

Guide pour le prélèvement des agents de guerre chimiques, des toxiques industriels chimiques et des toxines

Auteurs

Martine BARBE LEBORGNE	Laboratoire central de la préfecture de police (LCPP)
Patrick BRETON	DGA Maîtrise NRBC
Yann DAVION	Cellule Nationale Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique (C2NRBC) de la Gendarmerie Nationale
Patrick DIDIER	Cellule Nationale Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique (C2NRBC) de la Gendarmerie Nationale
Jessica DUTT	Cellule Nationale Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique (C2NRBC) de la Gendarmerie Nationale
François FONTAINE	INERIS
Yannick JUILLET	DGA Maîtrise NRBC
Jérôme LASTAPIS	Cellule Nationale Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique (C2NRBC) de la Gendarmerie Nationale
Karine TACK	INERIS
Philippe VUYLSTECKE	Cellule Nationale de Conseil (CNC) de la Direction de la Sécurité Civile

Sommaire

Guide pour le prélèvement des agents de guerre chimiques, des toxiques industriels chimiques et des toxines.....	1
Auteurs	2
Sommaire	3
Chapitre 1 - Contexte.....	7
1.1 Introduction	7
1.2 Recueil et organisation de l'information.....	8
Chapitre 2 Caractérisation des agents chimiques toxiques.....	10
2.1 Les agents de guerre chimiques	10
2.1.1 Les neurotoxiques organophosphorés	10
2.1.2 Les vésicants	10
2.1.3 Les toxiques généraux.....	10
2.1.4 Les suffocants.....	10
2.1.5 Les incapacitants	10
2.1.6 Les irritants.....	10
2.2 Les Toxiques Industriels Chimiques (TICs)	11
2.3 Les toxines.....	12
Chapitre 3 Détection sur le terrain des agents chimiques (toxiques de guerre et TICs) 29	
3.1 Introduction	29
3.2 Critères de sélection	29
3.2.1 Sélectivité	29
3.2.2 Sensibilité / Seuil de détection	29
3.2.3 Temps de réponse.....	29
3.2.4 Interférents	30
3.2.5 Agent chimique détecté.....	30
3.2.6 Etat de la substance détectable	30
3.2.7 Type d'alarme	30
3.2.8 Portabilité	30
3.2.9 Autonomie.....	30
3.2.10 Durée de mise en route.....	30
3.2.11 Environnement opérationnel	30
3.2.12 Résistance aux chocs.....	30
3.2.13 Niveau de compétence	31
3.2.14 Coût	31
3.3 Aperçu des technologies existantes pour la détection locale	31
3.3.1 Spectrométrie par mobilité ionique (IMS)	31
3.3.2 Détection par photométrie de flamme (FPD).....	32
3.3.3 Spectroscopie infrarouge.....	33
3.3.4 Spectroscopie Raman	35
3.3.5 Capteurs électrochimiques	36

3.3.6	Capteurs à onde acoustique de surface (SAW)	37
3.3.7	Détection colorimétrique	38
3.3.8	Détection par photo-ionisation (PID)	39
3.3.9	Détection par chromatographie gazeuse – spectrométrie de masse (GC-MS)	40
3.3.10	Multi-Détecteurs	41
3.4	Spécifications techniques des appareils de détection de terrain	43
Chapitre 4 Stratégie de prélèvement		54
4.1	Principes généraux d'une mission de prélèvement	54
4.1.1	Contexte	54
4.1.2	Priorités	54
4.1.3	Caractéristiques	54
4.1.4	Mode opératoire	55
4.1.5	Définitions	55
4.2	Organisation de la mission de prélèvement	56
4.2.1	Préparation	56
4.2.2	Phase de reconnaissance	56
4.2.3	Phase de prélèvements	58
4.2.4	Décontamination et conditionnement des échantillons	58
4.2.5	Gestion des déchets	59
4.3	Organisation d'une équipe de prélèvement (sauf attentat par explosif)	59
4.3.1	Composition	59
4.3.2	Personnels en zone d'exclusion	59
4.3.3	Personnel additionnel	61
Chapitre 5 Prélèvements environnementaux		62
5.1	Généralités sur le prélèvement	62
5.1.1	Préambule	62
5.1.2	Pertinence du prélèvement	62
5.1.3	Intégrité de l'échantillon	62
5.2	Les prélèvements de solides	62
5.2.1	Recommandations générales	62
5.2.2	Matrices et méthodes appropriées	63
5.2.3	Matériels de prélèvement	63
5.3	Les prélèvements de liquides	64
5.3.1	Recommandations générales	64
5.3.2	Matrices et méthodes appropriées	64
5.3.3	Matériels de prélèvement	64
5.4	Les prélèvements de gaz	64
5.4.1	Recommandations générales	64
5.4.2	Méthodes de prélèvement	65
5.5	Prélèvements d'agents dispersés sous forme d'aérosol	69
5.6	Prélèvements particuliers	69
5.6.1	Recommandations générales	69
5.6.2	Méthodes appropriées	70
5.6.3	Matériels de prélèvement	70
5.7	Traçabilité	70
5.7.1	Objectif	70
5.7.2	Codification de l'échantillon	71

5.7.3	Fiches de renseignement	71
Chapitre 6 Préservation, transport, réception et conservation au laboratoire		73
6.1	Préservation de l'échantillon	73
6.1.1	Conditionnement : choix du contenant (emballage primaire)	73
6.1.2	Risque de contamination croisée	73
6.2	Sécurisation de l'échantillon	74
6.2.1	Objectif	74
6.2.2	Nettoyage préliminaire de l'emballage de l'échantillon	74
6.2.3	Décontamination	74
6.2.4	Contrôle de décontamination	74
6.3	Transport de l'échantillon	74
6.3.1	Délai	74
6.3.2	Conditionnement des échantillons pour le transport	74
6.4	Réception au laboratoire, stockage et chaîne de traçabilité	75
6.4.1	Introduction	75
6.4.2	Contrôle de traçabilité	75
6.4.3	Contrôle de l'échantillon	75
6.4.4	Manipulation et stockage de l'échantillon	75
GLOSSAIRE.....		76
ANNEXES.....		79
BIBLIOGRAPHIE		83

Chapitre 1 - Contexte

1.1 Introduction

Le réseau des laboratoires BIOTOX – PIRATOX a été mis en place en 2003 dans le cadre des plans gouvernementaux BIOTOX – PIRATOX.

Il est constitué d'une centaine de laboratoires civils et militaires aptes à recevoir, aux fins d'analyses, des échantillons chimiques et biologiques, d'origine humaine et d'origine environnementale, prélevés sur le site d'attentats avérés ou suspectés. Cependant, en termes de finalités, l'action du réseau se différencie clairement de celle menée par les services de recherche criminelle dans le domaine de la preuve.

Dans le domaine de la chimie par exemple, les laboratoires auront pour rôle, en période de crise :

- l'identification de l'agent ;
- l'évaluation des impacts sanitaires et environnementaux (air, eau, sols, végétaux, ...etc) ;
- la détermination du niveau de crise (les résultats d'analyses déterminant le moment de sortie de crise et/ou le retour à la normale).

Le réseau couvre géographiquement l'ensemble du territoire français. Il est organisé en trois niveaux ; les deux premiers sont structurés à l'échelle zonale, le troisième est national :

- Les laboratoires de premier niveau constituent le niveau « sentinelle ». Ils assurent les missions de prélèvements, conditionnements et transports des échantillons humains et environnementaux vers les laboratoires référents de niveau 2.
- Les laboratoires de second niveau, recensés aujourd'hui autour d'une centaine, offrent une couverture nationale d'analyses :
 - o en santé humaine ;
 - o en chimie-toxicologie environnementale, pour la chaîne alimentaire...

Ce sont les laboratoires de référence pour les zones de défense ou associés en charge de l'analyse de prélèvements d'environnement ou de prélèvements humains.

o

- Les laboratoires de troisième niveau représentent le niveau national de référence ; il associe notamment les CNR, l'INERIS, la DGA - Maîtrise NRBC, l'IRBA-CRSSA.

Le réseau des laboratoires BIOTOX – PIRATOX a pour mission d'offrir une capacité d'analyse, mobilisable pour les cas suivants :

- Découverte de plis, colis et substances suspectés de contenir des agents biologiques, chimiques ou radiologiques dangereux ;
- Actes malveillants visant la faune, la flore, les transports de substances chimiques et biologiques ainsi que la chaîne alimentaire et l'approvisionnement en eau potable, ...etc ;
- Présence de victimes et impliqués dans des actes d'agression et de terrorisme, à caractère chimique ou biologique, visant directement ou indirectement des personnes.

Le nombre, la diversité et la typologie des laboratoires du réseau (santé humaine, chimie-toxicologie environnementale, chaîne alimentaire, eau potable, ...etc) ont rendu nécessaire l'élaboration de lignes-guides spécifiques qu'il faut considérer comme un niveau de référence minimal permettant un mode de prélèvement homogène des échantillons destinés aux laboratoires d'analyses.

Ce présent « **guide de prélèvement des agents de guerre chimiques, des toxiques industriels chimiques et des toxines** » est organisé autour de six chapitres, il a pour ambitions :

- la pertinence du prélèvement quels que soient la nature et le contexte de l'évènement ;
- la sécurisation du prélèvement en termes de représentativité de l'échantillon, de sa préservation, de son intégrité et de sa traçabilité jusqu'au moment de son analyse ;
- la sécurisation du (des) préleveur(s) comme du personnel de laboratoire qui assurera la réception et l'analyse de l'échantillon. La levée de doute lors du prélèvement de la pollution de l'échantillon par des traces d'agents radiologiques pendant la phase de reconnaissance est à ce titre une information des plus précieuses.

Le présent guide ne s'intéresse pas aux réseaux d'eau de consommation qui font l'objet d'une organisation particulière (réseau Biotox-Piratox Eau) auxquels se rattache un certain nombre de documents.

1.2 Recueil et organisation de l'information

Le réseau des laboratoires environnementaux est organisé autour de la circulaire 750/SGDN/PSE/PPS/CD (classifiée) relative aux «découvertes de plis, colis et substances suspectés de contenir des agents biologiques, chimiques ou radiologiques dangereux» adossée à la Cellule Nationale de Conseil (CNC), placée auprès du Ministre de l'Intérieur. La CNC, implantée à la direction de la sécurité civile, a été mise en place en 2003 pour faire face aux afflux d'enveloppes et colis suspectés de contenir de l'anthrax (le bacille du charbon) qu'a connu la France, fin 2001 et en 2002.

Le dispositif s'appuie dans un premier temps sur la pertinence des éléments recueillis et des premières mesures prises par les services de police et de gendarmerie assistés, dans leur démarche de levée de doute, par la CNC ; puis, seulement en cas de doute ou de menace réelle, sur les services spécialisés NRBC-E, les experts et les laboratoires du réseau national Biotox-Piratox.

En 2006, le Ministère de l'Intérieur a rédigé une note visant à renforcer le suivi des prélèvements envoyés à l'analyse dans les laboratoires spécialisés. Dans ce cadre, une fiche de traçabilité a été élaborée et doit être jointe à toute demande d'analyse.

Ces éléments sont actuellement en cours de refonte à la date de rédaction du présent guide. Une version déclassifiée de la circulaire 750 et de ses annexes, devrait être disponible au cours de l'année 2011. A cette nouvelle version, seront associées la « fiche de signalement RBC » et la « fiche d'accompagnement de prélèvements RBC ».

Certains éléments de procédure doivent être détaillés tout particulièrement en ce qui concerne les aspects d'évaluation des risques liés à la manipulation d'échantillons.

Il est ainsi souhaitable que les équipes de prélèvement alertent de manière précoce la CNC et lui communiquent systématiquement, a minima par téléphone et de manière privilégiée par courriel, les informations qu'ils jugent indispensables d'être portées à la connaissance des laboratoires d'analyses ; ces informations auront trait à :

- L'origine de la saisine, en particulier l'identité du requérant ;
- La localisation précise de l'événement (positionnement GPS si disponible) ;
- La description de la nature de l'événement ;
- La description de l'élément suspect ou de la substance ;
- La description de la matrice de prélèvement ;
- Les éléments d'information sur la réalisation du prélèvement (Cf. chapitre 5) ;
- Les éléments permettant d'identifier des symptômes éventuels et d'évaluer la gravité potentielle des conséquences, en particulier sur les décédés, les blessés ou contaminés, symptomatiques ou asymptomatiques (personnes et intervenants au contact de la substance, personnes et intervenants dans l'environnement de la substance) ;
- Les éléments sur la dangerosité de la substance et sur la nature des détections ayant été effectuées ;
- Les éléments de levée de doute quant à la contamination de l'échantillon par des agents radiologiques ;
- Les dispositions prises pour maintenir l'intégrité de l'échantillon pendant son transport.

L'ensemble de ces informations, décrites dans les deux fiches pré-citées, accompagnera l'échantillon dans un pli séparé, qui pourra être fixé par exemple à l'extérieur du conditionnement (carton, boîte...), disponible sans qu'il soit besoin de l'ouvrir (Cf. 5.7.2).

Ce guide s'inscrit donc très logiquement dans la filière de la preuve dans la mesure où il traite en particulier du recueil de l'échantillon et de son analyse en laboratoire (analyse non abordée dans ce guide). En revanche, Il ne traite pas des aspects organisationnels, c'est-à-dire du rôle des intervenants, ni des relations entre les intervenants et les donneurs d'ordre : préfets, juges, ...etc.

Chapitre 2

Caractérisation des agents chimiques toxiques

2.1 Les agents de guerre chimiques

Plusieurs modes de classification sont utilisés pour différencier les différents agents de guerre chimiques. La classification choisie permet de distinguer les toxiques en fonction des effets qu'ils produisent sur l'organisme humain¹.

2.1.1 Les neurotoxiques organophosphorés

Ils pénètrent dans l'organisme par les voies respiratoires mais également par voies cutanées et agissent sur le système nerveux en inhibant l'acétylcholinestérase, une enzyme qui intervient dans le mécanisme de la transmission nerveuse au niveau des synapses. L'inhibition de la cholinestérase se manifeste donc par l'accumulation de l'acétylcholine et la transmission ininterrompue aux organes d'ordres qui ne sont plus donnés par le cerveau. Cette pathologie est particulièrement grave au niveau du système nerveux central et des systèmes respiratoire et circulatoire. Elle se manifeste par une contraction pupillaire intense qui diminue notablement la faculté de vision, accompagnée d'une sensation de constriction thoracique. Surviennent ensuite les hypersalivations, la démixtion et la défécation involontaires, les convulsions et les contractions musculaires suivies d'un ralentissement progressif des mouvements respiratoires et du cœur, et finalement la mort.

2.1.2 Les vésicants

Les vésicants produisent sur la peau ou les muqueuses des vésications et des brûlures caractéristiques. Leur persistance est importante et leur action s'étend largement dans le temps.

2.1.3 Les toxiques généraux

Parmi ces toxiques, il existe des toxiques de l'oxygénation (acide cyanhydrique, chlorure de cyanogène...). Bien qu'ils ne lèsent aucun tissu constitutif, ils entraînent après inhalation la mort rapide, en perturbant l'utilisation de l'oxygène par les tissus.

2.1.4 Les suffocants

Ces substances très volatiles n'agissent que sur les poumons et les voies respiratoires supérieures et provoquent de graves lésions causant la mort par asphyxie. Ils agissent sur les poumons de manière irréversible, les tissus atteints sont détruits et par la suite, incapables de reprendre leur fonction.

2.1.5 Les incapacitants

Ces substances ont pour effet de mettre l'adversaire hors de combat pendant une période plus ou moins longue. Ces agents se distinguent des agents irritants car ils visent à affecter la capacité de l'adversaire à combattre pendant une longue durée et non uniquement à le mettre en fuite comme lors d'une opération de maintien de l'ordre.

Les principaux incapacitants sont le benzilate de quiniclidinol (BZ), le LSD, la mescaline et la psilocybine. Le BZ provoque à de très faibles doses une profonde sédation doublée de confusion mentale.

2.1.6 Les irritants

Ces produits excitent les terminaisons nerveuses des nerfs sensitifs, en particulier au niveau des muqueuses.

Les *irritants respiratoires* stimulent les terminaisons nerveuses des voies respiratoires supérieures, et provoquent, quelques instants après, une sensation de brûlure et certains réflexes (hypersécrétion nasale, salivaire et bronchique, toux, vomissements et diminution de la ventilation pulmonaire).

Les *lacrymogènes*, employés dans les opérations de maintien de l'ordre, excitent les terminaisons nerveuses des muqueuses oculaires. Leur action se traduit par une sensation de douleur prononcée, par des sécrétions abondantes de larmes, et des clignements effrénés des paupières, qui privent l'individu de toute vision pendant la durée de l'excitation.

Le Tableau 1 résume les principales caractéristiques² des toxiques, mais n'a aucune prétention d'exhaustivité.

2.2 Les Toxiques Industriels Chimiques (TICs)

Contrairement aux toxiques de guerre, les TICs ne peuvent être classés de façon aussi précise en fonction de leur seul effet sur l'organisme humain. En effet, de par leurs propriétés physico-chimiques, les TICs peuvent être dangereux, à la fois en raison de leur effet sur la santé humaine, mais également en raison des dégâts qu'ils peuvent provoquer en lien avec leur capacité intrinsèque d'inflammation, d'explosion, ... etc. ou en interaction avec d'autres substances réactives.

De ce fait, le classement des TIC's présentés dans le tableau 2 est réalisé par ordre alphabétique.

Les TICs décrits ici sont ceux retenus par l'OTAN [FM8-9, OTAN]³ ; cependant d'autres molécules chimiques toxiques existent (liste non exhaustive).

Les caractéristiques détaillées sont :

- le nom de l'agent chimique ;
- sa formule chimique ;
- son aspect (gaz ou liquide) à 25°C ;
- sa concentration de vapeur saturante qui est la concentration de la vapeur en équilibre avec la substance pure, valeur (en g/m³) obtenue directement à partir de la pression de vapeur saturante (en kPa). De ce fait, en l'absence d'information sur la concentration de vapeur saturante, une valeur de pression de vapeur est alors indiquée dans le tableau ;
- son action toxicologique et sa réactivité lorsque celle-ci est connue ;
- sa rapidité d'action sur l'organisme. Cependant, les temps de réaction dépendent fortement des concentrations impliquées et/ou des quantités utilisées, du temps d'exposition et de la zone d'exposition (milieu confiné ou non).

Il faut également noter qu'aucune hiérarchisation de la gravité des effets toxiques n'a été réalisée dans le tableau 2.

2.3 Les toxines

Les toxines sont des substances toxiques élaborées par des organismes unicellulaires ou pluricellulaires (bactéries, animaux et végétaux) d'une extrême hétérogénéité chimique et structurale (en majorité non macromoléculaires) à propriétés physico-chimiques et biologiques très variées.

Elles peuvent être classées :

- **selon leur origine ou leur effet biologique (Tableau 3)**

D'un point de vue fonctionnel, la classification des toxines repose sur un effet biologique majeur ou sur une affinité particulière pour un tissu (neurotoxines, hépatotoxines, ...). C'est cette approche qui est plutôt privilégiée dans le tableau suivant mais l'origine comme la nature chimique sont également mentionnées.

Les toxines semblent agir selon deux grands types de mécanismes :

- destruction ou désorganisation de structures cellulaires spécifiques : c'est le cas des **toxines cytolitiques** (produisant l'hémolyse par exemple). Ces toxines ont pour cible la membrane cytoplasmique des cellules eucaryotes dont elles désorganisent la structure en y provoquant le cas échéant, la lyse. Les mécanismes impliqués dans les effets pathogènes de ces toxines concernent non seulement la désorganisation des cellules hôtes mais également leur propriété à provoquer, à doses sublytiques, des effets tels qu'apoptose des cellules cibles, perturbation des mécanismes de défense non spécifiques, dérégulation de nombreux systèmes physiologiques. L'epsilon toxine est un peu particulière puisqu'à tropisme nerveux (c'est à la fois une cytotoxine et une neurotoxine).
- inhibition ou blocage de fonctions cellulaires spécifiques : c'est le cas des **cytotoxines** parmi lesquelles nous avons distingué l'important groupe des **neurotoxines** qui, par leur extraordinaire diversité tant sur le plan de leur structure, de leur origine ou de leurs modes d'action, met clairement en évidence le risque qu'elles peuvent représenter.

Ces toxines agissent en effet sur toutes les étapes de la transmission nerveuse selon des mécanismes plus ou moins complexes. Ils intéressent :

- la libération du neurotransmetteur : c'est le cas par exemple des toxines clostridiales (toxines botuliques, toxine tétanique) ;
- la dégradation du neurotransmetteur comme les fasciculines extraites des venins de serpents du genre Mamba (inhibition non compétitive de l'acétylcholinestérase) ;
- le site récepteur du neurotransmetteur ;
- les transferts ioniques au niveau des canaux ioniques (ex. : saxitoxines).

Ne sont mentionnées dans le tableau que les toxines souvent citées dans le cadre de scénarios du risque biologique (principalement des toxines marines ou phycotoxines et les toxines botuliques).

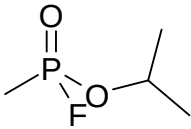
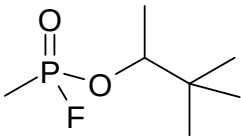
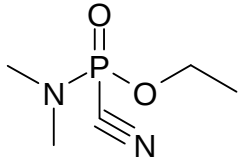
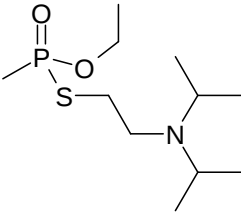
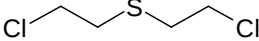
Les autres cytotoxines souvent mentionnées concernent :

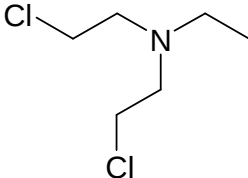
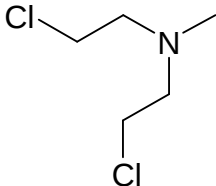
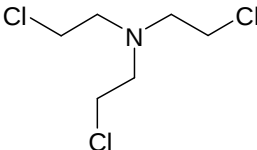
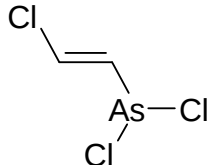
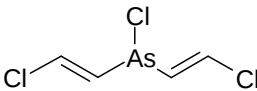
- les **ribotoxines** avec atteinte sélective des ribosomes des cellules eucaryotes conduisant à l'arrêt de la synthèse protéique et la mort des cellules (on trouve dans cette catégorie des toxines végétales ou phytotoxines et certaines toxines d'origine bactérienne) ;
- les **hépatotoxines** (microcystines) à sélectivité hépatique (le foie est la cible principale mais le mécanisme d'action de ces toxines est encore imparfaitement connu)
- les toxines qui ne semblent pas avoir d'organe cible vraiment spécifique et dont le mécanisme d'action est peu connu (que nous avons désigné par toxines à atteinte systémique).

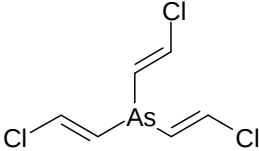
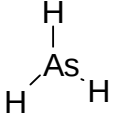
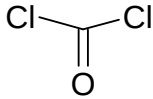
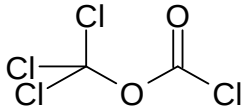
- **selon leur nature chimique (Tableau 4)**

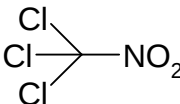
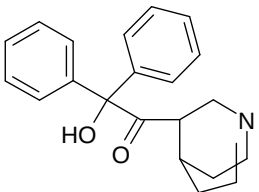
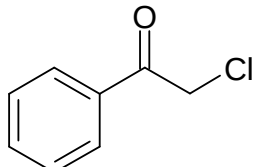
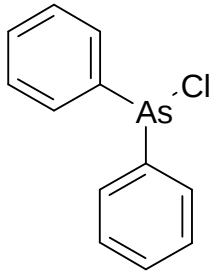
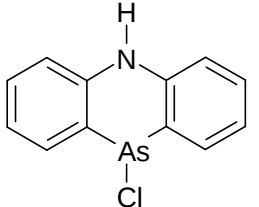
La distinction est souvent faite entre toxines protéiques et non protéiques. L'importance de cette distinction ne doit pas être négligée car elle entre pour une grande part dans l'évaluation des méthodes de production possibles et des méthodes d'analyse.

Tableau 1 - Liste des principaux agents de guerre chimiques

Type	Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Tension de vapeur (mmHg)	Point d'ébullition	Masse molaire (g/mol)	Action physiologique	Rapidité d'action
Neurotoxiques	Sarin ; GB		Liquide incolore	Inodore	2,9 à 25°C	158°C	140	Nausées, détresse respiratoire, lésions du système nerveux, convulsions, mort	Très rapide (quelques minutes)
	Soman ; GD		Liquide incolore à brun foncé	Odeur de camphre	0,4 à 25°C	198°C	183	Nausées, détresse respiratoire, lésions du système nerveux, convulsions, mort	Très rapide (quelques minutes)
	Tabun ; GA		Liquide incolore	Odeur de fruit	0,037 à 20°C	240°C	163	Nausées, détresse respiratoire, lésions du système nerveux, convulsions, mort	Très rapide (quelques minutes)
	VX		Liquide ambré	Inodore	0,0007 à 20°C	298°C	268	Nausées, détresse respiratoire, lésions du système nerveux, convulsions, mort	Très rapide (quelques minutes) Absorbé lentement par la peau mais 100 fois plus toxique que le sarin par cette voie. Le plus toxique des neurotoxiques chimiques.
Vésicants	Ypérite ; HD		Liquide huileux jaune marron	Odeur de moutarde ou d'ail	0,072 à 20°C	217°C	159	Brûlures cutanées, cloques contenant un liquide jaunâtre, nécrose des tissus, détresse respiratoire, lésions oculaires jusqu'à l'aveuglement, mort	De quelques heures à quelques jours

Type	Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Tension de vapeur (mmHg)	Point d'ébullition	Masse molaire (g/mol)	Action physiologique	Rapidité d'action
Vésicants	Moutarde à l'azote; HN-1		Liquide huileux sombre, incolore à l'état pur	Odeur de poisson ou de moisi	0,24 à 25°C	194°C	170	Cloques, destruction des tissus et des cellules sanguines, atteinte du système respiratoire	Plus de 12 heures
	Moutarde à l'azote; HN-2		Liquide incolore à l'état pur	Odeur de savon ou de fruit	0,29 à 20°C	75°C à 15mmHg	156	Cloques, destruction des tissus et des cellules sanguines, bronchopneumonie possible après 24 heures	Plus de 12 heures pour la peau, très rapide pour les yeux
	Moutarde à l'azote ; HN-3		Liquide huileux sombre, incolore à l'état pur	Inodore	0,0109 à 25°C	256°C	204,5	Cloques, destruction des tissus et des cellules sanguines, bronchopneumonie possible après 24 heures	De quelques heures à quelques jours
	Lewisite I		liquide jaune clair	Odeur de géranium	0,394 à 20°C	190°C	207,5	Cloques, destruction des tissus et des cellules sanguines irritant pour les bronches que l'ypérite, plus absorbable par la peau et provoquant l'éternuement	Rapide
	Lewisite II		Liquide incolore	Odeur de géranium			233,5	Moins irritant pour la peau, mais beaucoup plus actif pour le système respiratoire	Rapide

Type	Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Tension de vapeur (mmHg)	Point d'ébullition	Masse molaire (g/mol)	Action physiologique	Rapidité d'action
Vésicants	Lewisite III		Liquide incolore	Odeur de géranium			259,5	Beaucoup moins irritant que les premiers mais violent sternutatoire	Rapide
Toxiques généraux	Acide cyanhydrique AC	$\text{H}-\equiv\text{N}$	Gaz incolore	Odeur caractéristique d'amande amère	742 à 25°C	25,7°C	27	Empêche la cellule d'utiliser son oxygène. Confusion, maux de tête, nausées, détresse respiratoire, évanouissement, mort	Très rapide (quelques minutes)
	Chlorure de cyanogène ; CK	$\text{Cl}-\equiv\text{N}$	Gaz incolore	Odeur acre	1000 à 25°C	12,8°C	61,5	Irrite, ralentit la respiration	Très rapide (quelques minutes)
	Arsine ; SA		Gaz incolore	Odeur d'ail	11100 à 20°C	-62,5°C	78	Endommage le sang, le foie et les reins	De 2 heures à 11 jours
Suffocants	Phosgène ; CG		Gaz incolore se liquéfiant facilement	Odeur d'herbe coupée	1,173 à 20°C	7,6°C	99	Œdème pulmonaire	Différée
	Diphosgène ; DP		Liquide huileux incolore	Odeur d'herbe coupée	4,2 à 20°C	128°C	198	Œdème pulmonaire	Différée

Type	Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Tension de vapeur (mmHg)	Point d'ébullition	Masse molaire (g/mol)	Action physiologique	Rapidité d'action
Incapacitants	Chloropicrine ; PS		Liquide	Odeur acre	18,3 à 20°C	112°C	164,5	Larmes, vomissements	Instantanée
	Benzilate de quinuclidinol ; BZ		Cristal blanc	Inodore	0,03 à 70°C	320°C	337	Vomissements, bouche sèche, vision trouble, stupeur, confusion mentale	De 1 à 4 jours en fonction de l'exposition
	Chloroacéto phénone ; CN		Solide	Odeur de pomme	0,0041 à 20°C	248°C	154,5	Irritation des yeux et du tractus respiratoire	Instantanée
Irritants respiratoires	Diphenyl chloroarsine ; DA		Solide blanc à marron	Inodore	0,0036 à 45°C	333°C	264,5	Mal de tête, nausées, vomissements	Très rapide (quelques minutes)
	Adamsite ; DM		Solide jaune à vert	Inodore	Négligeable	410°C	277,5	Mal de tête, nausées, vomissements	Très rapide (quelques minutes)

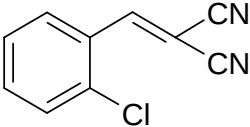
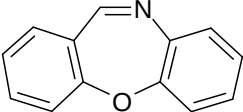
Type	Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Tension de vapeur (mmHg)	Point d'ébullition	Masse molaire (g/mol)	Action physiologique	Rapidité d'action
Agents de maintien de l'ordre	O-chlorobenzyl malonitrile ; CS		Solide blanc	Odeur de poivre	0,00034 à 20°C	310°C	188,6	Irritation des yeux et du tractus respiratoire	Instantanée
	Dibenz-(b,f)-1,4-oxazepine ; CR		Solide cristallin jaune	Sensation de chaleur	0,00059 à 20°C	335°C	195	Irritation des yeux, de la peau, du nez et de la gorge	Instantanée

Tableau 2 - Liste des principaux toxiques industriels chimiques (TICs)

Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Concentration de vapeur saturante (g/m ³)	Action physiologique	Réactivité ⁴	Rapidité d'action
Acide chlorhydrique ⁵	HCl	Gaz mais souvent en solution aqueuse très concentrée	Odeur acide	63 125 à 20°C	Suffocant, corrosif pour la peau et les muqueuses (oculaires et respiratoires) en contact, toux, dyspnée, œdème pulmonaire retardé si inhalation des vapeurs, hémorragies digestives, perforations œsophagiennes et gastriques (si ingestion), mort	Risque d'explosion et d'incendie (source secondaire)	Quelques minutes à quelques heures. Effets retardés possibles
Acide fluorhydrique ⁶	HF	Liquide incolore fumant	Odeur très irritante	855	Hypocalcémie, brûlures caustiques immédiates de la peau et des muqueuses en contact avec aggravation secondaire, hyperhémie conjonctivale, œdème pulmonaire, vomissements fréquents, parfois sanglants, convulsions, troubles cardiaques, hémorragies digestives, perforations œsophagiennes et gastriques (si ingestion), mort	Risque d'explosion et d'incendie (source secondaire)	Quelques minutes à quelques jours selon le mode de contamination et la concentration. Effets retardés possibles
Acide nitrique ⁷	HNO ₃	Liquide incolore	Odeur suffocante	Pression de vapeur = 6,8 kPa à 20°C	Suffocant, corrosif pour la peau et les muqueuses (oculaires et respiratoires) en contact, hyperhémie conjonctivale, toux, dyspnée, œdème pulmonaire retardé si inhalation des vapeurs, hémorragies digestives, perforations œsophagiennes et gastriques (si ingestion), mort	Risque d'explosion et d'incendie (source secondaire)	Quelques minutes à quelques heures. Effets retardés possibles.
Acide sulfurique ⁸	H ₂ SO ₄	Liquide incolore de consistance sirupeuse	Inodore	4.10 ⁻⁴ à 20°C	Corrosif pour la peau et les muqueuses (oculaires et respiratoires) en contact, hyperhémie conjonctivale, toux, dyspnée, œdème pulmonaire retardé si inhalation des vapeurs, hémorragies digestives, perforations œsophagiennes et gastriques (si ingestion), mort	Risque d'explosion et d'incendie (source secondaire)	Quelques minutes à quelques heures

Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Concentration de vapeur saturante (g/m ³)	Action physiologique	Réactivité ⁴	Rapidité d'action
Acroléine ⁹	CH ₂ =CH-CHO	Liquide incolore ou légèrement jaunâtre	Odeur désagréable, âcre et pénétrante	675 à 20°C	Irritant, lacrymogène, dyspnée, intoxication systémique possible, nausées, vomissement, trouble de la tension artérielle, détresse respiratoire, coma, mort	-	Très rapide (1 min en milieu clos)
Acrylonitrile ¹⁰	CH ₂ =CH-CN	Liquide incolore ou jaunâtre	Odeur légèrement piquante ou âcre	255 à 20°C	Irritation cutanée, phlyctènes, irritation, des voies nasales, des voies respiratoires supérieures, irritation oculaire, vomissements, céphalées, asthénie, coma, mort	Explosif en présence d'acides forts, d'oxydants, d'halogénés (Br)...Dégradation en HCN à haute température,	Très rapide (quelques minutes à quelques heures)
Ammoniac ¹¹	NH ₃	Gaz incolore	Odeur piquante	5990	Atteinte de la peau et des muqueuses (oculaires et respiratoires) en contact, toux, dyspnée, œdème pulmonaire parfois retardé, mort.	Explosion au contact de l'air si 15 à 28% (V/V). Réaction violente avec oxydes et peroxydes	Quelques minutes à quelques heures. Effets retardés possibles
Bromure d'hydrogène ¹²	HBr	Gaz liquéfié incolore	Odeur piquante	73 000 à 20°C	Toxique par inhalation, très corrosif pour les yeux, la peau et le système respiratoire, mort	-	Quelques minutes à quelques heures
Chlore ¹³	Cl ₂	Gaz de couleur jaune verdâtre	Odeur piquante et suffocante	18 240	Broncho constriction, suffocant (toux, dyspnée), irritations respiratoires et oculaires, RADS, expectoration sanglante, mort	-	Très rapide (quelques minutes) mais peut aussi agir en différé (quelques minutes à quelques jours)

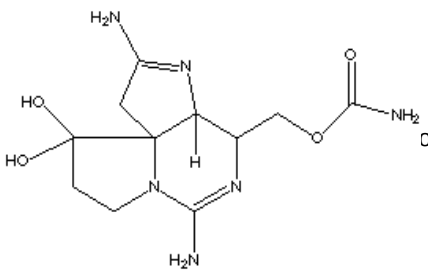
Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Concentration de vapeur saturante (g/m ³)	Action physiologique	Réactivité ⁴	Rapidité d'action
Diborane ¹⁴	B ₂ H ₆	Gaz incolore	Odeur nauséuse	Pression de vapeur = 2800 kPa à 0°C	Irritation des voies respiratoire, œdème pulmonaire	Agent réducteur, inflammation spontanée à l'air, explosif au contact de substances halogénées ou oxygénées	Très rapide
Dioxyde de soufre ¹⁵	SO ₂	Gaz incolore	Odeur très piquante très irritante	8675	Broncho-constricteur, sensibilisant respiratoire, irritation cutanée, brûlure cornéenne, bronchiolite, œdème pulmonaire, mort	-	Quelques minutes à quelques heures
Disulfure de carbone ¹⁶	S=C=S	Liquide incolore quand il est pur mais le plus souvent jaunâtre, en raison des impuretés soufrées	Odeur faible éthérée, à l'état pur, à odeur désagréable	Très volatil, Pression de vapeur = 48 kPa à 20°C	Vésicules épidermiques et sous-épidermiques par contact, effets neurologiques, rénaux et hépatiques, atteintes cardio-vasculaires, coma, mort	hautement inflammable au contact de l'air	Plusieurs heures à plusieurs jours
Ethyl-Parathion ¹⁷	C ₁₀ H ₁₄ NO ₅ P S	Liquide jaune à brun foncé	Odeur alliacée	Pression de vapeur = 7,6.10 ⁻⁷ kPa à 20 °C	Puissant inhibiteur des cholinestérases. Toxique par inhalation, ingestion et par contact cutané. Vomissements, diarrhées, encombrements bronchiques, œdème broncho-alvéolaire, trouble neurologique, atteinte du SNC, mort	Se décompose avec des risques d'explosion à des températures supérieures à 100°C	Quelques minutes à plusieurs heures après l'exposition
Fluor ¹⁸	F ₂	Gaz de couleur jaunâtre presque incolore	Odeur caractéristique repoussante	ND	Gaz irritant et vésicant, irritation des yeux et de la peau, œdème pulmonaire, mort	Explosion à température ambiante en présence d'hydrogène. Décomposition violente au contact de l'eau avec formation de OF ₂ et HF	Mortalité constatée, selon concentration, dans les quelques minutes à 18 H suivant l'exposition

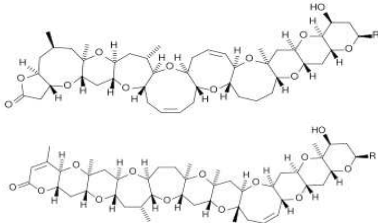
Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Concentration de vapeur saturante (g/m ³)	Action physiologique	Réactivité ⁴	Rapidité d'action
Formaldéhyde ¹⁹	H ₂ C=O	Gaz incolore	Odeur piquante et suffocante	5420	Irritant, les vapeurs induisent une irritation des voies respiratoires et des muqueuses oculaires, irritation cutanée, œdème pulmonaire aigu, ulcérations trachéales et bronchiques, mort	-	Quelques minutes à quelques heures
Hexafluorure de tungstène ²⁰	WF ₆	Gaz liquéfié incolore	Odeur piquante	Pression de vapeur = 110 kPa à 20°C	Toxique par inhalation, très corrosif pour les yeux, la peau et le système respiratoire, maux de tête, nausées, œdème pulmonaire, mort	-	Quelques minutes à quelques heures. Effets retardés possibles
Oxyde d'éthylène ²¹	C ₂ H ₄ O	Gaz incolore (liquide en dessous de 10°C)	Odeur douceâtre proche de la pomme talée	2630	L'inhalation brève de fortes concentrations (plusieurs centaines de ppm) provoque l'irritation des yeux et des voies respiratoires (dyspnée, cyanose et, au maximum, œdème pulmonaire), des troubles digestifs (nausée, vomissement, diarrhée) et neurologiques (céphalées, somnolence, faiblesse musculaire, incoordination voire convulsion)	Composé extrêmement réactif, très inflammable, réagit violemment ou peut polymériser de façon explosive à haute température	Rapide
Sulfure d'hydrogène ²²	H ₂ S	Gaz incolore	Odeur d'œuf pourri	25 170 à 20°C	Irritant et anoxiant, perte de connaissance, coma parfois convulsif, troubles respiratoires (dyspnée, cyanose voire œdème pulmonaire), anosmie, troubles du rythme cardiaque, mort	gaz très inflammable, composé réducteur qui peut réagir dangereusement (risque d'inflammation spontanée et d'explosion) avec les agents oxydants.	Très rapide (quelques minutes)
Trichlorure de bore ²³	BCl ₃	Gaz liquéfié incolore ou liquide fumant	Odeur âcre	ND	Brûlure (yeux, peau, poumons), détresse respiratoire, œdème du poumon, mort	-	Très rapide mais les effets peuvent être retardés

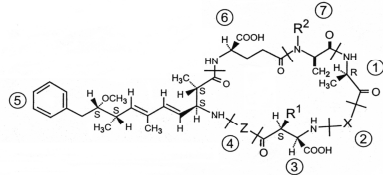
Agent chimique	Formules	Aspect à 25°C	Odeur	Concentration de vapeur saturante (g/m ³)	Action physiologique	Réactivité ⁴	Rapidité d'action
Trichlorure de phosphore ²⁴	PCl ₃	liquide incolore ou jaune, fumant	Odeur âcre	Pression de vapeur = 12,7 kPa à 20°C	Sensation de brûlure, toux, diarrhée, vertiges, maux de tête, essoufflement, mal de gorge, vomissements. L'inhalation des vapeurs peut causer un œdème pulmonaire, mort	Risque d'explosion ou d'incendie au contact de l'eau, dégagement possible de phosphine	Quelques minutes à quelques heures
Trifluorure de bore ²⁵	BF ₃	Gaz comprimé	Odeur âcre	4,7.10 ⁻⁷ à 25°C	Brûlure (yeux, peau, poumons), détresse respiratoire, œdème pulmonaire, mort	-	Très rapide mais les effets peuvent être retardés

ND : non déterminée

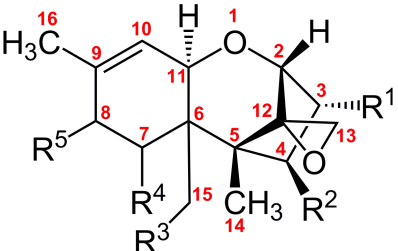
Tableau 3 – Liste des principales toxines classées selon leur origine ou leur effet biologique

Catégorie	Classe	Groupe	Agent	Nature	Aspect	Propriétés	Action physiologique	Délai d'action
Cytolysines Neurotoxines Neurotoxines	Bactériotoxines Phycotoxines Phycotoxines	Toxines membranaires (pore-forming)	Epsilon toxine (<i>Clostridium perfringens</i>)	Protéine (32 kDa)	Soluble ou lyophilisée	Soluble dans l'eau Thermolabile	Propriétés létale, dermonécrotique, oedémateuse - Voie de contamination principale : orale. - Nausée, diarrhée, crampes abdominale - Déshydratation possible - Peut passer la barrière hémato-méningée: œdème cérébral. - Engourdissement, douleur de brûlure aiguë (par piqûre), nausée, vertiges, paresthésie, dysesthésies, parésie.	10-12h
		NSP (plusieurs sous groupes)	Conotoxines dans venin des cônes Action sur canaux ioniques voltage dépendant Na^+ , K^+ , Ca^{++} Ligand des récepteurs des neurotransmetteurs (sérotonine, AChN)	Peptides 1,35 - 3,05 Kda	Solubles ou forme lyophilisée Difficiles à obtenir en grande quantité	Stables (plus ou moins sensibles à la chaleur)	- Paralysie plus ou moins étendue pouvant entraîner une détresse respiratoire, troubles de la vision, de la parole. - Mort possible par collapsus cardio vasculaire.	Rapide (30 min-1h selon la dose)
Neurotoxines	Phycotoxines	PSP	Saxitoxine (groupe des Gonyautoxines) (Dinoflagellés-Cyanobactéries)	Tetrahydropurines	 ophilisé	Stable en milieu acide, se décompose rapidement en milieu alcalin. Thermostable Insipide, sans odeur, n'altère pas la saveur des aliments.	- Blocage des canaux Na^+ voltage dépendants. - Responsable PSP (paralytic shellfish poisoning). - Engourdissement, paresthésie des lèvres, sensation de brûlure au niveau de la bouche et de la langue puis de la face et des membres avec faiblesse musculaire puis paralysie.	Rapide (qq minutes) paralysie en 3 à 8h

Catégorie	Classe	Groupe	Agent	Nature	Aspect	Propriétés	Action physiologique	Délai d'action
Neurotoxines	Phycotoxines	NSP	Brevetoxine (Dinoflagellés)	Ethers polycycliques (9 structures connues)	Solide blanc, forme soluble	Stable dans les conditions normales (1/2 vie dans l'eau: 4 - 6 mois)	- Active les canaux Na⁺ voltage dépendants (augmentation de l'excitabilité). - Responsable NSP (neurotoxic shellfish poisoning). - Par ingestion: symptômes gastro intestinaux, paresthésie, vertiges, incoordination, bradychardie, maux de tête, dilatation pupillaire, convulsions. Irritation de la peau. - Par voie inhalée: bronchospasme, irritation des voies respiratoires. Bloque la libération d'Ach. - Paralysie des nerfs crâniens, vision trouble, diplopie, dysphagie, dysphonie.	Rapide (qq minutes) paralysie en 3 à 8h
								
Neurotoxines	Bactériotoxines	Anti Ach paralysantes	Toxines Botuliques (Bactériennes) principalement tox. A et B chez l'homme	Peptides (150 kDa)	Soluble ou lyophilisée	Thermolabile Inactivée par chloration 0,3 mg/L	- Puis paralysie flasque descendante symétrique évoluant vers une insuffisance respiratoire. - Symptômes anticholinergiques typiques: sécheresse de la bouche, iléus, constipation, rétention urinaire. Mydriase. - Pas de troubles du SNC.	Différée (plusieurs heures)

Catégorie	Classe	Groupe	Agent	Nature	Aspect	Propriétés	Action physiologique	Délai d'action
Cytotoxines	Phytotoxines	Hepatotoxines	Microcystines (Cyanobactéries)	Heptapeptides cycliques 994 Da 	Solubles ou lyophilisées	Thermolabiles Très stables dans l'eau	- Hépatotoxicité: insuffisance hépatique. - Choc hémorragique. - Si inhalation: thrombose et congestion pulmonaire, régression nécrotique de l'épithélium alvéolaire avec altération de l'épithélium bronchique. - Réactions allergiques par contact cutané (non spécifique).	Différée (quelques heures)
			Ricine (<i>Ricinus communis</i>)	Protéine, plusieurs isoformes (62 - 66 kDa)	Poudre amorphe ou cristalline	Sans odeur Soluble dans l'eau et les acides faibles Sensible à la chaleur	Inhibition de la synthèse protéique - Nausées, vomissements, diarrhée sanglante, cyanose, déshydratation, signes neurologiques (convulsions) dans les cas sévères. - Dyspnée, œdème pulmonaire dans les intoxications inhalées.	Différée (plusieurs heures)
		Ribotoxines						
	Bactériotoxines		Shiga toxines et VTEC (<i>Shigella</i> et <i>E. coli</i>)	Protéine (70 kDa)	Soluble ou lyophilisée	Thermolabile	Inhibition de la synthèse protéique - Diarrhée sanglante - Syndrome hémolytique urémique (HUS) avec anémie hémolytique, thrombocytopénie, insuffisance rénale, léthargie, maux de tête intenses parfois convulsions.	1-8j en cas d'infection microbienne (<i>E. coli</i> O157:H7)

Cytotoxines

Catégorie	Classe	Groupe	Agent	Nature	Aspect	Propriétés	Action physiologique	Délai d'action
	Bactériotoxines		SEB (<i>Staphylococcus aureus</i>)	Protéine (23-29 kDa)	Soluble ou lyophilisée	Thermostable Résiste aux rayonnements ionisants et aux protéases gastro-intestinales	TSS (syndrome du choc toxique staphylococcique) - Troubles digestifs (vomissements, diarrhée, parfois déshydratation). - Superantigène qui se lie aux protéines du complexe majeur d'histocompatibilité (réaction inflammatoire intense).	2-4h
	Mycotoxines	Atteinte systémique	Trichothécènes moisissures des genres: <i>Fusarium</i> <i>Mycothecium</i> <i>Trichothetium</i> <i>Trichoderma</i>	Sesquiterpènes 	Solution ou état cristallisé	Très stables Thermo Résistants Odeur poivrée Résistent aux traitements des eaux potables	- Inhibiteurs de la synthèse protéique. - Inhibiteurs de la synthèse des acides nucléiques. - Bloquent la chaîne respiratoire (niveau hépatique). <u>Signes digestifs</u>: perte d'appétence, vomissements, atteintes hépatique et rénale. <u>Signes sanguins</u>: baisse des érythrocytes, des plaquettes (hémorragies). <u>Signes nerveux</u>: anorexie, fatigue, nausées. <u>Signes vasculaires</u>: hypotension, état de choc.	Rapide : dépend de la voie d'administration (en général : de 15-30 min à 1h)

Trichothecene	R1	R2	R3	R4	R5
<i>Type A</i>					
HT-2 toxin	OH	OH	OAc	H	OCOCH ₂ CH(CH ₃) ₂
T-2 toxin	OH	OAc	OAc	H	OCOCH ₂ CH(CH ₃) ₂
Diacetoxyscirpentriol	OH	OAc	OAc	H	H
<i>Type B</i>					
Deoxynivalenol	OH	H	OH	OH	O
3-acetyl-deoxynivalenol	OAc	H	OH	OH	O
15-acetyl-deoxynivalenol	OH	H	OAc	OH	O
Nivalenol	OH	OH	OH	OH	O
Fusarenon X	OH	OAc	OH	OH	O

Cytotoxines

Mycotoxines

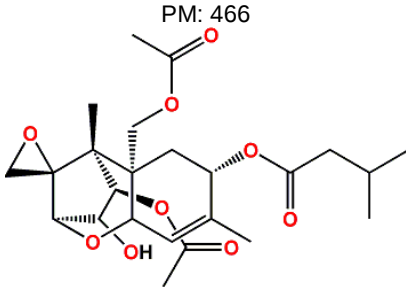
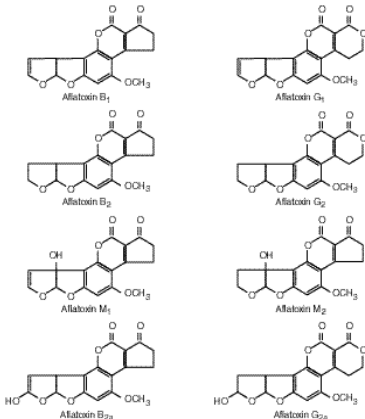
Catégorie	Classe	Groupe	Agent	Nature	Aspect	Propriétés	Action physiologique	Délai d'action
			T2 moisissures du genre <i>fusarium</i>	 T-2 Toxin (a trichothecene)	Solution ou forme cristalline	Très stable Thermo Résistant Soluble dans les solvants organiques	Aleucie toxique alimentaire (inflammation des muqueuses gastro-intestinales, vomissements, diarrhée, fièvre, douleurs abdominales, leucopénie, granulopénie, rash pétéchiol et atteintes hémorragiques). Active par voie cutanée : ecchymoses, nécroses, nausées, épitaxis, dyspnée, toux, vertiges, perte de coordination motrice, convulsions, coma.	Rapide: quelques minutes
		Atteinte systémique	Aflatoxines produites par plusieurs souches d' <i>Aspergillus</i> (moisissures): <i>A. flavus</i> , <i>A. parasitus</i> , <i>A. niger</i>	Difuranocoumarines PM= environ 300  SOURCE: Reprinted with permission from McLean and Dutton (1995).	Cristalline	Thermostables en milieu non aqueux, légèrement solubles dans l'eau, solubles dans les solvants organiques, sensibles aux traitements acides	Symptômes divers - Atteinte hépatique aiguë, cirrhose évoluant vers un cancer hépatique. - Atteinte digestive: vomissements, douleurs abdominales, diarrhée. - A fortes doses: œdème pulmonaire, atteintes nerveuses (convulsions, coma) augmentation des taux des transaminases sériques, glycémie abaissée. La mort peut survenir en 72h.	8h à plusieurs jours voie orale

Tableau 4 - Classification des principaux groupes de toxines en fonction de leur nature chimique

Toxines protéiques	Exotoxines bactériennes Certaines endotoxines bactériennes Venins (serpents, scorpions, cônes...) Certaines phytotoxines	
Toxines non protéiques	Complexe lipopolysaccharidique associé ou non à des protéines	Toxine de la paroi bactérienne
	Familles chimiques diverses	Mycotoxines Phytotoxines

Chapitre 3

Détection sur le terrain des agents chimiques (toxiques de guerre et TICs)

3.1 Introduction

Dans le cas d'un événement chimique, les appareils de détection locale sont utilisés par les primo intervenants pour établir si un agent chimique est présent ou non. Ces instruments permettent aux équipes de préleveurs d'apporter une aide dans le choix du lieu et du type d'échantillon à collecter en raison de leur capacité à donner en situation d'urgence une réponse rapide sur une zone de contamination et à déterminer la nature du ou des composés utilisés.

Il existe une grande variété d'appareil de détection disponible.

Quel que soit le type utilisé, ils fournissent des informations sur la zone à échantillonner qui pourront être par la suite confirmées par le laboratoire d'analyse.

Outre la détermination de la présence d'agents chimiques dans l'environnement, ils permettent ainsi de fournir une indication sur les niveaux de concentration de ces agents afin de déterminer le niveau de protection nécessaire. Ils peuvent en outre, pour certains, être utilisés pour vérifier l'efficacité de la décontamination en sortie de zone contaminée.

Compte tenu qu'il n'existe pas de détecteurs permettant de donner une réponse satisfaisante en toutes circonstances, les opérateurs auront intérêt à utiliser le détecteur le plus adapté à chaque situation.

L'utilisation de plusieurs détecteurs est aussi fortement conseillée afin d'accroître la fiabilité de la détection.

3.2 Critères de sélection²⁶

3.2.1 Sélectivité

La sélectivité est l'aptitude d'un détecteur à répondre uniquement à un composé ciblé présent dans un échantillon. Un détecteur sélectif doit être en mesure de détecter un composé d'intérêt présent, dans un large domaine de concentration, dans un échantillon contenant d'autres substances chimiques.

Ainsi un détecteur fonctionnant suivant le principe de la photométrie de flamme (FPD) ne donnera une réponse qu'en cas de présence de composés contenant un atome d'intérêt (soufre ou phosphore pour l'AP2C). Si la contamination résulte d'un composé ne contenant aucun de ces hétéro-éléments, le détecteur ne fournira aucune réponse.

Un détecteur sélectif à certains agents chimiques peut en outre répondre à d'autres agents possédant des propriétés similaires produisant ainsi des fausses alarmes. D'un autre côté, un détecteur moins sélectif va donner une réponse pour un plus grand nombre de composés mais sa réponse de ce fait ne pourra pas forcément permettre de déterminer s'il s'agit d'un composé d'intérêt.

3.2.2 Sensibilité / Seuil de détection

La sensibilité traduit aussi la capacité d'un détecteur à distinguer de faibles différences de concentration. De ce fait, un détecteur sensible produira une forte variation de sa réponse pour une faible variation de concentration.

Le seuil de détection se définit comme la plus basse concentration d'agent chimique qui peut être détectée.

Le seuil de détection d'un détecteur peut dépendre d'un certain nombre de facteurs incluant l'agent chimique par lui-même mais aussi les conditions environnementales (effet de matrice).

Un détecteur adapté doit posséder un seuil de détection permettant de fournir sur le terrain un niveau d'alerte au moins égal aux seuils de danger des agents potentiellement présents.

Dans le cadre de la détection de composés toxiques, ce critère est donc essentiel.

3.2.3 Temps de réponse

Le temps de réponse correspond au temps pris entre le démarrage de l'analyse et la réponse donnée par l'appareil.

Le temps de réponse pour un détecteur doit bien évidemment être le plus court possible, l'idéal étant que le détecteur fournisse une réponse dans un temps de l'ordre de la seconde afin de limiter les risques d'exposition en cas de présence d'agent à forte toxicité.

3.2.4 Interférents

Une fausse alarme est produite lorsqu'un détecteur génère une réponse positive en l'absence d'agent chimique (faux positif) ou bien au contraire lorsqu'aucune réponse n'est donnée par le détecteur en présence d'agent (faux négatif). Cela se produit généralement en présence de nombreux autres composés chimiques appelés interférents en concentration plus ou moins élevée.

En général, le niveau d'alarme d'un détecteur est délibérément réglé par le fabricant à un bas niveau afin de minimiser le nombre de faux négatifs, ce qui se traduit en contre partie par une augmentation du nombre de faux positifs.

Les faux positifs sont habituellement observés quand on est en présence d'autres composés chimiques à forte concentration ou bien possédant certains atomes communs (soufre, azote...).

3.2.5 Agent chimique détecté

Suivant le type de détecteur, la réponse obtenue permet :

- de cibler spécifiquement un composé (sarin, ypérite, VX, phosgène, chlore...) par comparaison avec une banque de données (détecteurs IMS, IR, Raman, GC/MS...)
- de détecter un agent appartenant à une famille de composés d'intérêt via des fonctions chimiques spécifiques (agent neurotoxique, vésicant, composés chlorés...) grâce un mode de détection spécifique de la famille (photométrie de flamme, cellule électrochimique, capteur à onde acoustique de surface, détecteurs colorimétriques).

3.2.6 Etat de la substance détectable

Ce facteur indique sous quel état (solide, liquide, gaz) la substance peut être détectée par l'appareil.

3.2.7 Type d'alarme

L'alarme peut être sonore, visuelle ou bien les deux à la fois.

3.2.8 Portabilité

La portabilité est la capacité d'un appareil à être transporté en incluant tous les accessoires requis pour son bon fonctionnement. Les deux critères prépondérants concernant la portabilité sont les dimensions et le poids. Ils permettent de déterminer si l'appareil peut être aisément porté par une seule personne. Un appareil peut être portable (sur l'épaule, sur le dos) ou transportable (dans un véhicule de type « camion-labo »).

3.2.9 Autonomie

Tout appareil de détection portable doit être alimenté par des batteries permettant une autonomie suffisante pour la réalisation d'une mission de prélèvement.

3.2.10 Durée de mise en route

Cette durée correspond au temps nécessaire pour que le détecteur soit prêt pour réaliser une mesure. Ce temps inclut plusieurs phases de préparation (initialisation du logiciel de pilotage, purge, autodiagnostic, chauffage...) indispensables pour une utilisation optimale du détecteur.

3.2.11 Environnement opérationnel

Ce facteur décrit le type d'environnement dans lequel l'appareil peut opérer de manière optimale. Par exemple, certains appareils peuvent être utilisés dans des conditions extrêmes de température ou d'humidité alors que d'autres requièrent des conditions plus clémentes.

3.2.12 Résistance aux chocs

Ce critère traduit la capacité de l'appareil à fonctionner correctement en dépit de chocs, voir de chutes de l'appareil et de manipulations inadéquates de la part de l'opérateur.

3.2.13 Niveau de compétence

Ce facteur se réfère au niveau de connaissance, au temps d'instruction et d'entraînement requis par l'opérateur pour obtenir une bonne maîtrise dans l'utilisation et la maintenance de l'appareil.

3.2.14 Coût

Le coût de l'appareil est un critère important dans le choix du détecteur.

Deux aspects sont à prendre en considération :

- le prix d'achat de l'appareil qui est en général lié aux fonctionnalités et aux performances du détecteur ;
- le coût des consommables et de la maintenance dont le montant peut parfois s'avérer très important.

3.3 Aperçu des technologies existantes pour la détection locale²⁷

3.3.1 Spectrométrie par mobilité ionique (IMS)

3.3.1.1 Principe

La spectrométrie de mobilité ionique est une technique de séparation qui permet de détecter des molécules ionisées et les discriminer selon leur taille et leur charge. Les appareils utilisant cette technologie sont donc capables de détecter quantitativement les vapeurs d'agents chimiques par comparaison de leur temps de vol avec une base de données

L'ionisation des espèces chimiques est réalisée habituellement dans une chambre à pression atmosphérique à l'aide d'une source radioactive de faible intensité (Nickel-63). Toutefois de nouveaux modèles d'IMS sont apparus sur le marché, dotés d'un mode d'ionisation par effet Corona, afin de supprimer la source radioactive. Les ions sont ensuite transférés dans un tube de vol à pression atmosphérique où ils sont séparés suivant leur mobilité ionique avant d'arriver au collecteur qui fournit un signal électrique dont l'intensité est proportionnelle à la quantité d'ions collectés.

3.3.1.2 Avantages

Le principal avantage de la spectrométrie par mobilité ionique est sa simplicité. Les détecteurs utilisant cette technologie fournissent une réponse rapide, possèdent un seuil de détection très bas et sont relativement bon marché.

Ils sont la plupart du temps robustes, légers (et donc facilement portables) et requièrent peu de consommables.

Les opérations de mise en route et de maintenance sont simples et nécessitent peu d'entraînement.

Les détecteurs IMS ont la réputation d'être les plus adaptés pour la recherche de vapeurs d'agents chimiques à très faibles concentrations. Les limites de détection s'échelonnent de quelques ppb à quelques ppm avec un temps de réponse de quelques secondes. Ces détecteurs, en fonction de la construction de la base de données, sont capables de discriminer un grand nombre d'agents chimiques.

3.3.1.3 Inconvénients

Ces détecteurs génèrent des faux positifs en raison de leur faible capacité de discrimination des molécules dans le tube de vol. Pour réduire ces risques, il convient de limiter le nombre de composés de référence entrés dans la base de données (en sachant que l'incrémentement de la base de données est une opération qui ne peut être réalisée généralement que par le fabricant).

Les IMS du fait de leur seuil de détection très bas ont tendance aussi à rapidement saturer à forte concentration au point de contaminer l'appareil et le rendre inutilisable pendant parfois plusieurs heures, le temps d'éliminer cette contamination.

Les performances de ces appareils peuvent aussi être fortement altérées en cas d'utilisation dans des conditions extrêmes de températures et d'hygrométrie.

Il faut enfin signaler que la gestion des sources radioactives peut s'avérer parfois problématique pour les possesseurs de ce type d'appareil.

3.3.1.4 Exemples de détecteurs IMS

Modèle	Source radioactive	Fabricant
Chemical Agent Detector (CAM)	Oui	Smiths Detection
Multi-IMS	Oui	Dräger
Raid-M et Raid M-100	Oui	Bruker Daltonics
LCD-3	Non	Smiths Detection

3.3.2 Détection par photométrie de flamme (FPD)

3.3.2.1 Principe

La photométrie de flamme est une technique spectroscopique dont le principe consiste à aspirer un échantillon d'air à l'aide d'une pompe dans une chambre de réaction contenant une flamme alimentée par une arrivée d'air et d'hydrogène. Le passage au travers de la flamme provoque la rupture des liaisons chimiques des molécules et la formation de radicaux excités qui émettent diverses raies d'émissions lors de leur retour à un état d'énergie plus stable. Chaque raie possède une longueur d'onde caractéristique du radical. La Figure 1 décrit quelques exemples de ces raies.

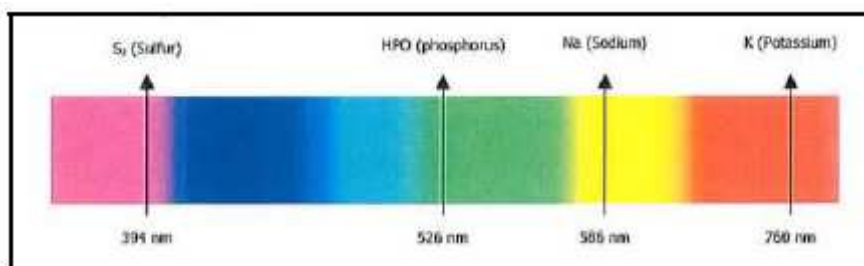


Figure 1 : exemples de raies d'émission du soufre, du phosphore, du sodium et du potassium entre 350 et 800 nm

Un filtre positionné sur le parcours optique permet de ne laisser passer qu'une longueur d'onde spécifique vers un photomultiplicateur dont le rôle est de transformer le signal lumineux en signal électrique. Pour certains appareils, un réseau est utilisé à la place du filtre afin de permettre une détection multi-éléments

3.3.2.2 Avantages

Compte tenu que la concentration des composés organophosphorés dans l'environnement est très faible, ces détecteurs sont sujets à peu d'interférence et permettent de détecter certains CWAs (agents neurotoxiques) à de faibles niveaux de concentration (entre le ppb et le ppm suivant les espèces).

Les FPDs permettent de réaliser une détection en temps réel des CWAs en raison de l'aspiration continue de l'air vers le détecteur et du temps de réponse très court (quelques secondes).

3.3.2.3 Inconvénients

L'inconvénient majeur du FPD est qu'il ne détecte que les composés contenant certains atomes d'intérêt (phosphore, soufre, arsenic, azote). Par conséquent, tous les agents chimiques de guerre ne contenant pas ces éléments ne sont pas détectés.

La détection indique uniquement la présence de composés contenant ces éléments mais ne permet pas de dire si l'agent détecté est un composé chimique d'intérêt.

3.3.2.4 Exemples de détecteurs à photométrie de flamme

Modèle	Détection	Fabricant
AP2C	P, S	ProEngin
AP4C	P, S, N, As	ProEngin

3.3.3 Spectroscopie infrarouge

3.3.3.1 Principe

La spectroscopie infrarouge consiste à mesurer la longueur d'onde et l'intensité de l'absorption d'une lumière infrarouge par un échantillon. La lumière infrarouge (domaine de 4000 à 200 cm^{-1} correspondant à l'IR moyen) est suffisamment énergétique pour exciter les molécules en les faisant changer de niveau d'énergie (vibrations et rotations) : ceci s'accompagne d'une absorption d'énergie qui dépend du niveau énergétique atteint et de la nature des atomes participant à la liaison entrée en vibration. Les longueurs d'onde des bandes d'absorption sont caractéristiques des types de liaison chimique et chaque molécule possède un spectre infrarouge unique s'apparentant à une empreinte. De ce fait, la spectroscopie infrarouge est d'une grande utilité pour l'identification des molécules organiques et de certains minéraux.

3.3.3.2 L'infrarouge à transformée de Fourier

La grande majorité des détecteurs IR actuellement commercialisés utilise comme analyseur un spectromètre à transformée de Fourier qui envoie sur l'échantillon un rayonnement infrarouge et mesure les longueurs d'onde auxquelles le matériau absorbe ainsi que les intensités de l'absorption. La Figure 2 décrit le schéma d'un spectromètre à transformée de Fourier.

Le faisceau infrarouge provenant de la source A est dirigé vers l'interféromètre de Michelson qui va moduler le faisceau lumineux. Dans l'interféromètre le faisceau lumineux arrive sur la Séparatrice (fenêtre optique qui laisse passer environ 50% de la lumière et qui en réfléchit environ 50%). La moitié du faisceau est alors dirigée sur le miroir fixe, le reste passe à travers la séparatrice et est dirigé sur le miroir mobile. Quand les deux faisceaux se recombinaient, des interférences destructives ou constructives apparaissent en fonction de la position du miroir mobile. Le faisceau modulé est alors réfléchi des deux miroirs vers l'échantillon, dans lequel des absorptions interviennent. Le faisceau arrive ensuite sur le détecteur pour être transformé en signal.

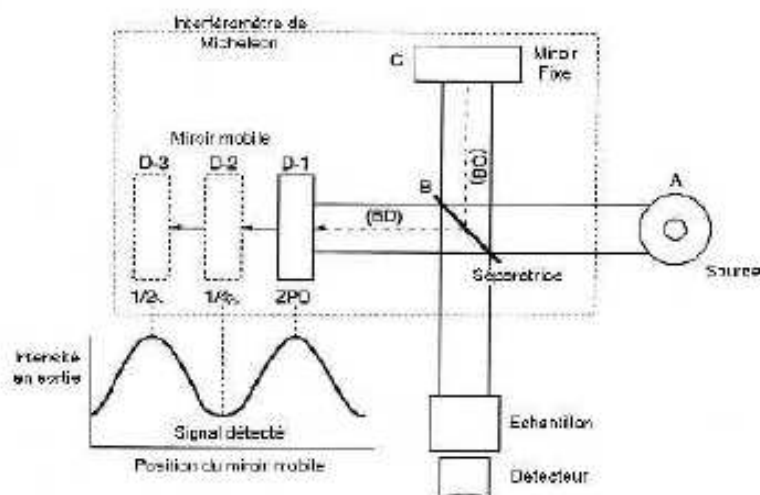


Figure 2 - Principe de l'interféromètre de Michelson

Le signal du détecteur apparaît comme un interférogramme (Figure 3), c'est à dire une signature de l'intensité en fonction de la position du miroir. L'interférogramme est la somme de toutes les fréquences du faisceau.

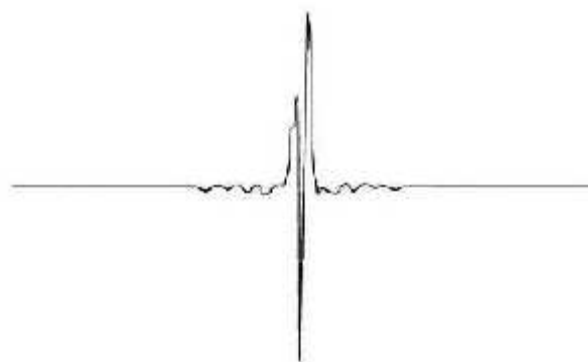


Figure 3 - Interférogramme en sortie de détecteur

Après avoir soustrait le bruit de fond (interférogramme recueilli après passage de la lumière émise par la source au travers du système), l'interférogramme résiduel est converti en un spectre infrarouge par une opération mathématique appelée transformée de Fourier.

Certains appareillages fonctionnent encore sur le principe de l'IR dispersif : contrairement à l'IRTF, les longueurs d'onde sélectionnées à l'aide de réseaux sont analysées de manière indépendante : on peut ainsi suivre la concentration d'un contaminant dont on connaît une ou plusieurs longueurs d'onde d'absorption spécifiques sur lesquels on se cale pour mesurer l'absorbance qui est directement proportionnelle à la concentration.

3.3.3.3 Avantages

La spectrométrie infrarouge est une technique d'identification fiable dans la mesure où la base de données est complète.

Les détecteurs IRTF ont l'avantage de présenter des niveaux de sensibilité relativement élevés, de faibles limites de détection et permettent des détections rapides des vapeurs chimiques, de liquides ou de solides (suivant le type d'appareil utilisé). Les systèmes dispersifs sont moins sensibles, mais permettent de suivre un contaminant gazeux connu.

3.3.3.4 Inconvénients

Un inconvénient des détecteurs IR concerne leur utilisation en présence d'eau (sous forme gazeuse ou liquide). La qualité du spectre IR obtenu est alors fortement altérée par la formation de larges bandes –OH masquant une partie des autres bandes du spectre. Par ailleurs, les spectres de mélanges sont difficilement interprétables par des opérateurs non spécialistes.

Les autres limitations associées aux détecteurs IR sont leur coût, leur complexité et leur encombrement. L'intensité du bruit de fond chimique peut avoir également un effet significatif sur les performances des détecteurs.

3.3.3.5 Exemples de détecteurs Infra-rouge

Modèle	Matrice	Fabricant
MIRAN SapphIRe Portable Ambient Air Analyser	Gaz	ThermoScientific
GasID	Gaz	Smith Detection
HazMat ID	Liquide, solide	Smith Detection
Trudedefender FTG	Gaz	Ahura
Trudedefender FT	Liquide, solide	Ahura
Gasmet DX4030	Gaz	Environment SA

Avatar 360	Gaz, liquide, solide	ThermoScientific
------------	----------------------	------------------

3.3.4 Spectroscopie Raman

3.3.4.1 Principe

La diffusion Raman consiste en la diffusion inélastique d'un photon, c'est-à-dire le phénomène physique par lequel un milieu peut diffuser de la lumière en modifiant légèrement sa fréquence. Cette diffusion représente une infime partie de la diffusion de la lumière réémise par un composé. L'effet Raman consiste donc en l'existence d'un spectre décalé en fréquence dans la lumière diffusée par un échantillon soumis à un faisceau monochromatique, le plus souvent celle d'un laser. Ce spectre de très faible intensité doit toutefois cohabiter avec un phénomène majoritaire (10^4 fois plus grand), qui est la diffusion élastique de Rayleigh sans changement de fréquence (i.e. sans changement de longueur d'onde des photons incidents). Par contre, ce spectre Raman est caractéristique de l'échantillon étudié, car il est dépendant des vibrations des assemblages atomiques constitutifs de l'échantillon observé. C'est pour ces raisons que la spectroscopie Raman est considérée comme la prolongation de la spectroscopie infrarouge, à laquelle elle apporte un immense avantage, celui de s'affranchir des larges bandes d'absorbance due à la présence d'eau.

Certaines fréquences d'excitation peuvent être proches d'une transition électronique de la molécule diffusante. L'excitation à de telles fréquences est dite en pré-résonance avec la transition électronique considérée ou en résonance si les fréquences de l'excitation et de la transition électronique coïncident exactement. La diffusion Raman correspondante est alors appelée diffusion Raman de résonance. La conséquence de ce phénomène est une exaltation très importante de l'intensité de certaines bandes de vibrations du chromophore (d'un facteur 100). En définitive, ce mode résonant représente une des façons d'augmenter notablement la sensibilité lorsque l'on traite des solutions très diluées d'échantillon.

En tant que technique laser, la spectrométrie Raman permet la détection d'échantillons au travers de certains emballages et de contenants translucides. De nombreuses substances peuvent alors être analysées à travers des bouteilles en verre ou en plastique ou même à travers des sacs plastiques, réduisant ainsi les risques liés au contact.

3.3.4.2 Problème de la fluorescence

La fluorescence est l'émission de rayonnement par un matériau dont les atomes sont excités par l'absorption d'un autre rayonnement optique. Dans notre cas, une molécule fluorescente peut être excitée par le laser utilisé pour la spectroscopie Raman et ainsi émettre un signal sur une large bande spectrale. Ainsi lorsqu'un produit testé présente ce phénomène, que ce soit une propriété intrinsèque de la molécule, ou une propriété d'impuretés présentes dans le produit, le signal Raman est très fortement perturbé et peut conduire à la non-identification des produits. Dans cet appareil, la fréquence d'excitation est imposée par le laser non accordable.

3.3.4.3 Avantages

La technique peut être employée pour l'analyse des échantillons aqueux du fait que l'eau présente un spectre Raman constitué de faibles bandes.

La spectroscopie Raman peut être utilisée avantageusement pour l'identification d'un agent chimique contenu dans certains récipients translucides (la paroi de verre doit être suffisamment fine) sans qu'il y ait lieu de prélever un échantillon ce qui permet de limiter, par exemple, les risques d'exposition.

3.3.4.4 Inconvénients

Les détecteurs Raman ne peuvent être utilisés pour la détection de composés chimiques présents dans des contenants opaques puisque la technique requière une fenêtre translucide à travers de laquelle la lumière peut passer. Il est alors nécessaire de les transvaser dans un container adapté (vial).

Un autre inconvénient associé aux détecteurs Raman est qu'ils ne fournissent pas toujours une information exacte et peuvent parfois manquer des composés ou produire des faux-positifs.

Par ailleurs, le faisceau laser peut calciner une substance foncée à l'origine.

3.3.4.5 Exemples de détecteurs Raman

Modèle	Fabricant
First-Defender	Ahura
Responder RCI	Smith Detection
ReporteR	AIRSENSE Analytics

3.3.5 Capteurs électrochimiques

3.3.5.1 Principe

Les capteurs électrochimiques sont constitués de cellules de forme cylindrique (de 1 à 5 cm de diamètre) enchâssées de façon temporaire (interchangeabilité) ou définitive, dans un boîtier qui renferme l'accumulateur d'énergie, un pont de Wheatstone, un générateur d'alarme sonore et visuelle, en général un afficheur de la valeur mesurée.

Ils peuvent mesurer les principaux produits toxiques ou corrosifs comme l'oxyde de carbone, l'ammoniac, l'acide cyanhydrique, l'hydrogène sulfuré, le chlore, le dioxyde de soufre ou d'azote, le chlorure de vinyle monomère, le phosgène, ...

Le capteur est constitué habituellement de trois électrodes séparées par une mince couche d'électrolyte liquide (gel). Les trois électrodes ont une fonction respectivement indicatrice (ou détectrice), auxiliaire (ou de comparaison) et de référence.

Le gaz toxique diffuse dans l'électrolyte où il est oxydé par l'électrode indicatrice, alors que l'oxygène est réduit en eau à l'électrode auxiliaire (exemple du monoxyde de carbone).

Le courant produit est comparé à celui de l'électrode de référence et le différentiel est transposé en une concentration de produit chimique recherché.

Les cellules électrochimiques actuelles fournissent un courant de 0,1 à 1 μA par ppm de gaz à mesurer.

Les gammes de mesures sont variables suivant les gaz : 0-5 ppm ; 0-10 ppm ; 0-20 ppm ; 0-50 ppm ; 0-100 ppm ; 0- 500 ppm ; 0-1000 ppm.

Les réactions chimiques se produisant aux électrodes de la cellule sont les suivantes

- Réaction à l'électrode auxiliaire : $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- Réaction à l'électrode indicatrice : $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

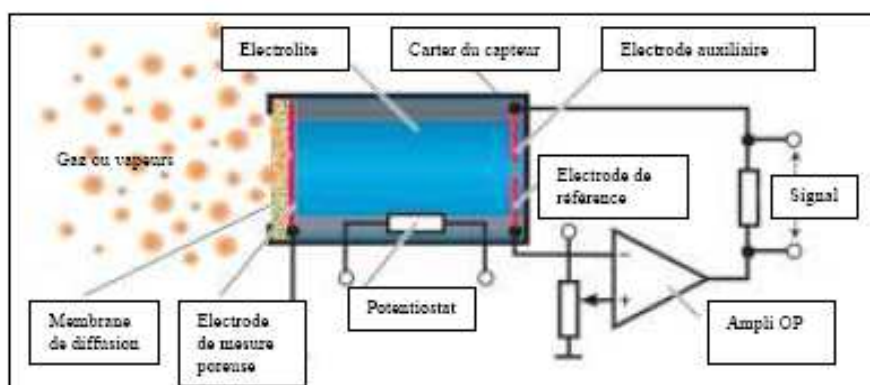


Figure 4 – Schéma d'une cellule électrochimique

La spécificité des cellules électrochimiques provient du choix de l'électrode détectrice, du contrôle de la tension aux bornes des électrodes et de l'emploi de filtres en amont de la membrane d'enveloppe de l'électrolyte. Ces filtres sont sensés éliminer sélectivement les substances chimiques qui ne doivent pas être détectées, néanmoins il faut bien reconnaître les possibilités d'interférence, mais également la possibilité de saturation de l'électrolyte.

Le temps de réponse varie de 30 à 60 secondes selon les capteurs et les seuils de détection minimum varient de 0,02 à 50 ppm suivant le gaz.

3.3.5.2 Avantages

Cette technique est spécifique de l'agent recherché, il existe de nombreuses cellules sur le marché. Elles sont souvent associées les unes aux autres dans les détecteurs afin d'étendre leur gamme de détection.

3.3.5.3 Inconvénients

Les cellules électrochimiques possèdent des dates de péremption (entre 1 et 3 ans).

Les filtres et systèmes de protection n'empêchent pas certains gaz d'interférer avec la cellule : par exemple, le NO₂ est un interférent pour une cellule CO, qui va provoquer une sous estimation de la réponse qui peut être importante en fonction des concentrations présentes. De façon générale, les NO_x, les SO_x et l'H₂S sont des interférents des cellules électrochimiques (mais ce ne sont pas les seuls), provoquant soit une réponse positive, soit une réponse négative ; ces informations doivent être fournies par le constructeur.

Les variations de l'humidité et la circulation de l'air influent sur la plupart des éléments électrochimiques. La membrane isolant l'électrolyte est à 100 % d'humidité d'un côté et à l'humidité ambiante de l'autre, ce qui va provoquer une lente diffusion de vapeur d'eau et donc un dessèchement de l'électrolyte.

3.3.5.4 Exemples de capteurs électrochimiques

Modèle	Fabricant
Miniwarn	Dräger
PAC III	Dräger
Multiwarn II	Dräger
Micro 5	BW
Orion	MSA

3.3.6 Capteurs à onde acoustique de surface (SAW)

3.3.6.1 Principe

Les capteurs à onde acoustique de surface sont des cristaux piézoélectriques recouverts d'un film polymérique permettant d'adsorber les agents chimiques présents dans l'air. Ces détecteurs utilisent de 2 à 6 cristaux piézoélectriques recouverts chacun par un film différent. Chaque film est conçu pour absorber une famille particulière de composé chimique volatil (agents neurotoxiques, moutardes, suffocants, certains TICs...).

Le changement de masse du film suite à l'adsorption d'un composé provoque un changement de la fréquence de résonance du cristal piézoélectrique. La variation de fréquence est fonction de la masse adsorbée et donc de la concentration atmosphérique du composé.

La mesure en continu des fréquences de résonance des différents cristaux équipant le détecteur permet d'obtenir une réponse caractéristique pour chaque type de composé adsorbé. Cette réponse est en permanence comparée avec les réponses de différents composés d'intérêt stockées en mémoire dans le microprocesseur de l'appareil. Si la réponse mesurée coïncide avec une réponse de l'un des composés en mémoire, une alarme est activée.

La sélectivité et la sensibilité de ces détecteurs dépend de la capacité du film à adsorber uniquement les agents chimiques cibles présents dans l'atmosphère. De nombreux détecteurs de ce type utilisent un tube de pré-concentration afin d'augmenter la sensibilité.

Il est essentiel aussi que les films polymériques permettent une désorption totale des composés piégés lors du cycle de purge suivant toute mesure.

3.3.6.2 Avantages

Les détecteurs utilisant la technologie SAW présentent une bonne sensibilité, peuvent être facilement miniaturisés et sont commercialisés à des coûts relativement bas. Ils utilisent une méthodologie efficace et fiable pour la détection à bas niveau des agents de guerre chimiques dans une grande variété de conditions environnementales.

3.3.6.3 Inconvénients

Le temps de réponse peut s'avérer parfois un peu long en raison du temps de purge nécessaire pour désorber la totalité du composé piégé sur le polymère.

La sensibilité de ces détecteurs est liée à la capacité d'adsorption des polymères le constituant. Il n'existe pas de polymère capable d'adsorber un seul composé. En pratique, un polymère adsorbe non pas un seul mais souvent plusieurs composés chimiques présents dans l'atmosphère provoquant de fausses alarmes. Cependant, ce problème est la plupart du temps atténué grâce à l'utilisation dans un même détecteur de plusieurs capteurs recouverts de polymères capables d'adsorber sélectivement différentes espèces chimiques.

Les performances des détecteurs SAW peuvent être aussi affectées par les différences de température et d'humidité et les appareils peuvent parfois subir des dommages irréversibles en présence de vapeurs fortement réactives. L'état du polymère peut aussi évoluer fortement si le détecteur est utilisé à une température en dehors du domaine prescrit entraînant de ce fait une diminution importante de ses performances de détection.

3.3.6.4 Exemples de détecteurs SAW

Modèle	Revendeur
SAW Minicad II mk II	MSA
Hazmat CAD	MSA

3.3.7 Détection colorimétrique

3.3.7.1 Principe

Ce type de détection permet d'indiquer la présence ou l'absence d'un agent chimique par changement de coloration résultant d'une réaction chimique entre le support réactif et l'agent suspect.

Ces kits sont généralement utilisés pour vérifier la présence d'un agent chimique après déclenchement d'une alarme par un autre détecteur. Ils se présentent sous forme de papier détecteur ou de tubes colorimétriques.

Les papiers détecteurs sont imprégnés d'un colorant qui cristallise et change de couleur lorsqu'il entre en contact avec un agent chimique. Ils sont généralement utilisés pour tester des liquides suspects.

Pour les agents chimiques se présentant sous forme vapeur ou gazeuse, les tubes colorimétriques sont plus adaptés. Ils se présentent avant utilisation sous forme de tube scellé en verre désactivé et contiennent de la silice imprégnée d'un réactif spécifique à un composé (HCN, phosgène...) ou une famille de composés (neurotoxiques, thioéthers...).

Tous ces détecteurs sont à usage unique.

3.3.7.2 Avantages

Les détecteurs colorimétriques sont faciles à utiliser, fournissent des réponses rapides et sont vendus à des prix peu élevés.

3.3.7.3 Inconvénients

Bien que la sélectivité soit un des avantages de ce type de détection, elle peut s'avérer aussi être un des principaux inconvénients. En effet, en raison de cette sélectivité, il est souvent nécessaire de disposer de plusieurs types de détecteurs colorimétriques sur le terrain afin de pouvoir détecter une gamme étendue de composés d'intérêt.

La variation de coloration produit par les différents détecteurs peut être aussi problématique du fait que chaque individu a sa propre perception des couleurs et que par conséquent les changements de couleur ne sont pas forcément perçus de manière identique suivant les opérateurs.

Ce type de détecteur peut aussi s'altérer en cas de stockage sous forte hygrométrie.

Il convient aussi de rappeler que tous ces détecteurs sont à usage unique.

3.3.7.4 Exemples de détecteurs colorimétriques

- **Papier PDF1**

Le papier PDF1 contient des pigments sensibles aux agents toxiques de guerre. Il se présente sous la forme d'un ensemble de feuillets à usage unique. A cet effet ils sont utilisés par l'armée française pour la protection de ses personnels et la détection en première intention des agents toxiques de guerre.

- **Detindiv F1**

Il s'agit d'un kit individuel portable destiné à la détection précoce des agents neurotoxiques gazeux à partir d'un échantillon prélevé dans l'environnement. Ce kit a été développé au bénéfice des forces françaises.

- **Tubes réactifs**

Les tubes colorimétriques ou tubes indicateurs sont des ampoules de verre contenant une ou plusieurs couches de produits chimiques imprégnés sur des granulés (couche réactive mais aussi parfois couche(s) préliminaire(s)). Le système est simple à utiliser. Il consiste à briser les deux extrémités de l'ampoule, à introduire une des extrémités dans une pompe manuelle ou motorisée, à aspirer un volume déterminé d'air suspect (« n » fois 100 mL) et lire l'indication si un agent chimique ciblé est présent. L'intensité du changement de coloration permet aussi d'estimer la concentration atmosphérique du composé.

Une très large gamme de tubes permet, en théorie, de détecter la plupart des toxiques industriels disponibles ainsi que les toxiques de guerre.

En effet, il existe aujourd'hui dans le commerce plus de 200 différents tubes qui permettent de déceler diverses concentrations de gaz. D'autres tubes sont développés par les différents fabricants au fur et à mesure que les besoins s'en font sentir.

3.3.8 Détection par photo-ionisation (PID)

3.3.8.1 Principe

Le principe de la photoionisation consiste à ioniser les molécules grâce à un apport d'énergie externe fourni par une source UV. Comme présenté sur la Figure 5, l'échantillon est introduit dans une chambre d'ionisation contenant 2 électrodes métalliques chargées. L'échantillon est ionisé si l'énergie émise par la lumière UV est suffisante pour arracher un ou plusieurs électrons créant ainsi des ions chargés positivement. Pour que l'ionisation s'opère, il est nécessaire que le potentiel d'ionisation des espèces chimiques soit inférieur au potentiel généré par la lampe UV (ce qui exclut la détection de molécules telles que le méthane avec les lampes classiques).

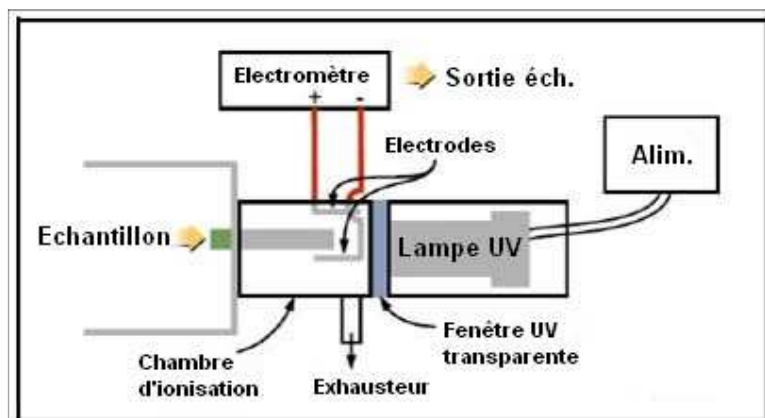


Figure 5 – Principe d'un détecteur PID

Les ions positifs formés sont attirés par l'électrode chargée négativement générant ainsi un courant électrique qui peut être mesuré. Le courant produit est proportionnel à la quantité de substances

ionisées formées et par conséquent à la concentration atmosphérique des composés chimiques présents qui est ensuite affichée en ppm ou en ppb.

L'isobutylène est typiquement utilisé pour calibrer les PIDs du fait de sa stabilité et de sa possibilité de stockage en bouteille pressurisée. La réponse pour les autres gaz est alors obtenue en multipliant la valeur mesurée par un facteur de correction qui prend en compte la réponse relative par rapport à l'isobutylène. Une liste de ces facteurs de correction est habituellement fournie avec l'appareil. Toutefois ceux-ci ont tendance à différer d'un fabricant à l'autre, entre lampes UV et suivant l'énergie d'ionisation de la lampe pour un même appareil. C'est pourquoi, afin d'obtenir des mesures plus précises, il est conseillé de calibrer chaque gaz individuellement.

3.3.8.2 Avantages

Les PIDs fournissent de bons résultats quantitatifs lorsqu'ils sont comparés avec un échantillon de référence et présentent alors une excellente limite de détection pouvant descendre à moins de 1 ppm voire quelques ppb.

Ils sont généralement utilisés sur le terrain comme outil de screening par les primo-intervenants du fait qu'ils sont capables d'apporter une information rapide et à bas niveau sur la présence d'un contaminant, ce qui permet de rapidement fournir une alerte initiale et de mettre en place les moyens de protection adaptés. Ils permettent de détecter les principaux agents de guerre chimique et peuvent aussi être employés pour la détection de certains TICs tel que l'ammoniac

3.3.8.3 Inconvénients

Les PIDs ne sont pas sélectifs et fournissent souvent des faux-positifs dans des environnements mixtes ou inconnus. L'identification de manière efficace d'un composé par un PID nécessite d'utiliser en amont une méthode de séparation chimique telle que la chromatographie. Quand la méthode de séparation n'est pas possible (cas des détecteurs de terrain), les PIDs fournissent une réponse pour tous les composés présents dans l'échantillon qui peuvent s'ioniser. De ce fait, dans ces conditions, la capacité de ces détecteurs à différencier plusieurs espèces chimiques est nulle.

Il convient aussi de souligner que le chlore, par exemple, en raison de son potentiel d'ionisation trop élevé, n'est pas détectable par les PID possédant une lampe UV traditionnelle.

3.3.8.4 Exemples de détecteurs à photo-ionisation

Modèle	Fabricant
ppbRAE plus	RAE Systems
MultiRAE plus	RAE Systems
Micro 5 PID	BW

3.3.9 Détection par chromatographie gazeuse – spectrométrie de masse (GC-MS)

3.3.9.1 Principe

Ce mode de détection est le plus performant du fait qu'il permet de détecter la quasi-totalité des composés présents dans l'échantillon (hormis les composés de très faible ou de très haute masse moléculaire).

Le principe consiste à introduire l'échantillon dans une colonne chromatographique présente dans un four dont la température est progressivement élevée. La colonne permet de séparer les constituants chimiques présents dans l'échantillon avant leur introduction dans le spectromètre de masse. Elle est constituée d'un tube de silice de très faible diamètre (0,2 – 0,3 mm) et de longueur pouvant atteindre 30 m. Sur les parois internes du tube de silice est disposé en faible épaisseur (0,2 – 1 µm) une phase stationnaire constituée la plupart du temps de film polysiloxane ou de polymère poreux. Les différents constituants présents dans l'échantillon, entraînés par un gaz vecteur au travers de la colonne sont alors plus ou moins retenus suivant leur affinité chimique vis-à-vis de la phase stationnaire et en fonction de leur volatilité et sortent donc de la colonne avec un temps de rétention variable.

Chaque composé en sortie de colonne est ensuite envoyé dans la source d'ionisation dans laquelle les molécules sont ionisées puis fragmentées en donnant différents fragments chargés caractéristiques. Ces différents ions formés sont ensuite représentés graphiquement par leur rapport masse sur charge (m/z) en fonction de l'intensité électrique du signal, fonction de la concentration pour donner un spectre de masse de la molécule.

Ce spectre de masse est alors comparé aux spectres de masse des composés de référence présents dans une banque de données afin d'identifier la molécule.

3.3.9.2 Avantages

L'emploi d'une technique de séparation (chromatographie) en amont du spectromètre permet d'obtenir des spectres de masse conformes aux spectres des bases de données et donc de rendre l'identification des composés plus fiable. En outre, le niveau de détection est très élevé (de l'ordre du ppb). Le Hapsite ne pèse que 16 kg et se porte sur l'épaule.

3.3.9.3 Inconvénients

Le principal inconvénient de ce type d'appareil réside dans le prix d'acquisition (qui peut dépasser 100 000 euros) auquel il convient de rajouter le coût des consommables et de la maintenance.

La technique exige aussi un niveau de compétence élevé.

3.3.9.4 Exemples de GC/MS

Modèle	Fabricant
E ₂ M	Bruker
HAPSITE	INFICON
TDGC-Turbomass	Perkin Elmer

3.3.10 Multi-Détecteurs

3.3.10.1 Principe

Ces détecteurs combinent plusieurs modes de détection qui permettent d'étendre leur domaine d'application. Les modes associés permettent ainsi la plupart du temps de détecter à la fois les CWAs et de nombreux TICs.

On distingue 2 types de multi-détecteurs :

- les appareils qui disposent d'un seul logiciel permettant de piloter les divers modes de détection installés ;
- les appareils qui requièrent un logiciel par mode de détection.

3.3.10.2 Avantages

L'intérêt majeur de ces détecteurs est leur capacité à détecter une gamme étendue de composés d'intérêt. La détection à la fois des CWA et des TICs devient ainsi possible.

D'un point de vue opérationnel, l'utilisation d'un seul appareil de détection sur le terrain est appréciable.

3.3.10.3 Inconvénients

Ces appareils, compte tenu des technologies utilisées, ont un coût souvent prohibitif.

De plus le logiciel de pilotage (s'il est présent) peut s'avérer complexe et les réponses fournies par les détecteurs sont parfois incohérentes en cas de mélange notamment ou de substances non répertoriées dans la base de données. Une formation et un entraînement régulier sont donc nécessaires afin d'acquérir une bonne maîtrise de l'appareil et l'utiliser de manière optimale. Il n'est par ailleurs pas possible d'incrémenter soi-même les bases de données.

3.3.10.4 Exemples de multi-détecteurs

Modèle	Détection	Logiciel de pilotage	Fabricant
GDA2	IMS + PID + Cellules électrochimiques + détecteurs à semi-conducteurs	Oui	AIRSENSE Analytics
HGVI	IMS + PID	Oui	Smith Detection
HAZMATCAD 2	SAW + cellules électrochimiques	Non	MSA
TVA-1000B	PID + FID	Non	Thermo Scientific

3.4 Spécifications techniques des appareils de détection de terrain

Tableau 5 – Echelle d'évaluation des spécifications techniques

Critères	A	B	C	D
Résistance aux interférents	Répond uniquement aux agents ciblés	Fausse alarmes en présence d'interférents à forte concentration	Fausse alarmes en présence d'interférents à faible concentration	Très nombreuses fausses alarmes
Temps de réponse	Moins de 10 secondes	Entre 10 et 30 secondes	Entre 30 secondes et 1 minute	Plus de 1 minute
Alarme	Visuelle et sonore	Sonore	Visuelle	
Poids	Inférieur à 1 kg	Entre 1 et 3 kg	Entre 3 et 5 kg	Supérieur à 5 kg
Autonomie	Plus de 12 heures	Entre 8 et 12 heures	Entre 4 et 8 heures	Moins de 4 heures
Mise en route	Entre 10 secondes et 1 minute	Entre 1 minute et 5 minutes	Entre 5 et 15 minutes	Plus de 15 minutes
Robustesse	Utilisable dans tout type d'environnement Bonne résistance aux chocs	Utilisable dans tout type d'environnement Sensible aux chocs	A utiliser uniquement en ambiance peu concentrée Sensible aux chocs	A utiliser uniquement en ambiance peu concentrée Très fragile
Niveau de compétence	Pas de formation spécialisée requise Entraînement occasionnel suffisant	Pas de formation requise Entraînement régulier recommandé	Formation et entraînement conseillés	Utilisable uniquement par un technicien spécialisé
Coût	Moins de 1000 euros	Entre 1000 et 5000 euros	Entre 5000 et 10000 euros	Plus de 10000 euros

Tableau 6 - Détecteurs IMS

Détecteurs (Fabricant)	Photo	Agents détectés		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Matrice	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
Chemical Agent Monitor (CAM) (Smiths Detection)		Neurotoxique vésicants, suffocants, toxiques cellulaires		B	B	Gaz	A	B	A	B	B	B	C
Multi-IMS (Dräger)		Neurotoxique, vésicants, suffocants, toxiques cellulaires		B	A	Gaz	A	A	B	ND	A	B	NC
Raid-M et Raid-M-100 (Bruker)		GA, GB, GD, GF, VX, HD, HN, L CICN, HCN	Chlore	C	A	Gaz	A	B	C	ND	B	B	NC
LCD-3 (Smiths Detection)		GA,GB, GD, VX HD, Léwisite 2 HCN Phosgène	Large gamme	ND	A	Gaz	A	A	A	NC	A	B	NC

Tableau 7 - Détecteur FPD

Détecteurs (Fabricant)	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Etat de la substance	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
AP2C (Proengin)		Agents G, H et V	Pesticides P S	A	A	toutes	A	B	B	B	A	B	NC
AP4C (Proengin)		CWAs et 49 des 58 TICs de la liste OTAN	Pesticides P S N	A	A	toutes	A	B	B	B	A	B	D

Tableau 8 - Détecteurs infrarouge

Détecteurs (Fabricant)	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Etat de la substance	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
MIRAN SapphiRe Portable Ambient Air Analyser (Thermo- Fisher)		Aucun	Jusqu'à une centaine de gaz connus (1 à 10λ)	B	B	gaz	A	D	C	C	B	C	D
HazMat ID (Smiths Detection)		Tous ceux en librairie	Tous ceux en librairie	D si mélange	C	Solide, liquide	-	D	B	C	A	D	D

Tableau 9 - Détecteurs infrarouge (suite)

Détecteurs (Fabricant)	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Etat de la substance	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
GasID (Smiths Detection)		Agents G, H et V	Tous ceux en librairie	ND	D	gaz	ND	D	D	ND	ND	C	ND
Trudefender FT (Ahura)		Tous ceux en librairie	Tous ceux en librairie	ND	ND	Liquide - Solide	ND	B	D	ND	ND	C	ND
Trudefender FTG (Ahura)			Tous ceux en librairie	ND	ND	Gaz	ND	B	ND	ND	ND	C	ND

ND = non décrit, NC : non communiqué

Tableau 10 - Détecteurs Raman

Détecteurs (Fabricant)	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Etat de la substance	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
First Defender (Ahura)		Tous ceux en librairie	Tous ceux en librairie	C	C	Solide, liquide	ND	ND	ND	C	B	D	D
Responder RCI (Smiths Detection)		Tous ceux en librairie	Tous ceux en librairie	ND	ND	Solide, liquide	ND	B	ND	ND	B	ND	ND

Tableau 11 - Capteurs électrochimiques

Détecteurs (Fabricant)	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Matrice	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
MiniWarn Gas Detector (Dräger)		HCN [0-50 ppm]	Ammoniac [0-300 ppm] Chlore [0-20 ppm] 28 capteurs disponibles 3 capteurs utilisables simultanément	B	ND	Gaz	A	A	B	ND	ND	B	NC
PAC III E		HCN [0-50 ppm] Phosgène [0-1 ppm]	Ammoniac [0-200 ppm] Chlore [0-20 ppm] 22 capteurs disponibles	B	ND	Gaz	A	A	A	ND	ND	B	NC

Tableau 12 - Capteurs à ondes acoustiques de surface

Détecteurs	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Matrice	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
SAW Minicad II Surface Acoustic Wave		Agents G, V, H, HN, L, HCN, C1CN	-	ND	D	ND	A	B	C	B	B	B	NC
HAZMATCAD		Agents G, V, H, HN, L, HCN, C1CN	-	B	C	Gaz	A	B	B	A	B	B	D

Tableau 13 - Détecteurs à photoionisation

Détecteurs	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Matrice	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
MiniRAE 3000		Si potentiel d'ionisation adapté à la source	Si potentiel d'ionisation adapté à la source	Réponse non spécifique	A	gaz	A	A	A	B	B	B	B
ppbRAE 3000		Si potentiel d'ionisation adapté à la source	Si potentiel d'ionisation adapté à la source	Réponse non spécifique	A	Gaz	A	A	A	B	B	B	NC
MultiRAE plus		Si potentiel d'ionisation adapté à la source	Si potentiel d'ionisation adapté à la source	Réponse non spécifique	A	Gaz	A	A	A	B	B	B	NC

Tableau 14 - Détecteurs GC/MS

Détecteurs	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Etat de la substance	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
HAPSITE		Tous ceux en librairie	Tous ceux en librairie	B	D	vaporisable	C	D	C	C	B	D	D
E2M (Bruker)		Tous ceux en librairie	Tous ceux en librairie	B	D	Liquide, gaz	C	D	C	B	D	D	D

Tableau 15 - Multi-détecteurs

Détecteurs	Photo	Agent(s) détecté(s)		Résistance aux interférents	Temps de réponse	Matrice	Alarme	Poids	Autonomie	Mise en route	Robustesse	Niveau de compétence	Coût
		CWAs	TICs										
GDA2 (AIRSENSE Analytics)		Agents G, V, H, HN, L, ClCN, HCN, phosgène	Tous ceux en librairie	C	A	Gaz, liquide, solide	A	C	D	D	B	C	D
HGVI (Smiths Detection)		Agents G, V, H, HN, L, ClCN, HCN, phosgène	Tous ceux en librairie	ND	ND	ND	A	C	ND	ND	ND	C	D
TVA1000B Toxic Vapour Analyser		Tous les composés organiques présents en librairie		Réponse non spécifique	A	Gaz	A	D	C	A	ND	C	D

Chapitre 4

Stratégie de prélèvement

4.1 Principes généraux d'une mission de prélèvement

4.1.1 Contexte

La mise en œuvre d'une mission de prélèvement se justifie dans le cadre d'une suspicion ou d'une contamination d'un lieu par un ou plusieurs agent(s) chimiques toxiques portant ou menaçant de porter atteinte à la sécurité des personnes présentes.

La contamination peut avoir diverses origines :

- accident ou action criminelle durant le transport, le stockage, la manipulation ou la production de composés toxiques ;
- dissémination délibérée de composés toxiques (toxiques de guerre, toxiques chimiques industriels et toxines) par une organisation terroriste (circulaire n°700/SGDN/PSE/PPS du 7 novembre 2008, 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) suite ou non à explosion par mise en œuvre d'explosifs.

4.1.2 Priorités

Dans le cadre d'une telle mission, les priorités seront de 3 sortes :

- délimitation de la contamination afin de mettre en place un périmètre de sécurité à l'aide des moyens de terrain disponibles ;
- identification de l'origine et de la nature de la contamination afin de mettre en œuvre les mesures de sécurité et les traitements médicaux adaptés ;
- garantir la conservation des éléments de preuve conformément aux exigences du code de procédure pénale.

4.1.3 Caractéristiques

- Informations sur l'origine et le type de la pollution :
 - attentat, accident, action criminelle...
 - explosion, déversement, fuite, rejet...
 - contamination liquide, dispersion atmosphérique, aérosol...
 - toxique de guerre, toxique industriel chimique ou toxine.⇒ Aide au choix des EPI (équipements de protection individuelle) et de la méthode de prélèvement
- Niveau de pollution élevé = points de prélèvement plus facilement localisables.
⇒ Emploi de détecteurs locaux (détection par photométrie de flamme, détection par photo-ionisation...) et des kits de détection (tubes colorimétriques, ...).
- Niveau de pollution faible = nécessite une stratégie de prélèvement.
⇒ Reconnaissance obligatoire, utilisation de détecteurs plus sensibles si disponibles et augmentation du nombre de points de prélèvement.
- Accident : de grande ampleur (quantité importante), au danger relatif (fonction de la nature du (ou des) produit(s)), à la détection complexe (milliers de composés possible) mais disposant d'un environnement connu (suivi administratif, source de renseignements). Ex : Toulouse, usine AZF en 2001.
- Attentat : de faible ampleur (quantité limitée), au danger très élevé (produit choisi pour ses effets létaux ou incapacitants – toxiques de guerre), à la détection maîtrisée (pour les toxiques de guerres). Ex : Tokyo, gaz sarin dans le métro en 1995.
- Action criminelle: d'ampleur variable (du petit déversement au sabotage d'installation), au danger relatif (fonction de la nature du (ou des) produit(s)), à la détection complexe (milliers de composés), à l'environnement peu ou pas connu.

4.1.4 Mode opératoire

- Recherche du renseignement (exploitant, témoins, victimes, documents de transport, étiquetage)
- Reconnaissance de la zone au moyen des détecteurs et analyseurs locaux et observation
- Exploitation du renseignement et préparation de la mission de prélèvement
- Prélèvements // Blancs terrains selon le contexte
- Conditionnement des échantillons et renseignement des fiches de prélèvement
- Transport

4.1.5 Définitions

- **Prélèvement**
Il s'agit d'obtenir, au moyen d'un protocole adapté, un échantillon représentatif de la nature du « polluant » rencontré.
- **Blanc terrain**
Le blanc terrain est identique, dans la forme, aux prélèvements effectués en zone d'exclusion (solide, liquide, gaz) mais est réalisé en zone de soutien à l'abri de toute contamination. Il est également acheminé au laboratoire pour analyse, afin de connaître le « bruit de fond chimique ».
- **Chef d'équipe**
Le chef d'équipe est le responsable de la mission de prélèvement. Il a la charge de la sécurité de son personnel, du bon déroulé des opérations et il est force de décision sur la zone (sauf en cas d'attentats à l'explosif pour lesquels il existe des procédures spécifiques)
- **Préleveur « Mains Propres »**
Le préleveur « Mains Propres » est aux ordres du chef d'équipe, il accomplit toutes les actions préparatoires aux prélèvements qui ne nécessitent pas de contact avec la matière. Il doit veiller tout particulièrement à éviter un transfert de contamination avec Mains Sales.
Selon le contexte, le préleveur « Mains propres » peut également être le chef d'équipe.
- **Préleveur « Mains Sales »**
Le préleveur « Mains sales » est aux ordres du chef d'équipe. Il accomplit physiquement les prélèvements. Il est le seul à être au contact de la matière prélevée. Il doit changer de sur-gants à chaque prélèvement pour éviter toute contamination croisée. Il doit veiller également à ne pas contaminer ses équipiers.
- **Définition des 3 zones** selon la circulaire n°700/SGDN/PSE/PPS du 7 novembre 2008, relative à la doctrine nationale d'emploi des moyens de secours et de soins face à une action terroriste mettant en œuvre des agents chimiques :
 - **zone d'exclusion**
Elle comprend la zone de danger immédiat et la zone de danger sous le vent. Le port de la tenue de protection y est obligatoire. L'accès à cette zone s'effectue à travers un système de sas d'entrée et de sortie
 - **zone contrôlée**
Cette zone, située entre la zone d'exclusion et la zone de soutien permet de prévenir ou de réduire la contamination. Elle demande la création d'un périmètre de sécurité où sont installés les points de regroupement des victimes, les sas de décontamination. L'accès à cette zone nécessite une tenue de protection individuelle adaptée aux risques.
 - **zone de soutien**
Elle est opposée au vent et accueille l'ensemble des services intervenants. Dans cette zone, aucune tenue de protection NRBC n'est exigée.

Par conséquent, le recueil des prélèvements se fera en zone d'exclusion puis ils seront transférés en zone contrôlée pour en décontaminer l'emballage. Une fois décontaminés, ils seront regroupés en zone de soutien.

Dans l'éventualité d'un déploiement dans un bâtiment, ces zones peuvent être ramenées respectivement à un local, à tout ou partie de l'édifice, si la ventilation mécanique a été

arrêtée dès le début des événements. Un contrôle de la zone doit être effectué avant tout déploiement.

4.2 Organisation de la mission de prélèvement

4.2.1 Préparation

- Exploitation des renseignements d'ambiance et évaluation du contexte Organisation de l'intervention (réception des ordres, composition de l'équipe)
- Localisation des zones d'exclusion, contrôlée et de soutien
- Préparation du matériel, des tenues de protection²⁸

Rappel : circulaire 700 § 3.1 – Choix des matériels de protection

« 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 »

4.2.2 Phase de reconnaissance

4.2.2.1 Objectif

La reconnaissance n'est pas obligatoire mais fortement recommandée. Elle est fonction de la situation et du contexte. Sa mise en œuvre est liée à l'appréciation du responsable du dispositif.

Elle se justifie en l'absence totale de renseignement, lorsque la surface du lieu à échantillonner est étendue, la pollution non localisable ou le nombre d'objets potentiellement contaminés important.

Elle vise à localiser les zones contaminées et à définir les lieux et matrices à échantillonner. Une description topographique ainsi qu'un balisage des zones ou objets suspects sont réalisés. Aucun prélèvement n'est effectué durant cette phase, hormis ponctuellement des prélèvements atmosphériques dans le cas d'une forte suspicion de présence d'agent toxique volatil.

Dans le cas d'une contamination locale dont la source est clairement identifiée (fuite d'un bidon contenant un liquide par exemple), la reconnaissance n'a pas lieu d'être réalisée, un simple prélèvement liquide et gazeux étant alors suffisant (s'assurer toutefois qu'il n'y a pas de seconde source).

Suite à un acte malveillant avéré ou présumé, l'urgence est de confirmer ou d'infirmer l'acte de malveillance en mettant en évidence le (ou les produits) mis en cause.

La reconnaissance a pour but d'affiner l'évaluation de la menace : elle doit tout d'abord répondre aux trois questions suivantes :

1. y a-t-il eu explosion ou non ?
2. si oui, l'explosion a-t-elle été provoquée par la mise en œuvre d'explosifs ?
3. si oui, des substances NRBC sont-elles associées ?

S'il y a eu explosion (cas 2), il faut déterminer si elle est d'origine accidentelle (explosion pneumatique, explosion d'atmosphère) ou volontaire (liée à l'utilisation d'explosifs condensés). Des intervenants formés peuvent rapidement répondre à cette question. En cas d'attentat à l'explosif avéré ou dans le doute, des démineurs doivent intervenir prioritairement pour :

- confirmer qu'il s'agit d'un attentat ;
- sécuriser la zone en effectuant la recherche systématique d'un ou de plusieurs autres engins éventuellement présents ainsi que leur neutralisation. Ils sont également en mesure de radiographier sur site des colis suspects pour s'assurer qu'ils ne contiennent pas d'engin ;
- déterminer le périmètre de sécurité.
-

S'il y a eu explosion suite à la mise en œuvre d'explosifs, la présence de substances NRBC doit être impérativement recherchée (cas 3). Les démineurs doivent être en mesure d'effectuer immédiatement des détectations sur site au cours de leur première reconnaissance (radiologique, chimique S, P..., explosifs volatils tels que peroxydes).

Une équipe spécialisée doit ensuite être capable d'affiner la détection, et si possible, d'identifier l'agent. Elle doit être, en même temps, en mesure d'effectuer des prélèvements analysables sur site et des prélèvements de substances volatiles ou labiles.

Suite à un attentat par explosifs associés à des substances NRBC, les prélèvements doivent répondre aux attentes suivantes :

- déterminer la nature de la substance NRBC présente
- déterminer la nature de la charge explosive
- déterminer des profils génétiques à partir de traces biologiques présentes sur les prélèvements
- caractériser des traces et indices (empreintes digitales...)

Des procédures spécifiques existent pour les prélèvements à effectuer dans le cadre d'attentat « classique » : en revanche le devenir des prélèvements contaminés par des substances NRBC n'est pas clairement défini (ni au niveau national, ni au niveau international).

Ainsi, la levée de doute NRBC est capitale pour la suite à donner aux prélèvements réalisés pour répondre aux trois derniers points listés ci-dessus.

4.2.2.2 Protocole

Nous ne traiterons ici que du point suivant : déterminer la nature de la substance NRBC présente sur le site afin de parvenir ou non à une levée de doute.

Pour répondre à cet objectif, les questions suivantes se posent alors :

- la substance est-elle visible (poudre ...)?
- la source est-elle identifiable (déversement localisé)?
- un engin de dispersion ou un container suspect est-il trouvé?
- la présence de la substance est-elle perçue (odeur, sensations diverses...)?
- des victimes présentent-elles des symptômes suspects, sur un site donné sans anomalie apparente de l'environnement ?

Dans le 1^{er}, le 2^{ème} et le 3^{ème} cas, les opérateurs ne doivent pas perdre de vue l'hypothèse de la présence d'autres sources possibles par un examen méticuleux du site d'abord visuel autour de la première source. S'il s'agit d'une poudre, pour limiter sa dissémination dans l'atmosphère, il est nécessaire de s'assurer que la ventilation est neutralisée (limiter les courants d'air, faire couper les systèmes de ventilation ou de climatisation si l'environnement est clos...). Il est recommandé de dérouler un tapis de polyane jusqu'à l'endroit où pourra se faire la levée de doute, associé ou non, à un prélèvement afin de ne pas marcher sur une surface susceptible de contaminer les semelles.

La menace radiologique ne peut pas, à priori, être dissociée de la menace chimique. Par exemple, l'approche pourra être faite en étant muni d'un détecteur de rayonnement mesurant un débit de dose. Si aucun rayonnement n'est détecté, l'opérateur peut approcher en toute sécurité d'un point de vue radiologique. Il utilisera ensuite un contaminamètre à quelques cms de la substance pour s'assurer qu'elle n'est pas radioactive (attention, le rayonnement α est vite arrêté, en particulier s'il pleut, on ne peut pas garantir tout de suite qu'il n'y a pas présence d'un émetteur α pur : il est nécessaire de prélever un peu de la substance pour des contrôles ultérieurs par les équipes spécialisées, il faut alors se fier aux consignes qui seront fournies en temps réels par ces équipes). A défaut de détection radiologique, il n'y a pas de risque d'irradiation, mais le risque de contamination reste possible dans le cas précédemment cité (α pur), d'où l'intérêt de porter un équipement adapté.

Parallèlement, il est préconisé de commencer par la détection des substances volatiles : la détection chimique des toxiques de guerre sur la poudre, la substance déversée ou le container suspect vide se fait facilement à l'aide d'un spectromètre de flamme dont la réponse est caractéristique des éléments S, P, N ou As. En l'absence de réponse du spectromètre, un détecteur de COV (détecteurs à ionisation de flamme ou à photoionisation, FID et PID) et des capteurs électrochimiques sont utilisés, sans oublier les tubes colorimétriques qu'il faut cependant utiliser avec prudence en raison du nombre important d'interférents auxquels ils peuvent répondre. Pour parfaire l'identification des vapeurs susceptibles de se dégager au dessus de la substance suspecte, le spectromètre de masse portable est un outil privilégié dont les limites doivent cependant être parfaitement connues des utilisateurs.

L'analyse la plus complète des vapeurs ayant été effectuée, la substance peut être prélevée à l'aide d'une spatule, d'une pipette ou d'une seringue, transmise de l'opérateur main propre à l'opérateur main sale.

Après contrôle de l'acidité de la substance, si le pH n'est pas trop acide, elle peut être transférée sur la platine du spectromètre infrarouge ATR pour y être analysée. Les substances organiques présentent pour la plupart un spectre infrarouge caractéristique : l'identification est très fiable si la substance est pure mais ne peut être correctement menée que par des spécialistes en cas de mélange. La spectrométrie Raman peut également être utilisée dans certain cas pour identifier la substance surtout si elle est en solution aqueuse, mais l'interprétation des spectres est délicate.

En fonction de la nature chimique de la substance et en accord avec l'évaluation du contexte réalisé par l'ensemble des personnels compétents, la décision de levée de doute dans ces trois cas peut être prise.

Dans le 4^{ème} et le 5^{ème} cas, aucune information sur l'emplacement et la nature de la source n'est à priori disponible. Les renseignements obtenus avant l'intervention sont précieux : par exemple, la description de l'odeur si elle existe, les symptômes ressentis par les victimes, peuvent permettre de suspecter certaines catégories de substances. Un examen méticuleux du site est ensuite nécessaire. Il se fait muni de la panoplie la plus exhaustive possible de détecteurs, voire d'analyseurs : toujours commencer par la détection radiologique pour se prémunir de toute irradiation et/ou contamination préjudiciables.

Les réponses d'un ou plusieurs détecteurs de substances chimiques volatiles et semi-volatiles permettant de suivre une concentration s'avèrent très utiles, même si ce suivi est indicatif : ils permettent de suivre la concentration pour remonter vers la source si elle est ponctuelle ou limitée.

Dans certains cas, il est conseillé de réaliser des prélèvements en effectuant la reconnaissance. En effet, les substances volatiles sont plus ou moins fugaces et requièrent des prélèvements les plus précoces possibles après la manifestation de l'événement. Plusieurs prélèvements sont nécessaires si aucun gradient de concentration n'a pu être mis en évidence : ils se font dans des sacs adaptés (Tedlar®) ou sur des supports spécifiques (tubes prévus pour être désorbés...) le plus souvent à l'aide de pompes, exception faite pour les fibres SPME (solid phase micro extraction), utilisées lors de piégeage passif. L'utilisation du spectromètre de masse peut être déterminante, cependant, la concentration de contaminants dans l'atmosphère est souvent très faible au moment de l'intervention : il peut être utile de concentrer le prélèvement avant de l'injecter dans le spectromètre, ce qui augmente considérablement la sensibilité, mais ce mode d'utilisation ne peut pas être utilisé en détection directe sur le site. Par ailleurs, des contaminants tels que le Cl₂ ou le formaldéhyde (à moyenne et faible concentration) sont indétectables par cette méthode.

Des prélèvements d'atmosphère doivent aussi être effectués pour piéger d'éventuels contaminants particuliers de toute nature y compris biologique. Peu de tests de terrain sont fiables, les prélèvements susceptibles de contenir de telles substances doivent par conséquent être immédiatement acheminés vers des laboratoires compétents du réseau Biotox - Piratox.

4.2.3 Phase de prélèvements

Cette phase a pour but de collecter les différents échantillons définis en phase de reconnaissance. Les prélèvements ainsi effectués sont envoyés vers un des laboratoires du réseau Biotox - Piratox pour analyse. Ces prélèvements doivent être réalisés en présence d'un officier de police judiciaire lorsqu'une enquête de police judiciaire est ouverte.

4.2.4 Décontamination et conditionnement des échantillons

La décontamination des emballages des échantillons prélevés s'effectue au niveau du sas situé entre la zone contrôlée et la zone de soutien.

Elle s'insère dans les dispositifs déjà établis des chaînes de décontamination. Tout échantillon provenant d'une zone potentiellement polluée doit être décontaminé extérieurement puis contrôlé afin d'assurer la sécurité des personnes qui vont par la suite le manipuler. Il doit également être conditionné de manière optimale (hermétique et fiable) afin de garantir son intégrité jusqu'à sa livraison au laboratoire.

4.2.5 Gestion des déchets

Les déchets générés lors de la mission (accessoires de prélèvements, gants, papier pH...) sont placés dans un sac étanche clairement étiqueté qui sera laissé sur la zone contaminée puis, par la suite, brûlé ou fera l'objet d'un traitement dans une filière adaptée des déchets.

Les accessoires de prélèvements non jetables (spatules, pinces Brucelles métalliques...) peuvent être placés dans un autre sac étanche également étiqueté qui sera ramené par l'équipe en zone contrôlée.

4.3 Organisation d'une équipe de prélèvement (sauf attentat par explosif)

4.3.1 Composition

En raison des risques importants liés à la nature de la mission de prélèvement (prélèvements d'échantillons toxiques en milieu hostile), des contraintes incombant aux EPI et de l'export des moyens de détections et de prélèvement, le nombre de personnes conseillé doit être de 3 spécialistes auxquels se rajoutera du personnel additionnel suivant l'ampleur du dispositif, la configuration des lieux et l'origine de la pollution. Des moyens humains supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour « armer » l'ensemble du dispositif d'intervention NRBC propre à chaque unité.

- Les 3 personnes sont :
 - un chef d'équipe (CE) ;
 - un préleveur « mains sales » (PMS) ;
 - un préleveur « mains propres » (PMP)
- Dans le cas où seules deux personnes sont disponibles, le préleveur « mains propres » est aussi chef d'équipe..
- Le personnel additionnel pourra être constitué :
 - d'un contrôleur décontamination « mains sales » (CMS)
 - d'un conditionneur « mains propres » (CMP).
 - d'une équipe de décontamination du personnel disponible sur le site (à défaut, la décontamination du personnel s'effectuera par le conditionneur « mains propres » ;
 - d'un ou plusieurs aide(s) terrain chargés de ramener les échantillons en zone contrôlée. Ces aides terrain seront particulièrement utiles dans le cas où la zone à échantillonner est vaste et le nombre d'échantillons à collecter est important ;
 - d'un chimiste ayant une bonne connaissance des agents toxiques chimiques.

4.3.2 Personnels en zone d'exclusion

4.3.2.1 Chef d'équipe (CE)

- Phase de préparation
 - supervise la préparation du matériel nécessaire.
 - supervise la préparation du personnel entrant en zone d'exclusion.
- Phase de reconnaissance
 - Evolue derrière le préleveur « mains propres » (ou est lui-même le préleveur « mains propres »).
 - Coordonne l'action de ses équipiers sur le terrain.
 - Recherche les indices et fait rechercher à PMS et PMP les zones contaminées : il peut être nécessaire de détecter et analyser immédiatement les substances et d'effectuer un prélèvement préliminaire analysable en base arrière.
 - Etablit un plan de la zone.
 - Prend les photos susceptibles d'apporter des renseignements.
 - Identifie les zones potentielles de prélèvement.
 - Veille à la sécurité de ses équipiers.
- Phase de prélèvements
 - Fait exécuter le plan de prélèvement défini à l'issue de la reconnaissance. S'assure du bon choix des outils et conteneurs pour les prélèvements.

- S'assure du bon déroulement des opérations de prélèvement (intégrité de l'échantillon et sécurité des préleveurs).
- Authentifie les échantillons (numéro et photo).
- Renseigne la fiche de prélèvement pour chaque échantillon (heure de prélèvement, localisation, nature, volume, n° identification...).
- Vérifie la bonne application des procédures de décontamination et codification.
- S'assure de la mise en sécurité des déchets produits.
- Fin de la mission
 - Vérifie le contenu des boîtes IATA ou équivalent
 - Complète les fiches de prélèvement et rédige les documents administratifs.
 - Réalise éventuellement (en l'absence de personnel additionnel) les prélèvements « blancs terrain »

4.3.2.2 Préleveur « mains propres » (PMP)

- Phase de préparation
 - Prépare le matériel (détection et prélèvement) nécessaire pour la mission.
- Phase de reconnaissance
 - Assure la reconnaissance de manière méthodique de la zone.
 - Ne touche à aucun objet.
 - Recherche les zones de contamination chimique à l'aide de ses appareils de détection.
 - Recherche les zones de concentration les plus élevées.
- Phase de prélèvements
 - Fournit à PMS les accessoires de prélèvement.
 - Recueille les échantillons dans leur emballage primaire. Ferme avec soin l'emballage pour assurer son étanchéité.
 - S'assure de l'absence de solide ou liquide sur l'emballage primaire.
 - Procède à un contrôle au moyen de son détecteur avant et après le prélèvement.
 - Codifie l'échantillon pour la prise de vue.
 - Dépose l'échantillon dans le récipient garni de charbon actif.
- Fin de la mission
 - Réalise éventuellement (en l'absence de personnel additionnel) les prélèvements « blancs terrain »

4.3.2.3 Préleveur « mains sales » (PMS)

- Phase de préparation
 - Prépare le matériel (détection et prélèvement) nécessaire pour la mission.
- Phase de reconnaissance
 - Porte une 2^{ème} paire de gants en latex par dessus les gants butyl.
 - Aide PMP à la reconnaissance en déplaçant si nécessaire certains objets potentiellement contaminés.
 - Remplace ses gants en latex après avoir touché le moindre objet.
 - Procède au balisage des zones susceptibles d'être prélevées.
- Phase de prélèvements
 - Porte une 2^{ème} paire de gant en latex par-dessus les gants butyl.
 - Réalise tous les prélèvements suivant le plan prédéfini après la reconnaissance.
 - Dépose l'échantillon dans l'emballage primaire.
 - S'assure de l'absence de solide ou liquide sur l'emballage primaire. Si présence de contamination, PMS refait le prélèvement si possible. Dans le cas contraire, il devra re-prélever dans le premier flacon afin de transférer celui-ci dans un nouvel emballage
 - Change de gants latex entre chaque prélèvement.
 - Stocke les déchets dans l'emballage réservé (sac plastique).
 - Se charge de transporter le récipient contenant les échantillons.

4.3.3 Personnel additionnel

Le personnel intervenant en renfort de l'équipe de prélèvement correspond à l'ensemble des moyens humains nécessaire à la bonne marche des opérations telle qu'elle est définie dans le GNR Pompiers ou tout autre protocole d'intervention NRBC propre à l'unité qui a reçu la mission. La chaîne de décontamination en l'occurrence, est un dispositif obligatoire mais son organisation diffère d'un service à l'autre. Ce guide précise uniquement les aspects particuliers de la décontamination des prélèvements, les intervenants seront traités selon le protocole en vigueur.

4.3.3.1 Contrôleur décontamination « mains sales »

- Prépare les bacs de décontamination des échantillons (hypochlorite à 10 %).
- Délivre à l'aide terrain éventuel les outils et matériels demandés en zone contaminée.
- Réalise éventuellement les blancs de terrain.
- Recueille les échantillons provenant de la zone d'exclusion.
- Procède au contrôle et à la décontamination des emballages des échantillons (3' par trempage).
- Transmet les échantillons décontaminés extérieurement au conditionneur « mains propres » dans l'emballage.

4.3.3.2 Conditionneur « mains propres »

- Responsable de la décontamination des échantillons
- Responsable de la malle de transport des échantillons.
- Vérifie la lisibilité de la codification de l'échantillon
- Conditionne l'échantillon sous contrôle judiciaire dans l'emballage secondaire qui peut être thermo-soudable et inscrit sur l'emballage le numéro de l'échantillon.
- Après étiquetage, met l'échantillon dans le pot IATA ou équivalent avec du charbon actif.

Si nécessaire, réalise les prélèvements des blancs en zone saine avec CMS.

4.3.3.3 Aide terrain

Dans le cas d'une situation de grande ampleur, des renforts dits « aide terrain » peuvent être placés judicieusement entre la zone contrôlée et la zone d'exclusion pour faciliter le travail des préleveurs, quand la quantité de matériels à emporter et de prélèvements à effectuer le justifie.

4.3.3.4 Scientifique (chimiste, médecin, vétérinaire)

Le chimiste, si la ressource existe et qu'elle s'inscrit dans le schéma d'intervention, est alors d'une plus-value technique et scientifique non négligeable, notamment pour ce qui concerne le choix des points de prélèvement, les matrices et l'analyse fine.

Le médecin ayant l'habitude des symptômes et de l'impact épidémiologique des agents chimiques et des toxines, voire même ayant des connaissances en médecine légale, pourra apporter une aide précieuse dans la rédaction des fiches d'accompagnements des échantillons. Selon les effets observés, il pourra émettre des hypothèses quant à la nature de l'agent incriminé.

Le vétérinaire pourra prélever des échantillons sur les cadavres d'animaux lorsque ceux-ci seront intransportables du fait de leur taille et/ou de leur poids.

Chapitre 5

Prélèvements environnementaux

5.1 Généralités sur le prélèvement

5.1.1 Préambule

Les différents laboratoires susceptibles d'analyser les échantillons ont leurs propres procédures et équipements afin d'identifier un composé donné dans une matrice donnée. Afin de s'assurer que les protocoles de prélèvement sont cohérents avec les protocoles analytiques du laboratoire, les équipes de terrain peuvent être amenées à échanger avec le personnel du laboratoire pour déterminer les équipements spéciaux nécessaires pour collecter les échantillons. Ce laboratoire leur sera préalablement indiqué par la CNC.

Les objectifs d'une mission de prélèvement sont de :

- opérer en toute sécurité ;
- permettre de prendre des mesures de protection ;
- réaliser un prélèvement pertinent et représentatif ;
- préserver l'intégrité et la traçabilité de l'échantillon ;
- fournir des échantillons sécurisés ;
- fournir des informations terrain précises et exhaustives.

Il peut être judicieux d'effectuer un seul prélèvement qui, mis sous scellé, sera divisé en n aliquotes en laboratoire, puis replacé sous scellé (article 60 du code de procédure pénale).

Un certain nombre de protocoles de prélèvements environnementaux ont également été décrits au Canada²⁹.

5.1.2 Pertinence du prélèvement

La pertinence d'un prélèvement est essentielle pour ne pas passer à côté d'un composé d'intérêt. Les prélèvements réalisés doivent donc faire l'objet d'une réflexion des équipes de terrain et d'une exploitation de toutes les informations accessibles :

- Renseignements ;
- historique du lieu ;
- réponse des détecteurs locaux ;
- conditions météorologiques (température, hygrométrie, vitesse et direction du vent...) ;
- observations de l'environnement et recherche des anomalies (cadavres d'animaux, état de la végétation...) ;
- description topographique ;
- prise de photos.

5.1.3 Intégrité de l'échantillon

L'échantillon ne doit pas subir de modifications entre le prélèvement sur le terrain et l'arrivée au laboratoire d'analyse. Quelques règles simples permettent de préserver l'intégrité de l'échantillon :

- utiliser des conditionnements hermétiques et inertes (les flacons en verre sont recommandés dans le cas général) ;
- remplir les conditionnements aux deux tiers ;
- utiliser si possible un système de réfrigération pour le transport (température de 4°C±3) ;
- changer systématiquement le matériel de prélèvement et de conditionnement entre chaque prélèvement.

5.2 Les prélèvements de solides

5.2.1 Recommandations générales

Il existe deux types de prélèvements qui se différencient par rapport au volume des solides à prélever. Pour les solides de faibles volumes, le prélèvement est un transfert de matière. Cela consiste à

prélever la matière à l'aide de spatule, de cuillère ou de petite pelle et à la transférer dans un flacon à col large. Pour les solides de grand volume qui ne sont ni transportables ni fractionnables, la méthode préconisée est le prélèvement par frottis.

Cette méthode consiste à repérer l'endroit à prélever (marques particulières, auréoles, résidus, traces...) et à frotter cet endroit à l'aide d'un coton sec dans un premier temps et d'une pince, ou d'un écouvillon. Ces supports sont ensuite transférés dans un flacon de volume approprié afin de limiter le volume d'air résiduel.

L'utilisation de solvant ou d'eau pour humidifier une trace peut être recommandée pour effectuer un second prélèvement dans le cas où le frottis à sec n'aurait manifestement rien entraîné. Lors d'un prélèvement par frottis, il est important de fournir au laboratoire un échantillon « blanc », c'est-à-dire un coton ou un écouvillon identique à celui utilisé pour le prélèvement mais vierge.

Cet échantillon « de terrain » est indispensable au laboratoire d'analyse pour contrôler et identifier les composés déjà présents dans le support de prélèvement ainsi que les composés issus de pollutions annexes dues aux conditions de stockage.

5.2.2 Matrices et méthodes appropriées

5.2.2.1 Sol, Neige

Prélever en surface (1 à 2 cm de profondeur) sur une surface de 10 x 10 cm si l'incident est récent ou si les conditions climatiques sont sèches. En revanche, prélever en profondeur (10 cm de profondeur) si les conditions climatiques sont susceptibles d'avoir favorisé une pénétration importante (pluies...).

Penser à prélever sous un objet potentiellement contaminé (cadavres d'animaux...).

5.2.2.2 Végétaux

Ce terme regroupe aussi bien les feuilles d'arbre que l'herbe, les buissons, les fruits, les céréales.... Remplir au minimum 1 bocal de 1 litre ou des sachets en matière plastique de taille adaptée.

5.2.2.3 Plastique, caoutchouc, tissu, peinture...

Ces matériaux sont intéressants car ce sont de très bons médias d'absorption chimique, faciles d'accès notamment sur des véhicules exposés. Prélever si possible quelques grammes à l'aide d'un scalpel et/ou effectuer des frottis.

5.2.2.4 Poudre ou poussières

Prélever 50 grammes si possible et relever le cas échéant l'étiquetage si cette poudre est contenue dans un flacon étiqueté (mais attention aux faux étiquetages).

5.2.2.5 Tuiles de toit

Dans le cas de la dispersion d'un nuage, le prélèvement de tuiles orientées face au vent dominant peut s'avérer intéressant.

5.2.2.6 Filtres à air

Il est possible de démonter les filtres à air conditionnés des bâtiments et les filtres à air des véhicules et de les récupérer pour analyse en les plaçant dans des récipients appropriés.

5.2.3 Matériels de prélèvement

Pour le prélèvement de solides de faible volume :

- spatule ou petite pelle ;
- ciseaux, pinces (végétaux) ;
- scalpel ;
- flacon à col large à fermeture hermétique ou à défaut, container inerte étanche ;
- sac mylar® ou matériau équivalent pour l'emballage secondaire.

Pour le prélèvement par frottis :

- coton ou écouvillon ;
- pinces ;
- flacon de volume adapté au coton ou à l'écouvillon (flacon de faible volume) ;
- sac mylar® ou matériau équivalent pour l'emballage secondaire.

Cette liste est non exhaustive et sera à adapter au cas par cas.

5.3 Les prélèvements de liquides

5.3.1 Recommandations générales

Comme pour les prélèvements de solides, il existe deux types de prélèvements pour les liquides : le prélèvement par transfert et le prélèvement par frottis.

Le transfert est utilisé pour des liquides mobiles de grand volume tandis que le frottis est pratiqué pour des liquides visqueux, ou en très faible quantité (gouttelettes...), ou dépôt d'aérosols.

Si le volume de liquide est suffisamment important, il est intéressant, pour s'assurer de la pertinence du prélèvement, de prélever un petit échantillon et d'en déposer une goutte sur du papier PDF1. Ce papier hydrophobe permet de déterminer si le liquide est aqueux ou organique. De plus, des taches colorées apparaissent en présence de certains toxiques. Si le liquide est aqueux, une goutte peut alors être déposée sur du papier pH. La mesure du pH permet de préciser l'acidité ou la basicité du milieu.

5.3.2 Matrices et méthodes appropriées

5.3.2.1 Liquides mobiles de nature aqueuse ou organique de grand volume (eaux, réservoir, flaque...)

Prélever à 3 niveaux (surface, milieu et fond) lorsqu'il n'y a pas de visibilité ou lorsque le milieu est hétérogène (présence de plusieurs phases). Prélever de l'ordre de 1 L si possible.

5.3.2.2 Liquides contenus dans des bouteilles, bidons, citernes...

Prévoir un système pour prélever en profondeur (tuyau de raccordement à une seringue). Prélever de l'ordre de 1 L si possible.

5.3.2.3 Liquides visqueux de grand volume (huiles, matières premières...)

Si la viscosité du liquide est trop importante, des difficultés d'aspiration risquent d'apparaître. Prélever 1 L si les conditions le permettent.

5.3.2.4 Dépôt d'aérosols

Faire des frottis à la surface.

Penser à fournir un échantillon blanc au laboratoire (coton ou écouvillon non utilisé).

5.3.3 Matériels de prélèvement

Pour le prélèvement par transfert :

- seringue jetable ou pipette plastique ;
- tuyau de raccordement et pompe ;
- flacon à col large à fermeture hermétique ;
- sac mylar® ou matériau équivalent pour l'emballage secondaire.

Pour le prélèvement par frottis :

- coton ou écouvillon ;
- pinces ;
- flacon de volume adapté au coton ou à l'écouvillon (flacon de faible volume) ;
- sac mylar® ou matériau équivalent pour l'emballage secondaire.

5.4 Les prélèvements de gaz

5.4.1 Recommandations générales

Préalablement aux prélèvements, il est nécessaire de s'assurer que les supports de prélèvements seront compatibles avec le matériel d'analyse disponible dans les laboratoires d'analyse du réseau Biotox – Piratox.

◆ Quand réaliser un prélèvement gazeux ?

- Présence d'objets suspects (bidons non identifiés, matériels de synthèse...)

- Témoignages de la population (odeur suspecte)
- Réponse positive des détecteurs locaux (FPD, PID, ...)
- Comportements anormaux (intoxication de la population, mort d'animaux, flore détruite...)

◆ Où réaliser un prélèvement gazeux ?

- En milieu extérieur
 - Dans les zones de courants ascendants (zones bétonnées, collines, champs ...)
 - Dans les zones ombragées
 - Sauf si réponse positive du FPD ou autre indice, éviter la collecte dans des lieux très ventilés ou en plein soleil
- En milieu intérieur
 - Au dessus de récipients : bidons, flacons, ballons...
 - Dans des zones de flux d'air (sorbonnes en fonctionnement, grilles d'aération, climatisation...)

◆ Comment réaliser des prélèvements gazeux ?

- Faire une reconnaissance de la zone avec les détecteurs locaux afin de définir les zones de prélèvements (un détecteur tel que le PID ou le FPD peut, dans certain cas, permettre de déterminer où sont les zones les plus concentrées, donc les plus intéressantes pour effectuer le prélèvement) et le nombre d'échantillons à prélever
- Se positionner face au vent
- réaliser au moins un blanc terrain
 - Echantillon vierge ayant subi le même cheminement que le support ayant servi au prélèvement (« blanc témoin »)
 - Et/ou échantillon prélevé sur le terrain dans une zone non contaminée (« blanc terrain »)
- Réaliser au moins 2 échantillons par zone de prélèvement (en parallèle de préférence)

5.4.2 Méthodes de prélèvement

5.4.2.1 Tubes adsorbants

5.4.2.1.1 Emploi

Les tubes adsorbants sont à employer pour l'échantillonnage d'atmosphères susceptibles de contenir des vapeurs de composés organiques (c'est-à-dire dont la structure chimique contient au moins un atome de carbone). En revanche, pour l'échantillonnage d'atmosphères contenant des vapeurs de composés inorganiques tels que certains toxiques industriels chimiques (chlore, ammoniac...), il convient d'utiliser un autre moyen de prélèvement (sac Tedlar®, supports imprégnés...).

5.4.2.1.2 Principe

Les prélèvements de gaz sont effectués par aspiration de l'air au travers d'un tube garni d'un support adsorbant approprié à l'aide d'une pompe portative électrique ou manuelle.

Les molécules de composés, une fois pénétrées dans la phase solide, sont adsorbées sur la surface des particules du support. Pour que le phénomène d'adsorption soit réellement efficace, les composés doivent présenter des caractéristiques physico-chimiques compatibles avec la nature du support (taille de la molécule, groupements chimiques la composant ...).

Plus le volume d'air prélevé est élevé, plus la quantité de polluant collectée sur le support est importante. La méthode s'apparente donc à une phase de reconcentration et permet donc de réaliser des prélèvements atmosphériques faiblement concentrés (inférieurs à 1 ppm).

Après le prélèvement, les tubes sont ramenés en laboratoire pour y être analysés. Les composés piégés sont extraits du support adsorbant par chauffage et balayage du tube par un courant d'hélium (principe de la thermo désorption) puis transférés dans un chromatographe en phase gazeuse couplé éventuellement à un spectromètre de masse afin de réaliser l'identification des composés.

5.4.2.1.3 Caractéristiques

Les tubes de prélèvement doivent impérativement être en acier (les tubes en verre sont à déconseiller en raison de leur fragilité).

Ils doivent avoir des dimensions compatibles avec les désorbeurs thermiques permettant leur analyse soit, le plus souvent :

- un diamètre externe de ¼" (6 mm) et une longueur de 3,5" (9 cm) pour les désorbeurs de marque Perkin Elmer (Turbomatrix) et Markes (Unity)
- un diamètre externe de ¼" (6 mm) et une longueur de 7" (17,8 cm) pour les désorbeurs de marque Gerstel (TDS2/TDSA)

L'étanchéité des tubes avant et après prélèvement est assurée à l'aide de bouchons pour stockage de longue durée. Ces bouchons sont constitués d'une vis et d'un écrou en laiton ainsi que d'une fêrle en téflon 1/4" assurant l'étanchéité lors du serrage. Ce type de bouchon permet de conserver l'intégrité de l'échantillon durant quelques jours et jusqu'à deux semaines s'il est conservé à des températures inférieures à 4°C ± 3.



Figure 6 – Exemple de bouchons de stockage « longue durée » pour tube de prélèvement

5.4.2.1.4 Choix des adsorbants

Pour qu'un adsorbant soit réellement utilisable en échantillonnage, il faut qu'il puisse, d'une part, piéger de manière efficace les composés à température ambiante et d'autre part relarguer de manière efficace les composés aux températures habituelles de désorption (entre 200 et 350°C).

L'adsorbant à utiliser est fonction du type de polluant à prélever sachant qu'aucun support ne permet de prélever la totalité des composés présents dans l'atmosphère. Certains adsorbants (noirs de charbon graphitisés, polymères poreux) sont plus adaptés au piégeage des composés semi-volatils de masse moléculaire comprise entre 100 et 300 g.mol⁻¹) tandis que d'autres (tamis moléculaires) sont à privilégier pour le prélèvement des composés volatils (masse moléculaire inférieure à 100 g.mol⁻¹).

Pour le piégeage des agents toxiques, le choix des adsorbants peut se limiter aux supports suivants :

- **Tenax® GR**

Ce support de la famille des polymères poreux est bien adapté au piégeage des vapeurs de nombreux agents de guerre chimiques parmi lesquels les agents neurotoxiques (Sarin, Soman, Tabun, VX, les moutardes au soufre et à l'azote). D'une manière générale, il permet de piéger la plupart des composés organiques peu polaires possédant un nombre de carbone allant de 4 à 20.

- **Carbotrap® B**

Cet adsorbant de la famille des noirs de charbon graphitisés présente des caractéristiques légèrement supérieures au Tenax® GR. Il est en outre plus stable à température ambiante (pas de réaction avec l'ozone contrairement au Tenax®) et peut être chauffé à des températures allant jusqu'à 400°C. Il peut être employé de manière efficace pour le piégeage des composés de masse moléculaire comprise entre 100 et 200 g.mol⁻¹.

- **Carboxen® 1000**

De la famille des tamis moléculaires, cet adsorbant permet de piéger efficacement les composés volatils organiques tels que l'acide cyanhydrique ou le chlorure de cyanogène. Il est de surcroît très hydrophobe.

Il existe aussi des tubes contenant plusieurs adsorbants juxtaposés de pouvoir adsorbant différents (exemple noir de charbon + tamis moléculaire) qui permettent de piéger une gamme de composés étendue. Ce type de tube peut s'avérer utile dans le cas où aucune information sur le type de contamination n'est connue à condition de disposer de méthodes analytiques permettant de rechercher les composés volatils et semi-volatils.

5.4.2.1.5 Matériels

- Tubes de prélèvement en acier garni d'adsorbant (Tenax® GR, Carboxen® 1000, ...)
- Bouchons Swagelok « longue durée »
- Clés de serrage 1/2" et 9/16" pour bouchons
- Pompe aspirante manuelle ou pompe aspirante électrique
- Système pour prélèvement en parallèle sur plusieurs tubes

- Contrôleur de débit
- Tuyau souple en tygon

5.4.2.1.6 Mode opératoire

Pour réaliser le prélèvement, le tube doit être relié à la pompe aspirante à l'aide d'un tuyau souple inerte (Tygon). Au moment de l'échantillonnage, il convient de s'assurer que le tuyau ne présente pas de pincement qui risquerait de modifier le débit de pompage.

Afin d'avoir une meilleure représentativité du milieu et de pallier à une éventuelle hétérogénéité dans la dispersion du ou des polluants, il est fortement conseillé de réaliser au minimum 2 prélèvements atmosphériques simultanément ou à défaut consécutivement. Certaines pompes électriques sont équipées d'accessoires permettant de réaliser 2, 3 voir 4 prélèvements en parallèle. Les pompes manuelles (pompe manuelle Dräger) ne disposent pas de ces accessoires et imposent de réaliser les prélèvements successivement.

Les volumes collectés n'ont pas besoin d'être très important compte tenu de la sensibilité des appareils d'analyse. Des volumes de 1 litre sont généralement suffisants. Dans le cas de concentrations importantes (information transmise par les détecteurs portatifs), ces volumes peuvent même être réduits à 100 mL.

Le prélèvement doit toujours s'effectuer en orientant la gorge du tube vers l'atmosphère à prélever.

Les débits d'aspiration au travers des tubes peuvent s'échelonner de 50 à 200 mL.min⁻¹ (débit optimal : 100 mL.min⁻¹). Des débits supérieurs peuvent engendrer une dégradation rapide des tubes (perte de l'adsorbant).

Pour des analyses quantitatives, les débits de prélèvement doivent être réglés de manière rigoureuse avant chaque échantillonnage à l'aide d'un calibrateur de débit.

5.4.2.2 Fibres SPME (Solid Phase MicroExtraction)

5.4.2.2.1 Présentation

Il s'agit d'un support de prélèvement passif permettant de collecter des polluants organiques atmosphériques par adsorption (pas de système de pompage).

5.4.2.2.2 Principe

Ces supports permettent de réaliser des extractions de type gaz-solide ou liquide-solide.

La fibre en silice sur laquelle est greffée une phase stationnaire constitue la phase solide. Elle est introduite dans une aiguille creuse (gaine protectrice) reliée à un mécanisme permettant d'en extraire une partie qui sera alors exposée à une atmosphère (gaz) ou à une solution (liquide) dont on veut extraire et concentrer les contaminants. Le temps d'équilibre pour effectuer le piégeage optimal est de l'ordre d'une dizaine de minutes. A la fin du prélèvement dit « passif », la fibre est immédiatement rétractée dans son aiguille creuse.

La fibre soigneusement protégée par son aiguille est introduite dans un étui étanche, constituant ainsi un prélèvement devant être analysé le plus rapidement possible au laboratoire car elle est susceptible de continuer à adsorber les polluants qu'elle rencontre jusqu'à sa désorption.

L'aiguille creuse dans laquelle la fibre est maintenue rétractée lors du transport est ensuite introduite au travers du septum dans l'injecteur chauffé d'un chromatographe en phase gazeuse le plus souvent couplé à un spectromètre de masse. Les contaminants sont ainsi désorbés directement dans l'injecteur.

La nature de la phase de la fibre est choisie en fonction du type de contaminants que l'on cherche à piéger par adsorption. La plus courante, car la plus universelle, est le polydiméthylsiloxane / divinylbenzène (PDMS/DVB), son épaisseur de phase étant de 100 µm.

5.4.2.3 Sacs Tedlar®

5.4.2.3.1 Emploi

Les sacs Tedlar contrairement aux tubes adsorbants et aux fibres SPME permettent de collecter tous les polluants atmosphériques. Ils peuvent donc être utilisés pour le prélèvement simultané des composés organiques et inorganiques.

5.4.2.3.2 Caractéristiques

Les sacs Tedlar® sont disponibles en plusieurs volumes allant de 0,5 litre à 100 litres. Un volume de collecte important permet de réaliser un plus grand nombre d'analyses en laboratoire. Toutefois l'opérateur doit aussi tenir compte de l'encombrement du sac après remplissage et s'assurer de sa compatibilité avec la malle de transport.

Il existe 2 types de sacs vendus commercialement :

- les sacs avec vanne en polypropylène deux en un;
- les sacs avec vanne en acier inoxydable.

Les 2 types de sacs disposent d'un septum intégré permettant de réaliser des prélèvements dans le sac à l'aide d'une seringue à gaz.

Les sacs doivent être analysés rapidement après le remplissage en raison de leur faible durée de conservation (variable de quelques heures à 48 heures suivant la nature des composés collectés).

5.4.2.3.3 Matériels

- Sac Tedlar®
- Pompe aspirante refoulante
- Echantillonneur de sac
- Tuyau souple en tygon

5.4.2.3.4 Mode opératoire

Le remplissage du sac Tedlar peut s'effectuer de 2 façons :

- avec une pompe aspirante et refoulante relié au sac à l'aide d'un tuyau souple inerte (Tygon) ;
- Avec un échantillonneur à sac qui présente l'avantage par rapport à la pompe de soustraire l'échantillon à toute contamination. Certains échantillonneurs permettent le remplissage de plusieurs sacs de manière séquentielle).

5.4.2.4 Tubes adsorbants spécifiques ou cassettes porte-filtres

5.4.2.4.1 Emploi

Les tubes adsorbants spécifiques comme les cassettes porte-filtres sont à employer pour l'échantillonnage d'atmosphères dont la composition des vapeurs est au moins partiellement connue dans la mesure où les supports sont adaptés aux molécules recherchées. Les tubes permettent de prélever la fraction gazeuse alors que les cassettes porte-filtres permettent l'échantillonnage de la fraction particulaire des émissions. De ce fait, pour certaines molécules, il peut être intéressant de coupler les deux types de support pour le prélèvement.

5.4.2.4.2 Principe

Les prélèvements de gaz ou de particules sur ces supports sont effectués par aspiration de l'air au travers d'un tube garni d'un support adsorbant approprié ou des filtres à l'aide d'une pompe portative électrique ou manuelle.

Les molécules de composés, une fois pénétrées dans la phase solide, sont adsorbées à la surface du support.

Après le prélèvement, les tubes et les cassettes porte-filtres sont ramenés en laboratoire pour y être analysés. Les composés piégés sont extraits spécifiquement des différents supports selon des méthodes en adéquation avec la nature de la substance piégée et du support sur lequel elle se trouve.

Ce type de support a été très largement développé dans le domaine de l'hygiène professionnelle par l'INRS.

5.4.2.4.3 Caractéristiques

Les caractéristiques des tubes adsorbants spécifiques ou des filtres sont décrites dans le Tableau 16 pour les TICs décrits dans ce document guide pour lesquels un support spécifique existe. Sont également reportées les fiches INRS dans lesquelles les procédures de prélèvement, d'extraction et d'analyse sont décrites spécifiquement. Ces fiches sont consultables sur leur site internet à l'adresse suivante, www.inrs.fr, dans l'onglet « bases de données » sous la rubrique « Metropol ».

Molécules	Supports de prélèvements	Fiche INRS
HBr, HCl, HF, HNO ₃ , H ₂ SO ₄	Cassette porte-filtres, Ø 37 mm, filtre téflon ou PVC + filtre en fibre de quartz imprégné de Na ₂ CO ₃ à 5%	9
Acroléine	Tube garni de résine XAD2 (résine polystyrène) imprégnée de DNPH	1
Arsine	Cassette porte-filtres, Ø 37 mm, filtre en fibre de quartz imprégné de Na ₂ CO ₃ à 10% + 2 filtres en fibre de quartz imprégné de AgNO ₃	23
Cl ₂	Tube garni de 2 plages de gel de silice imprégné d'acide sulfamique + Cassette porte-filtres, Ø 37 mm, 2 filtres en fibre de quartz imprégné de NaCO ₃ et de As ₂ O ₃	7
Formaldéhyde	Tube garni de résine XAD2 (résine polystyrène) imprégnée de DNPH	1
HCN	Cassette porte-filtres, Ø 25 mm, filtre en cellulose imprégné de soude 10N	27
NH ₃	Cassette porte-filtres, Ø 37 mm, filtre en fibre de quartz + filtre en fibre de quartz imprégné de H ₂ SO ₄ 1,5 M	13
Oxyde d'éthylène	Tube garni de charbon actif imprégné de HBr à 8% en poids	50
Parathion	Tube garni de résine XAD2 (résine polystyrène)	30
SO ₂	Cassette porte-filtres, Ø 37 mm, filtre non imprégné sur tampon de cellulose + filtre en fibre de quartz imprégné d'une solution de KOH et de glycérol	8
H ₂ S	Cassette porte-filtres, Ø 37 mm, tampon de cellulose humidifié avec 250 µL d'eau + 2 filtres en fibre de quartz imprégnés d'une solution d'acétate de cadmium et de glycérol	14

Tableau 16 - Caractéristiques des supports spécifiques pour quelques TICs et leur fiche INRS associée.

Les autres supports de prélèvement gazeux (tubes passifs, barboteurs, canisters,...) n'ont pas été retenus pour des raisons pratiques (fragilité, temps de prélèvement...)

5.5 Prélèvements d'agents dispersés sous forme d'aérosol

Les prélèvements d'aérosols (particules ou gouttelettes en suspension) pendant leur phase de suspension dans l'atmosphère ne peuvent s'effectuer qu'à l'aide de matériels appropriés spécifiques qui sont fonction de leur granulométrie.

En cas d'incident générant une quantité d'aérosol importante, son dépôt s'effectuera naturellement et rapidement sur les surfaces planes (telles que celles évoquées précédemment : tuiles sur les toits, carrosseries de véhicule...).

Pour les opérateurs qui en sont munis, il peut être intéressant d'utiliser des appareillages tels que les systèmes de collection de bio aérosols fonctionnant sur le principe du cyclone : le prélèvement est ainsi récupéré dans une petite fiole dans laquelle on peut avoir préalablement introduit de l'eau ou un solvant.

5.6 Prélèvements particuliers

5.6.1 Recommandations générales

Cette partie regroupe les prélèvements qui seront à réaliser sur des cadavres d'animaux notamment lorsqu'ils sont retrouvés morts après une exposition aux agents toxiques. Ces prélèvements doivent être conditionnés dans des flacons en verre ou des sachets plastiques hermétiques en fonction du volume des prélèvements. Les prélèvements doivent être conservés à 4°C±3 et être envoyés rapidement au laboratoire pour analyses.

5.6.2 Méthodes appropriées

Il est possible de prélever :

- les **excrétions** (urine, fèces) : suite à une exposition à un toxique, l'organisme va l'éliminer par les voies métaboliques (foie, reins). Il est donc possible de rechercher des métabolites de courte durée de vie dans les excrétions, marqueurs spécifiques d'une exposition à un agent chimique.
- le **sang** : en plus des métabolites de courte durée de vie, les agents chimiques vont former des adduits covalents avec le sang. Ces métabolites de longue durée de vie sont également des marqueurs spécifiques de l'exposition à des agents. Toutefois, le prélèvement de sang sur des animaux nécessite l'intervention d'un vétérinaire.
- les **tissus** : les agents chimiques peuvent se stocker au niveau des tissus. Le prélèvement arbitraire de tissus n'est généralement pas une bonne approche. En effet, il paraît plus judicieux de prélever des tissus qui ont été directement au contact du toxique (peau, poumons, voies respiratoires). Le prélèvement de tissus nécessite des connaissances médicales et vétérinaires pour connaître les cibles d'un agent dans l'organisme afin de réaliser un prélèvement pertinent :
 - **pour les petits animaux** : prélèvement du cadavre entier ;
 - **pour les gros animaux** : le prélèvement de la rate, des reins, du foie, des poumons, de fragments de peau, de muscles, et de sang intracardiaque est préconisé. Pour cela, un vétérinaire sera requis.

On peut aussi pratiquer des **frottis** : ils peuvent être réalisés sur les muqueuses (bouche, nez) à l'aide d'un écouvillon.

5.6.3 Matériels de prélèvement

- Pour le prélèvement d'un petit animal :
 - sac mylar® ou en matériau équivalent ;
 - conteneur réfrigéré (ex : une glacière).
- Pour le prélèvement d'un animal plus gros :
 - scalpel ;
 - Coton ;
 - Pincès, ciseaux ;
 - Flacons de volume adapté ;
 - Sac mylar® ou matériau équivalent pour l'emballage secondaire ;
 - Conteneur réfrigéré (ex : une glacière).
- Pour le prélèvement par frottis :
 - coton ou écouvillon ;
 - pincès ;
 - flacon de volume adapté à l'écouvillon (flacon de faible volume) ;
 - sac mylar® ou matériau équivalent pour l'emballage secondaire.

Cette liste est non exhaustive et devra être adaptée au cas par cas.

5.7 Traçabilité

5.7.1 Objectif

La traçabilité d'un échantillon est primordiale, du terrain où il a été prélevé jusqu'au laboratoire d'analyse. En effet, chaque échantillon doit pouvoir être identifié tout au long de sa vie. Pour cela, il est nécessaire de codifier l'échantillon et de renseigner les fiches qui lui sont associées.

5.7.2 Codification de l'échantillon

Au moment du prélèvement en zone d'exclusion, chaque échantillon doit être identifié. Pour cela, une codification est écrite ou apposée sur l'emballage primaire (contenant) ainsi que sur l'emballage secondaire (sachet enveloppant l'emballage primaire). Le plus simple est d'écrire la codification directement sur le flacon ou le sachet à l'aide d'un marqueur permanent ou d'étiquettes. Il est également possible d'utiliser des étiquettes ou d'utiliser des flacons précodifiés. Dans le cas des tubes de prélèvement d'atmosphères (tubes Tenax®), il est important de codifier au niveau des tubes qui seront placés sur l'appareil d'analyse et non au niveau des bouchons qui seront enlevés au moment de l'analyse.

La codification doit être claire et indélébile. Elle ne doit pas se dégrader ni se décolorer, et doit résister à l'étape de décontamination. Une absence de codification ou une codification illisible entraîne une rupture de traçabilité. Dans ce cas, l'échantillon ne sera pas analysé au laboratoire.

La procédure OTAN (AEP-66)³⁰ recommande une codification à l'aide des coordonnées GPS, de la date et de l'heure de prélèvement. Ainsi, cette procédure donne une codification à 23 caractères. Cette codification, lourde, peut être à l'origine de nombreuses erreurs lors de sa retranscription sur la fiche de prélèvement ou au sein du laboratoire d'analyse. Il est donc conseillé de simplifier cette codification afin de limiter les erreurs possibles. Une procédure de codification doit être mise en place au sein des équipes de prélèvement. La codification d'un échantillon doit comporter des caractères se reportant :

- au **lieu** ou à la **référence de la mission** (2 ou 3 caractères) permettant de retrouver les informations temporelles (date et de l'heure)
- à la **nature de l'échantillon** (solide, liquide ou gazeux), définie par un descripteur (A pour Atmosphère, S pour Sol, ...).

Le Tableau 17 présente, à titre informatif, différentes catégories de matrices et les lettres pouvant leur être associées.

Echantillon gazeux		Echantillons liquides		Echantillons solides	
A	Atmosphère	E	Eau	B	Béton
		L	Autres liquides **	C	Caoutchouc - Polymère
				H	Origine humaine* ou animale
				N	Objet non défini
				P	Peinture
				S	Sol – Solide**
				T	Textile
				V	Végétal
				W	Mouchoir cellulose - coton - élément d'essuyage

Tableau 17 - Codification des matrices (* cheveux par exemple, ** y compris les denrées alimentaires)

Ce tableau peut se compléter en fonction de la nouveauté et de la complexité des matrices rencontrées.

– au **numéro d'ordre**

Exemple : référence de la mission « DK », échantillon de sol « S », premier prélèvement « 1 » = DKS1.

5.7.3 Fiches de renseignement

Pour assurer la traçabilité d'un échantillon, il est nécessaire de faire des photographies du lieu ainsi que des prélèvements, et de réaliser éventuellement une description topographique.

Différentes fiches de renseignements doivent également être remplies :

- la **fiche de signalement**

L'établissement de la fiche de signalement RBC par les services de police ou les forces de gendarmerie doit être systématique. Elle tient compte, notamment, des éléments de contexte et de « levées de doute ». Son objectif est double :

- fournir les éléments utiles aux laboratoires, lorsqu'ils sont requis pour analyse et confirmation ;
- alimenter la base de données des alertes survenues en France mise à jour par la CNC.

- **La fiche d'accompagnement d'un prélèvement RBC.**

Elle est dûment complétée, chaque fois qu'un prélèvement est réalisé en vu de son transport vers un laboratoire, par un OPJ ou sous sa responsabilité par un APJ. Elle comporte, outre des éléments de contexte, les résultats de levée de doute pyrotechnique, radiologique, chimique et administrative. Les services réalisant la levée de doute pyrotechnique, chimique... y inscrivent leur résultat et donne toute indication utile au laboratoire, avant toute manipulation.

- **la « check list »**

La « check list » du module de transport récapitule la contenance du module :

- le nombre de boîtes IATA ou équivalent ou de containers référencés ;
- le nombre d'échantillons et de documents dans chaque boîte ;
- la date et l'heure de la mise en fonctionnement du système de réfrigération, le cas échéant.

Chapitre 6

Préservation, transport, réception et conservation au laboratoire

6.1 Préservation de l'échantillon

6.1.1 Conditionnement : choix du contenant (emballage primaire)

Le type de contenant à utiliser est fonction de la nature de l'échantillon à collecter mais aussi du volume disponible.

Type de contenant	Type d'échantillon	Avantages
Flacon en verre borosilicaté à col large avec bague d'étanchéité en téflon	Liquides de volumes importants Sol, végétation, tissus Coton	Inerte aux toxiques chimiques (exception faite pour l'acide fluorhydrique (HF))
Tube à essais	Liquides de faibles volumes Coton	Faible encombrement
Sachet ou flacon en matière plastique	Sol, végétation, tissus Tubes de prélèvement Ecouvillons	A usage unique
Sac mylar® à thermosouder ou matériau équivalent	Sol, végétation, tissus Tubes de prélèvement Ecouvillons	A usage unique Adaptable à la taille de l'échantillon

Lors de l'emploi d'un flacon en verre, celui-ci doit être rempli au 2/3.

Pour les sacs contenant un solide, l'air à l'intérieur du sac doit être chassé au maximum.

Dans tous les cas, l'opérateur doit s'assurer de la parfaite étanchéité du contenant d'une part pour éviter la perte des composés volatils pouvant être présents dans l'échantillon et d'autre part pour éviter l'introduction de décontaminant lors de la décontamination.

Après décontamination du contenant primaire, il est nécessaire de faire un deuxième emballage de l'échantillon (sac plastique ou sac mylar® à thermosouder ou matériau équivalent) afin de parfaire la conservation de l'échantillon.

6.1.2 Risque de contamination croisée

Afin de préserver l'intégrité de l'échantillon, il est essentiel de se prémunir des risques de contamination croisée qui peuvent apparaître lors du prélèvement et lors du transport. Les conseils qui suivent permettent de limiter ces risques.

- Lors de l'échantillonnage, toujours se diriger de la zone la moins contaminée vers la zone la plus contaminée.
- En extérieur, réaliser dans la mesure du possible les divers échantillonnages en remontant le vent.
- Porter des sur-gants (gants latex ou nitriles) sur les gants butyl lors de la collecte des échantillons et changer ces gants après chaque prélèvement.
- Utiliser une bâche pour y déposer le matériel de prélèvement afin d'éviter le contact avec le sol qui peut être contaminé.
- Utiliser du matériel à usage unique pour le prélèvement.
- Déposer les matériaux à jeter dans un sac ou container prévu à cet effet
- Décontaminer le plus rapidement possible les emballages primaires.
- Pour le transport faire un triple emballage de l'échantillon (container rigide hermétique ou sac plastique ou sac mylar® ou matériau équivalent) afin de préserver l'échantillon en cas de bris du contenant primaire.

6.2 Sécurisation de l'échantillon

6.2.1 Objectif

Lorsqu'un échantillon a été prélevé dans une zone potentiellement polluée par des agents toxiques, celui-ci, avant son conditionnement dans le module de transport, doit être nettoyé correctement et ne pas présenter de source de contamination externe afin d'éviter tout risque lors de son transport (en cas d'accident par exemple) et lors de la livraison au laboratoire (risque de contamination du personnel chargé de la réception en dépit du fait que celui-ci soit tenu de porter des moyens de protection adéquats).

Un nettoyage et une décontamination de l'échantillon (plus précisément de son emballage) doivent donc être systématiquement réalisés avant son conditionnement définitif dans le module de transport.

6.2.2 Nettoyage préliminaire de l'emballage de l'échantillon

Après chaque prélèvement, l'opérateur doit procéder à une inspection visuelle de l'échantillon afin de rechercher toute trace de liquide ou de solide sur les parois externes du contenant et sur le bouchon (si flacon).

En cas de présence, de terre par exemple, essuyer le contenant avec du papier absorbant.

S'assurer que la codification de l'échantillon est toujours bien visible.

6.2.3 Décontamination

Tout échantillon quittant une zone de contamination, quelle que soit sa nature, doit être décontaminé.

Pour la décontamination, opérer de la façon suivante :

- noter la codification de l'échantillon ;
- essuyer l'emballage primaire de l'échantillon avec une lingette imprégnée;
- S'assurer que la codification de l'échantillon est toujours bien visible. Dans le cas contraire, la réécrire sur l'emballage primaire.

6.2.4 Contrôle de décontamination

Lorsque cela est possible, s'assurer de l'absence de contamination résiduelle sur l'échantillon en utilisant un détecteur portatif adapté. En cas de contrôle positif, refaire une décontamination. Pour rappel, un contrôle négatif ne garantit pas l'innocuité.

6.3 Transport de l'échantillon

6.3.1 Délai

Les échantillons seront transportés par les moyens les plus rapides afin que la durée du transfert depuis le prélèvement jusqu'à l'arrivée au laboratoire d'identification, soit minimale.

Si un stockage provisoire est nécessaire avant le transport, les contenants d'échantillons devront être conservés dans une zone propre et réfrigérée

6.3.2 Conditionnement des échantillons pour le transport

Afin de garantir l'intégrité des échantillons lors du transport, procéder aux opérations suivantes :

- réaliser un suremballage pour chaque échantillon. Utiliser des sacs zippés ou des sacs plastiques ou mylar® thermosoudables ou matériau équivalent. Le triple emballage a pour but d'une part de réduire les risques de contamination croisées et d'autre part d'éviter la perte de composés volatils pouvant être présents dans l'échantillon en cas de bris du contenant primaire).
Recopier sur le sac la codification écrite sur l'emballage primaire.
- ne mettre qu'un échantillon par sac sauf pour les tubes « adsorbant » prélevés sur une même zone qui peuvent être groupés dans un même sac ;
- transférer ensuite les échantillons dans des boîtes adaptés au transport de composés toxiques telles que les boîtes IATA ou équivalent.
- la conservation en condition réfrigérée est conseillée ($4^{\circ}\text{C} \pm 3$)

6.4 Réception au laboratoire, stockage et chaîne de traçabilité

6.4.1 Introduction

La réception d'un échantillon s'effectue au sein du laboratoire d'analyse, dans une pièce dédiée, dans le cas d'échantillons sous scellé. L'échantillon est réceptionné par un personnel du laboratoire ; la présence du chef de mission ou de l'un de ses représentants est vivement souhaitée. La présence d'un personnel ayant effectué la mission est fortement conseillée pour assurer la traçabilité de l'échantillon mais également pour favoriser les échanges avec le personnel de laboratoire. Celui-ci se doit de vérifier la traçabilité et l'intégrité de l'échantillon en réalisant quelques contrôles (traçabilité, étanchéité des échantillons, ...etc).

6.4.2 Contrôle de traçabilité

L'opérateur prend connaissance des renseignements enregistrés sur la fiche individuelle de prélèvement, la fiche de route et la « check-list » et effectue les vérifications suivantes :

- **« check list »** : vérifier le nombre de boîtes IATA, le nombre d'échantillons, contrôler le système de réfrigération le cas échéant.
- **fiche d'accompagnement d'un prélèvement RBC**: repérer les conditions de stockage et la date d'expédition afin de vérifier que l'intégrité de l'échantillon n'a pas été compromise entre le prélèvement et la réception. Elle permet d'établir la réalité des levées de doute, la connaissance des symptômes...
- **fiche de signalement RBC**: prendre connaissance, avant toute manipulation d'échantillon, des informations de contexte.

6.4.3 Contrôle de l'échantillon

Les personnes présentes au moment de l'ouverture de l'échantillon doivent être équipées d'une blouse, de gants butyl, de sur-gants latex et d'un masque à gaz. Un détecteur local adapté est mis en marche lors de l'ouverture et de la manipulation de l'échantillon. Une très grande prudence est conseillée, même en cas de réponse négative du détecteur.

Le contrôle de l'échantillon est réalisé visuellement afin de s'assurer de l'intégrité de l'échantillon. Les observations réalisées (verre cassé, bouchon mal fermé, fuite, codification illisible...) sont consignées dans un formulaire de réception propre au laboratoire.

6.4.4 Manipulation et stockage de l'échantillon

Après réception au laboratoire, chaque échantillon est individuellement conditionné dans un sachet plastique ou dans une boîte hermétique jusqu'au début des analyses. L'échantillon est alors conservé au réfrigérateur. Après analyse, le solde de l'échantillon est conditionné d'une façon identique jusqu'à sa restitution à l'autorité compétente ou à sa destruction.

GLOSSAIRE

- **Anosmie** : Forte altération ou perte de l'odorat
- **Anoxiant** : Entraînant une souffrance cellulaire induite par le manque d'oxygène ou l'impossibilité pour les cellules d'utiliser l'oxygène
- **AP2C** : Appareil Portatif de Contrôle de la Contamination basé sur la spectrophotométrie de flamme et permettant la détection de composés et mélanges de phosphore et de soufre
- **AP4C** : Appareil Portatif de Contrôle de la Contamination 4 Canaux de même principe que l'AP2C ayant une gamme plus étendue de détection incluant des TICs (détection de composés soufrés, phosphorés, azotés, arséniés)
- **Asthénie** : Fatigue, affaiblissement de l'état général
- **ATR** : Réflexion Totale Atténuée, sert à l'échantillonnage pour la spectrométrie infrarouge
- **Blanc terrain** : Le blanc terrain est identique, dans la forme, aux prélèvements effectués en zone d'exclusion (solide, liquide, gaz) mais est réalisé en zone de soutien à l'abri de toute contamination. Il est également acheminé au laboratoire pour analyse, afin de connaître le « bruit de fond chimique ».
- **Blanc de support** : échantillon « blanc » correspondant à un coton ou à un écouvillon identique à celui utilisé pour le prélèvement mais vierge. Cet échantillon est indispensable au laboratoire d'analyse pour contrôler et identifier les composés déjà présents dans le support de prélèvement ainsi que les composés issus de pollutions annexes dues aux conditions de stockage du support.
- **Broncho-constricteur** : Qui induit une diminution du calibre des bronches
- **C2NRBC** : Cellule Nationale Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique de la Gendarmerie Nationale
- **CE** : Chef d'Equipe
- **Céphalée** : Symptôme subjectif se définissant comme des douleurs locales ressenties au niveau de la boîte crânienne, parfois unilatérales ou généralisées
- **Cholinestérases** : Enzymes qui catalysent la réaction d'hydrolyse d'un ester de la choline (acétylcholine) en choline et en acide acétique. Cette réaction est nécessaire pour permettre aux récepteurs cholinergiques de revenir à leur état de repos après activation
- **CIAC** : Convention d'Interdiction des Armes Chimiques
- **CNC** : Cellule Nationale de Conseil
- **Coma** : Expression d'une souffrance cérébrale. Perte partielle ou totale des fonctions de relations (conscience, sensibilité, motricité) avec conservation variable des fonctions végétatives (respiration, circulation, métabolisme...)
- **Concentration de vapeur saturante** (g/m^3) : Concentration de la vapeur en équilibre avec la substance pure
- **CMP** : Conditionneur « Mains Propres »
- **CMS** : Contrôleur Décontamination « Mains Sales »

- **COV** : Composés Organiques Volatils
- **CWAs** : Chemical Warfare Agents (Agents de guerre chimique)
- **Cyanose** : Coloration bleutée que prennent la peau et les muqueuses en cas d'anoxie
- **DGA Maîtrise NRBC** : Direction Générale pour l'Armement Maîtrise Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique
- **Dyspnée** : Respiration difficile et pénible
- **EPI** : Equipement de protection individuelle
- **FPD** : Photométrie de flamme
- **GC/MS** : Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse
- **GNR** : Guide National de Référence
- **GPS** : Global Positioning System
- **HCN** : Acide Cyanhydrique
- **Hypocalcémie** : Abaissement pathologique du taux de calcium dans le sang
- **IATA** : International Air Transport Association
- **IMS** : Spectrométrie par Mobilité Ionique
- **INERIS** : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
- **INRS** : Institut National de Recherche et de Sécurité
- **InVS** : Institut National de Veille Sanitaire
- **IR** : Spectroscopie Infrarouge
- **IRTF** : Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier
- **Lacrymogène** : Provoquant l'écoulement des larmes par irritation oculaire.
- **LCPP** : Laboratoire Central de Préfecture de Police
- **LSD** : Diéthylamide de l'acide lysergique
- **Masse molaire** (g/mol) : Masse d'une mole d'une substance
- **NRBC-E** : Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique, Explosif
- **OIAC** : Organisation pour l'Interdiction des Armes chimiques
- **Odeur alliacée** : Odeur d'ail
- **OTAN** : Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
- **PID** : Détecteur par Photo-Ionisation
- **PDF1** : Papier Détecteur Formule 1

- **PDMS/DVB** : Polydiméthylsiloxane / Divinylbenzène
- **Pomme talée** : Pomme abîmée, écrasée
- **ppb** : partie par milliard
- **ppm** : partie par million
- **PMP** : Préleveur « Mains Propres »
- **PMS** : Préleveur « Mains Sales »
- **RADS** : Reactive Airways Dysfunction Syndrom (syndrome d'hyperréactivité bronchique (type sensibilisation)
- **S4PE** : Système Portatif de Prélèvement de Produits Persistants en vue de leur détection par évaporation, accessoire de l'AP2C et de l'AP4C
- **SAW** : Capteurs à onde acoustique de surface
- **SNC** : Système Nerveux Central
- **SPME** : Solid Phase MicroExtraction
- **Tension de vapeur** (mm Hg) : pression à laquelle la phase gazeuse d'une substance est en équilibre avec sa phase liquide ou solide.
- **TICs** : Toxique Industriel Chimique
- **UV** : rayonnement ultraviolet

ANNEXES

Cellule Nationale de Conseil Tél. : 01 56 04 74 74	FICHE DE SIGNALEMENT RBC *	ANNEXE II version/2010
--	-----------------------------------	------------------------------------

N°identification :	Dépt.	/	JJ	/	MM	/	AA	/	N°Ordre
A demander par le CIC ou CORG auprès de la Préfecture (service de la protection civile)									

SERVICE SAISI/ EMETTEUR

DESTINATAIRES
☒ C.N.C. - COGIC : cogic-cnc@interieur.gouv.fr – FAX 01 41 11 52 52
☐ C.N.C. - DGPN - DCI : secretariat-dci@interieur.gouv.fr – FAX 01 69 85 23 99
☐ C.N.C. - DGGN - CELLULE NATIONALE NRBC GENDARMERIE : cnrbc.gbgm@gendarmerie.interieur.gouv.fr – FAX 01 39 02 90 78
☒ PREFECTURE

1 - SAISINE	
Date et heure	
Requérant (nom, prénom)	
Adresse	
Fonction	
Téléphone	

2 - LIEU DU SIGNALEMENT	
Type d'établissement ...	
☐ lieu sensible, précisez : Adresse	
Commune	
Description de l'événement	

* A transmettre sous 24 heures.

3 - DESCRIPTION DE L'ELEMENT SUSPECT, DE LA MATRICE OU AUTRE SUPPORT	
Type	☐ pli ☐ colis ☐ autre : ☐ ouvert ☐ fermé ☐ substance répandue
Format/taille	
Transit par les services postaux	☐ oui ☐ non
Affranchissement	☐ non ☐ tarif normal ☐ recommandé
Destinataire	
Origine/expéditeur	
☐ personnalité, précisez :	
Faits similaires déjà connus par le destinataire	☐ oui ☐ non
Date de la découverte, de l'envoi ou du dépôt	
Nature des propos contenus dans l'éventuel texte d'accompagnement <i>(joindre si possible une copie)</i>	
Matrice (environnementale, eau, aliment, ou autre) ou tout autre support Description	

4 - LA SUBSTANCE / LA MATRICE / LE SUPPORT	
Qualité	☐ solide ☐ liquide ☐ gaz ☐ autre
Couleur	
Aspect	
Quantité	
Odeur particulière	☐ oui ☐ non
Matrice / Support : (Description...)	

5 - PERSONNES EXPOSEES ET IMPLIQUEES	
Nombre de personnes au contact de la substance	
Nombre de personnes susceptibles d'avoir été au contact de la substance	
Nombre d' intervenants au contact de la substance sans protection	
Nombre de personnes au voisinage de la substance	
Nombre d' intervenants au voisinage de la substance sans protection	
Nombre total de personnes hospitalisées	
Pathologies	☐ oui ☐ non ☐ immédiates ☐ différées
Type de réaction	
Traitement prophylactique	☐ oui, nature : ☐ non

6 – SERVICES PRIMO-INTERVENANTS		
	Chef de détachement	Téléphone
☐ Police nationale		
☐ Gendarmerie nationale		
☐ Sapeurs-pompiers		
☐ Autres :		
Ouverture de l'élément suspect par les primo-intervenants		☐ oui ☐ non

7 - RELEVÉ DE DECISIONS APRES AVIS DE LA CNC		
Décision de l'autorité préfectorale	☐ Sans suite	☐ Objet(s) laissé(s) sur place ☐ Destruction ☐ Prise en charge par l'autorité judiciaire
	☐ Conservation temporaire	► <i>Etablir l'attestation de non-restitution (annexe 3)</i> Localisation du stockage :
	☐ Analyse du prélèvement par un laboratoire Biotox-Piratox	► <i>Etablir la fiche d'accompagnement d'un prélèvement NRBC-E (annexe 2)</i> Prélèvement et conditionnement effectué par : Transporteur : Laboratoire destinataire :
Décision de l'autorité judiciaire	☐ Analyse par un laboratoire criminalistique	► <i>Etablir la fiche d'accompagnement d'un prélèvement NRBC-E (annexe 2)</i> Laboratoire destinataire :
	☐ Conservation temporaire	Localisation du stockage : Mise sous scellé ☐ oui ☐ non

Cellule Nationale de Conseil Tél. : 01 56 04 74 74	FICHE D'ACCOMPAGEMENT D'UN PRELEVEMENT RBC	ANNEXE III version/2010
--	--	---

N°identification :	/ / / /
--------------------	------------------------

Saisine	
☐ cadre administratif Préfecture : Affaire suivie par : Tél :	☐ cadre judiciaire Parquet : N°procédure : Directeur d'enquête : Tél. :

Substance ou matrice à analyser	
Lieu de découverte (voie publique, ERP, particulier, lors d'une perquisition...) :	
Caractéristiques de la substance ou autre support ▶ état : ☐ solide ☐ liquide ☐ gazeux ☐ autre ▶ couleur : ▶ aspect : ▶ quantité sur le lieu d'intervention : ▶ quantité prélevée ou nombre de prélèvements effectués...	
Éléments de contexte (contexte malveillant ou terroriste, contenant fuyant, odeur particulière, explosion ou fumée,...) :	

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #cccccc; padding: 2px;">Examen pyrotechnique</td> <td style="padding: 2px;">☐ OUI ☐ NON</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Par : Tél. :</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">Technique employée :</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> Visa : Résultats ☐ Positif ☐ Négatif </td> </tr> </table>	Examen pyrotechnique	☐ OUI ☐ NON	Par : Tél. :		Technique employée :		Visa : Résultats ☐ Positif ☐ Négatif		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #cccccc; padding: 2px;">Examen radiologique</td> <td style="padding: 2px;">☐ OUI ☐ NON</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Par : Tél. :</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">Technique employée :</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> Visa : Résultat ☐ Positif ☐ Négatif </td> </tr> </table>	Examen radiologique	☐ OUI ☐ NON	Par : Tél. :		Technique employée :		Visa : Résultat ☐ Positif ☐ Négatif	
Examen pyrotechnique	☐ OUI ☐ NON																
Par : Tél. :																	
Technique employée :																	
Visa : Résultats ☐ Positif ☐ Négatif																	
Examen radiologique	☐ OUI ☐ NON																
Par : Tél. :																	
Technique employée :																	
Visa : Résultat ☐ Positif ☐ Négatif																	

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #cccccc; padding: 2px;">Examen chimique</td> <td style="padding: 2px;">☐ OUI ☐ NON</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Par : Tél. :</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">Technique employée :</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> Visa : Résultats ☐ Positif ☐ Négatif </td> </tr> </table>	Examen chimique	☐ OUI ☐ NON	Par : Tél. :		Technique employée :		Visa : Résultats ☐ Positif ☐ Négatif		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #cccccc; padding: 2px;">Examen biologique</td> <td style="padding: 2px;">☐ OUI ☐ NON</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Par : Tél. :</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">Technique employée :</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> Visa : Résultat ☐ Positif ☐ Négatif </td> </tr> </table>	Examen biologique	☐ OUI ☐ NON	Par : Tél. :		Technique employée :		Visa : Résultat ☐ Positif ☐ Négatif	
Examen chimique	☐ OUI ☐ NON																
Par : Tél. :																	
Technique employée :																	
Visa : Résultats ☐ Positif ☐ Négatif																	
Examen biologique	☐ OUI ☐ NON																
Par : Tél. :																	
Technique employée :																	
Visa : Résultat ☐ Positif ☐ Négatif																	

Levée de doute NRBC-E administrative par la préfecture après avis de la CNC	☐ OUI ☐ NON
--	---

Conditionnement		
Par :	Tél. :	Technique employée :
Fax :		

Victimes			
Nombre de personnes au contact		Symptômes (vomissements, démangeaisons, irritation, maux de tête,...)	Traitement prophylactique ☐ OUI ☐ NON
Nombre de personnes hospitalisées			Nature :

Laboratoire destinataire	
Réception le : / / à H par :	

Action à mener après analyse : ☐ Restitution ☐ Destruction ☐ Conservation
--

Transporteur	
Tél :	Fax :

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Les armes chimiques, Olivier Lepick, Editions Que sais-je ?
- [2] U.S. Department of the Army, Potential Military Chemical/Biological Agents and Compounds, U.S. Army Field, January 2005
- [3] Field Manual 8-9 - NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations AMedP-6(B)
- [4] INERIS, Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l'atmosphère – Seuils de toxicité aiguë, Juin 2009 (fiches utilisées : HF, H₂SO₄, Acroléine, acrylonitrile, ammoniac, Cl₂, SO₂, Formaldéhyde, H₂S, Oxyde d'éthylène, Trifluorure de bore)
- [5] INRS, Fiche Toxicologique 13 « Chlorure d'hydrogène et solutions aqueuses », 2006
- [6] INRS, Fiche Toxicologique 6 « Fluorure d'hydrogène et solutions aqueuses », 2006
- [7] INRS, Fiche Toxicologique 9 « Acide nitrique », 1997
- [8] INRS, Fiche Toxicologique 30 « Acide sulfurique », 1997
- [9] INRS, Fiche Toxicologique 57 « Acroléine », 1999
- [10] INRS, Fiche Toxicologique 105 « Acrylonitrile », 2005
- [11] INRS, Fiche Toxicologique 16 « Ammoniac et solutions aqueuses », 2007
- [12] DI Services, Fiche de Données de Sécurité G010 « HBr »
- [13] INRS, Fiche Toxicologique 51 « Chlore », 2008
- [14] INRS, Fiche Toxicologique 188 « Boranes », 1987
- [15] INRS, Fiche Toxicologique 41 « Dioxyde de soufre », 2006
- [16] INRS, Fiche Toxicologique 12 « Disulfure de carbone », 2009
- [17] INRS, Fiche Toxicologique 83 « Parathion », 2007
- [18] INRS, Fiche Toxicologique 203 « Fluor », 2008
- [19] INRS, Fiche Toxicologique 7 « Aldéhyde formique et solutions aqueuses », 2008
- [20] DI Services, Fiche de Données de Sécurité G072 « WF₆ »
- [21] INRS, Fiche Toxicologique 70 « Oxyde d'éthylène », 2006
- [22] INRS, Fiche Toxicologique 32 « Sulfure d'hydrogène », 2009
- [23] Air Liquide, Fiche de Données de Sécurité 006 « Trichlorure de Bore », 1997
- [24] Fiche internationale de sécurité chimique « Trichlorure de Phosphore », 1993
- [25] Air Liquide, Fiche de Données de Sécurité 007 « Trifluorure de Bore », 1997
- [26] National Institute of Justice, Guide for the selection of chemical agent and toxic industrial material detection equipment for emergency first responders, NIJ Guide 100-00, volume I, 2000
- [27] Australian Government Department of Defense, A Review of Chemical Warfare Agent (CWA) Detector Technologies and Commercial-Off-The-Shelf Items, DSTO-GD-0570
- [28] Guide National de référence: risques chimiques et biologiques, Direction de la défense et de la sécurité civile, Sous-direction des sapeurs pompiers et des acteurs du secours, mars 2006
- [29] Environnement Canada - Manuel d'échantillonnage sur le terrain à l'usage des inspecteurs – seconde édition (2004)
- [30] NATO Handbook for sampling and identification of biological, chemical and radiological agents (SIBCRA), AEP 66, 2009
