite une prise en charge urgente sur le terrain avec transfert rapide en réanimation.

8.4.1.2.3.3. Seuils de tolérance et prévention

Les **critères de tolérance** sont définis par la norme ISO 7933 et ISO 9886 :

- Température rectale (Tre) : elle ne doit pas excéder 38°C si elle n'est pas mesurée en continue ou si il n'y a pas de personnel médical et/ou si aucun autre paramètre physiologique n'est mesuré. Tre ne doit pas excéder 38,5°C ou augmenter de plus de 1,5°C si Tre et la fréquence cardiaque sont surveillés en continu. En aucun cas Tre ne doit dépasser 39°C selon la norme OTAN (STANAG).

- La fréquence cardiaque ne doit pas dépasser la fréquence maximale théorique (FMT) réduite de 20 battements. $FMT = 220 - 0,65 \times \text{âge (en années)}$. Elle peut également être évaluée lors d'un test d'effort.
- La perte de poids ne doit pas excéder 800g ou 1300g pour des sujets, respectivement non acclimatés ou acclimatés à la chaleur et dont la surface corporelle est de 1,8 m². De toute façon la perte de poids ne doit pas dépasser 4% du poids corporel.

La **prévention** est fondamentale et repose sur la sélection médicale des personnels, l'entraînement physique régulier et l'entraînement au port des équipements de protection, le développement des capacités d'adaptation notamment à la chaleur. L'hydratation doit être abondante, l'apport de sel dilué dans l'eau de boisson est indispensable en cas de port de tenue dépassant 3 heures. Des durées limites d'exposition peuvent être définies sur lesquelles le CRSSA a beaucoup travaillé avec notamment l'élaboration d'un logiciel de prédiction des temps de tolérance « Prédicton® » en fonction des conditions climatiques. Il paraît toutefois raisonnable d'envisager la relève des équipes au minimum toutes les deux heures.

8.4.2. Formation des personnels

La formation préalable des personnels de secours est indispensable mais insuffisante. En effet, comme le paragraphe précédent nous l'a rappelé, le port des tenues de protection a un certain nombre de contraintes physiologiques et il est indispensable que les personnels non seulement soient formés mais aussi qu'ils s'entraînent régulièrement afin d'être acclimatés au port des tenues et d'acquérir et conserver l'habileté technique dans ces conditions. Pour cela toutes les structures de secours françaises ont mis en place des formations NRBC et quelques institutions enseignent la médicalisation en ambiance NRBC. Ces formations ont commencées au Centre de Recherche du Service de Santé des Armées en novembre 2001 [103]. Depuis quelques années, la médicalisation de l'avant est incluse dans le module de formation NRBC dispensé à tous les futurs médecins militaires français à l'Ecole du Val de Grâce avec travaux pratiques et mise en situation avec réalisation des gestes dans une tente à air vicié (lacrymogène) en tenue NRBC complète.

Photographie 9 - Exercice d'intubation sous tente à air vicié



8.4.3. Ratio victimes / potentiel médical

Comme nous l'avons déjà évoqué, la médicalisation de l'avant en ambiance chimique ne peut s'envisager que si le nombre d'équipes médicales est suffisant et que le nombre de victimes pouvant bénéficier de ces gestes est en adéquation avec ce potentiel médical. Il est quasiment impossible de donner une estimation chiffrée de ce ratio qui est laissé à l'appréciation du responsable des secours médicaux en fonction de l'appréciation de la situation. Quoiqu'il en soit, il paraît de toute façon intéressant de disposer au moins d'un médecin en zone d'exclusion afin d'aider à l'identification du toxique et d'effectuer un pré-tri comme nous avons pu le détailler. Néanmoins, le maillage des secours actuel en France, en particulier dans les grandes agglomérations et l'obligation de prépositionner des moyens NRBC sur le territoire selon les directives de la circulaire 700, font penser que la montée en puissance du dispositif médical en cas de catastrophe peut se faire de façon suffisamment rapide pour qu'on puisse engager un certain nombre d'équipes en zone d'exclusion afin d'y réaliser des gestes de sauvetage.

8.5. DISCUSSION

Le port de la tenue de protection NRBC implique un certain nombre de contraintes physiologiques pouvant diminuer les capacités des intervenants. Toutefois, l'influence se fait essentiellement sur l'allongement du temps nécessaire à la réalisation de certains actes. Arad et al. [104] ont montré sur 61 professionnels de santé habitués au port des tenues NRBC un ralentissement d'environ 30% mais un niveau de performance équivalent et ce pendant 8 heures et ils concluent d'une part qu'il est possible à du personnel médical en zone contaminée chimique de traiter convenablement des patients pendant un temps relativement long et d'autre part que la formation et l'entraînement sont deux points fondamentaux garants d'une meilleure efficacité. Donc, si le ratio victimes / potentiel médical est satisfaisant, nos plans de secours doivent prévoir d'intégrer la médicalisation de l'avant en ambiance NRBC afin d'augmenter les chances de survie des patients qui mourraient s'ils ne bénéficiaient pas de gestes de réanimation sous une heure.

Les équipes japonaises ont fait le point 10 ans après les attentats au gaz sarin. D'une part, ils insistent sur l'absolue nécessité de détecter au plus vite le caractère chimique d'un événement afin de faire prendre les mesures de protection qui s'imposent. Ils partagent d'autre part le traitement de ce genre d'intoxications en trois parties : décontamination, réanimation respiratoire et antidotes en insistant sur le fait que dans certaines circonstances ces trois traitements doivent être menés simultanément afin d'augmenter les chances de survie des victimes [105].

Pour conclure ce travail nous allons donc exposer maintenant un protocole de prise en charge de victimes en ambiance chimique incluant la médicalisation de l'avant. Nous avons fait le choix de nous placer dans un contexte de secours civils. En effet, la prise en charge médicale en ambiance NRBC possède des contraintes opérationnelles et tactiques et la doctrine actuelle est totalement en cours de réécriture. Toutefois, les principes de prise en charge que nous allons détailler ici pourront tout à fait être appliqués en milieu militaire lorsque les conditions le permettront et avec des moyens probablement dégradés.

**CHAPITRE 9 - EVOLUTION DU
CONCEPT DE PRISE EN CHARGE
INCLUANT LA MEDICALISATION
DE L'AVANT EN AMBIANCE
CHIMIQUE**

La Brigade de Sapeurs Pompiers de Paris a intégré la médicalisation de l'avant dans son concept de prise en charge des victimes chimiques. Le plan concernant les mesures applicables en cas d'évènement chimique est dénommé Plan Jaune [106]. Pour rendre notre propos plus concret nous allons reprendre ici les grands principes du Plan Jaune dont nous suivons l'élaboration et la mise en œuvre depuis deux ans.

9.1. DECLENCHEMENT DE L'ALERTE

Les centres de réception d'appels des services de secours français doivent avoir présent à l'esprit un certain nombre d'indices leur permettant de soupçonner l'origine chimique d'un évènement. En effet, une des grandes leçons de l'attentat de TOKYO est le délai de prise de conscience du caractère chimique de l'attentat ce qui représente une des raisons principales du transfert de contamination. Ces indices peuvent être les suivants [107] :

- De multiples victimes présentant des symptômes similaires : irritation oculaire, dyspnée, toux... L'allergie collective n'existant pas il faut être vigilant !
- Beaucoup de victimes sans blessure conventionnelle : absence d'explosion, d'incendie...
- Dispersion de liquide ou de vapeur suspects, odeur inhabituelle.
- Présence d'animaux morts en particulier des oiseaux.
- Présence des symptômes sous le vent.

Ce genre d'indices doit systématiquement déclencher une levée de doute NRBC. Celle-ci ne doit pas entraver l'action des premiers secours qui vise à extraire au plus vite les victimes du danger. Elle est réalisée par des équipes spécialisées appartenant aux Cellules Mobiles d'Intervention Chimique (CMIC).

Dès qu'il y a incident collectif dont la nature est suspecte, tous les intervenants s'engagent au niveau d'une Zone de Déploiement Initial (ZDI), où ils revêtent la tenue appropriée, avant de s'engager dans la zone qui leur est attribuée.

Rôle du médecin : Le médecin régulateur doit également avoir à l'esprit ces différents éléments et il doit être consulté par les personnels recevant les appels au moindre doute. Il doit aider à la prise de décision de déclencher la levée de doute NRBC.

9.2. LA LEVEE DE DOUTE NRBC, LE ROLE DES CMIC

En 1984-1985, le Directeur de la Défense et de la Sécurité Civiles missionne un groupe pour organiser les secours en présence de matières dangereuses en se basant sur le modèle des CMIR qui venaient de se mettre en place. Les CMIC sont donc créés par analogie et se décomposent en deux niveaux : une cellule de reconnaissance qui assure les interventions en départ immédiat et une cellule d'identification qui doit déterminer la nature des toxiques en cause et qui dispose d'un délai supplémentaire pour intervenir [108]. Depuis 1997, les CMIC sont responsables du risque chimique et de la pollution terrestre ou aquatique et leur mission consiste à identifier le risque, les produits et les dangers, obturer la fuite si nécessaire, endiguer et récupérer [109].

Pour mener à bien ces missions les équipiers CMIC disposent de scaphandres lourds pesant entre 8 et 10 Kg, qui ajoutés au poids de l'ARI, font une surcharge pondérale de 20 à 22 Kg. La tenue est totalement étanche, avec toutes les contraintes que nous avons vues précédemment.

Une enquête a été réalisée en France en 2002 auprès des SDIS retrouvant en moyenne 75 interventions annuelles dont 10 nécessitent le port du scaphandre. Le manque de pratique opérationnelle est toutefois amplement compensé par des entraînements réguliers. Les Cellules de Reconnaissance Chimique (CRC) de la BSPP sont sorties 118 fois en 1999 [110].

Suite à une alerte avec doute NRBC, la CRC travaille pendant que les autres intervenants procèdent à l'extraction des victimes.

9.3. L'EXTRACTION

9.3.1. Objectifs

C'est l'urgence absolue de la prise en charge. Elle consiste à soustraire le plus rapidement possible **toutes** les personnes de l'atmosphère intoxiquée (ZDL) soit dans un rayon de 100m autour du point initial lorsque l'évènement survient à l'air libre et dans la totalité de l'espace clos sans notion de distance en intérieur.

9.3.2. Personnels - tenue

Elle est effectuée par du personnel secouriste. Il s'agira des personnels armant les premiers véhicules des Sapeurs-Pompiers arrivés sur les lieux si l'on se place dans un cadre civil et de brancardiers-secouristes si l'on considère le milieu militaire.

Les personnels du départ normal (en général en France 2 fourgons + échelle) sont en tenue de feu complète avec ARI. Ils peuvent être renforcés par un module d'extraction représenté par les personnels des engins de renfort arrivant les premiers.

9.3.3. Modalités

- Victime valide : évacuation debout accompagnée – 1 Sapeur Pompier pour plusieurs victimes.
- Victime assise : évacuation soutenue – 2 Sapeurs Pompiers par victime.
- Victime invalide : évacuation portée – 1 Sapeur Pompier en porté pompiers ou 4 Sapeurs Pompiers en brancardage
- Victime en arrêt respiratoire : laissée sur place, considérée comme urgence dépassée, elles seront prises en charge ultérieurement.

Toutes les victimes extraites valides ou non sont regroupées dans une zone de tri visuel.

9.3.4. Rôle du médecin

Un médecin peut être exceptionnellement engagé en ZDL. Il est préférable que ce soit un médecin expérimenté dans la gestion des urgences collectives et ayant une formation spécifique NRBC. Or ce n'est pas toujours le cas des premiers intervenants, l'extraction devant avoir lieu le plus rapidement possible. Il doit être porteur d'une TLD et d'un ARI, au mieux surtout si l'atmosphère est pauvre en oxygène, ou d'un ARF.

Il peut alors procéder à une évaluation médicale de la situation, et transmettre un bilan d'ambiance complémentaire. En donnant des directives aux secouristes, il peut déterminer des priorités d'extraction des victimes restées sur place. Enfin, il peut tenter d'identifier le toxique en cause en fonction des symptomatologies observées.

9.4. LE TRI VISUEL

9.4.1. Personnels - tenue

Cette zone est sous la responsabilité d'un personnel non médecin, « officier tri visuel » avec sous ses ordres des Sapeurs Pompiers issus des premiers engins de secours à victime se présentant (VSAV). Tous les personnels sont en tenue de feu avec ARI voire en TLD avec ARF.

9.4.2. Modalités

Il s'effectue en dehors de la ZDL, à 100 mètres de l'évènement dans la direction d'où vient le vent s'il s'est produit à l'air libre ou à l'air libre s'il s'est produit dans un espace clos. Si le lieu répond aux conditions de sécurité on peut choisir l'endroit où les premières victimes et impliqués se sont naturellement regroupés.

L'objectif du tri visuel est de répartir les victimes en 3 catégories :

- Asymptomatiques : victimes non blessées et ne présentant pas de symptôme lié à un toxique chimique.
- Symptomatiques : victimes présentant des blessures conventionnelles et/ou un ou des signes de détresse pouvant être liés à un toxique chimique.
- Décédées.

Puis ces victimes seront orientées vers différentes structures :

→ Asymptomatiques → Sas de contrôle de contamination

→ Symptomatiques → Point de Regroupement des Victimes (PRV)

→ Décédées → dans un premier temps, regroupées en une zone mortuaire puis placées sous la responsabilité des services de police dès que possible.

9.4.3. Rôle du médecin

Il peut aider au tri visuel et fixer des priorités d'évacuation vers le PRV. Il peut également essayer d'aider à l'identification du toxique en fonction des symptomatologies observées.

9.5. LE POINT DE REGROUPEMENT DES VICTIMES (PRV)

9.5.1. Objectifs

Il s'agit de regrouper les victimes symptomatiques afin de procéder à une décontamination d'urgence, à un triage des victimes avec catégorisation, à un contrôle de contamination et aux premiers gestes médicaux de sauvetage.

9.5.2. Personnels – tenue

Le PRV est placé sous la responsabilité de « l'officier PRV » en liaison avec le « médecin PRV » désigné par le Directeur des Secours Médicaux (DSM). Tous les personnels sont en TLD + ARF revêtus en ZDI. Ils sont issus des VSAV, des Ambulances de Réanimation (AR) et d'autres engins de soutien logistique santé (VAS).

9.5.3. Modalités

Les VSAV intervenant auront chargé au moment du départ de la caserne chacun un lot EVATOX avec 15 cagoules de fuite. Le reste du matériel de secours est celui des VSAV, des AR et du VAS.

Les personnels procèdent immédiatement à la décontamination d'urgence qui consiste en un déshabillage superficiel en enlevant la première couche de vêtements, à appliquer un gant poudreux sur parties découvertes du corps et à coiffer les victimes d'une cagoule de fuite.

Le médecin PRV procède à la catégorisation des victimes et leur affecte une fiche médicale de l'avant décontaminable. La prise en charge médicale peut alors être entamée. Nous en verrons juste après les modalités.

Puis les victimes subissent un contrôle de contamination par les équipages des CIC. Les victimes non contaminées seront orientées vers le PMA du Plan Rouge en zone de soutien via un sas de contrôle de contamination. Les victimes contaminées seront orientées vers les chaînes de décontamination.

9.5.4. Médicalisation du PRV chimique

La mission de la première équipe médicale, comme en situation de catastrophe, n'est pas la prise en charge individuelle des victimes mais l'organisation et le fonctionnement du PRV avec les moyens immédiatement disponibles ainsi que l'accueil des équipes médicales suivantes qui pourront alors commencer la médicalisation proprement dite.

9.5.4.1. La Fiche Médicale de l'Avant décontaminable

La fiche médicale de l'avant (FMA) décontaminable est constituée de plusieurs éléments :

- Une FMA proprement dite avec les renseignements habituels : identité de la victime, lieu de l'accident, observation médicale et traitement mis en œuvre.
- 3 bracelets : un rouge pour une victime contaminée, un 2^{ème} rouge pour le sac contenant ses effets personnels, un 3^{ème} vert pour une victime non contaminée. Chaque bracelet comporte le même numéro que la FMA permettant de retrouver l'identité de la victime.

9.5.4.2. Le secourisme de base

Le médecin fait réaliser au PRV des gestes de secourisme de sauvetage :

→ Arrêt des hémorragies éventuelles par le moyen le plus approprié (CHUT voire garrot). Ces gestes ont déjà pu avoir été mis en œuvre dès l'extraction.

→ Oxygénothérapie et mise en position demi-assise des victimes en détresse respiratoire. Celles-ci pourront être regroupées en étoile autour d'une bouteille d'oxygène sous le contrôle d'un secouriste.

→ Les inconscients seront mis en position latérale de sécurité (PLS).

→ Couverture de survie selon les conditions climatiques.

9.5.4.3. Prise en charge médicale au PRV

Rappelons encore que celle-ci ne se fera qu'en fonction des critères que nous avons précédemment énumérés. Il s'agit d'effectuer des gestes médicaux de sauvetage au profit de victimes dont le pronostic vital serait engagé dans l'attente de la mise en place des chaînes de décontamination. En outre, le médecin peut également à cette étape, participer à l'identification du toxique par l'observation des symptômes présentés par les intoxiqués.

9.5.4.3.1. Conditions générales de mise en œuvre des traitements

Le travail en tenue de protection dans une atmosphère contaminée nécessite un certain nombre de précautions et d'adaptations.

9.5.4.3.1.1. Décontamination

Afin de limiter les risques de transferts de contamination (entre victimes, entre matériel et victimes, entre tenue des intervenants et victimes) les personnels (médecin ou infirmier) devront être très vigilants dans leurs déplacements et contacts et décontaminer de manière systématique leurs gants entre chaque acte soit en utilisant des gants poudreux, soit par une solution décontaminante à base d'eau de Javel (1 berlingot de 250mL pour 3,25 litre d'eau ou 3 berlingots pour 10L) soit avec du Dakin®.

9.5.4.3.1.2. Préparations des drogues et matériels

Les gants butyle compliquent la manipulation des ampoules. De plus les risques de transfert de contamination sont accrus. Il est donc recommandé de préparer les injectables hors de la zone d'exclusion dans des seringues correctement étiquetées. Ce rôle sera dévolu à une équipe d'infirmiers et leur transport se fera rapidement à travers les sas de contrôle d'entrée en ZEX. Ceci nécessite un flux logistique suffisant et de bons moyens de communication entre le PRV chimique et l'arrière.

9.5.4.3.2. Traitement symptomatique

9.5.4.3.2.1. Pose d'une voie veineuse

Elle se fera selon les modalités que nous avons décrites au chapitre précédent. Il est important d'insister sur l'importance de la bonne fixation de la voie. Un sérum salé isotonique pourra y être branché avec une tubulure avec robinet 3 voies. Cette voie pourra servir à l'administration de drogues ou à du remplissage.

9.5.4.3.2.2. Prise en charge respiratoire

Initialement elle consiste en l'administration d'oxygène comme nous l'avons dit précédemment, en inhalation simple à fort débit (15 L.mn⁻¹).

En cas d'identification précoce d'agent suffocant, des aérosols de bronchodilatateurs de type β 2-mimétiques pourront être ajoutés. (Salbutamol 1 dosette de 5mg dans 5mL de sérum salé isotonique).

Dans les cas particulièrement graves l'intubation pourra être indiquée selon les modalités que nous avons précédemment évoquées. Elle posera, outre la plus grande difficulté de réalisation, le problème de l'approvisionnement en oxygène.

9.5.4.3.2.3. Sédation

Il faut prendre en compte les interactions possibles entre les drogues habituellement utilisées et l'intoxication en elle-même. En effet l'intoxication par les neurotoxiques organophosphorés en particulier modifie l'action des anesthésiques généraux classiquement utilisés. Quelques études sur l'animal ont été effectuées et la littérature rapporte essentiellement le fruit de réflexions théoriques sur d'éventuelles interactions.

9.5.4.3.2.3.1. *Anesthésie - analgésie*

Concernant les anesthésiques intraveineux, deux produits semblent particulièrement intéressants : la kétamine et le midazolam. Le midazolam comme toute benzodiazépine a un effet anxiolytique. Il prolonge l'action du GABA en inhibant son « recaptage » ce qui serait favorable dans l'intoxication organophosphorée [111].

Quelle place pour la kétamine ?

En effet la kétamine aurait des effets neuroprotecteurs qui pourraient être intéressants vis-à-vis des NOP. Ces propriétés ont été étudiées au CRSSA. La kétamine possède une structure chimique proche de celle de la phencyclidine (PCP) ou de la thiénylcyclohexylpipéridine (TCP), qui bloquent les récepteurs ionotropiques NMDA. Dorandeu [112] dans sa revue bibliographique a pu constater qu'un certain nombre d'études ont mis en évidence les propriétés antiépileptiques de la kétamine. Partant de ce constat, son équipe a essayé de voir les effets de la kétamine dans le cadre de l'intoxication par les neurotoxiques de guerre. En effet, les atteintes neurologiques à type d'état de mal constituent l'un des éléments expliquant la gravité de ces intoxications. Dans un contexte militaire, la possibilité d'un prétraitement par la pyridostigmine et la possession par chaque combattant de seringues auto-injectable contenant de l'atropine, du diazépam et de la pralidoxime permet d'en réduire les effets. Mais dans un contexte de terrorisme en milieu civil, les victimes ne seront naturellement pas prétraitées et ne disposeront d'aucune thérapeutique d'urgence. Il s'agit pourtant d'une course contre la montre. Après 10 à 40 minutes de crises induites par le soman, l'efficacité du diazépam comme celle de l'atropine diminue très vite. Par ailleurs, le phénomène de « vieillissement » des cholinestérases apparaît en quelques minutes pour le soman contre quelques heures pour le sarin et le tabun. La TCP, analogue de la phencyclidine, traverse fortement la barrière hémato-encéphalique et montre une très forte affinité et sélectivité pour le récepteur NMDA.

L'administration de TCP a été testée chez le cobaye intoxiqué par une forte dose de soman (2 DL₅₀) avec prémédication par pyridostigmine et atropine. L'administration de la

prophylaxie abolit la détresse respiratoire associée à une intoxication sévère par le soman sans entraver l'apparition de crises épileptiques qui surviennent en environ 10 minutes. On observe alors une réduction de la mortalité à 24 heures (45% vs 100% en l'absence de prétraitement) et des décès différés (plus de 120mn vs 15mn sans prétraitement). La TCP semble donc surtout avoir un intérêt en association avec les autres traitements classiques de l'intoxication par les NOP. Lorsqu'elle est administrée dans la première heure de l'état de mal, la TCP permet d'abolir les crises en 10 minutes lorsque l'injection est réalisée au bout de 20 minutes et en 18 minutes pour une injection après 60 minutes.

Place de la kétamine dans l'anesthésie du blessé dans un contexte d'agression chimique ?

Il faut considérer soit des victimes d'armes conventionnelles prétraitées par pyridostigmine, soit des victimes intoxiquées par NOP. Dans le premier cas, les effets bronchodilatateurs de la kétamine s'opposent aux effets du carbamate mais l'injection d'atropine dès l'induction est capitale afin de contrer l'hypersécrétion bronchique que les deux molécules peuvent induire avec un risque de potentialisation. Dans le deuxième cas, les effets hémodynamiques et bronchodilatateurs et l'action antiépileptique de la kétamine en font un produit de choix. Par ailleurs, la possibilité d'administrer la kétamine par voie intramusculaire peut faciliter son emploi chez une victime dont l'abord veineux serait rendu difficile par les mouvements convulsifs.

Place de la kétamine dans le traitement de l'état de mal induit par les NOP ?

Des travaux sont encore en cours au CRSSA mais il semblerait que des doses anesthésiques soient nécessaires et administrées de manière répétée dans un délai n'excédant pas 90 minutes après le début des crises.

Inconvénients liés à l'usage de la kétamine :

La kétamine peut présenter par contre quelques inconvénients. Elle peut entraîner une dépression respiratoire mais l'administration concomitante d'atropine devrait permettre de contrer cet effet. En utilisation clinique habituelle, la kétamine n'a pas d'effet neurotoxique mais on pourrait craindre que ceux-ci soient démasqués par l'intoxication aux NOP [113]. Toutefois l'atropine et dans une moindre mesure le diazépam sont capables de supprimer les symptômes psychodysléptiques et les effets neurotoxiques des antagonistes NMDA. L'augmentation de la pression intracrânienne contre-indique la kétamine en cas d'œdème cérébral et de lésions expansives intracrâniennes en situation d'hypercapnie. Toutefois, lors de la prise en charge précoce de l'intoxiqué par NOP en détresse respiratoire, cet effet semble

pouvoir être maîtrisé par l'association avec le midazolam ou le propofol sous réserve du contrôle de la capnie.

Synthèse :

En dépit de quelques inconvénients pouvant être le plus souvent contrés par les autres traitements de l'intoxication par les NOP, la kétamine semble présenter de nombreux avantages [114]. Il est essentiel d'envisager l'utilisation de la kétamine dès que possible sous contrôle médical, que ce soit dans les postes de secours des forces ou en préhospitalier, par exemple au niveau du PRV chimique d'où un intérêt supplémentaire pour la médicalisation de l'avant. Même si l'abord veineux peut rester aléatoire, la kétamine présente l'énorme avantage de pouvoir être utilisé par voie intramusculaire. Chez l'homme le pic plasmatique est atteint 1 minute après l'injection IV et 5 minutes après l'injection IM. Les résultats expérimentaux suggèrent la nécessité de l'administration à doses anesthésiques de manière répétée. Contrairement aux benzodiazépines, la kétamine préserve le tonus des muscles permettant la perméabilité des voies aériennes supérieures, ne provoque pas de dépression respiratoire postopératoire et l'administration d'atropine permet d'éviter celle observée expérimentalement en per-opératoire. La kétamine semble également avoir un bénéfice en association avec le midazolam et le propofol. Toutefois, des travaux supplémentaires restent nécessaires pour déterminer les conditions optimales d'emploi.

L'association kétamine + midazolam a été retenue dans un certain nombre de protocoles en particulier à la BSPP selon l'association suivante :

→ **Kétamine : 3 mg.kg⁻¹ IVD soit environ 1 ampoule de 250mg pour un adulte ou 8 mg.kg⁻¹ en IM soit environ 2 ampoules de 250mg chez l'adulte à renouveler si besoin.**

→ **Midazolam : 0,15 mg.kg⁻¹ IVD soit environ 2 ampoules de 5mg chez l'adulte à renouveler si besoin.**

Le midazolam peut être remplacé par du clonazépam (RIVOTRIL®) à la posologie de 0,015 à 0,05 mg.kg⁻¹ soit 1 à 3 ampoules de 1mg chez l'adulte.

9.5.4.3.2.3.2. Myorésolution

La myorésolution pose des problèmes encore plus cruciaux. En effet, le suxaméthonium (CELOCURINE®), curare dépolarisant dégradé par les cholinestérases peut lors d'une intoxication par les NOP être à l'origine d'une curarisation prolongée et de la décompensation du syndrome nicotinique [115-116]. Le dibésylate d'atracurium (TRACRIUM®), curare non dépolarisant d'action intermédiaire possède un métabolisme

indépendant des cholinestérases plasmatiques, se faisant essentiellement par la voie de Hoffmann, non enzymatique. Baraka obtient en toute sécurité une myorésolution à la dose de 0,5 mg.kg⁻¹ lors d'une anesthésie générale pour gastrectomie chez un homme âgé de 28 ans qui présentait une gastrite hémorragique au quinzième jour d'une ingestion de 100mL de parathion [117]. Dans cette même étude il met également en évidence l'augmentation de la durée de blocage neuromusculaire avec le suxaméthonium chez le même patient. Par contre le suxaméthonium se comporte habituellement en cas d'intoxication massive par des vapeurs d'ypérite au soufre [118].

Le prétraitement utilisé dans les armées en cas de risque d'attaque par des NOP est le bromure de pyridostigmine. Ce parasymphaticomimétique, inhibiteur des cholinestérases limiterait le syndrome nicotinique en occupant de manière réversible le site estérasique de la cholinestérase. Mais quelle serait l'activité des curares chez un blessé ayant bénéficié de ce traitement. On peut craindre une stimulation accrue des récepteurs muscariniques pouvant conduire à un laryngospasme ou à une bradycardie. Dans tous les cas il paraît important d'administrer des doses importantes d'atropine avant de commencer l'induction de l'anesthésie chez ce genre de patients [119].

9.5.4.3.3. Traitement étiologique

Le traitement étiologique ne peut s'envisager que si l'agent est identifié. Toutefois, l'observation des signes cliniques doit permettre le plus souvent d'avoir une orientation au moins sur la classe d'agent en cause permettant la mise en route d'un traitement approprié. L'identification sera alors affinée par les CIC des CMIC et confirmée par les laboratoires spécialisés. Il est donc indispensable que le DSM soit informé en temps réelle du déroulement de l'identification de l'agent car cette information conditionne la bonne adaptation des soins prodigués.

Tentons de reprendre ici par classe d'agents les traitements spécifiques et les éventuels antidotes. En effet, en toxicologie aiguë, il est d'usage de diviser les traitements en symptomatique, corrigeant les défaillances vitales ; évacuateur, diminuant l'absorption ; épurateur, augmentant l'élimination et antidotique. L'antidote est un médicament ou un dispositif médical dont l'action spécifique a pu être établie chez l'animal ou chez l'homme, capable soit de modifier la cinétique du toxique, soit d'en diminuer les effets au niveau de récepteurs ou de cibles spécifiques [120].

Ce chapitre a pour but de faire le point sur la prise en charge thérapeutique des différentes intoxications pouvant être rencontrées dans le cadre de notre travail. Certaines thérapeutiques pourront être débutées au PRV chimique, comme nous le verrons, puis continuées en zone froide au niveau du PMA du Plan Rouge, voire en secteur hospitalier. L'AFSSAPS a édité en juillet 2003 des fiches de recommandations sur la prise en charge des intoxications dues à des agents chimiques [121].

9.5.4.3.3.1. Intoxication par les neurotoxiques organophosphorés

Le traitement spécifique associe trois types de produits [122-123-124]:

→ Un anticholinergique : le **sulfate d'atropine** (ampoules de 1mg)

- Adulte : 2mg IVL à renouveler toutes les 5 à 10 minutes jusqu'au tarissement des sécrétions muqueuses et bronchiques. On peut également utiliser en entretien une perfusion de 0,02 à 0,08 mg.kg⁻¹.h⁻¹ pendant au moins 24 heures.
- Enfant : 0,015 à 0,05 mg.kg⁻¹ IVL à renouveler toutes les 5 à 10 minutes jusqu'au tarissement des sécrétions muqueuses et bronchiques puis en perfusion 0,05 mg.kg⁻¹.h⁻¹.

→ Une oxime réactivatrice des cholinestérases n'ayant pas encore subi le phénomène de « vieillissement » : le **méthylsulfate de pralidoxime (CONTRATHION® ampoules de 200mg)**

- Adulte : 400mg IVL ou en perfusion puis à renouveler après 30 minutes puis 200mg toutes les 4 à 6 heures.
- Enfant : 25 à 50 mg.kg⁻¹ en 15 minutes à renouveler au bout de 30 minutes puis 10 à 20 mg.kg⁻¹ toutes les 4 à 6 heures. L'AFSSAPS fait remarquer que les posologies chez l'enfant ont été déterminées dans des études cinétiques réalisées avec des insecticides organophosphorés en utilisant du chlorure de pralidoxime et incite donc à la prudence sur les doses proposées.

→ Un anticonvulsivant : le **midazolam (HYPNOVEL® ampoules de 5 et 10 mg)** ou le **clonazépan (RIVOTRIL® ampoules de 1 mg)**. Le **diazépan (VALIUM® ampoules de 10 mg)** a plutôt un effet préventif que curatif de la crise convulsive.

- Adulte :
 - Midazolam : 5 à 10 mg IVL puis 5 à 10 mg.h⁻¹.
 - Clonazépan : 1 à 3 mg IVL puis 0,1 à 0,5 mg.h⁻¹.
 - Diazépan : 0,1 à 0,2 mg.kg⁻¹ IVL ou 10 mg IM.

- Enfant :
 - Midazolam : 0,1 à 0,2 mg.kg⁻¹ IVL puis 0,1 à 0,2 mg.kg⁻¹.h⁻¹.
 - Clonazépam : 0,015 à 0,03 mg.kg⁻¹ IVL puis 0,005 à 0,01 mg.kg⁻¹.h⁻¹.
 - Diazépam : 0,1 à 0,2 mg.kg⁻¹ IVL ou 0,2 à 0,4 mg.kg⁻¹ en intrarectale.

A noter que le prétraitement par le diazépam risque d'entraîner une inefficacité du midazolam par interaction au niveau des récepteurs aux benzodiazépines. Le clonazépam présente comme avantages une action préventive et curative, une récupération rapide et excellente et l'absence d'effets secondaires [125].

Le traitement des formes mineures (un seul signe présent) peut ne faire appel qu'au diazépam, à titre préventif et en fonction de la clinique. Les formes modérées bénéficieront de l'injection de sulfate d'atropine et de diazépam tandis que les formes sévères seront traitées par l'association du sulfate d'atropine + méthylsulfate de pralidoxime + midazolam ou clonazépam.

A noter que dans le milieu militaire, chaque combattant dispose de 2 seringues auto-injectante (SAI) qu'il s'administre sur la face externe de la cuisse en cas de suspicion d'attaque aux NOP à l'apparition des premiers signes permettant de laisser le temps aux équipes santé de le prendre en charge. En cas de persistance des symptômes une deuxième injection peut être pratiquée 15 minutes plus tard. Initialement composée de 3 compartiments, la Pharmacie Centrale des Armées a conçu un dispositif bi-compartiment (AIBC® Auto-Injecteur Bi-Compartiment), un contenant les drogues sous forme lyophilisée, l'autre de l'eau pour préparations injectables. Un dossier d'AMM est actuellement en cours. Sa composition est la suivante :

- Avizafone (prodrogue du diazépam) : 20 mg (donnant 7,5 mg de diazépam)
- Sulfate d'atropine : 2 mg.
- Méthylsulfate de pralidoxime : 350 mg.

Il est intéressant de noter que l'utilisation de la prodrogue du diazépam, l'avizafone, permet non seulement de disposer d'un produit hydrosoluble et donc lyophilisable mais de plus il permet d'obtenir plus rapidement une concentration plasmatique élevée en benzodiazépine [126]. Lorsque l'AIBC® du SSA aura l'AMM, il est très vraisemblable qu'il sera en dotation dans tous les lots PIRATOX des services de secours français, permettant l'administration rapide d'antidotes en cas d'exposition à des NOP.

Des études dans le monde entier tentent de trouver des molécules permettant d'optimiser le traitement des intoxications organophosphorées mais pour l'instant les

protocoles classiques de prise en charge, validées depuis des années, restent toujours d'actualité [127].

9.5.4.3.3.2. Intoxication par les vésicants

9.5.4.3.3.2.1. *Les Ypérites*

Il n'existe pas d'antidote spécifique pour l'ypérite et le traitement est uniquement symptomatique. Aucun traitement immédiat n'est utile sauf pour les patients qui présentent des signes respiratoires précoces et qui devront bénéficier d'une réanimation respiratoire et de la pose d'une VVP si possible. Au niveau oculaire, un lavage prolongé des yeux avec du sérum physiologique doit être entrepris. La prise en charge ultérieure ressemble à celle d'un patient brûlé [128].

9.5.4.3.3.2.2. *La Lewisite*

Un antidote spécifique est disponible : le **dimercaptopropanol** ou **British Anti-Lewisite (B.A.L.®)**. Il est principalement utilisé comme chélateur dans les intoxications aux métaux lourds. 1 ampoule de 200 mg est injectée par voie IM puis répétée toutes les 4 heures pendant deux jours puis toutes les 6 heures le troisième jour puis 2 ampoules par jour pendant 6 jours [128].

9.5.4.3.3.3. Intoxication par les agents cyanés

En France le risque principal d'intoxication aux cyanures est représenté par l'inhalation des fumées d'incendies domestiques. De plus, le risque d'accident industriel ou de terrorisme chimique nécessite de savoir faire face à cette intoxication. La difficulté de la prise en charge résulte de la nécessité d'administrer en urgence un antidote efficace avant d'avoir un diagnostic de certitude [120].

L'intoxication par le cyanure peut conduire rapidement à un arrêt cardiaque. Pour les victimes qui auraient survécu et arriveraient au PRV chimique, la prise en charge suivante est proposée :

- Oxygénothérapie à fort débit et si possible intubation oro-trachéale et ventilation avec $FiO_2 = 100\%$.
- Diazépam ou clonazépam si convulsions.
- Antidote : de nombreux antidotes sont disponibles pour traiter une intoxication cyanhydrique avec des efficacités et des tolérances variables. En France, l'**hydroxocobalamine (CYANOKIT® 2 flacons soit 5g)** est utilisée en raison

de son excellente tolérance, rendant son utilisation possible sur le terrain [53-129-130]. Elle est en effet couramment utilisée pour les victimes d'incendie lorsqu'on retrouve l'un des critères suivants : présence de suies dans les voies aériennes supérieures, collapsus ou arrêt cardio-respiratoire, apnée ou bradypnée, lactacidémie $> 10 \text{ mmol.L}^{-1}$. Une dose de 5g sera administrée en perfusion IV en 15 à 30 minutes si nécessaire et si les conditions le permettent. Chez l'enfant on retient une posologie de 70 mg.kg^{-1} . En cas d'intoxication sévère, une deuxième dose peut être administrée.

9.5.4.3.3.4. *Intoxication par les suffocants*

La prise en charge est essentiellement respiratoire avec l'**oxygénothérapie à fort débit en position demi-assise** complétée par l'administration d'**aérosols de β 2-mimétiques** (5 mg de **salbutamol VENTOLINE®** dans 3 mL de sérum physiologique). L'administration de salbutamol par voie IV est également proposée en cas d'absence d'amélioration à la dose de $0,5 \text{ à } 4 \text{ mg.h}^{-1}$. Un bronchospasme sévère est la seule indication d'une corticothérapie par voie générale (700 à 1000 mg de méthylprednisolone par jour). Par contre des aérosols de corticostéroïdes ont été bénéfiques sur l'œdème pulmonaire chez le porc lors de l'intoxication par le chlore [131].

Dès que possible, **assistance ventilatoire avec pression expiratoire positive** de type CPAP de Boussignac® voire **intubation orotrachéale et ventilation en pression positive**. Cette prise en charge est très consommatrice en oxygène posant un problème logistique majeur.

Des traitements visant à augmenter la concentration en AMP cyclique intracellulaire ont été proposés soit en stimulant sa production (comme les β 2-adrénergiques [132]) soit au contraire en inhibant sa dégradation (comme les inhibiteurs de la phosphodiesterase tels l'aminophylline) [133].

9.5.5. Prise en charge des victimes présentant des blessures conventionnelles

En effet, la dispersion du toxique chimique a pu avoir eu lieu par l'intermédiaire d'une explosion ou une explosion peut avoir eu lieu de manière concomitante à la dispersion du toxique et engendrer des victimes présentant des blessures conventionnelles pouvant être polytraumatisées. La prise en charge doit permettre d'assurer leur survie immédiate tout en restant simple :

- Pansements compressifs ou garrots pour les hémorragies.
- Attelles jetables de préférence ou immobilisation sommaire pour les fractures.
- Collier cervical.
- Analgésie. On utilisera de préférence la kétamine qui est un bon analgésique et qui possède des avantages dont nous avons déjà parlé.
- Compensation des pertes sanguines avec du sérum salé isotonique, les sérums salés hypertoniques n'ayant pas été évalués dans ce contexte.

9.5.6. Cas particuliers

9.5.6.1. Enfants et nourrissons

Il faut systématiquement penser à adapter les posologies au poids estimé ou indiqué par les parents. Dans la mesure du possible, leur évacuation devra être la plus rapide possible avec un accompagnement familial. On dispose de peu de données dans le domaine pédiatrique. Une mise au point a été effectuée dans Pédiatrics® par Rotenberg et al. en ce qui concerne les neurotoxiques [134].

9.5.6.2. Blessés ou intoxiqués les plus légers

Ces victimes doivent faire l'objet initialement d'une prise en charge secouriste et médicale allégées. Le transfert rapide avec une cagoule de fuite si nécessaire vers la décontamination sera un gage de non aggravation et permettra de désengorger le PRV.

9.5.7. Synthèse

Les thérapeutiques pouvant être mises en route au PRV chimique sont :

- L'oxygénothérapie.
- Les aérosols de β 2-mimétiques.
- La pose d'un abord veineux.
- L'intubation oro-trachéale avec ventilation assistée après induction par kétamine + midazolam.
- L'administration de drogues et antidotes :
 - Atropine + oxime + benzodiazépine pour les NOP

○ Hydroxocobalamine pour les agents cyanés

Cette médicalisation doit se limiter aux thérapeutiques pouvant apporter une augmentation des chances de survie des victimes et ne doivent pas retarder le passage aux chaînes de décontamination pour une prise en charge médicale ultérieure plus complète au niveau du PMA du Plan Rouge puis en secteur hospitalier.

Le médecin PRV fixe alors les priorités d'évacuation vers les sas de contrôle de contamination et les chaînes de décontamination.

L'annexe 6 donne un exemple de dotation médicale pour le PRV chimique pour prendre en charge 10 victimes.

9.6. LE SAS DE CONTROLE DE CONTAMINATION ET LA DECONTAMINATION

Ce secteur fonctionnel est situé en zone contrôlée.

9.6.1. Transfert des victimes du PRV chimique vers les sas et les chaînes de décontamination

Le principe même du zonage en ambiance chimique impose des distances pouvant être importantes entre le PRV et les chaînes de décontamination (CHDE) ou les sas de sortie après contrôle de contamination. Ce transfert doit être organisé et assuré par des personnels en tenue de protection selon les modalités suivantes :

9.6.1.1. Patients valides

Un sauveteur peut accompagner plusieurs victimes. Leur transfert doit être le plus précoce possible afin de désengorger le PRV et éviter leur aggravation, toujours possible au contact du toxique. Il est préférable ensuite de dédier une CHDE à ces victimes car son débit pourra être plus rapide.

9.6.1.2. Patients non valides

Plusieurs solutions sont envisageables :

- Brancardage à bras → 4 sauveteurs pour 1 victime.
- Utilisation d'un porte-brancard à roues → 2 voire 1 sauveteur pour 1 victime.

- Utilisation de véhicules sanitaires dédiés aux transferts. Pour cela, les véhicules doivent être aménagés avec un revêtement intérieur permettant leur décontamination ultérieure.

Quelle que soit la solution retenue, les personnels de secours devront être en tenue de protection complète. Par ailleurs, les transferts étant néanmoins de courte durée, seuls les patients particulièrement instables seraient placés sous surveillance médicale.

9.6.1.3. Orientation des victimes

Un contrôle de contamination est réalisé à la sortie du PRV chimique au moyen d'un AP2C :

→ Si le contrôle est positif, elles sont conduites au poste d'accueil des CHDE.

→ Si le contrôle est négatif, elles sont conduites aux sas de contrôle de contamination où la négativité est à nouveau contrôlée avant de les autoriser à entrer en zone de soutien pour être pris en charge au niveau du PMA du Plan Rouge.

9.6.1.4. Les sas de contrôle de contamination

C'est le point de passage obligé pour toute personne qui entre ou qui sort de la zone d'exclusion. Ces sas sont mis en œuvre par les CIC. C'est par là également que transiteront les matériels et drogues préparées à l'arrière pour le PRV chimique.

9.7. LA DECONTAMINATION

La décontamination est une phase cruciale de la prise en charge et elle doit faire appel à des protocoles bien précis afin de limiter au plus les risques de transfert de contamination et d'assurer la sécurité des personnes en zone de soutien en garantissant une décontamination totale des personnes sortant des chaînes.

La décontamination chimique vise à déplacer ou neutraliser les agents chimiques répandus par contamination directe ou transfert de contamination. Elle a 3 objectifs principaux : soustraire la victime au toxique en diminuant le temps de contact et la gravité de l'intoxication ; protéger les sauveteurs d'un transfert de contamination et enfin procurer un réconfort psychologique aux victimes.

Elle doit être immédiate et débiter avant la connaissance du toxique puis être éventuellement secondairement adaptée à la nature du toxique identifié.

9.7.1. Quand ?

Classiquement la décontamination a lieu avant toute prise en charge médicale. Toutefois, comme nous avons tenté de le démontrer, ce dogme paraît difficilement applicable, en particulier en cas de terrorisme chimique au milieu d'une population civile d'autant plus que des gestes simples de secourisme et de sauvetage médical peuvent être réalisés par des personnels entraînés en tenue de protection. Nous avons vu que dans ce cas, une décontamination sommaire est entreprise pour la réalisation de ces gestes de sauvetage.

La décontamination peut se faire en trois temps :

- Dès l'arrivée au PRV chimique, on retire la couche de vêtements la plus superficielle et on applique le gant poudreux sur les parties découvertes du corps avant de remettre aux victimes une cagoule de fuite.
- Avant la pose d'une VVP ou une intubation, une décontamination sommaire à l'aide du gant poudreux et de Dakin® est réalisée.
- Enfin la décontamination finale est réalisée au niveau des chaînes de décontamination selon les modalités que nous allons voir.

9.7.2. Où ?

Sur les lieux du sinistre, les CHDE s'installent en zone contrôlée et représentent donc l'interface entre la zone d'exclusion et la zone de soutien où la prise en charge se poursuivra au niveau du PMA. Toutefois, en cas d'attentat impliquant des substances chimiques, il paraît inévitable, et l'expérience de TOKYO nous l'a bien montré, qu'un certain nombre de victimes quittent le lieu du sinistre par leurs propres moyens et se dirigent spontanément vers les structures hospitalières les plus proches provoquant un risque de transfert de contamination majeur. Ainsi, dès la connaissance de la nature chimique de l'évènement, il est impératif de prévenir en urgence toutes les structures de soins afin qu'elles ferment leurs accès. Les hôpitaux dits « référents » installeront ou mettront en service leurs structures de décontamination à l'entrée de l'hôpital. Les établissements ne disposant pas de ce type de structure orienteront les victimes vers les hôpitaux référents. Cependant il est souhaitable que ces victimes soient conduites de manière organisée vers ces structures afin qu'elles ne contaminent pas à leur tour d'autres personnes lors de leur circulation mais cela paraît difficilement organisable. Il est également indispensable que les médias et tous les moyens de

diffusion possible donnent des informations précises pour orienter les victimes vers les hôpitaux référents.

9.7.3. Qui ?

En l'absence d'identification certaine du toxique, toute personne ayant été dans la zone d'exclusion doit être décontaminée. En effet, la notion de toxique persistant ou non persistant ne peut ici être prise en compte. Seules les personnes déclarées non contaminées à la suite des contrôles au niveau du PRV chimique et des sas de contrôle de contamination pourront rejoindre la zone de soutien sans avoir été décontaminées.

9.7.4. Comment ?

Il s'agit essentiellement d'une décontamination par déplacement comportant un déshabillage et une phase de décontamination proprement dite qui peut classiquement se réaliser de manière « sèche » ou « humide » [135].

9.7.4.1. Déshabillage

Il est prioritaire et fondamental car il pourrait retirer 70 à 80% de la contamination [136]. Par ailleurs il possède l'énorme avantage de pouvoir être réalisé partout et sans aucun moyen spécifique si ce n'est une paire de ciseaux. Toutes les victimes doivent donc être déshabillées au minimum jusqu'aux sous-vêtements. Il doit se faire dans le sens tête → pieds pour les victimes valides afin d'éviter une contamination du visage.

Les victimes valides peuvent être aidées afin de ne pas aggraver leur contamination. Les protocoles de déshabillage classiques écrits pour la prise en charge des combattants, tous habillés pareil avec une tenue de protection, doivent évoluer pour s'adapter à une population civile aux vêtements hétérogènes.

Pour les victimes non valides, un découpage des vêtements aux ciseaux est entrepris. Les ciseaux sont régulièrement trempés dans une solution polyvalente de décontamination afin d'éviter tout transfert de contamination.

Dans tous les cas, les effets personnels des victimes seront recueillis dans des sacs avec un bracelet d'identification numéroté identique à celui qu'ils portent, remis au PRV.

9.7.4.2. Décontamination sèche par adsorption

Le principe est de transférer le toxique sur un support (adsorption) pouvant être de la terre de foulon du gant poudreux français ou britannique, du polyéthylène hydrophobe du gant belge, de la résine échangeuse d'ions du lot M 291 de l'armée américaine [137]... Puis l'essuyage permet d'éliminer le toxique.

La manœuvre est rapide et facile à réaliser. Cette technique est particulièrement adaptée pour la décontamination d'urgence réalisée sur les zones découvertes ou avant la réalisation des gestes médicaux de sauvetage au PRV. De plus, le faible coût de ces dispositifs permet d'en doter un grand nombre d'unités en quantité suffisante.

9.7.4.3. Décontamination humide

C'est la méthode la plus connue. Une douche classique agit par simple déplacement du toxique et permet son élimination. Des additifs peuvent être utilisés permettant de compléter l'effet de l'eau voire de neutraliser le toxique lorsqu'il est connu.

9.7.4.3.1. A l'eau seule – Décontamination de masse

Des protocoles visant à décontaminer un maximum de personnes sans structure dédiée ont été étudiés. Ces derniers utilisent l'eau seule comme décontaminant en usant de son pouvoir diluant. Ces techniques ont l'avantage de pouvoir être mises en œuvre facilement et d'avoir un débit important. On parle de décontamination de masse. Elle doit toutefois se faire selon certains critères :

- A grand volume d'eau pour accroître l'effet de déplacement et avoir un effet diluant plus important qui de plus diminue la toxicité des effluents.
- A faible pression afin de ne pas léser la peau et de ne pas accroître la pénétration cutanée des toxiques.
- Pendant un temps suffisant à savoir environ 10 à 15 minutes. Toutefois en cas de décontamination de masse au profit de victimes ayant une probabilité de contamination faible, les délais peuvent être réduits mais ne seront jamais inférieurs à 3 minutes.

L'avantage de cette méthode est de pouvoir utiliser des structures non spécifiques, disponibles immédiatement. En effet, on peut utiliser les engins incendie présents ou bien des installations fixes comme des douches collectives.

9.7.4.3.1.1. Utilisation des engins incendie

Aupée [138] dans sa Thèse avec le SDIS 69 a décrit un protocole de décontamination de masse faisant appel aux engins incendie. Cette procédure vise à mettre en place 4 fourgons pompe tonne (FPT), deux l'un à la suite de l'autre de part et d'autre d'un espace de 5 mètres. Chaque FPT installe une échelle à coulisse armée d'une lance (jet vertical) et 1 lance (jet horizontal) fixée sur l'échelle d'accès au plateau du FPT. Les lances doivent être en jet diffusé à pression réduite (2 bars en sortie de lance). Une bâche en PVC est installée au sol depuis la zone de déshabillage jusqu'à la zone de séchage. L'écoulement des eaux sera orienté vers le réseau d'assainissement. Il convient de surveiller que chaque victime passe bien une minute sous les arrosages. Elles sont déshabillées avant la décontamination puis rhabillées avec des pyjamas d'hôpital en fin de décontamination. Un débit théorique de 500 personnes à l'heure est annoncé avec 25 personnes en simultané.

Cette procédure qui a l'avantage d'être rapide à mettre en œuvre et de permettre un débit important appelle toutefois à discussion. D'une part la durée de passage d'une minute paraît un peu courte pour assurer un déplacement suffisant. D'autre part cette technique est dépendante des conditions climatiques car elle paraît difficile à mettre en œuvre en plein hiver avec l'eau froide des FPT qui risquerait de conduire à des hypothermies. Cela dit, même par des températures plus chaudes, laisser une personne, déjà traumatisée par ce qu'elle vient de subir, pendant plusieurs minutes sous de l'eau froide ne serait peut être pas très bien toléré.

Cette technique est néanmoins intéressante pour de la décontamination de masse de personnes asymptomatiques ayant probablement une charge contaminante extrêmement faible si les conditions climatiques le permettent. A noter qu'outre Atlantique cette solution commence à faire de plus en plus d'adeptes.

9.7.4.3.1.2. Utilisation d'installations fixes

Le BPPM [139] a envisagé, pour les personnes les plus faiblement contaminées, de les orienter vers des douches collectives. Ainsi, les piscines municipales et autres établissements comportant des douches collectives ont été recensés et évalués afin de pouvoir y acheminer dans des bus dédiés ces victimes. Par ailleurs, les piscines, elles-mêmes, pourraient être utilisées pour laver les personnes autonomes qui ne présentent pas de signe

d'intoxication. En effet, l'important volume d'eau (500 m³ environ pour une piscine de 25 mètres de long) par rapport à la faible concentration de toxique aurait un pouvoir de dilution suffisant.

Cette procédure a également l'avantage de pouvoir désengorger les chaînes de décontamination classiques en effectuant une décontamination de masse des personnes les moins contaminées dans de bonnes conditions. Le BMPM préfère parler de « lavage à distance » pour éviter toute confusion car il ne s'agit pas effectivement à proprement parler d'une décontamination.

9.7.4.3.2. Lavage à l'eau avec l'adjonction de détergent

L'adjonction d'un détergent, savon liquide notamment, et l'utilisation d'éponges ou compresses améliore l'élimination du toxique en facilitant le transfert des agents liposolubles. Par ailleurs les cheveux sont une zone qui capte particulièrement les toxiques et nécessite l'emploi d'un shampoing ou d'un savon afin de renforcer l'élimination du toxique. Tout ceci nécessite par contre de grandes quantités de savon et prolonge d'autant la durée de la décontamination.

9.7.4.3.3. Solutions de décontamination

Les solutions d'hypochlorite sont efficaces sur les neurotoxiques G, moins sur le VX et peu efficace sur les agents plus liposolubles comme l'ypérite. Pour cette dernière, une solution à base de permanganate de potassium à 2 g.L⁻¹ avait été proposée puis abandonnée en raison de son efficacité insuffisante.

La **solution polyvalente de décontamination** préconisée par le SSA est à **2,5 degrés chlorométriques soit 8 g.L⁻¹ de chlore actif** [140]. Les berlingots du commerce comportent 250 mL d'eau de Javel à 9,6% de chlore actif ; il faut donc diluer 1 berlingot dans un volume total de 3 litres d'eau. Les bouteilles d'eau de Javel sont par contre à 2,6% donc 1 litre d'eau de Javel doit être dilué dans un volume final de 3250 mL.

Plusieurs remarques d'emploi sont importantes :

→ Plus le temps entre l'exposition au toxique et la décontamination augmente, plus les solutions de décontamination perdent de leur efficacité. On admet qu'après 30 à 60 minutes, l'efficacité est très faible or c'est le délai de mise en place des structures de décontamination.

→ La stabilité de ces solutions impose qu'elles soient fabriquées lors de l'emploi. En effet, la lumière et la chaleur, principalement, accélèrent la dégradation des solutions

d'hypochlorite. Paradoxalement, les solutions diluées se dégradent plus lentement que leurs extraits. De ce fait il faut commencer la reconstitution dès le montage des CHDE.

→ Des composés solides qui fourniront des ions hypochlorites par solubilisation sont disponibles. Il s'agit principalement d'hypochlorite de calcium et de comprimés de Javel composés de dichloroisocyanurate de sodium (DCCNa). Le BMPM dans ses Unités Mobiles Médicales de décontamination (UMMD) a fait le choix de l'hypochlorite de sodium (HTH – High Titer Hypochlorite) pour la décontamination fine. Disponible en granulés, il faut 10 minutes pour leur solubilisation (250g dans 20L). A noter que le DCCNa, largement répandu dans le commerce n'est pas efficace sur les toxiques de guerre [141]. En effet le DCCNa conduit à des solutions aqueuses légèrement acides ou neutres (pH 6,1 à 7) rendant la détoxification des agents G trop lente pour être efficace. Par ailleurs pour être efficace sur le VX il faudrait une solution à pH 0,3 ce qui n'est pas acceptable.

→ Mettre au point des dispositifs, incorporant des molécules capables de dégrader les différents agents chimiques et/ou efficaces dans des délais plus longs après une exposition cutanée à un toxique est l'un des objectifs prioritaires du SSA dans le domaine NRBC [142].

En conséquence, les solutions de décontamination peuvent être employées pour la décontamination fine (plaies, par exemple) mais ne semble pas apporter de bénéfice pour la décontamination globale. L'utilisation d'HTH conditionné en pots de 250 grammes pour la reconstitution de 20 litres de solution paraît intéressante.

9.7.5. Les chaînes de décontamination

9.7.5.1. Les structures mobiles

Les structures mobiles doivent posséder un certain nombre de caractéristiques :

- Volume et poids le plus réduit possible pour un transport rapide et aisé vers les lieux du sinistre.
- Facilité et rapidité de mise en œuvre (structures gonflables ou à armatures).
- Facilement décontaminables ensuite.
- Chaîne pour valides et non valides.
- Modularité entre elles.

La société UTILIS équipe la plupart des services de secours français ainsi que le SSA permettant une grande interopérabilité. Etant la plus répandue, nous en décrivons brièvement les caractéristiques d'après les données du fabricant [143].

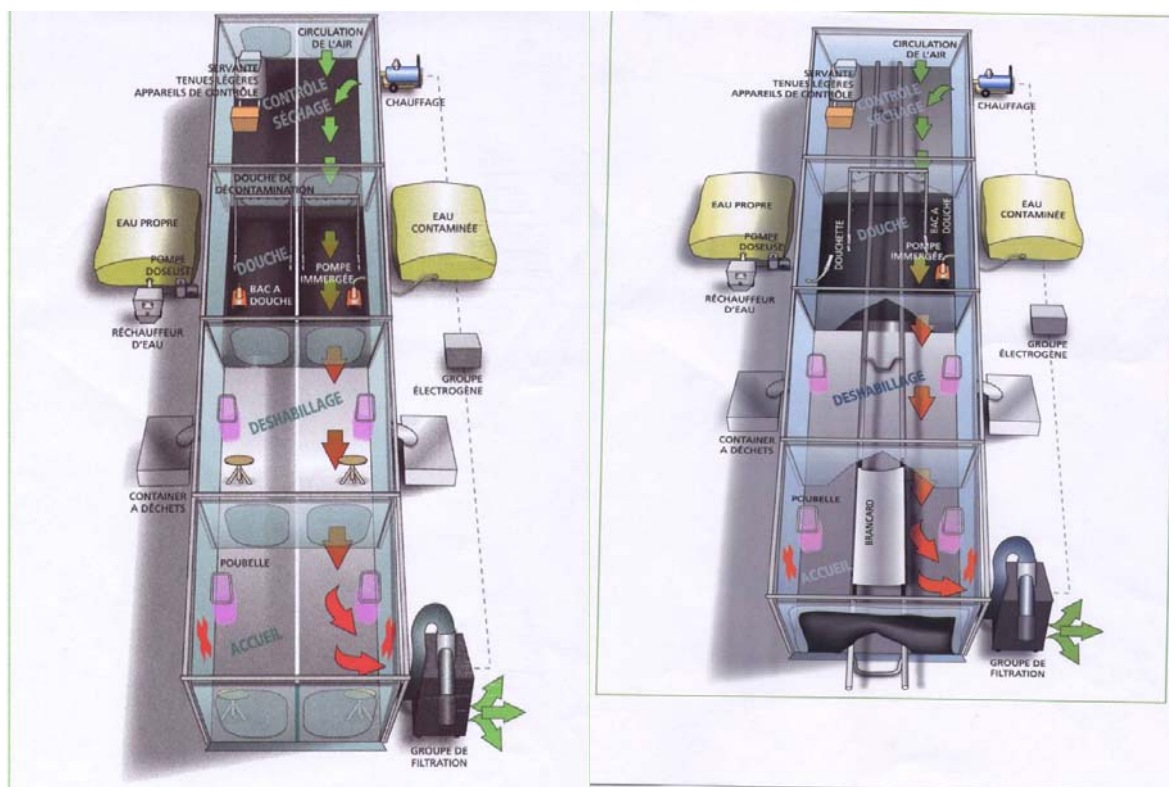
Elle est composée de 2 tentes à montage rapide accouplées (15 minutes à 3 personnes pour monter l'unité de décontamination). Le plus souvent l'unité est composée d'une chaîne pour les victimes valides et d'une chaîne pour les non valides. Chaque ligne de décontamination est divisée en 4 cellules compartimentées de 3m x 3m. Des panneaux avec dessins et textes en 3 langues sont disposés dans chaque compartiment pour aider à la compréhension, par les victimes, du déroulement des opérations. Le principe fondamental est la « marche en avant » à savoir que la circulation au sein de la chaîne se fait toujours dans le même sens et qu'il est interdit de revenir en arrière sous peine de contamination.

1. Compartiment d'accueil : arrivée des victimes, enregistrement... Rappelons que la victime est porteuse depuis le PRV d'un bracelet d'identification numéroté, d'une FMA décontaminable et que ses effets personnels seront mis dans un sac avec un bracelet comportant le même numéro d'identification.
2. Compartiment déshabillage : les vêtements et les effets personnels mis dans les sacs identifiés sont évacués de la tente par des ouvertures sur les côtés et recueillis dans des bacs.
3. Compartiment douche : les douches sont fixées à la structure de la tente. Les effluents sont évacués par une pompe immergée auto-amorçante et recueillis dans des réservoirs souples. Le sol est en caillebotis souple pour éviter que les victimes ne marchent dans de l'eau souillée
4. Compartiment séchage – contrôle – rhabillage : les victimes sont rhabillées avec des tenues d'hôpital. Le contrôle ultime est indispensable pour autoriser leur passage vers le PMA du Plan Rouge.

La chaîne « invalides » possède juste en plus un double rail permettant à un brancard de circuler entre les différents postes où des personnels réaliseront la décontamination.

Les schémas suivants permettent d'illustrer la composition de cette unité de décontamination. Les modèles des autres fabricants sont identiques sur le principe de fonctionnement.

Figure 28 - Chaînes de décontamination pour victimes valides et invalides sous tente (UTILIS SA®)



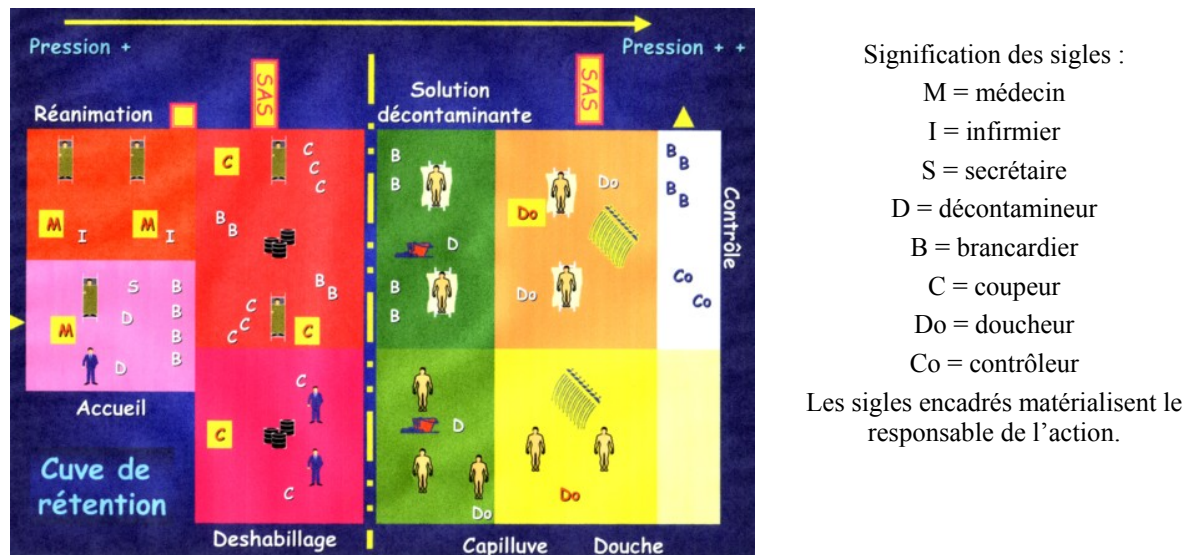
9.7.5.2. Les structures en dur : l'exemple du Centre d'Accueil des Contaminés Chimiques de l'HIA PERCY

Cette structure, initialement conçue comme Centre de Traitement des Blessés Radio-Contaminés (CTBRC) en raison d'un plateau technique propre à l'îlot PERCY (Service de Protection Radiologique des Armées; Centre de Traitement des Brûlés; Service d'hématologie ayant pour vocation la prise en charge des irradiés) a évolué sur demande de la DCSSA suite à la circulaire 700 pour pouvoir remplir les missions d'un Centre d'Accueil des Contaminés Chimiques (CA2C) [144]. Situé à l'entrée de l'hôpital, il fait fonction de sas pour décontaminer les victimes avant leur prise en charge dans l'hôpital. Il fonctionne également en double ligne (valides / invalides) et annonce un débit théorique de 15 à 25 victimes par heure. La marche en avant est également de mise et on retrouve dans le CA2C les mêmes étapes que dans les chaînes mobiles.

A noter que ces structures sont consommatrices en personnels (une quarantaine). Ils doivent être tous en tenue de protection (TLD + ANP) et identifiés afin de reconnaître visuellement la fonction de chacun. Enfin ils doivent être relevés fréquemment (toutes les 1 à 2 heures) en raison de la pénibilité du travail en tenue de protection sur lequel nous avons déjà eu l'occasion de nous étendre.

Les sols, murs et plafonds doivent être facilement lavables à grande eau. Les locaux sont ventilés de manière à créer un flux d'air de la sortie (zone a moins contaminée) vers l'entrée (zone la plus contaminée), l'air sortant devant être filtré. Les effluents doivent être également récupérés. Enfin, des sas doivent permettre l'entrée ou la sortie des personnels sans gêner le fonctionnement du centre.

Figure 29 - Schéma d'organisation du CA2C de l'HIA PERCY (d'après ppt. MC FUILLA)



9.7.6. Présence et action médicales à la décontamination

Une équipe médicale est présente à l'entrée de la chaîne. Elle s'assure à l'arrivée des victimes qu'elles peuvent entrer dans le processus de décontamination. Cette équipe est également nécessaire pour faire face aux risques liés aux transferts de contamination et pour éventuellement assurer un complément ou un suivi des thérapeutiques initiées au PRV. Elle ne doit en aucun cas ralentir le débit de la chaîne. En cas d'incident médical pendant la décontamination, il convient de sortir la victime au plus vite pour la confier au PMA. Quand la mission médicale au PRV sera terminée, les équipes médicales, si elles sont encore en état de fonctionner, pourront passer au niveau des chaînes de décontamination pour assurer le suivi les patients qu'elles auront prises en charge au PRV.

9.8. LA GESTION DES RESIDANTS

9.8.1. L'alerte aux populations

Dès la confirmation de la nature chimique du sinistre, l'alerte de la population résidant dans la zone d'exclusion doit être envisagée. Elle se fait en liaison avec les forces de l'ordre

par les intervenants au moyen d'éléments mobiles de diffusion de l'alerte et par la mise en œuvre, via le Centre Opérationnel Zonal, du Réseau National d'Alerte et de ses sirènes. Par ailleurs, des informations seront diffusées par les médias télévisés et radiophoniques.

Cette alerte a deux objectifs : prévenir les résidants du sinistre et leur donner les consignes à suivre. Toutefois on peut penser qu'en cas d'évènement réel, l'impact psychologique étant particulièrement important dès qu'on parle de NRBC, on assisterait à des comportements aberrants de panique, rendant la gestion des résidants particulièrement difficile. De plus il est probable que le sentiment de panique s'étende largement au-delà de la zone concernée par le sinistre et que les hôpitaux voient affluer des personnes pensant avoir été contaminées sans même avoir été physiquement dans la zone concernée.

9.8.2. La prise en charge des résidants

Est considéré comme résidant toute personne se trouvant au moment des faits en zone d'exclusion. On distinguera toutefois :

- Ceux qui sont à leur domicile ou dans un lieu clos, donc non directement concernés par l'évènement et qui n'en sont pas sortis. Ces derniers sont confinés dans un premier temps puis ils feront l'objet d'un contrôle de contamination au niveau des sas. Si besoin, ils pourront être coiffés d'une cagoule de fuite pour quitter le lieu de confinement. En cas de détection positive, ils seront conduits vers l'accueil des CHDE.
- Ceux qui sont à l'air libre. Ils seront conduits vers une zone de tri visuel puis ils suivront le cheminement précédemment décrit.

9.9. LA PRISE EN CHARGE AU NIVEAU DU PMA

Une fois sorties des CHDE, les victimes sont prises en charge de manière classique au niveau du PMA du Plan Rouge. Les équipes médicales procéderont à une nouvelle catégorisation car les victimes peuvent avoir évolué depuis leur prise en charge au PRV. Les thérapeutiques initiées au PRV seront poursuivies voire complétées ou adaptées en fonction des données relatives à l'identification du toxique. Puis le médecin responsable des évacuations régulera de manière classique en relation avec le régulateur du SAMU, les évacuations vers les structures hospitalières en fonction des places disponibles et des besoins des victimes avec constitution d'une grande noria avec des vecteurs médicalisés ou non.

9.10. LA PRISE EN CHARGE HOSPITALIERE

Nous avons décidé dans ce travail de mettre en avant la phase préhospitalière de prise en charge des victimes et nous ne dirons qu'un mot de la prise en charge hospitalière. Signalons que plusieurs cas de figure peuvent se rencontrer :

→ Afflux de victimes se présentant spontanément à l'hôpital exposant au risque de transfert de contamination. Dans ce cas, deux orientations sont possibles : soit l'hôpital dispose de structures de décontamination qu'il met en œuvre pour prendre en charge ensuite les victimes ; soit l'hôpital n'est pas équipé pour décontaminer et il doit alors fermer ses portes et orienter les victimes vers les hôpitaux référents de la circulaire 700, sous peine de contaminer les personnels de soins et les malades déjà présents dans l'hôpital.

→ Accueil de victimes provenant du sinistre après prise en charge et annoncées par la régulation, situation la plus favorable car maîtrisée.

L'hôpital dans la première situation peut être le premier à déclencher l'alerte. En effet, en cas d'attaque insidieuse, des victimes pourront commencer à se présenter spontanément dans les services d'urgences. Il est important que les personnels soient sensibilisés aux risques NRBC afin de pouvoir détecter des signes d'intoxication chimique collective et de déclencher les mesures appropriées. Un des enseignements majeurs de TOKYO est la lenteur de la découverte du caractère chimique de l'attentat et de la diffusion de cette information aux structures de soins.

Si la prise de conscience du risque a été à l'origine de profondes réflexions et restructurations dans les services de secours pour donner une réponse préhospitalière organisée et opérationnelle, les hôpitaux n'en sont le plus souvent qu'à un niveau de réflexion sur la gestion hospitalière qu'il conviendrait de renforcer notamment dans ses aspects organisationnels [145].

9.11. SYNTHESE SUR LA STRATEGIE DE PRISE EN CHARGE DE VICTIMES SUITE A UN EVENEMENT A CARACTERE CHIMIQUE

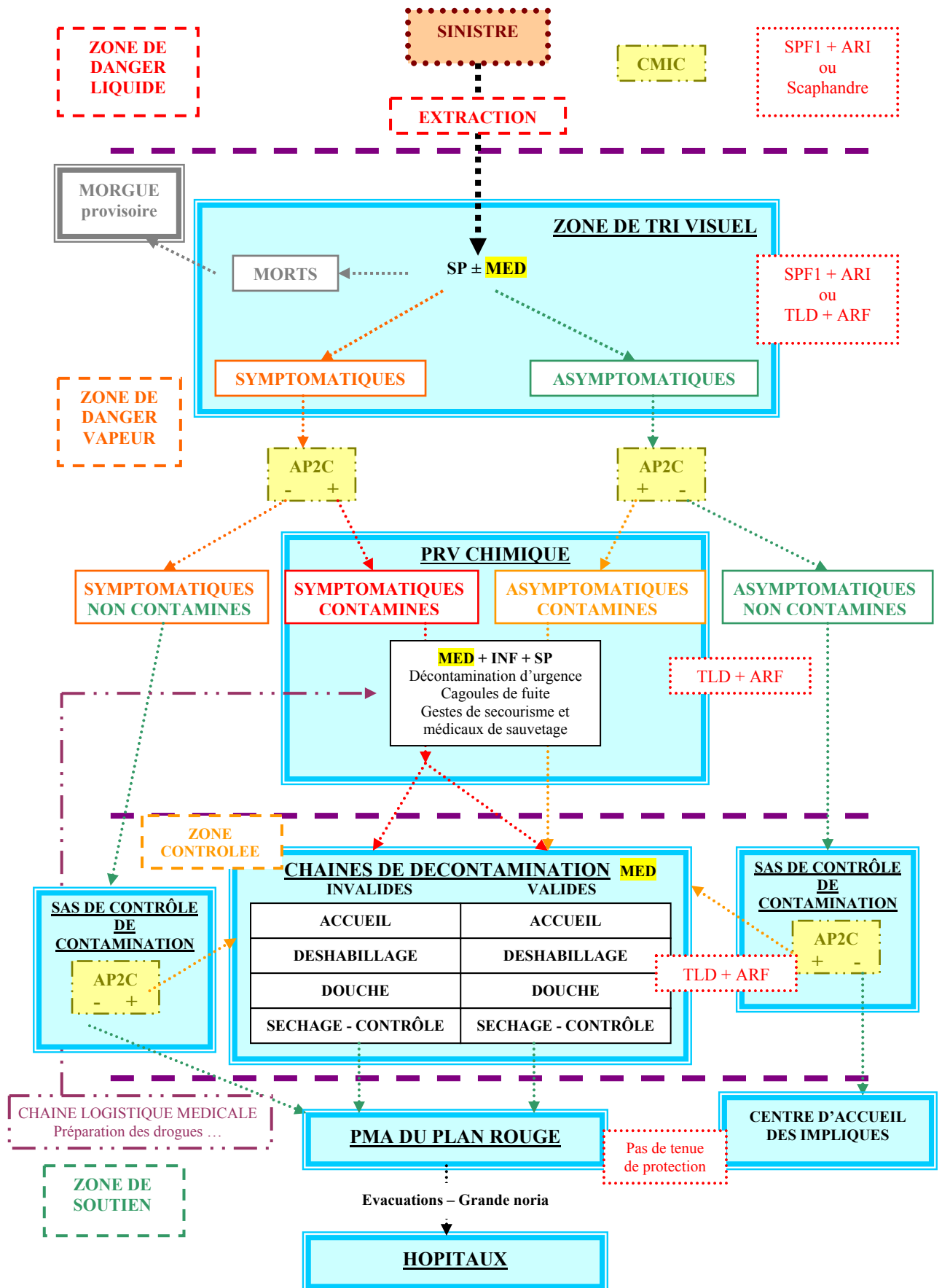
Le schéma suivant tente de synthétiser la stratégie de prise en charge des victimes suite à un évènement chimique que nous venons de détailler. Le sigle **MED** indique les lieux

où pourra être réalisée la médicalisation de l'avant. Le schéma indique le parcours des victimes en fonction de leur statut ainsi que le zonage des lieux et les tenues adaptées.

Autres abréviations :

- *SP = Sapeur Pompier*
- *SPF1 = Tenue de Feu des Sapeurs Pompiers*
- *INF = Infirmier*

Figure 30 - Schéma de synthèse - Stratégie de PEC des victimes en ambiance chimique



CONCLUSIONS

Le risque et la menace chimiques sont bien présents de nos jours, aussi bien par les risques technologiques que par la menace terroriste. Les professionnels des services de secours doivent se préparer à y faire face. L'étude toxicologique nous a permis de montrer l'extrême variété des substances pouvant être rencontrées, leurs antidotes éventuels et les principes de prise en charge thérapeutique.

Il existe un cadre légal très précis concernant les installations industrielles et le transport de matières dangereuses. Pour répondre aux menaces terroristes, le gouvernement a complété l'arsenal juridique par des dispositions spécifiques avec en particulier la « circulaire 700 » et le plan « PIRATOX ».

Le dogme de la décontamination préalable à toute action médicale est-il encore licite ? En effet, dans certaines circonstances, il est possible de faire évoluer ce concept de prise en charge afin d'augmenter les chances de survie des victimes en ambiance chimique. Il paraît difficilement acceptable que les victimes ne puissent bénéficier au plus tôt des thérapeutiques adaptées lorsque celles-ci sont leur seule chance de survie et que l'attente de la décontamination leur serait fatale.

Si le ratio victimes / potentiel médical est raisonnable, une médicalisation de l'avant peut s'envisager. Le médecin, situé au point de regroupement des victimes, en observant la symptomatologie des victimes pourra aider à la détermination du toxique. Il effectuera un pré-tri permettant de fixer des priorités de prise en charge. Enfin, il pourra mettre en œuvre des mesures simples de réanimation de sauvetage avec la pose d'une voie veineuse périphérique permettant l'injection de drogues et une réanimation respiratoire avec intubation orotrachéale après une décontamination sommaire. Ces concepts ont été inclus dans les plans de prise en charge de victimes en ambiance chimique en particulier à la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS, avec laquelle nous avons effectué ce travail, et sont régulièrement testés et améliorés au cours d'exercices de mise en situation. Toutefois, ces gestes nécessitent une formation spécifique et un entraînement régulier afin de conserver et d'améliorer l'habileté technique en tenue de protection.

La population comme les militaires sont en droit d'attendre de leurs services de secours des soins performants permettant la meilleure espérance de survie. En ambiance chimique, cette attente passe par la médicalisation de l'avant. De nombreuses pistes de recherche sont encore à explorer sur les thérapeutiques, les matériels, les protocoles afin de pouvoir apporter une réponse toujours plus efficace à ce type de menace.

Vu, le Directeur de Thèse



Le Médecin en Chef Michel RÜTTIMANN

Professeur Agrégé du Val de Grâce
Coordinateur de la Fédération
d'Anesthésie-Réanimation-Urgences
Hôpital d'Instruction des Armées Legouest
BP 10
57998 METZ ARMEES

Vu, le Président de Thèse

Vu et permis d'imprimer,

Paris, le

ANNEXES

Annexe 1 - Etats ayant ratifié la CIAC

Au 31 décembre 2004 ⁷

- | | | |
|---|------------------------------------|--|
| 1. Afghanistan | 56. Ghana | 110. Ouzbékistan |
| 2. Afrique du Sud | 57. Grèce | 111. Pakistan |
| 3. Albanie | 58. Guatemala | 112. Palaos |
| 4. Algérie | 59. Guinée | 113. Panama |
| 5. Allemagne | 60. Guinée équatoriale | 114. Papouasie-Nouvelle-Guinée |
| 6. Andorre | 61. Guyana | 115. Paraguay |
| 7. Arabie saoudite | 62. Hongrie | 116. Pays-Bas |
| 8. Argentine | 63. Îles Cook | 117. Pérou |
| 9. Arménie | 64. Îles Marshall | 118. Philippines |
| 10. Australie | 65. Îles Salomon | 119. Pologne |
| 11. Autriche | 66. Inde | 120. Portugal |
| 12. Azerbaïdjan | 67. Indonésie | 121. Qatar |
| 13. Bahreïn | 68. Iran (République islamique d') | 122. République de Corée |
| 14. Bangladesh | 69. Irlande | 123. République de Moldova |
| 15. Bélarus | 70. Islande | 124. République démocratique populaire lao |
| 16. Belgique | 71. Italie | 125. République tchèque |
| 17. Belize | 72. Jamahiriya arabe libyenne | 126. République-Unie de Tanzanie |
| 18. Bénin | 73. Jamaïque | 127. Roumanie |
| 19. Bolivie | 74. Japon | 128. Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord |
| 20. Bosnie-Herzégovine | 75. Jordanie | 129. Rwanda |
| 21. Botswana | 76. Kazakhstan | 130. Sainte-Lucie |
| 22. Brésil | 77. Kenya | 131. Saint-Kitts-et-Nevis |
| 23. Brunéi Darussalam | 78. Kirghizistan | 132. Saint-Marin |
| 24. Bulgarie | 79. Kiribati | 133. Saint-Siège |
| 25. Burkina Faso | 80. Koweït | 134. Saint-Vincent-et-les Grenadines |
| 26. Burundi | 81. Lesotho | 135. Samoa |
| 27. Cameroun | 82. Lettonie | 136. Sao Tomé-et-Principe |
| 28. Canada | 83. Liechtenstein | 137. Sénégal |
| 29. Cap-Vert | 84. Lituanie | 138. Serbie-et-Monténégro |
| 30. Chili | 85. Luxembourg | 139. Seychelles |
| 31. Chine | 86. Madagascar | 140. Sierra Leone |
| 32. Chypre | 87. Malaisie | 141. Singapour |
| 33. Colombie | 88. Malawi | 142. Slovaquie |
| 34. Costa Rica | 89. Maldives | 143. Slovénie |
| 35. Côte d'Ivoire | 90. Mali | 144. Soudan |
| 36. Croatie | 91. Malte | 145. Sri Lanka |
| 37. Cuba | 92. Maroc | 146. Suède |
| 38. Danemark | 93. Maurice | 147. Suisse |
| 39. Dominique | 94. Mauritanie | 148. Suriname |
| 40. El Salvador | 95. Mexique | 149. Swaziland |
| 41. Émirats arabes unis | 96. Micronésie (États fédérés de) | 150. Tadjikistan |
| 42. Équateur | 97. Monaco | 151. Tchad |
| 43. Érythrée | 98. Mongolie | 152. Thaïlande |
| 44. Espagne | 99. Mozambique | 153. Timor-Leste |
| 45. Estonie | 100. Namibie | 154. Togo |
| 46. États-Unis d'Amérique | 101. Nauru | 155. Tonga |
| 47. Éthiopie | 102. Népal | 156. Trinité-et-Tobago |
| 48. ex-République yougoslave de Macédoine | 103. Nicaragua | 157. Tunisie |
| 49. Fédération de Russie | 104. Niger | 158. Turkménistan |
| 50. Fidji | 105. Nigéria | 159. Turquie |
| 51. Finlande | 106. Norvège | |
| 52. France | 107. Nouvelle-Zélande | |
| 53. Gabon | 108. Oman | |
| 54. Gambie | 109. Ouganda | |
| 55. Géorgie | | |

160. Tuvalu
161. Ukraine
162. Uruguay

163. Venezuela
164. Viet Nam
165. Yémen

166. Zambie
167. Zimbabwe

7. États non parties : au 31 décembre 2004, 16 États signataires n'avaient pas encore ratifié la Convention : Bahamas, Bhoutan, Cambodge, Comores, Congo, Djibouti, Grenade, Guinée-Bissau, Haïti, Honduras, Israël, Libéria, Myanmar, République centrafricaine, République démocratique du Congo et République dominicaine. En outre, à la même date, 11 États n'avaient ni signé la Convention ni adhéré à celle-ci : Angola, Antigua-et-Barbuda, Barbade, Égypte, Iraq, Liban, Nioué, Somalie, République arabe syrienne, République populaire démocratique de Corée et Vanuatu.

8 Le 4 février 2003, la République fédérale de Yougoslavie a pris le nom de Serbie-et-Monténégro.

Annexe 2 - Conseil exécutif de l'OIAC

OIAC – The Executive Council

Officers and Members (12 May 2005 to 11 May 2006)

Officers:

Chairman: H.E. Mr Alfonso M. Dastis (Spain)

Vice-Chairs: Colombia, Iran (Islamic Republic of), Russian Federation and South Africa

Members:

- | | | |
|----------------|-------------------------------|---|
| Africa | 1. Algeria | 3. Russian Federation |
| | 2. Gabon | 4. Serbia and Montenegro |
| | 3. Ghana | 5. Ukraine |
| | 4. Kenya | Latin America and the Caribbean |
| | 5. Lesotho | 1. Argentina |
| | 6. Morocco | 2. Brazil |
| | 7. South Africa | 3. Colombia |
| | 8. Sudan | 4. Cuba |
| | 9. Tunisia | 5. Mexico |
| Asia | | 6. Panama |
| | 1. China | 7. Peru |
| | 2. India | 8. Uruguay |
| | 3. Iran (Islamic Republic of) | Western European and other states |
| | 4. Japan | 1. France |
| | 5. Malaysia | 2. Germany |
| | 6. Pakistan | 3. Greece |
| | 7. Republic of Korea | 4. Italy |
| | 8. Saudi Arabia | 5. The Netherlands |
| | 9. Sri Lanka | 6. New Zealand |
| Eastern Europe | | 7. Norway |
| | 1. Poland | 8. Spain |
| | 2. Romania | 9. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland |
| | | 10. United States of America |

Regional coordinators

Africa: Sudan

Asia: Pakistan

Eastern Europe: Bulgaria

Latin America and the Caribbean: Peru

Western Europe and Others: Switzerland

Annexe 3 - Le potentiel chimique militaire

Le 120 mm représente le calibre minimal permettant d'obtenir une efficacité tactique significative en utilisation chimique. Quatre types de vecteurs principaux peuvent être considérés :

- les obusiers
- les lance-roquettes multiples (LRM)
- les missiles balistiques tactiques (TBM)
- les avions (bombes et réservoirs d'épandage)

Les tirs en toxiques non persistants préféreront les obusiers à cadence de tir rapide (4 à 6 coups minute), les LRM et les bombes d'aviation.

A l'opposé les tirs en toxiques persistants privilégieront les obusiers à cadence de tir lente (1 à 2 coups minute), les avions (essentiellement en épandage) et les missiles.

Les munitions chimiques

Les obus

Tableau 20 - Les obus pouvant être vectorisés comme arme chimique (d'après TTA 601)

CALIBRE	TOXIQUE	CONTENANCE
122 mm	SARIN	1,3 kg
	LEWISITE EPAISSIE	3,3 kg
130 mm	SARIN	1,6 kg
	A4	1,4kg
152 mm	SARIN	2,8 kg
	LEWISITE EPAISSIE	5,4 kg
155 mm	YPERITE	3 litres

Les roquettes des LRM

Tableau 21 - Les roquettes pouvant être vectorisées comme arme chimique (d'après TTA 601)

CALIBRE	TOXIQUE	CONTENANCE
122 mm	SARIN	3,1 kg
	A4	2,9 kg
122 mm	SARIN / CYCLOHEXYLSARIN	5 litres
140 mm	SARIN	2,2 kg
220 mm	SARIN YPERITE A4	12 kg (estimation)

	SOMAN EPAISSI	
240 mm	SARIN	8 kg

Les roquettes lourdes et missiles

Tableau 22 - Les roquettes lourdes et missiles pouvant être vectorisés comme arme chimique (d'après TTA 601)

VECTEURS	TOXIQUE	CONTENANCE
FROG	A4	215 kg
SS 21	A4	350 kg
SCUD	A4 EPAISSI	555 kg

Les bombes d'avions

Tableau 23 - Les bombes d'avions pouvant être vectorisées comme arme chimique (d'après TTA 601)

CALIBRE	TOXIQUE	CONTENANCE
100 kg	YPERITE + LEWISITE	28 ou 39 kg
250 kg	SARIN SOMAN EPAISSI	49 kg 45 kg
250 kg	YPERITE	65 litres
AALD 500	YPERITE	150 litres
DB2	SARIN / CYCLOHEXYLSARIN	240 litres
R 400	SARIN / CYCLOHEXYLSARIN	100 litres
500 kg	YPERITE + LEWISITE	164 kg
1500 kg	YPERITE + LEWISITE	630 kg

Annexe 4 - Le recensement des établissements SEVESO II

Bilan provisoire octobre 2001

Dans le cadre de la transposition de la directive SEVESO II, l'arrêté du 10 mai 2000 (cf annexe) apporte des modifications au régime applicable aux installations SEVESO. Cet arrêté s'applique aux "établissements" (et non pas aux installations). Le champ d'application de l'arrêté distingue les établissements "seuil bas" qui sont définis en annexe de l'arrêté, et les établissements "seuil haut", correspondant aux actuelles installations "AS" (établissements soumis aux servitudes d'utilité publique) visées par la nomenclature des installations classées.

1ère catégorie : les établissements à risques (seuils bas) - recensement provisoire juillet 2001

2ème catégorie : les établissements à hauts risques (seuils hauts) - recensement au 10 octobre 2001

Tableau 24 - Répartition par région des établissements à risques

Région	Catégorie	première catégorie (seuil bas)	seconde catégorie (seuil haut)	TOTAL
Alsace		11	31	42
Antilles-Guyane		12	15	27
Aquitaine		28	47	75
Auvergne		16	9	25
Basse Normandie		24	9	33
Bourgogne		22	16	38
Bretagne		38	27	65
Centre		32	36	68
Champagne Ardennes		25	10	35
Corse		2	7	9
Franche Comté		17	9	26
Haute Normandie		19	54	73
Ile de France		46	46	92
Languedoc Roussillon		16	19	35
Limousin		3	5	8
Lorraine		20	24	44
Midi Pyrénées		8	29	37
Nord Pas de Calais		44	55	99
Pays de la Loire		29	21	50
Picardie		37	31	68
Poitou Charentes		45	18	63
PACA		24	64	88
Réunion			2	2
Rhône Alpes		49	88	137
TOTAL		567	672	1239

Annexe 5 - Classification et signalisation des matières dangereuses

Tableau 25 - Classification des matières dangereuses (d'après prim.net)

Classes	Définitions	Exemples	Risque principal
1	Matières et objets explosibles	Détonateurs, explosifs de mine, dynamite, etc.	explosivité
2	Gaz comprimés, liquéfiés ou dissous sous pression	azote, CO2, oxygène, butane, chlore, ammoniac, aérosols, etc.	état gazeux
3	Matières liquides inflammables	essences, alcools, gazole, solvants, etc.	inflammabilité
4.1	Matières solides inflammables	soufre, naphtalène, etc.	inflammabilité
4.2	Matières sujettes à l'inflammation spontanée	phosphore blanc fondu, charbon actif, etc.	
4.3	Matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables	sodium, carbure de calcium, lithium, etc.	
5.1	Matières comburantes	peroxyde d'hydrogène, chlorate de potassium, engrais au nitrate d'ammonium, etc.	inflammabilité
5.2	Peroxydes organiques	hydroperoxyde de cumyle, etc.	
6.1	Matières toxiques	aniline, nitrobenzène, trichloréthène, pesticides, etc.	toxicité
6.2	Matières infectieuses	déchets d'hôpitaux, solutions contenant des micro-organismes, etc.	
7	Matières radioactives	uranium, etc..	radioactivité
8	Matières corrosives	acide chlorhydrique, soude caustique, acide sulfurique, etc.	corrosivité
9	Matières et objets dangereux divers	amiante, produits chauds (bitumes, métaux en fusion, etc..) PCB, PCT, etc.	toxicité, température, divers

La signalisation

Une signalisation spécifique s'applique à tous les moyens de transport.

En cas d'accident, il est indispensable pour les services de secours de connaître au plus vite la nature des produits transportés : la signalisation leur permet d'identifier les marchandises à distance, sans devoir s'exposer de façon inconsidérée aux risques correspondants. La connaissance des codes (ou numéros d'identification) est indispensable aux secours ; il est souhaitable que les codes puissent leur être communiqués par téléphone, par tout témoin donnant l'alerte.

En fonction des quantités de matières dangereuses transportées, les véhicules doivent être signalés :

- **Par une signalisation générale TMD**, matérialisée :
 - soit par des plaques orange réfléchissantes (dimensions de 40 cm par 30 cm), placées à l'avant et à l'arrière, ou sur les côtés du moyen de transport considéré



- soit par une plaque orange réfléchissante indiquant le code matière et le code danger. Elle permet de connaître rapidement les principaux dangers présentés par la matière transportée. Les numéros d'identification ne sont utilisés que dans les cas de transports de matières dangereuses en citerne ou en vrac solide.



Le code danger

Dans la partie supérieure du panneau orange, un nombre indique le ou les dangers présentés par la matière. Le premier chiffre indique le danger principal, le deuxième et le troisième indiquent un ou des dangers secondaires [voir tableau ci-dessous]. S'il n'y a pas de danger secondaire, le deuxième chiffre est un zéro. Ainsi 36 se lira : " inflammable, toxique ". Le redoublement d'un chiffre indique une intensification du danger. Ainsi 33 se lira " très inflammable "). Ce numéro peut également être précédé d'un X, ce qui signifie que la matière réagit dangereusement au contact de l'eau et que l'emploi de l'eau est rigoureusement interdit. Les secours et les personnes présentes lors d'un accident devront accroître leur vigilance par temps de pluie ou ambiance humide.

Tableau 26 - Le code danger (d'après prim.net)

	1 ^{er} chiffre danger principal	2 ^e et 3 ^e chiffres dangers subsidiaires
0		Absence de danger secondaire
1	Matière explosive	
2	Gaz comprimé	Risque d'émanation de gaz
3	Liquide inflammable	Inflammable
4	Solide inflammable	
5	Matière comburante ou peroxyde	Comburant
6	Matière toxique	Toxique
7	Matière radioactive	
8	Matière corrosive	Corrosif
9	Danger de réaction violente ou spontanée	Danger de réaction violente ou spontanée
X	Danger de réaction violente au contact de l'eau	

Le code ONU

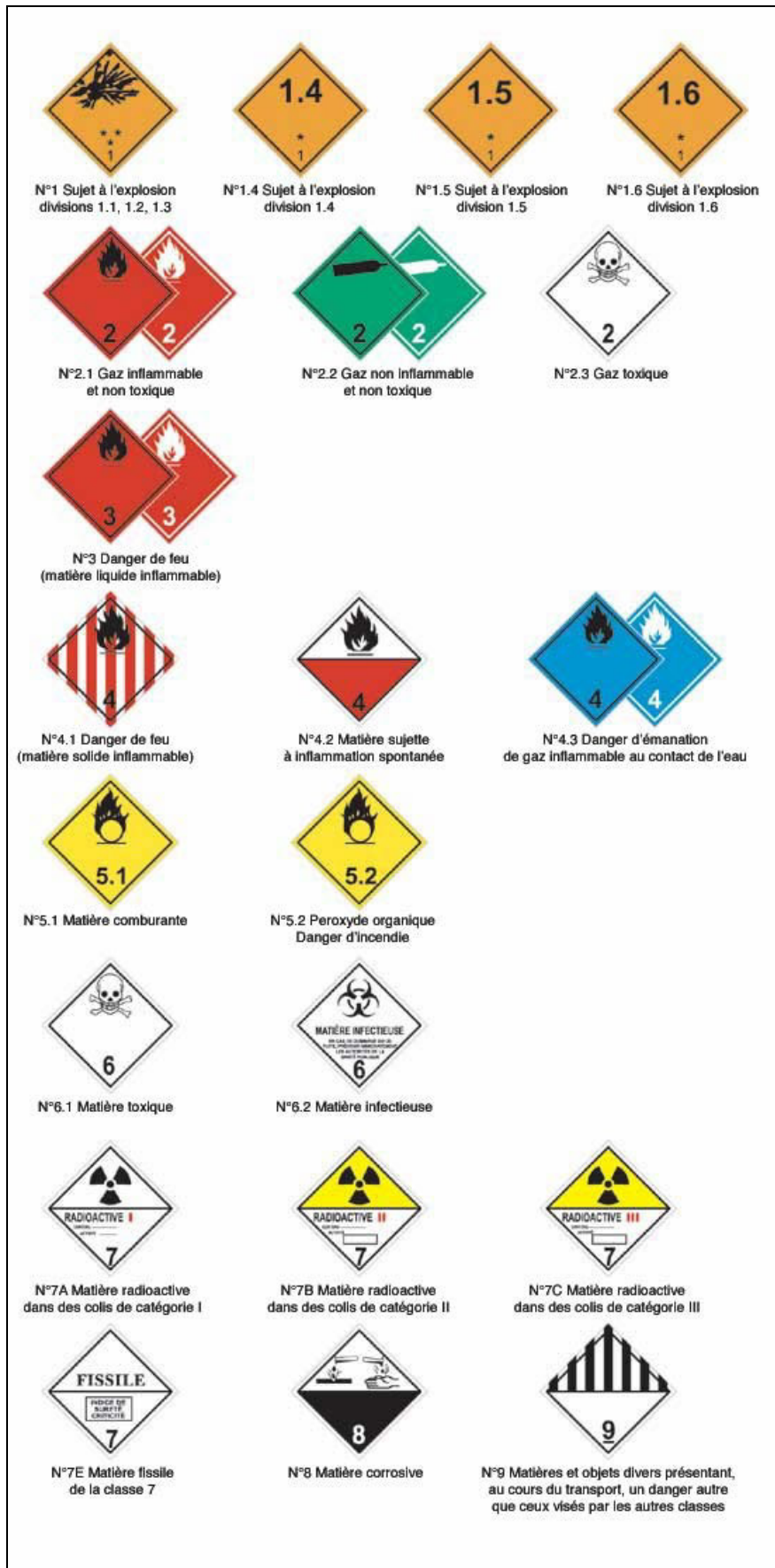
Dans la partie inférieure du panneau orange est inscrit un numéro à quatre chiffres. Il s'agit du numéro d'identification de la matière, conformément à une nomenclature de l'ONU, reprise au Journal officiel du 23 janvier 1975. Ainsi le code 2031 correspond à l'acide nitrique et le code 1017 au chlore

- **Par une plaque-étiquette de danger**, si la quantité transportée est telle que le transporteur doit faire apparaître sur son véhicule le code matière et le code danger de la matière transportée. Il doit alors apposer également les plaques-étiquettes représentant les pictogrammes des principaux dangers. Cette opération s'appelle le « placardage ». Si le transport se fait en colis, une étiquette de danger matérialisée également par un losange et reproduisant le symbole du danger prépondérant de la matière, doit être apposée sur l'emballage.

Figure 31 - Taille de la plaque-étiquette de danger (d'après prim.net)



Figure 32 - Plaque-étiquette de danger (d'après prim.net)



Annexe 6 - Dotation médicale du PRV - Lot pour 10 victimes

D'après BSPP [146].

Cette dotation ne concerne que la prise en charge initiale de 10 victimes soumises à une agression chimique. Une dotation médicale différente doit être mise en place en cas d'accident radiologique.

1- Lot déshabillage et protection des victimes

a. Contrôle de l'environnement

- papier détecteur modèle F1 (2 paquets),
- un AP2C en surveillance (mise en place par une équipe SP).

b. Identification et traçabilité des victimes

- 15 bracelets numérotés,
- marqueurs indélébiles pour inscriptions cutanées

c. Protection

- 10 cagoules de protection ou soufflantes,
- 10 couvertures isothermes,
- 10 paires de surchaussures,
- 20 feuilles de vinyle de 2,50 x 1,50 m,
- 10 brancards,
- 10 gants poudreurs,
- 2 bassines de 20 litres destinées à préparer la solution javellisée de décontamination des instruments,
- 20 berlingots d'eau de Javel.

d. Déshabillage

- 20 sacs étanches et solides pour les vêtements (100 litres) avec étiquettes,
- 20 sacs translucides pour effets personnels (20 litres),
- 5 paires de ciseaux,
- 2 rouleaux de papier absorbant.

2- Lot pour perfusion

- 10 gants poudreurs,
- 10 réceptacles à UU type bassin « haricot »,
- compresses stériles (20 paquets de 5),
- Dakin (5 flacons de 125 ml),
- 15 bandes de contention élastique (largeur 10 cm),
- 20 cathéters courts (5 G16, 10 G18, 5 G20),
- 3 cathéters intra-osseux avec nécessaire de mise en place,
- 15 solutés de perfusion (salé isotonique) en poche souple, de préférence avec perfuseur intégré,
- 15 tubulures de perfusion avec robinet trois voies intégré,
- 1 conteneur pour aiguilles usagées.

3- Lot pour oxygénothérapie

- 3 bouteilles d'oxygène B15,
- 1 rampe d'oxygénation pour 10 victimes,
- 10 masques nébuliseurs avec tubulure (5 enfants, 5 adultes)
- 10 masques d'inhalation haute concentration avec tubulure (5 enfants, 5 adultes).

4- Lot pour intubation oro-trachéale

- 10 gants poudreurs,
- 10 réceptacles à UU type bassin « haricot »,
- Laryngoscope
 - 1 manche
 - lames UU tailles 1, 3 et 5 (2 de chaque taille)

- Sondes d'intubation
 - 3 sondes taille 7,5
 - 3 sondes taille 7
 - 3 sondes taille 4
 - 3 sondes taille 5
- 5 mandrins d'intubation (3 adultes, 2 enfants)
- 1 bougie d'Eichmann,
- 6 seringues 10 ml,
- 10 lacets de fixation pour sonde d'intubation,
- canules oropharyngées tailles 2, 3 et 4 (2 de chaque taille)
- 6 ballons auto-remplisseurs à UU avec adaptateur pour cartouche filtrante,
- 6 capnomètres colorimétriques.

5- Lot de médicaments injectables

- Kétamine 50mg/ml : 5 ampoules
- Atropine 1mg/ml : 20 ampoules ou 2mg/ml (flacons du SSA de 20, 10 et 5ml)
- Midazolam 5mg/ml : 10 ampoules
- Salbutamol 5mg/ml : 10 ampoules
- Hydroxocobalamine (Cyanokit®) 2,5 g/flacon : 4 flacons
- Seringues 10 ml : 50
- Aiguilles.
 - 1 boîte de 100 G 19
 - 1 boîte de 100 G21
- 10 seringues auto-injectables du SSA
- conteneurs pour aiguilles usagées (2)

TABLE DES MATIERES

Avant-propos Remerciements	2
Liste des abréviations	10
Sommaire.....	13
Table des illustrations.....	20
Liste des tableaux	21
Liste des figures.....	22
Liste des photographies	23
Liste des annexes.....	23
Introduction	24
CHAPITRE 1 - Historique	26
1.1. Les origines ancestrales.....	27
1.2. La Grande Guerre et L'escalade meurtrière.....	29
1.3. L'entre deux guerres.....	31
1.4. La seconde Guerre Mondiale	32
1.5. La Guerre Froide et les conflits « récents »	33
1.6. La Convention de 1993 sur l'interdiction des armes chimiques.....	34
1.6.1. Genèse de la convention	34
1.6.2. Les principaux aspects de la convention	35
1.6.2.1. Objectifs.....	35
1.6.3. Surveillance de l'industrie chimique	35
1.6.3.1. Produits sensibles.....	35
1.6.3.1.1. Tableau I	35
1.6.3.1.2. Tableau II.....	36
1.6.3.1.3. Tableau III.....	36
1.6.3.2. Restrictions touchant les produits sensibles	36
1.6.4. L'OIAC - Organisation pour l'interdiction des armes chimiques....	37
1.6.5. Destruction des armements chimiques	38
1.6.6. Démantèlement des capacités de production d'armes chimiques ...	38
1.6.7. Modalités de contrôle	39
1.6.8. Application	39
1.7. les évènements impliquant des armes chimiques.....	40
1.8. les accidents industriels.....	41
1.9. l'avènement du terrorisme chimique.....	42
1.9.1. L'attentat au sarin dans le métro de Tokyo	42
1.9.2. Les autres évènements terroristes.....	43
CHAPITRE 2 - Danger, risque et menace chimiques.....	45
2.1. Terminologie	46
2.2. Accident ou attentat ?.....	46
2.3. Les différents types de risques	47
2.3.1. Risques liés aux agressifs chimiques de guerre.....	48
2.3.2. Risques liés aux toxiques industriels.....	49
2.3.2.1. Terminologie.....	49

2.3.2.2.	Nature des risques.....	49
2.3.2.3.	Le transport de matières dangereuses.....	51
2.3.2.3.1.	Terminologie.....	51
2.3.2.3.2.	Les risques liés aux matières dangereuses.....	51
2.3.2.3.3.	Les différents modes de transport.....	52
2.3.2.3.4.	Les conséquences d'un accident sur la santé.....	53
2.4.	La menace chimique.....	55
2.4.1.	La situation actuelle.....	55
2.4.2.	Enseignements de l'attentat de TOKYO.....	55
2.5.	Une nécessaire préparation.....	57
CHAPITRE 3	- Concepts militaires de défense NRBC.....	58
3.1.	Concept de défense NRBC de l'Armée Française.....	59
3.1.1.	Le concept de Défense français.....	59
3.1.2.	La défense NRBC.....	60
3.2.	Quelques éléments de doctrine et de stratégie dans le domaine de la menace chimique sur le plan militaire.....	62
3.2.1.	Les scénarios d'engagement.....	62
3.2.2.	Les risques NBC selon le type d'engagement.....	62
3.2.3.	La doctrine de défense NBC.....	64
3.2.3.1.	Prévenir.....	64
3.2.3.2.	Gérer les effets des attaques.....	65
3.2.3.3.	Restaurer.....	65
3.3.	La menace chimique sur le plan militaire.....	66
3.3.1.	La menace « massive ».....	66
3.3.2.	La menace liée à la prolifération.....	67
3.3.2.1.	La menace chimique conventionnelle.....	67
3.3.2.2.	La menace terroriste.....	68
3.3.2.3.	La menace dégradée.....	68
3.3.3.	Le potentiel chimique.....	68
3.3.3.1.	Les agents toxiques de guerre.....	68
3.3.3.2.	Les vecteurs chimiques.....	69
3.4.	Evolution du concept de défense NBC.....	69
3.4.1.	La baisse de capacité opérationnelle.....	69
3.4.2.	Un « guépard » chimique.....	70
CHAPITRE 4	- Notions Élémentaires physico - chimiques et toxicologiques appliquées au risque chimique.....	71
4.1.	Généralités.....	72
4.1.1.	Etat physique des toxiques chimiques.....	72
4.1.2.	Paramètres de toxicité des produits chimiques.....	74
4.2.	Les modes de dispersion.....	79
4.2.1.	Explosion.....	79
4.2.2.	Epanchage.....	79
4.2.3.	Chauffage.....	80

4.3.	Influences extérieures sur le danger chimique.....	81
4.3.1.	Influence des conditions atmosphériques.....	81
4.3.1.1.	Action du vent.....	81
4.3.1.2.	Influence de la température.....	81
4.3.1.3.	La stabilité de l'air.....	81
4.3.1.4.	Humidité et précipitations.....	83
4.3.2.	Influence du terrain.....	83
4.3.2.1.	Le relief.....	83
4.3.2.2.	La nature du sol.....	83
4.3.2.3.	La planimétrie et la végétation.....	83
4.4.	Les armes chimiques.....	84
4.4.1.	Les agents létaux.....	84
4.4.1.1.	Les neurotoxiques organophosphorés.....	84
4.4.1.1.1.	Quelques mots d'histoire.....	85
4.4.1.1.2.	Structure et principales propriétés physico-chimiques.....	85
4.4.1.1.2.1.	Les agents G.....	85
4.4.1.1.2.2.	Les agents V ou amitons.....	87
4.4.1.1.3.	Principales caractéristiques toxicologiques.....	88
4.4.1.1.4.	Mécanisme d'action.....	88
4.4.1.1.4.1.	Les effets muscariniques.....	89
4.4.1.1.4.2.	Les effets nicotiniques.....	90
4.4.1.1.4.3.	Le syndrome central.....	90
4.4.1.1.5.	Symptomatologie de l'intoxication aiguë par les neurotoxiques organophosphorés.....	91
4.4.1.1.6.	Prétraitement à la pyridostigmine.....	92
4.4.1.2.	Les vésicants.....	93
4.4.1.2.1.	Les ypérites.....	94
4.4.1.2.1.1.	Propriétés.....	94
4.4.1.2.1.2.	Mécanisme d'action des ypérites.....	95
4.4.1.2.1.3.	Symptomatologie de l'intoxication par l'ypérite.....	97
4.4.1.2.2.	La lewisite.....	99
4.4.1.2.2.1.	Propriétés.....	99
4.4.1.2.2.2.	Mécanisme d'action de la lewisite.....	99
4.4.1.2.2.3.	Symptomatologie de l'intoxication par la lewisite.....	100
4.4.1.2.3.	L'oxime de phosgène.....	100
4.4.1.3.	Les suffocants.....	101
4.4.1.3.1.	Le phosgène.....	101
4.4.1.3.1.1.	Propriétés.....	102
4.4.1.3.1.2.	Mécanisme d'action du phosgène.....	102
4.4.1.3.1.3.	Symptomatologie de l'intoxication aiguë par les suffocants.....	103
4.4.1.3.2.	Le chlore.....	104
4.4.1.3.2.1.	Propriétés.....	105
4.4.1.3.2.2.	Mécanisme d'action.....	105
4.4.1.3.2.3.	Symptomatologie.....	105
4.4.1.3.3.	Le fluor.....	105
4.4.1.3.3.1.	Propriétés.....	106

4.4.1.3.3.2.	Symptomatologie	106
4.4.1.3.4.	L'ammoniac	106
4.4.1.3.4.1.	Propriétés	106
4.4.1.3.4.2.	Symptomatologie	106
4.4.1.4.	Les toxiques cellulaires	107
4.4.1.4.1.	Les dérivés cyanés	107
4.4.1.4.1.1.	Propriétés	107
4.4.1.4.1.2.	Mécanisme d'action	107
4.4.1.4.1.3.	Symptomatologie	108
4.4.1.4.2.	L'hydrogène arsénié	108
4.4.1.4.2.1.	Propriétés	108
4.4.1.4.2.2.	Mécanisme d'action	109
4.4.1.4.2.3.	Symptomatologie	109
4.4.2.	Les agents incapacitants psychiques	109
4.4.2.1.	Le LSD 25	110
4.4.2.1.1.	Propriétés	110
4.4.2.1.2.	Mécanisme d'action	110
4.4.2.1.3.	Symptomatologie	110
4.4.2.2.	Les autres stimulants du SNC	111
4.4.2.3.	Le benzilate de quinuclidinyle	111
4.4.2.3.1.	Propriétés	112
4.4.2.3.2.	Mécanisme d'action	112
4.4.2.3.3.	Symptomatologie	112
4.4.2.4.	Le Delta-9-tétrahydrocannabinol	113
4.4.2.4.1.	Propriétés	113
4.4.2.4.2.	Mécanisme d'action	113
4.4.2.4.3.	Symptomatologie	113
4.4.3.	Les agents neutralisants ou anti-émeutes	113
4.4.3.1.	Les lacrymogènes	114
4.4.3.1.1.	Propriétés	114
4.4.3.1.2.	Mécanisme d'action	115
4.4.3.1.3.	Symptomatologie	115
4.4.3.2.	Les sternutatoires	115
4.4.3.2.1.	Propriétés	115
4.4.3.2.2.	Mécanisme d'action	116
4.4.3.2.3.	Symptomatologie	116
4.4.3.3.	Autres incapacitants physiques	116
4.5.	Les toxiques industriels	117
4.5.1.	Les 21 toxiques chimiques d'importance opérationnelle	117
4.5.2.	Sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré	118
4.5.2.1.	Propriétés	118
4.5.2.2.	Mécanisme d'action	118
4.5.2.3.	Symptomatologie	119
4.5.3.	Dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux	119

4.5.3.1. Symptomatologie.....	119
4.5.4. Les acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique, fluorhydrique.....	120
4.6. Synthèse.....	120
CHAPITRE 5 - Cadre Légal	121
5.1. Quelques rappels sur l'organisation des secours en France.....	122
5.1.1. Les plans de défense nationaux	122
5.1.2. Direction des Opérations de Secours.....	122
5.1.3. Commandement des Opérations de Secours	123
5.2. Le plan Rouge	123
5.2.1. A l'origine du Plan Rouge : la Brigade de Sapeurs Pompiers de PARIS 123	
5.2.2. Cadre de déclenchement.....	124
5.3. La « circulaire 700 ».....	125
5.3.1. Principes généraux.....	125
5.3.2. Plans d'organisation des secours	126
5.3.3. Principes généraux et missions des intervenants.....	127
5.3.3.1. Choix des matériels de protection individuelle	127
5.3.3.2. Missions de l'échelon local et de l'échelon départemental.....	127
5.3.3.3. Moyens et missions des renforts zonaux et nationaux.	128
5.3.4. Premières actions du Directeur des Opérations de Secours à l'échelon territorial.....	128
5.3.5. Evolution de la doctrine.....	129
5.4. PIRATOX.....	129
5.5. La prévention.....	130
5.5.1. Le risque industriel en France et sa réglementation	130
5.5.1.1. La législation des installations classées.....	130
5.5.1.1.1. Le régime de déclaration	131
5.5.1.1.2. Le régime d'autorisation	131
5.5.1.2. La réglementation SEVESO.....	131
5.5.1.2.1. La directive européenne SEVESO	131
5.5.1.2.2. La directive européenne SEVESO II.....	132
5.5.1.2.3. La transposition dans le droit français.....	132
5.5.1.2.4. Inventaire des établissements concernés par la Directive SEVESO II.....	133
5.5.2. Le transport des matières dangereuses (TMD) et sa réglementation.....	134
5.5.2.1. Réglementation selon le type de transport.....	134
5.5.2.2. La classification et la signalisation des matières dangereuses	135
5.5.3. Plans de secours particuliers relatifs aux risques industriels.....	136
CHAPITRE 6 - Les moyens de protection.....	137
6.1. La protection - Généralités.....	138
6.1.1. La protection individuelle autonome.....	138

6.1.1.1.	Protection de la face, des yeux, des voies respiratoires et digestives	139
6.1.1.2.	Protection de la peau.....	139
6.1.1.2.1.	Caractéristiques physiques spécifiques	139
6.1.1.2.2.	Caractéristiques physiques non spécifiques	140
6.1.1.2.3.	Caractéristiques d'emploi	140
6.1.2.	La protection individuelle assistée	140
6.1.3.	La protection collective	141
6.1.4.	La protection préventive.....	141
6.1.4.1.	Mesures techniques.....	141
6.1.4.2.	Prophylaxie et thérapie	142
6.2.	Les moyens de protection.....	143
6.2.1.	Les Appareils Respiratoires Isolants (ARI).....	143
6.2.2.	Les Appareils Respiratoires Filtrants (ARF).....	145
6.2.2.1.	La pièce faciale	145
6.2.2.1.1.	Le demi-masque :	145
6.2.2.1.2.	Le demi-masque filtrant :.....	145
6.2.2.1.3.	Le masque filtrant complet :.....	146
6.2.2.1.4.	La cagoule filtrante :.....	146
6.2.2.2.	La cartouche filtrante.....	146
6.2.2.2.1.	Le filtre anti-poussières :	146
6.2.2.2.2.	Les filtres anti-gaz :	146
6.2.2.3.	L'Appareil Respiratoire Filtrant des Armées (ARFA) ou Appareil Normal de Protection à Visière Panoramique modèle F1 (ANP-VP F1).....	149
6.2.3.	Le survêtement de protection NBC à port permanent (S3P).....	151
6.2.4.	Tenue de combat NBC à port permanent (TOM et centre Europe).....	152
6.2.5.	Tenue de combat « NBC/feu »	152
6.2.6.	Tenue Légère de Décontamination modèle 93 (TLD 93)	152
6.2.7.	Choix actuels des Armées.....	153
6.3.	Protection des populations	154
6.3.1.	Protection des victimes.....	154
6.3.2.	Protection des populations.....	154
CHAPITRE 7 - Concept zonal en ambiance chimique.....		155
7.1.	La zone d'exclusion (ZEX).....	156
7.1.1.	La Zone de Danger Liquide (ZDL)	156
7.1.2.	La Zone de Danger Vapeur (ZDV)	156
7.2.	la zone contrôlée (ZC).....	158
7.3.	La zone de soutien (ZS)	159
CHAPITRE 8 - La médicalisation de l'avant : intérêts et limites.....		160
8.1.	Pourquoi une médicalisation de l'avant ?	161
8.2.	Quand peut-on envisager une médicalisation de l'avant ?.....	163

8.3.	En quoi peut consister la médicalisation de l'avant ?	164
8.3.1.	Le médecin, une aide à l'identification de l'agent en cause.....	164
8.3.2.	Possibilité d'un « pré-tri » fixant des priorités de décontamination	168
8.3.3.	Gestes simples de réanimation	168
8.3.3.1.	Pose d'un abord veineux périphérique	169
8.3.3.2.	L'administration de drogues	170
8.3.3.3.	Intubation.....	171
8.3.3.4.	Ventilation	174
8.4.	Limites de la médicalisation de l'avant.....	175
8.4.1.	Contraintes physiologiques liées au port des équipements de protection.....	175
8.4.1.1.	Contraintes liées à la protection respiratoire	175
8.4.1.2.	Contraintes liées à la protection cutanée	175
8.4.1.2.1.	Contraintes liées au port de gants	175
8.4.1.2.2.	Contraintes liées au port de bottes et surbottes	176
8.4.1.2.3.	Contraintes liées au port de la tenue de protection.....	176
8.4.1.2.3.1.	Bilan thermique et tenues de protection.....	176
8.4.1.2.3.2.	Les risques médicaux liés au déséquilibre du bilan thermique	177
8.4.1.2.3.3.	Seuils de tolérance et prévention.....	178
8.4.2.	Formation des personnels	179
8.4.3.	Ratio victimes / potentiel médical	180
8.5.	Discussion	181
CHAPITRE 9 - Evolution du concept de prise en charge incluant la médicalisation de l'avant en ambiance chimique		182
9.1.	Déclenchement de l'alerte.....	183
9.2.	La levée de doute NRBC, le rôle des CMIC.....	184
9.3.	L'extraction	184
9.3.1.	Objectifs.....	184
9.3.2.	Personnels - tenue	185
9.3.3.	Modalités	185
9.3.4.	Rôle du médecin	185
9.4.	Le tri visuel.....	186
9.4.1.	Personnels - tenue	186
9.4.2.	Modalités	186
9.4.3.	Rôle du médecin	186
9.5.	Le point de regroupement des victimes (PRV).....	187
9.5.1.	Objectifs.....	187
9.5.2.	Personnels – tenue	187
9.5.3.	Modalités	187
9.5.4.	Médicalisation du PRV chimique.....	187
9.5.4.1.	La Fiche Médicale de l'Avant décontaminable.....	188
9.5.4.2.	Le secourisme de base	188

9.5.4.3.	Prise en charge médicale au PRV	188
9.5.4.3.1.	Conditions générales de mise en œuvre des traitements ..	188
9.5.4.3.1.1.	Décontamination	189
9.5.4.3.1.2.	Préparations des drogues et matériels	189
9.5.4.3.2.	Traitement symptomatique	189
9.5.4.3.2.1.	Pose d'une voie veineuse	189
9.5.4.3.2.2.	Prise en charge respiratoire	189
9.5.4.3.2.3.	Sédation	190
9.5.4.3.2.3.1.	Anesthésie - analgésie	190
9.5.4.3.2.3.2.	Myorésolution	192
9.5.4.3.3.	Traitement étiologique	193
9.5.4.3.3.1.	Intoxication par les neurotoxiques organophosphorés	194
9.5.4.3.3.2.	Intoxication par les vésicants	196
9.5.4.3.3.2.1.	Les Ypérites	196
9.5.4.3.3.2.2.	La Lewisite	196
9.5.4.3.3.3.	Intoxication par les agents cyanés	196
9.5.4.3.3.4.	Intoxication par les suffocants	197
9.5.5.	Prise en charge des victimes présentant des blessures conventionnelles	197
9.5.6.	Cas particuliers	198
9.5.6.1.	Enfants et nourrissons	198
9.5.6.2.	Blessés ou intoxiqués les plus légers	198
9.5.7.	Synthèse	198
9.6.	Le sas de contrôle de contamination et la décontamination	199
9.6.1.	Transfert des victimes du PRV chimique vers les sas et les chaînes de décontamination	199
9.6.1.1.	Patients valides	199
9.6.1.2.	Patients non valides	199
9.6.1.3.	Orientation des victimes	200
9.6.1.4.	Les sas de contrôle de contamination	200
9.7.	La décontamination	200
9.7.1.	Quand ?	201
9.7.2.	Où ?	201
9.7.3.	Qui ?	202
9.7.4.	Comment ?	202
9.7.4.1.	Déshabillage	202
9.7.4.2.	Décontamination sèche par adsorption	203
9.7.4.3.	Décontamination humide	203
9.7.4.3.1.	A l'eau seule – Décontamination de masse	203
9.7.4.3.1.1.	Utilisation des engins incendie	204
9.7.4.3.1.2.	Utilisation d'installations fixes	204
9.7.4.3.2.	Lavage à l'eau avec l'adjonction de détergent	205
9.7.4.3.3.	Solutions de décontamination	205
9.7.5.	Les chaînes de décontamination	206
9.7.5.1.	Les structures mobiles	206

9.7.5.2. Les structures en dur : l'exemple du Centre d'Accueil des Contaminés Chimiques de l'HIA PERCY	208
9.7.6. Présence et action médicales à la décontamination.....	209
9.8. La gestion des résidants.....	209
9.8.1. L'alerte aux populations	209
9.8.2. La prise en charge des résidants	210
9.9. La prise en charge au niveau du PMA	210
9.10. La prise en charge hospitalière.....	211
9.11. Synthèse sur la stratégie de prise en charge de victimes suite à un évènement à caractère chimique	211
Conclusions	214
Annexes	217
Les obus.....	221
Les roquettes des LRM	221
Les roquettes lourdes et missiles.....	222
Les bombes d'avions	222
- 15 bracelets numérotés,.....	228
Table des matières	230
Bibliographie	240

BIBLIOGRAPHIE

1. Kohler P. L'arme chimique : un risque pas si récent. *Urgence Pratique* 2003; 58:5-9.
2. Lemaire M. Les balbutiements de l'arme chimique. In: L'Harmattan, ed. De la menace terroriste au traitement des victimes. Paris, 2003:176.
3. Meyer C. L'arme chimique. In: Ellipses, ed. Collection de la Fondation pour la recherche stratégique. Paris, 2001.
4. Lepick O. In: PUF, ed. Les armes chimiques. Paris, 1999:74.
5. Clerc Y, Pailler F, Renaudeau C, Ricordel I. Convention de Janvier 1993 sur l'interdiction des armes chimiques : Principales dispositions. *Médecine et Armées* 1994; 22:395-398.
6. Labare M, Mas M, Canonne P, Pailler F. Convention sur l'interdiction des armes chimiques : quelques implications médicales. *Médecine et Armées* 1994; 22:399-404.
7. Calamity at Bhopal. *Lancet* 1984; 137:1378-1379.
8. Diouf E, Sall K, Kane O, Dieng P, Dienne J. Intoxication massive à l'ammoniac dans un pays en voie de développement : bilan lésionnel et facteurs de gravité. *Réanimation Urgences* 1999; 8:633-637.
9. Barthet M. Catastrophe industrielle à Toulouse. *Urgence Pratique* 2003; 58:73-75.
10. Burnat P, Renaudeau C, Ceppa F, et al. L'attentat au sarin dans le métro de Tokyo. Faits et enseignements. *Médecine et Armées* 2001; 29:33-40.
11. Yokohama K, Yamada A, Minura N. Clinical profiles of patients with sarin poisoning after the Tokyo subway attack. *American Journal of Medicine* 1996; 100:586.
12. Masuda N, Takatsu M, Marinari H, Ozawa T. Sarin poisoning in Tokyo subway. *Lancet* 1995; 345:1446.
13. Suzuki T, Morita H, Ono K, Maekawa K, Nagai R. Sarin poisoning in : Tokyo subway. *Lancet* 1995; 345:980.
14. Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, et al. The Tokyo subway sarin attack : disaster management, part 2 : hospital response. *Academy of Emergency Medicine* 1998; 5:618-624.
15. Nozaki H, Hori S, Shinozawa Y, et al. Relationship between pupil size and acetylcholinesterase activity in patients exposed to sarin vapor. *Intensive Care Medicine* 1997; 23:1005-1007.
16. Cavallo J-D, Kowalski J-J, Renaudeau C, Tréguier J-Y. Risque chimique - Typologie des évènements. In: Montauban X, ed. Les risques NRBC savoir pour agir, 2004:133-134.
17. Rüttimann M, Debien B, Fuilla C, et al. Le risque d'intoxication chimique. In: MAPAR E, ed. MAPAR 2004. PARIS, 2004:399-406.
18. Paillet P, Perrin E. VIMY avril 2001. *Urgence Pratique* 2003; 58:87-88.
19. Le risque industriel: Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, 2005.
20. Delacour H, Servonnet A, Vittori E, et al. Risque chimique industriel en opérations extérieures. *Médecine et Armées* 2004; 32:134-142.
21. Le risque transport de matières dangereuses: Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, 2005.
22. Dorandeu F. Introduction. Les armées face aux risques chimiques. La Tronche: CRSSA, 2000:4-10.
23. Carli P, Telion C. Le risque NRBC et le rôle de défense civile des structures de soins. In: Eurotext JL, ed. Menace terroriste : approche médicale. Montrouge, 2005:11-16.
24. Asai Y, Arnold J. Terrorism in Japan. *Prehospital and Disaster Medicine* 2003; 18:106-114.

25. Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al. Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Annals of Emergency Medicine* 1996; 28:129-135.
26. Tucker J. National health and medical services response to incidents of chemical and biological terrorism. *JAMA* 1997; 278:362-368.
27. Sharp T, Brennan R, Keim M, Williams R, Eitzen E, Lillibridge S. Medical preparedness for a terrorist incident involving chemical or biological agents during the 1996 Atlanta Olympic Games. *Annals of Emergency Medicine* 1998; 32:214-223.
28. Siegel D, Younggren B, Ness B, Kvoool V. Operation Castle Cascade : managing multiple casualties from a simulated chemical weapons attack. *Military Medicine* 2003; 168:351-354.
29. Macintyre A, Christopher G, Eitzen E, et al. Weapons of mass destruction events with contaminated casualties : effective planning for health care facilities. *JAMA* 2000; 283:242-249.
30. Dorandeu F, Blanchet G. Toxiques chimiques de guerre et terrorisme. *Médecine de Catastrophe et Urgences Collectives* 1998; 1:161-170.
31. Carli P, Telion C, Baker D. Terrorism in France. *Prehospital and Disaster Medicine* 2003; 18:92-99.
32. Baker D, Telion C, Carli P. Organisation médicale face au terrorisme toxique. *Communications scientifiques* 2004. Paris: MAPAR, 2004:387-397.
33. Manuel de défense NBC - TTA 601: Etat Major de l'Armée de Terre, 1996.
34. Renaudeau C, Raharison G, Vittori E, Ragot C, Renard C, Vest P. Rappels élémentaires physico-chimiques et toxicologiques appliqués au risque chimique. *Urgence Pratique* 2003; 58:11-16.
35. Bismuth C. Armes chimiques, description et risques toxiques. *Réanimation Urgences* 1993; 2:625-633.
36. Renaudeau C. Les agressifs chimiques de guerre. In: Eurotext JL, ed. *Menace terroriste : approche médicale*. Montrouge, 2005:318-326.
37. Cavallo J-D, Kowalski J-J, Renaudeau C, Tréguier J-Y. Les toxiques chimiques - Généralités. In: Montauban X, ed. *Les risques NRBC savoir pour agir*, 2004:96-101.
38. Rüttimann M, Diraison Y, Gulluche YL. Intoxications aiguës par les gaz de combat. In: Saïssy J, ed. *Urgences et réanimation en milieu militaire*. Paris: Arnette, 1999:401-414.
39. Renaudeau C. Les neurotoxiques organophosphorés. *Défense contre les armes chimiques*. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:35-50.
40. Lallement G, Rüttimann M, Dorandeu F. Les neurotoxiques organophosphorés. In: Eurotext JL, ed. *Menace terroriste : approche médicale*. Montrouge, 2005:327-336.
41. Dorandeu F. Les composés organophosphorés inhibiteurs des cholinestérases. *Les armées face aux risques chimiques*. La Tronche: Centre de Recherches du Service de Santé des Armées, 2000:11-33.
42. Blanchet G, Carpentier P, Lallement G. Vulnérabilité du système nerveux central vis-à-vis des neurotoxiques organophosphorés. *Médecine et Armées* 1991; 19:403-408.
43. Rüttimann M, Dorandeu F, Carpentier P, Rousseau J, Lallement G. Les neurotoxiques organophosphorés. *Urgence Pratique* 2003; 58:21-25.
44. Lallement G, Dorandeu F. Une nouvelle perspective pour le pré-traitement de l'intoxication organophosphorée : l'huperzine A. *Données expérimentales*. *Médecine et Armées* 2002; 30:219-224.
45. Filliat P, Dorandeu F, Lallement G. Effets sur la performance et le comportement liés à la prise de pyridostigmine : troubles d'origine centrale ou périphérique? *Médecine et Armées* 2001; 29:455-458.

46. Clerc Y, Renaudeau C. Les vésicants. Défense contre les armes chimiques. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:51-64.
47. Dorandeu F, LeBever H, Gentilhomme E, et al. Les toxiques chimiques vésicants : effets toxiques et symptomatologie. Urgence Pratique 2003:27-33.
48. Dorandeu F, Lallement G. Les toxiques chimiques vésicants. In: Eurotext JL, ed. Menace terroriste : approche médicale. Montrouge, 2005:337-344.
49. Merat S, Perez J, Rüttimann M, et al. Intoxication aiguë par une arme chimique vésicante : l'ypérite. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 2003:108-118.
50. Atkins K, Lohdi I, Hurley L, Hinshaw D. N-acetyl-cysteine and endothelial cell injury by sulfur mustard. Journal of Applied Toxicology 2000; 20:S125-S128.
51. Ghanei M. Delayed haematological complications of mustard gas. Journal of Applied Toxicology 2004; 24:493-495.
52. Clerc Y, Renaudeau C. Les suffocants. Défense contre les armes chimiques. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:65-73.
53. Delahaye A, Megarbane B, Baud F. Intoxications industrielles aux cyanures. Urgence Pratique 2003; 58:17-20.
54. Burnat P, Renaudeau C. Les toxiques cellulaires. Défense contre les armes chimiques. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:74-78.
55. Clerc Y, Renaudeau C. Les incapacitants psychiques et physiques. Défense contre les armes chimiques. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:79-92.
56. Burnat P, Renaudeau C. Les agents incapacitants. In: Eurotext JL, ed. Menace terroriste : approche médicale. Montrouge, 2005:360-369.
57. Burnat P, Renaudeau C. Les agents anti-émeutes ou incapacitants physiques. In: Eurotext JL, ed. Menace terroriste : approche médicale. Montrouge, 2005:370-378.
58. Cavallo J-D, Kowalski J-J, Renaudeau C, Tréguier J-Y. Les toxiques chimiques industriels. In: Montauban X, ed. Les risques NRBC savoir pour agir, 2004:129-133.
59. Renaudeau C. Les toxiques chimiques industriels. Défense contre les armes chimiques. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:122-132.
60. Malgras G. Les plans de défense nationaux. In: Eurotext JL, ed. Menace terroriste : approche médicale. Montrouge, 2005:17-22.
61. Cart-Tanneur P. La Brigade crée le Plan Rouge. In: Massin C, ed. La Brigade - Sapeurs Pompiers de Paris. PARIS, 2001:158-165.
62. Loi n°87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs. Journal Officiel de la République Française Lois et Décrets 1987; 23 juillet:8199.
63. Décret n°88-622 du 6 mai 1988 relatif aux plans d'urgence. Journal Officiel de la République Française Lois et Décrets 1988; 8 mai:6636.
64. Circulaire 700/SGDN/PSE/PPS du 26 avril 2002 relative à la doctrine nationale d'emploi des moyens de secours et de soins face à une action terroriste mettant en oeuvre des matières chimiques: Secrétariat Général à la Défense Nationale, 2002.
65. Magne P. "Circulaire 700" concepts, évolutions. Urgence Pratique 2003; 58:83-85.
66. Debussac. Le risque industriel. Vol. 2005.
67. Loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Journal Officiel de la République Française Lois et Décrets 1976; 20 juillet:4320.
68. Directive du conseil n°82/501/CEE du 24 juin 1982 concernant les risques d'accidents majeurs de certaines activités industrielles: Conseil des Communautés Européennes, 1982.

69. Directive 96/82/CEE (Directive SEVESO II) du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses: Conseil de l'Union Européenne, 1996.
70. Décret en Conseil d'Etat n°2000-258 du 20 mars 2000 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Journal Officiel de la République Française Lois et Décrets 2000; 22 mars:4417.
71. Décret en Conseil d'Etat n°99-1220 du 28 décembre 1999 modifiant la nomenclature des installations classées. Journal Officiel de la République Française Lois et Décrets 1999; 31 décembre:20146.
72. Arrêté ministériel du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Journal Officiel de la République Française Lois et Décrets 2000; 20 juin.
73. Pitti R, Allanic L, Favier J. Transport de matières dangereuses. Urgence Pratique 2003;117-120.
74. Le risque transport de matières dangereuses : Les actions de prévention et de secours: Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, 2005.
75. Degraeve S. La protection individuelle et collective en ambiance chimique. Urgence Pratique 2003; 58:41-45.
76. Savourey G, Launay J, Melin B. Les moyens de protection : incidences médico-physiologiques. In: Eurotext JL, ed. Menace terroriste : approche médicale - Nucléaire Radiologique Biologique Chimique. MONTROUGE, 2005:382-388.
77. Guide National de Référence "Appareils Respiratoires Isolants": Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles / Sous-direction des services de secours et des Sapeurs-Pompiers, 1999:51.
78. Renaudeau C. Principes généraux de détection, de protection et de décontamination. Défense contre les armes chimiques. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:18-34.
79. Renaudeau C. Principes généraux de détection, de protection et de décontamination. In: EASSA, ed. Défense contre les armes chimiques. PARIS, 2003:18-34.
80. Renaudeau C. Principes généraux de détection, protection et décontamination. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2004.
81. Prunet T. Terrorisme avec utilisation d'armes chimiques ou biologiques. Plans de secours : grands principes. Actualités en réanimation et urgences 2004:464-475.
82. Barriot P, Ferret J, Mourareau C, Dechazal L, LeGallou Y. Réflexion sur la médicalisation de l'avant en ambiance chimique. Médecine et Armées 1990; 18:531-537.
83. Dubois C, Michel A, Chevalier P, Julien H, Noto R. Qu'en est-il de la médicalisation des secours en cas de catastrophe chimique? Urgences Médicales 1989; 8:11-14.
84. Rüttimann M, Fuilla C, Dorandeu F, Renaudeau C, Domanski L, Kowalski J-J. Concept de médicalisation de l'avant en cas d'intoxication chimique collective. Paris: Brigade de Sapeurs Pompiers de Paris, 2004:5 pages.
85. Rüttimann M, Beaume S, Favier J, et al. Médicalisation de l'avant en ambiance NRBC. Actualités et perspectives. Metz: 2ème journée de médecine d'armée de l'est, 2005.
86. Rüttimann M, Fuilla C. Prise en charge préhospitalière. In: Eurotext JL, ed. Menace terroriste : approche médicale. Montrouge, 2005:401-407.
87. Laurent J, Richter F, Michel A. Management of victims of urban chemical attack : the French approach. Resuscitation 1999; 42:141-149.

88. Baker D. Advanced Life Support for Toxic injuries (TOXALS). *European Journal of Emergency Medicine* 1996; 3:256-262.
89. Baker DJ. TOXALS : a proposed protocol for medical responders working in a chemically contaminated zone. *Chemical Hazards and Poisons Report* 2005:27-28.
90. Baker D. Civilian exposure to toxic agents : Emergency medical response. *Prehospital and Disaster Medicine* 2004; 19:174-178.
91. Conduite à tenir face au risque chimique. In: Montrouge, Montauban X, eds. *Les risques NRBC, savoir pour agir*. Sous la direction de Y. Buisson, J.D. Cavallo, J.J. Kowalski, C. Renaudeau, J.Y. Tréguier, 2004:300.
92. Renaudeau C. Fiches d'orientation en fonction des signes cliniques. *Défense contre les armes chimiques*. Paris: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:133-136.
93. Fuilla C, Rüttimann M, Dorandeu F, Renaudeau C. Faisabilité sur mannequin et limites de la pose d'une voie veineuse périphérique et de l'intubation oro-trachéale en tenue NRBC, *Congrès Urgences* 2004, 2004.
94. Dix J, Weber R, Frye R, Nolin T, Mrvos R, Krenzelok E. Stability of atropine sulfate prepared for mass chemical terrorism. *Journal of Toxicology* 2003; 41:771-775.
95. Wayne M. Perfusion intraosseuse chez l'adulte : il est temps d'y penser. *Urgence Pratique* 2006; 77:47-49.
96. Advanced cardiac life support guidelines. Management of cardiac arrest. *Circulation* 2005; 112:57-66.
97. *European Resuscitation Guidelines 2005*. *Resuscitation* 2005; 67:51:S47.
98. Meyerovitch J, Hendler I, Nahtomi O, Segal E, Perel A, Wiener M. The effect of full protective gear on intubation performance by hospital medical personnel. *Military Medicine* 2000; 165:272-274.
99. Wedmore I, Talbot T, Cuenca P. Intubating laryngeal mask airway versus laryngoscopy and endotracheal intubation in the nuclear, biological and chemical environment. *Military Medicine* 2003; 168:876-879.
100. Savourey G, Launay J, Melin B. Les problèmes physiologiques liés au port des tenues de protection. *Urgence Pratique* 2003; 58:47-49.
101. Melin B, Jimenez C, Koulmann N, Launay J, Savourey G, Warne-Janville B. Hydratation et activité physique en environnement chaud. *Implication opérationnelle. Médecine et Armées* 2002; 30:449-454.
102. Etienne S, Melin B, Warne-Janville B. Ergonomie des équipements de protection NBC. *L'Armement* 1996; 53:116-121.
103. Dorandeu F, Jouan A, Renaudeau C, Multon E. Formation NRBC médicale par le SSA. *Urgence Pratique* 2003; 58:39-40.
104. Arad M, Berkenstadt H, Zelingher J, Laor A, Shemer J, Atsmon J. The effects of continuous operation in a chemical protective ensemble on the performance of medical tasks in trauma management. *The Journal of Trauma* 1993; 35:800-804.
105. Tokuda Y, Kikuchi M, Takahashi O, Stein G. Prehospital management of sarin nerve gas terrorism in urban settings : 10 years of progress after the Tokyo subway sarin attack. *Resuscitation* 2006; 68:193-202.
106. Note Temporaire n° 2005-110213/BOPE/CFRT/D2 relative au Plan Jaune: Brigade de Sapeurs Pompiers de Paris, 2005.
107. Kenar L, Karayilanoglu T. Prehospital management and medical intervention after a chemical attack. *Emergency Medicine Journal* 2004; 21:84-88.
108. Journot M. Les CMIC en France. *Urgence Pratique* 2003; 58:65-71.
109. *Guide National de Référence - Risques chimiques et biologiques*. Paris: Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2006:62.

110. Dubois C, Zaglia C. Esprit de feu "Les spécialistes". Vol. 2. Boulogne Billancourt: ETAI, 2000.
111. Bohbot M, Pailler F, Bonsignour J, Buffat J. Interaction entre les neurotoxiques de guerre et les anesthésiques généraux. *Médecine et Armées* 1989; 17:465-468.
112. Dorandeu F, Lallement G, Carpentier P, Filliat P, Collombet J, Rüttimann M. Neuroprotection et neurotoxiques organophosphorés : quelle place pour la kétamine? In: Mion G, ed. *Kétamine*. Paris: Arnette, 2003:77-96.
113. Leeuwijn R, Wal Jvd, Spanjer W. Interactions of cholinesterase inhibitors and glucocorticoids with ketamine and pentobarbitone-induced general anaesthesia in the rat : possible effects on central cholinergic activity. *British Journal of Anaesthesia* 1984; 82:339-347.
114. Gevirtz C. Pain management in mass casualty incidents. *ITACCS* 2004; 14:27-30.
115. Carjuzaa A, Carpentier J. Myorésolution, organophosphorés et neurotoxiques de guerre. *Médecine et Armées* 1991; 19:97-98.
116. Guillermo F, Pretel C. Prolonged suxamethonium-induced neuromuscular blockade associated with organophosphate poisoning. *British Journal of Anaesthesia* 1988; 61:233-236.
117. Baraka A, Cava L, Jaoude C. Atracurium vs suxamethonium in a case of organophosphorous poisoning. *British Journal of Anaesthesia* 1984; 56:673.
118. Conley J, Hunter K, Lundy P, Hamilton M, Sawyer T. Domestic swine model for the assessment of chemical warfare agent-anesthetic interaction : some effects of sulfur mustard. *Military Medicine* 2000; 165:573-578.
119. Keeler J. Interaction between nerve agent pretreatment and drugs commonly used in combat anesthesia. *Military Medicine* 1990; 155:527-533.
120. Mégarbane B, Baud F. Utilisation des antidotes lors des catastrophes chimiques. *Urgence Pratique* 2006; 77:5-9.
121. Fiches PIRATOX: AFSSAPS, Juillet 2003.
122. Rousseau J, Rüttimann M, Brinquin L. Intoxications aiguës par neurotoxiques organophosphorés : insecticides et armes chimiques. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2000; 19:588-598.
123. Abraham RB, Rudick V, Weinbroum A. Practical guidelines for acute care of victims of bioterrorism : conventional injuries and concomitant nerve agent intoxication. *Anesthesiology* 2002; 97:989-1004.
124. Renaudeau C, Fuilla C, Renard C, Ragot C, ElJahiri Y, Vest P. Chimioterrorisme. *Actualités en réanimation et urgences*. Paris: Elsevier SAS, 2004:439-463.
125. Rüttimann M. Prise en charge des intoxications par les organo-phosphorés. In: Saissy J, ed. *Urgences et réanimation en milieu militaire*. Paris: Arnette, 1999:415-432.
126. Zabe D, Lallement G, Clair P. Le nouvel auto-injecteur bicompartiment. Intégration de différents pôles de compétences pharmaceutiques. *Médecine et Armées* 2003; 31:213-217.
127. Aas P. Future considerations for the medical management of nerve-agent intoxication. 2003.
128. Fortin J, Dorandeu F, Gentilhomme E, et al. Les toxiques chimiques vésicants - Prise en charge médicale des victimes. *Urgence Pratique* 2003; 58:35-38.
129. Sauer S, Keim M. Hydroxocobalamin : improved public health readiness for cyanide disasters. *Annals of Emergency Medicine* 2001; 37:635-641.
130. Renard C, Fortin J, Baud F. Terrorisme chimique et cyanures. In: Eurotext JL, ed. *Menace terroriste : approche médicale*. Montrouge, 2005:353-359.

131. Gunnarsson M, Walther S, Seidal T, Lennquist S. Effects of inhalation of corticosteroids immediately after experimental chlorine gas lung. *Journal of Trauma* 2000; 48:101-107.
132. Scuito A, Strickland P, Gurtner G. Post exposure treatment with isoproterenol attenuates pulmonary edema in phosgene-exposed rabbits. *Journal of Applied Toxicology* 1998; 18:321-329.
133. Rousseau J, Renaudeau C. Les agents suffocants. In: Eurotext JL, ed. *Menace terroriste : approche médicale*. Montrouge, 2005:345-352.
134. Rotenberg J, Newmark J. Nerve agent attacks on children : diagnosis and management. *Pediatrics* 2003; 112:648-658.
135. Dorandeu F, Rüttimann M, Renaudeau C, Saporì J, Jal N, Lallement G. Décontamination de victimes chimiques : modalités et limites - Conséquences pour la conduite opérationnelle. *Urgence Pratique* 2002:29-34.
136. Cox R. Decontamination and management of hazardous materials exposure victims in the emergency department. *Annals of Emergency Medicine* 1994; 23:761-770.
137. Levitin H, Siegelson H, Dickinson S, et al. Decontamination of mass casualties - Re-evaluating existing dogma. *Prehospital and Disaster Medicine* 2002; 18:200-207.
138. Aupee O. Mémento pour l'élaboration d'un plan de secours spécialisé relatif à une action terroriste mettant en oeuvre des toxiques de guerre. *Faculté de Pharmacie - Institut des sciences pharmaceutiques et biologiques. LYON: Université Claude Bernard - LYON 1, 2000:111.*
139. Pons D, Maurin O, Biot F, Meyran D. Décontamination chimique est grand nombre devictimes suite à un attentat avec libération d'un agent chimique. *Urgence Pratique* 2003; 58:55-58.
140. Renaudeau C, Clerc Y, Burnat P. Principes généraux de détection, de protection et de décontamination. *Défense contre les armes chimiques. PARIS: Ecole d'Application du Service de Santé des Armées, 2003:18-34.*
141. Roussel O, Dorandeu F, Mahé G. Solutions à base de générateurs solides de chlore pour la décontamination des victimes d'un attentat chimique. L'expérience du Bataillon de Marins Pompiers de Marseille. *Urgence Pratique* 2003; 58:59-63.
142. Josse D, Boudry I, Dorandeu F, Lallement G. La décontamination des victimes. In: Eurotext JL, ed. *Menace terroriste : approche médicale*. Montrouge, 2005:379-381.
143. Prevost P. Chaîne de décontamination. La solution UTILIS. *Urgence Pratique* 2003; 58:81-82.
144. Fuilla C, Renaudeau C, Rüttimann M, Dorandeu F. Centre d'accueil des contaminés chimiques. *Urgence Pratique* 2003; 58:99-102.
145. Baud F. Prise en charge hospitalière des victimes d'accident chimique. *Urgence Pratique* 2003; 58:95-97.
146. Prise en charge médicale des victimes en zone d'exclusion du plan PIRATOX zonal: Groupe de travail "Médicalisation du Plan PIRATOX" Zone de défense de PARIS, 2005:16.

* * * * *

Devise du Baron Percy

Allez où la Patrie et l'Humanité vous appellent ! Soyez-y toujours prêts à servir l'une et l'autre et, s'il le faut, sachez imiter ce de vos généreux compagnons qui, au même poste, sont morts martyrs de ce dévouement intrépide et magnanime qui est le véritable acte de Foi des hommes de notre état.

Baron Percy (1754 – 1825)
Chirurgien en chef de la Grande Armée
Aux Chirurgiens sous aides
1811