

Sécurisation des installations d'eau potable vis-à-vis du risque intentionnel : approche vétérinaire

MEMOIRE

POUR LE DIPLOME INTER-ECOLES DE MEDECINE
VETERINAIRE DE CATASTROPHE ET D'ENVIRONNEMENT

Présenté et soutenu le 26 juin 2009

Par

Le vétérinaire principal ORLANDINI Philippe

Sécurisation des installations d'eau potable vis-à-vis du risque intentionnel : approche vétérinaire.....	1
Introduction	3
I. Vulnérabilité des systèmes de production d'eau potable.....	4
A. <u>Limites de l'étude</u>	5
B. <u>Agents utilisables contre les installations d'eau potable</u>	6
1. Agents chimiques.....	6
2. Bactéries	8
3. Virus	12
4. Cyanotoxines.....	13
5. Autres toxines	16
6. Agents radioactifs	18
C. <u>Analyse des risques</u>	20
1. Vulnérabilité aux différentes étapes de la chaîne de l'eau.....	20
2. Estimation de la menace	21
3. Cas particulier des réseaux de distribution privés	28
II. Maîtrise du risque : Vigipirate	28
A. <u>Présentation du plan Vigipirate</u>	28
B. <u>Vigipirate et installations d'eau potable</u>	29
III. Rédaction d'un référentiel	36
A. <u>Guide du Ministère de la Santé : « Les systèmes d'alimentation en eau potable, évaluer leur vulnérabilité »</u>	36
1) Présentation	36
2) Utilisation du guide.....	36
B. <u>Proposition de référentiel</u>	37
Conclusion	39
BIBLIOGRAPHIE	44

Introduction

Durant l'antiquité, Grecs, Romains et Perses polluaient les puits, et autres sources d'eau potable de leurs ennemis, avec des cadavres d'animaux.

Cette méthode fut encore utilisée durant des siècles, par exemple en 1155 par Barberousse, à la bataille de Tortona, ou en juillet 1863, pendant la guerre de Sécession, par le général Johnston.

L'histoire des agents biologiques ou chimiques se confondait avec celle des conflits.

Depuis les attentats du 11 septembre 2001, les actes de terrorisme peuvent s'apparenter à des actes de guerre. Ces attaques peuvent alors être isolées, ou au contraire coordonnées afin de saturer les capacités de réaction. L'usage des agents non conventionnels n'est plus réservé aux états.

En réponse à cette menace, le plan Vigipirate, initialement publié en 1978, a été modifié. Il comprend des volets spécialisés, en particulier Piratox, Piratome, et Biotox, prenant respectivement en compte les risques chimiques, radioactifs et biologiques.

L'évolution de la menace terroriste a nécessité une refonte des dispositions Vigipirate et la version actuelle a été présentée en 2003.

Le plan Vigipirate a été décliné pour l'eau potable en raison de son caractère vital, de l'impact psychologique qu'aurait une attaque sur cet élément et de la mauvaise protection relative de ces installations par rapport à d'autres infrastructures stratégiques et sensibles.

Dans les armées, les vétérinaires jouent dorénavant le rôle dévolu aux DDASS dans le secteur civil. La création d'un référentiel d'évaluation de la vulnérabilité des installations de production et distribution de l'eau destinées à la consommation humaine peut alors naturellement être confié à un vétérinaire ayant suivi le DIE de médecine vétérinaire de catastrophe et d'environnement : compétences dans les domaines liés au chimique et au biologique, rôle des vétérinaires dans la gestion de nombreuses crises sanitaires durant ces dernières années, implication croissante dans le domaine de l'eau.

La méthodologie retenue s'inspire de la méthode HACCP :

L'inventaire des agents potentiellement utilisables contre les installations d'eau potable et l'évaluation des risques constituent une base de travail pour la mise en place des mesures préventives ; il s'agit en France de la déclinaison eau potable du plan Vigipirate.

En cas de crise, les actions correctives sont appliquées, afin de s'affranchir du danger et de revenir à une situation normale.

I. Vulnérabilité des systèmes de production d'eau potable

La plupart des actes d'atteinte à l'eau potable ont été commis dans le cadre de conflits. Quelles que soient les motivations des groupes terroristes, il n'est pas nécessaire de faire beaucoup de victimes pour provoquer une panique traversant les frontières. La contamination des réseaux d'eau potable peut entraîner des malades et des morts, mais les conséquences d'une interruption de la distribution sur une longue période sont encore plus catastrophiques en terme de santé publique.

La confiance dans les services publics et le gouvernement serait également ébranlée.

Les actions crapuleuses, dans le but d'extorquer de l'argent, seraient encore plus nombreuses que les actes terroristes.

L'article 421-2 du code pénal stipule que « constitue (...) un acte de terrorisme, lorsqu'il est intentionnellement en relation avec une entreprise individuelle ou collective ayant pour but de troubler gravement l'ordre public par l'intimidation ou la terreur, le fait d'introduire dans l'atmosphère, sur le sol, dans le sous-sol, dans les aliments ou les composants alimentaires ou dans les eaux, y compris celles de la mer territoriale, une substance de nature à mettre en péril la santé de l'homme ou des animaux ou le milieu naturel.

Le terrorisme biologique est puni de vingt ans de réclusion criminelle et de 350 000 euros d'amende (article 421-4 du code pénal). Ces peines sont aggravées à 750 000 euros d'amende et à la réclusion criminelle à perpétuité, lorsque cet acte a entraîné la mort d'une ou plusieurs personnes (article 421-6 du code pénal).

L'attaque des réseaux d'eau potable pourrait interrompre la distribution de l'eau et ainsi constituer une menace pour les personnes et pour l'environnement.

De plus, les réseaux d'eau potable sont liés à d'autres secteurs stratégiques, en particulier l'électricité ou les industries chimiques. Ainsi, lors du black out dans le nord est des Etats-Unis en août 2003, des stations d'épuration de Cleveland, Detroit ou New York n'étaient plus alimentées en électricité et ont déversé des millions de litres d'eaux usées dans la nature.

La vulnérabilité des infrastructures à la menace terroriste est sujette à discussion et malgré des similitudes, les aménagements mis en place pour contrer les événements naturels ne sont pas toujours adaptés à une menace terroriste.

L'application de la méthode des 3R permet d'améliorer la maîtrise du risque par la sécurisation des installations, par la redondance, la robustesse, et la résilience. (the 3Rs : Redundancy, Robustness et Resilience).

La redondance permet au système de fonctionner normalement même en cas de défaillance d'un élément, un élément similaire prenant le relais. Le coût à l'installation est compensé par un système qui ne cesse pas de fonctionner en cas de défaillance d'une étape.

La robustesse permet au système, de par sa conception, de fonctionner dans des conditions dégradées (qualité de l'eau brute par exemple, erreur de calcul, erreur liée à la représentativité statistique de l'échantillonnage...).

La résilience est la capacité du système à fonctionner normalement après une panne ou une anomalie.

Les systèmes ne peuvent pas être protégés contre tous les actes malveillants imaginables ; le coût serait trop important. La protection des infrastructures contre les actes terroristes ou de malveillance s'inscrit donc dans la politique de gestion de l'eau et les investissements sont réalisés en fonction du rapport coût / bénéfice.

Les installations d'eau potable sont des infrastructures sensibles, au même titre que les télécommunications, l'énergie, les services financiers ou les services d'urgence.

Selon ses objectifs, un groupe terroriste peut s'attaquer à la distribution d'eau potable en détruisant les infrastructures, par cyber-attaque ou en contaminant l'eau.

La menace ne se limite pas aux armes chimiques « conventionnelles », mais s'étend à des armes bon marché, disponibles dans le monde entier et parfois meurtrières.

A. Limites de l'étude

L'article R.1321-23 du code de la santé publique précise que «pour les installations de production et les unités de distribution d'eau desservant une population de plus de 10 000 habitants, la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau réalise régulièrement une étude caractérisant la vulnérabilité de ses installations de production et de distribution d'eau vis-à-vis des actes de malveillance et la transmet au préfet, selon les modalités fixées par un arrêté des ministres chargés de l'intérieur et de la santé» ;

La loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile, et notamment son article 6-I précise que «*Les exploitants d'un service, destiné au public, d'assainissement, de production ou de distribution d'eau pour la consommation humaine, d'électricité ou de gaz, ainsi que les opérateurs des réseaux de communications électroniques ouverts au public prévoient les mesures nécessaires au maintien de la satisfaction des besoins prioritaires de la population lors des situations de crise*» ;

L'article L.1321-1 du code de la santé publique dispose que «*toute personne qui offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine, à titre onéreux ou à titre gratuit et sous quelque forme que ce soit, y compris la glace alimentaire, est tenue de s'assurer que cette eau est propre à la consommation*» ;

Par ailleurs, dans le cadre de l'application du plan Vigipirate, les mesures à mettre en œuvre en matière de prévention et de protection des systèmes d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine sont communiquées aux responsables de la production et de la distribution des eaux. Ces mesures font l'objet de la circulaire DGS/SD7A n° 2003-524/DE/19-03 du 7 novembre 2003 relative aux mesures à mettre en œuvre en matière de protection des systèmes d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, y compris les eaux conditionnées, dans le cadre de l'application du plan Vigipirate.

Cette circulaire a été réactualisée par la lettre DGS/SD7A N° 174 du 19 février 2007.

Les installations d'eau potables sont soumises au risque naturel et provoqué. Le risque naturel est pris en compte lors de la création de la filière, en particulier grâce à l'étude de l'hydrogéologue agréé et au choix des technologies utilisées.

Le risque provoqué peut être accidentel (risque technologique, pollution accidentelle de la ressource, incident sur le traitement de l'eau brute ou le réseau de distribution...) ou intentionnel.

Les armes non conventionnelles sont appelées armes NRBC, ce qui signifie nucléaire, radiologique, biologique et chimique. Cette dichotomie peut être utilisée pour classer les différents agents utilisables contre les installations d'eau potable.

Seul le risque provoqué intentionnel, assorti d'une volonté délibérée de nuire, sera pris en compte dans cette étude.

Les installations peuvent être directement visées afin d'en empêcher le fonctionnement (explosion, sabotage). Les mesures de protection consistent alors à limiter l'accès aux installations et à avoir des équipements redondants afin d'assurer la continuité du service, éventuellement en mode dégradé, en cas d'acte terroriste. Cette redondance est indispensable, y compris en fonctionnement de routine, pour pallier toute panne ou anomalie de la filière de production et de distribution d'eau potable.

La prise de contrôle à distance des systèmes d'information (cyber terrorisme) ne sera pas traitée. En 2007, un volet « Sécurité des systèmes d'information » (SSI), baptisé PIRANET, a été introduit dans le plan Vigipirate.

B. Agents utilisables contre les installations d'eau potable

L'histoire ancienne ou contemporaine est jalonnée d'attaques chimiques ou biologiques contre l'eau potable : par exemple le cyanure a été utilisé par Néron, dans la Rome antique, pour éliminer ses ennemis à l'aide de Laurier cerise. Durant la guerre de sécession, les troupes sudistes déposaient des cadavres d'animaux dans les points d'eau afin de bloquer la marche des troupes nordistes.

Durant la deuxième guerre mondiale, les troupes japonaises ont contaminé les réservoirs d'eau et les aliments dans onze villes chinoises, en utilisant entre autres *Bacillus anthracis*, l'agent du charbon.

Plus récemment, en octobre et novembre 1998, les troupes fédérales yougoslaves auraient déversé dans des puits des carcasses d'animaux et des produits chimiques (peintures, huiles, hydrocarbures).

Il suffit d'avoir accès à une installation basique de chimie, pétrochimie, pharmacie ou biotechnologie pour produire des armes chimiques ou biologiques.

Il est plus aisé d'obtenir une concentration efficace dans l'eau que dans l'air, par attaque aérienne par exemple, car le volume est fini et donc la dilution moins importante, et le toxique est directement ingéré. La substance sera plus stable car non exposée aux UV et aux températures extrêmes, malgré une exposition possible au chlore.

Pour être efficace dans l'eau potable, un agent biologique ou chimique doit répondre aux critères suivants :

- Militarisable, c'est-à-dire produit en grande quantité et diffusable pour atteindre l'effet voulu ;
- Provoquer un effet néfaste sur le consommateur d'eau ;
- Stable, c'est-à-dire conserver sa structure et sa virulence dans l'eau ;
- Résistant à l'oxydation par le chlore libre aux concentrations habituellement utilisées dans les réseaux d'eau potable.

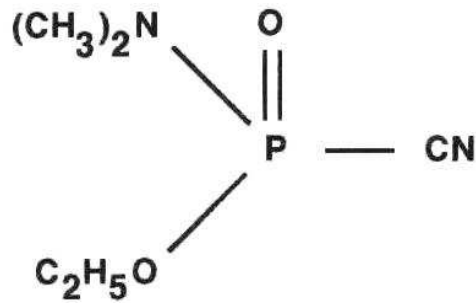
1. Agents chimiques

a) Toxiques de guerre

La plupart des toxiques de guerre ont été conçus pour être utilisés en aérosols. Ils provoquent cependant des dommages importants lorsqu'ils sont ingérés. Le matériel militaire est capable de traiter une telle pollution, avec cependant une exposition majorée pour le personnel d'exploitation ; en revanche, les installations civiles ne sont pas conçues pour lutter contre les toxiques de guerre.

L'efficacité du toxique est ici évaluée en fonction de la DL50 rongeur, de sa stabilité dans l'eau (résistance à la lumière, aux variations de température, à la dessiccation), sa résistance à la désinfection de l'eau potable (valeur retenue : 2mg/L chlore libre pendant 30 minutes à 15°C), et aux systèmes d'épuration existants.

Tabun et soman sont des toxiques nerveux, qui vont provoquer lors de l'ingestion diarrhée, vomissement, nausée, douleur abdominale et défécation involontaire. Les autres toxiques de guerre sont volatils et ne peuvent donc pas être utilisés dans l'eau.



Structure du Tabun (Wikipedia)

Toxique	Solubilité	Odeur	Voie sous cutanée : DL50 lapin
Tabun	9.8 g/100 g	odeur de fruit	375 µg/kg
Soman	2.1 g/100 g	Sans	20 µg/kg

L'usage d'agents chimiques de guerre est interdit par des conventions internationales, la plus récente étant la convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction de 1993.

Ces conventions ne sont pas appliquées par les groupes terroristes, mais rendent la disponibilité de ces substances très réduite.

b) Autres toxiques

Aujourd'hui, la technologie ne permet pas de disposer d'un aperçu en continu de la pollution chimique d'une eau. Il existe cependant des éléments simples à prendre en considération. L'aspect de l'eau est à surveiller : la présence d'animaux morts, de débris, de particules en suspension ; l'apparition d'irisations de surface ; les variations de couleur ; la prolifération de cyanobactéries...

Le procédé de potabilisation est mis en place en fonction de la qualité de la ressource en eau brute. Après traitement, l'eau ne subira plus aucun traitement, en dehors de l'effet rémanent du chlore.

Les sources de pollution non intentionnelles de la ressource en eau peuvent être classées dans les catégories suivantes :

- Activités agricoles
- Activités industrielles
- Autres activités humaines
- Traitement et distribution de l'eau potable

Certains polluants doivent faire l'objet d'une vigilance particulière en raison de leur impact à court terme sur la santé des personnes. Il s'agit notamment de l'arsenic, des cyanures et des dérivés mercuriels qui sont des toxiques majeurs.

Le cyanure de sodium présente un risque particulier car cette substance est utilisée dans l'industrie métallurgique. Ce sel, inodore, est très soluble dans l'eau. La dose létale est très faible (DL 50 rat *per os* 10mg/kg). Le cyanure de sodium se transforme en acide cyanhydrique au contact de l'acidité gastrique (forme aiguë et forme foudroyante) ; l'ion cyanure bloque la respiration cellulaire (forme subaiguë, forme chronique).

188kg déversés dans une bache de 750m³ permettrait d'intoxiquer une personne consommant 0,25 litre de cette eau.

Les toxiques chimiques sont très disponibles et pourraient être utilisés pour contaminer une installation. Ils sont très nombreux et ne peuvent donc pas être tous recherchés en routine, ni être listés ici.

Le tableau ci-dessous a été établi pour un militaire américain de 70 kg buvant 5 litres d'eau par jour, ou pour une intoxication aigue. En dessous de la concentration indiquée, l'auteur estime que le militaire peut poursuivre sa mission.

Agent chimique - dose sans effet	Intoxication aigue 0,5L	Consommation 5L/jour
Armes chimiques		
Cyanure d'hydrogène (mg/ml)	25	6
Tabun (µg/L)	50	70
Soman (µg/L)	50	6
Gaz moutarde (mg/ml)	-	140
LSD (mg/ml)	0.05	-
Toxiques chimiques industriels		
Cyanures (mg/ml)	25	6
Arsenic (mg/ml)	100-130	80
Cadnium (mg/ml)	15	-
Mercuré (mg/ml)	75-300	-

Efficacité des agents chimiques dans l'eau potable - D'après Hickman

L'emploi de Tabun ou de Soman dans l'eau serait très efficace ; pour provoquer des effets comparables, des toxiques industriels doivent être environ un million de fois plus concentrés dans l'eau.

2. Bactéries

La liste des agents potentiellement utilisables est finalement assez réduite car ces agents doivent répondre à certains critères : stabilité dans l'environnement, production aisée ou disponibilité en quantité, mise en œuvre d'une méthode de dissémination ou militarisation.

Afin de toucher le plus grand nombre, les agents militarisés jusqu'à présent ont été conçus pour être diffusés sous forme d'aérosols. La liste des agents utilisable dans l'eau potable est donc plus courte. Les agents létaux provoquent la terreur parmi la population, mais les agents non létaux provoquent des dysfonctionnements très importants dans l'organisation de la société à même de satisfaire les groupes terroristes : quelques personnes malades dans une ville suffisent à désorganiser un pays entier ; des milliers de personnes, malades ou non, prendraient les hôpitaux d'assaut, persuadées d'être sur le point de mourir.

Les agents biologiques sont efficaces à très faible dose, n'ont pas d'odeur, sont difficilement détectables et sont donc facilement transportables. Le délai d'incubation rend plus difficile l'enquête. Bien que l'accès à ces agents biologiques soit maintenant très contrôlé, ils restent plus faciles à obtenir que du plutonium ou des toxiques de guerre par exemple.

Malgré tout, le rapport investissement sur rentabilité reste défavorable à leur emploi et s'attaquer à l'eau potable ne permet pas de toucher autant de personnes que les aérosols.

On notera que plusieurs agents listés ci dessous sont des agents de zoonoses, relativement faciles à obtenir car ces maladies existent encore dans de nombreuses régions du monde. Les maladies qu'ils provoquent sur l'homme sont plus ou moins graves, mais leur cible principale reste l'animal. Leur usage, ou celui d'agents non pathogènes pour l'homme mais dangereux pour l'animal pourrait se rencontrer dans le cadre de l'agrobioterrorisme.

a) Tularémie

Par sa résistance dans le milieu naturel et sa virulence, *Francisella tularensis*, l'agent de la tularémie est considéré comme une arme biologique potentielle depuis les expériences menées en Mandchourie par l'armée japonaise en 1932.

L'agent pathogène est un petit coccobacille à Gram négatif, capable de résister plusieurs jours dans les cadavres et plusieurs mois dans le sol ou l'eau. Il peut franchir la peau saine et les muqueuses.

La tularémie est une zoonose des régions froides et tempérées de l'hémisphère Nord. L'homme est un hôte accidentel ; il se contamine le plus souvent par contact direct avec des animaux infectés malades ou morts, ou par morsure de tique.

La contamination par inhalation ou par ingestion d'aliments ou d'eau contaminés est possible.

La dose infectante est faible, de l'ordre de 10 à 50 bactéries par voie respiratoire.

Il n'existe pas de transmission interhumaine documentée.

b) Charbon

Le charbon est une maladie animale transmissible à l'homme. Elle est provoquée par une bactérie sporulée, *Bacillus anthracis*. Elle a été militarisée par l'Iraq sous forme d'aérosols, et utilisée par le Japon contre la Chine durant la deuxième guerre mondiale afin de contaminer les réserves d'eau et de nourriture.



Bacillus Anthracis (Wikipedia)

La dose infectieuse par inhalation est estimée à 6000 spores dans les conditions les plus défavorables. La dose infectieuse serait d'environ 20 000 spores dans les autres conditions.

Les spores résistent indéfiniment dans l'environnement, et sont désactivées après 25 minutes dans une eau à 95°C.



Escarre noire et œdème pathognomoniques de la maladie du charbon

La forme végétative est détruite dans les conditions standards de l'armée américaine (destruction d'au moins 99,6% des bactéries 20 minutes 5mg/L chlore libre température ambiante). En revanche, il faut une concentration de 5 à 10% de chlore pour détruire les spores.

Les spores sont bloquées par un filtre inférieur à 1µm.

c) Brucellose

La brucellose, plus connue sous le nom de fièvre de Malte, est provoquée par deux bactéries, *Brucella melitensis* et *Brucella suis*. Cette dernière a été militarisée pour pouvoir être utilisée sous forme d'aérosols. Comme cette maladie peut être contractée par la consommation de lait, elle pourrait être utilisée pour contaminer de l'eau.

La dose infectieuse par voie respiratoire est comprise entre 10 et 100 bactéries ; cette dose passe à environ 10^5 ou 10^6 bactéries par voie digestive.

Brucella melitensis survit 20 à 72 jours dans l'eau et est inactivée par le rayonnement solaire ou par une solution d'hypochlorite de sodium à 1%. L'inactivation dans des conditions normales de chloration n'est pas décrite.

d) Choléra

Cette maladie est caractérisée par des diarrhées brutales et très abondantes. En l'absence de traitement, la forme majeure est fatale dans plus de la moitié des cas. La contamination est orale, d'origine fécale, par l'eau de boisson ou des aliments souillés.

Le choléra est provoqué par l'ingestion dans l'eau ou les aliments de *Vibrio cholerae*. Durant la seconde guerre mondiale, l'armée japonaise a ainsi contaminé les réserves d'eau de l'armée chinoise.

La dose infectieuse minimale est de 1000 bactéries. Le vibron cholérique est facilement détruit par le chlore.

Un saboteur voulant disséminer du vibron cholérique devrait donc s'en prendre à un site peu ou pas surveillé : dans un premier temps, il faudrait stopper la pompe à chlore ; plus tard, quand le chlore résiduel a diminué, il peut déverser du vibron cholérique dans la bêche ou un château d'eau.

e) Morve

La morve est une maladie du cheval, transmissible à l'homme, provoquée par *Burkholderia mallei*. La dose infectieuse a été estimée à 3.10^6 bactéries.

Cette bactérie est facilement détruite par le chlore. *Burkholderia mallei* est désactivée par une solution d'hypochlorite de sodium à 1%, mais il n'existe pas de données pour des concentrations inférieures.

f) Peste

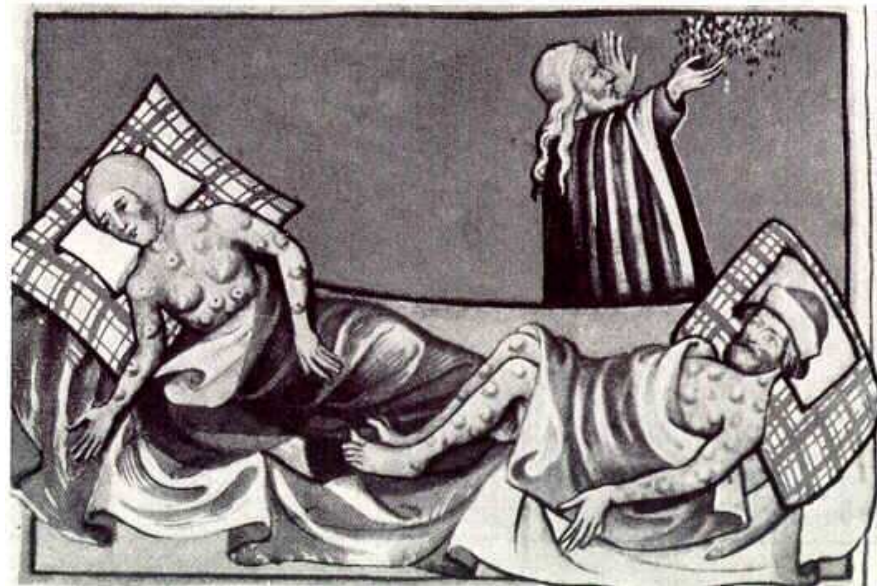
La peste est provoquée par *Yersinia pestis*. Le rat, sert de réservoir et transmet la maladie à l'homme par l'intermédiaire d'une puce. La peste pulmonaire peut être transmise entre hommes par les éternuements.

L'incubation est de 2 à 5 jours.

La peste existe sous trois formes, bubonique, septicémique, et pulmonaire.

Entre 1347 et 1350, la peste noire a fait 25 millions de morts en Europe et autant en Asie ; son origine remonte à ce qui a été très vraisemblablement la première utilisation militaire d'un agent biologique : les Tatares avaient catapulté dans une ville assiégée de Caffa, en Ukraine, des cadavres de pestiférés. C'est ainsi que les villes orientales ont été contaminées et que les marchands génois ont rapporté en Europe la maladie mortelle.

De 1940 à 1944, l'aviation japonaise répandit la peste sur 11 villes de Chine en larguant des bombes en porcelaine remplies de bacilles, en lâchant des puces infectées, en même temps que du riz pour attirer les rongeurs.



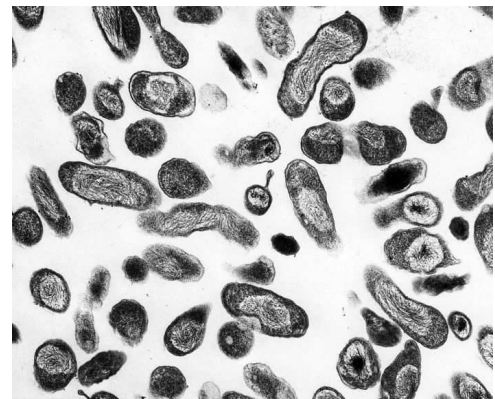
Peste noire – Bible de Toggenburg (Wikipedia)

La dose incapacitante (DI) par ingestion est estimée à 70 bactéries. *Yersinia pestis* survit 16 jours dans l'eau et est désactivée par une solution d'hypochlorite de sodium à 1% ou de dioxyde de chlore à 0,25%. Il n'existe pas de données pour des concentrations inférieures.

g) Fièvre Q

La fièvre Q est une maladie des ruminants domestiques provoquée par une rickettsie, *Coxiella burnetii*, et transmissible à l'homme par voie aérienne. La maladie est plus incapacitante que létale.

La dose infectieuse 50% (DI50) serait de seulement 25 bactéries. *Coxiella burnetii* survit 160 jours dans l'eau du robinet à 20-22°C, résiste à la chaleur, à la dessiccation, aux rayonnements UV, aux chocs osmotiques. Elle est désactivée par une solution d'hypochlorite de sodium à 1% ; cette désactivation est incomplète à 0,5mg/L.



Coxiella burnetii (Wikipedia)

h) Salmonellose

Les salmonelles sont des entérobactéries du genre *Salmonella*. Ce genre comporte trois espèces dont la principale, longtemps considérée comme la seule, *Salmonella enterica* comprend six sous-espèces. La plus fréquente est *Salmonella enterica enterica*, elle-même divisée en de nombreux sérovars.

Les salmonelles sont responsables de gastro-entérites, toxi-infections alimentaires et des fièvres typhoïde (*S. typhi*) et paratyphoïde (*S. paratyphi*).

La dose infectieuse pour *Salmonella typhi* est estimée entre 10^4 et 10^5 , soit au moins 300 bactéries par litre avec une consommation de 5 litres par jour pendant 7 jours. *Salmonella typhi* survit 8 jours dans l'eau potable. Les salmonelles sont sensibles au chlore et aux rayonnements UV.

i) Shigellose

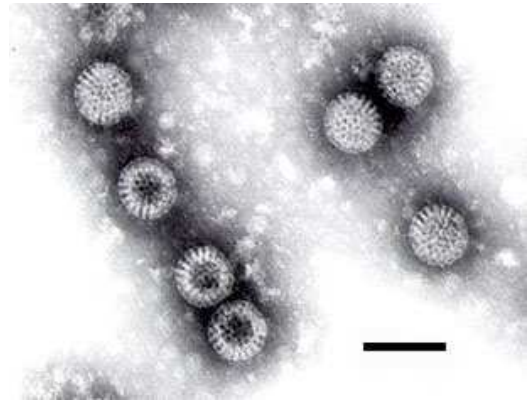
Les shigelles provoquent une dysenterie ; il s'agit d'une maladie des mains sales, sévissant dans les régions les plus défavorisées. La dose infectieuse est comprise entre 10^4 et 10^8 soit une concentration de 300 bactéries par litre avec une consommation de 5 litres par jour pendant 7 jours. On observe cependant de grandes différences liées à la sensibilité individuelle, les enfants étant par exemple plus sensibles que les adultes. Les shigelles survivent 2 à 3 jours dans l'eau potable et sont inactivée à plus de 99% après 10 minutes à pH 7, entre 20 et 29°C, et avec une concentration en chlore libre de 0.05mg/L. Elles sont également désactivées par les rayonnements UV.

3. Virus

a) Virus entériques

Ils provoquent typiquement les maladies du péril fécal. Cette catégorie regroupe plus de 140 virus appartenant à différentes familles.

Parmi les entérovirus, les rotavirus survivraient plus de 60 jours dans les réseaux d'eau potable. La probabilité de tomber malade suite à l'ingestion de 6 rotavirus en une journée est de 25%. Ils sont détruits par les concentrations de chlore habituellement utilisées en eau potable.



Rotavirus: forme typique de roue (Wikipedia)

b) Virus des fièvres hémorragiques

Ces virus provoquent par exemple la Dengue, la fièvre de la vallée du Rift, la fièvre jaune, la fièvre de Lassa ou la maladie de Marbourg. La dose infectieuse par ingestion serait de 10^5 à 10^{10} virus, même si ce mode de transmission n'est pas prouvé. A titre de comparaison, la dose infectieuse par voie respiratoire est comprise entre 1 et 10 virus.

c) Virus de la variole

L'agent de la variole est un poxvirus. La transmission interhumaine de cette maladie, éradiquée en 1977, est extrêmement importante : 10 à 100 particules virales suffiraient à transmettre la maladie. Son emploi dans l'eau reste cependant peu documenté. Aujourd'hui, seuls deux laboratoires, le CDC d'Atlanta et Novosibirsk en Russie, possèdent des souches du virus de la variole.



Varioleux (Wikipedia)

4. Cyanotoxines

Parmi les toxines les plus dangereuses, plusieurs sont synthétisées par des cyanobactéries.

La présence de cyanobactéries dans l'eau brute est susceptible d'entraîner différents problèmes de traitement :

- Mauvaise coagulation, surtout si les cyanobactéries possèdent des vésicules de gaz, qui font remonter le floc en surface ;
- Demande en chlore élevée ;
- Goût et odeur prononcés ;
- Dégradation microbiologique de la qualité de l'eau dans le réseau.

La prévention des proliférations reste la meilleure méthode pour garantir l'absence de toxines dans l'eau traitée. La filière de traitement doit être choisie pour piéger la biomasse sans libérer les toxines.

Les prétraitements physiques sont peu efficaces sur les cyanobactéries, en raison du seuil de filtration, et totalement inefficaces sur les toxines.

L'irradiation par rayonnement UV est efficace lorsqu'elle est appliquée en entrée du bassin de stockage d'eau brute. L'action des UV sur l'ADN interdit toute multiplication des algues sans les tuer.

La dégradation naturelle des toxines demande un temps supérieur aux temps de séjour de l'eau dans le réseau.

Les prétraitements d'oxydation au chlore sont déconseillés à cause des produits de réaction générés : trihalométhanes (THM) pour le chlore et chlorites pour le bioxyde de chlore. A faible dose, le chlore est sans effet sur les toxines : il faut au moins 0,5 mg/L de chlore libre après 30 minutes pour observer une action sur les microcystines.

Le groupe Coagulation – floculation – décantation – filtration permet d'éliminer 50 à 60% des algues, avec les contraintes techniques suivantes :

- La dose de flocculant est supérieure à celle actuellement autorisée en France.
- Les boues doivent être éliminées en permanence pour éviter un relargage des toxines.
- Les filtres doivent être entretenus très régulièrement pour éviter les relargages.

La décantation peut être remplacée par la flottaison. Les résultats obtenus sur l'élimination des cyanobactéries sont alors meilleurs.

La nano filtration, avec un point de coupure inférieur à 200 daltons, et l'osmose inverse, permettent d'éliminer les toxines avec un bon rendement.

La désinfection finale par l'ozone ou l'eau oxygénée, associée ou non aux UV est efficace, mais les réactions sont mal connues et tous les produits de dégradation ne sont pas identifiés.

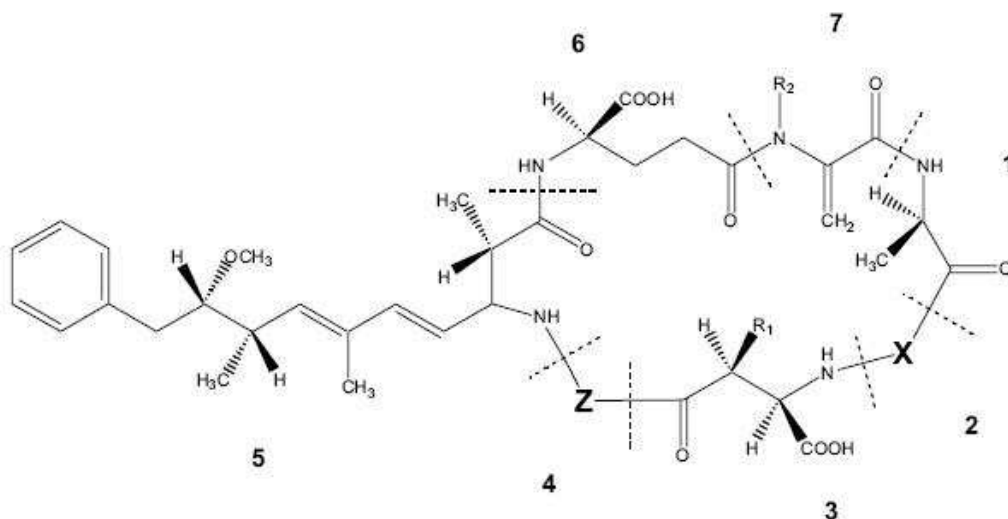
Les charbons actifs en poudre adsorbent les cyanotoxines. Les quantités nécessaires sont cependant assez élevées, de l'ordre de 20 à 30 mg/L pour éliminer de 90 à 98 % des toxines présentes au niveau de quelques microgrammes par litre.

Le couplage charbon actif en grain – ozone est efficace également, les CAG ayant pour but la rétention et/ou la biodégradation soit des molécules n'ayant pas réagi avec l'ozone soit des molécules formées par l'ozone.

La valeur guide de l'OMS est de 1µg/L pour l'eau de boisson. Cette valeur peut être dépassée pour des durées courtes. Le risque est considéré comme très élevé par l'OMS au-delà de 100 000 cellules par millilitre ou au-delà de 50µg de chlorophylle a par millilitre.

a) Microcystine

La microcystine est une hépatotoxine produite par les cyanobactéries du genre *Microcystis*.



Structure générale des microcystines (Wikipedia)

La dose mortelle est estimée entre 1 et 10mg par personne. La norme retenue par l'OMS est $\leq 1\mu\text{g/L}$ pour une consommation vie entière. La microcystine est inactivée après 30 minutes dans une solution contenant 100mg/L de chlore actif. Seule l'osmose inverse est efficace.

Pour la microcystine, la DL50 per os à 24 heures varie entre 5 et 11 mg/kg selon les auteurs. Il existe plus de 70 variantes de la microcystine, qui présentent des caractères différents de solubilité et donc des différences d'action (organes cibles, bioaccumulation, toxicité). La microcystine MC-LR est la plus étudiée car la plus toxique pour la souris et la plus souvent retrouvée dans les écosystèmes.

L'intoxication aiguë par la microcystine conduit à la destruction de la structure hépatique des mammifères, et à la mort par hémorragie en quelques heures.

b) Anatoxine A

L'anatoxine A est un alcaloïde neurotoxique synthétisé par une cyanobactérie, *Anabaena flos-aquae*. L'anatoxine provoque une paralysie des muscles striés, dont les muscles respiratoires, en agissant sur la jonction neuromusculaire. La mort par arrêt respiratoire est très rapide, en quelques minutes.

La DL50 souris par voie intrapéritonéale est de 200µg/kg, avec une mort en 4 à 7 minutes ; cette dose est d'environ 0,5mg per os (15).

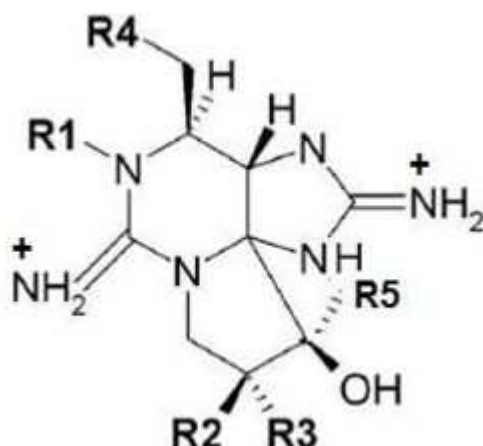
Les données existantes ne permettent cependant pas d'extrapoler une dose sans effets pour l'eau potable.

Après quelques jours dans l'eau, l'anatoxine est inactivée ; elle est insensible au chlore.

c) Saxitoxines

Ces toxines sont synthétisées par des cyanobactéries du genre *Gonyaulax*, de la famille des dinoflagellés. Elles sont de type alcaloïde et démontrent des effets neurotoxiques : les saxitoxines

sont responsables de l'intoxication paralysante par les fruits de mer ou PSP (Paralytic Shellfish Poisoning).



Structure moléculaire générale des saxitoxines (Wikipedia)

La DL50 de la saxitoxine est estimée entre 0,3 et 1 mg par personne. Elle est peu sensible dans une solution à 10% de chlore libre, et désactivée dans une solution à 100 mg/L chlore libre.

La saxitoxine est potentiellement utilisable dans un but de malveillance pour contaminer l'eau de distribution ou certains aliments ou boissons. La toxine se présente sous la forme d'une poudre blanche, thermostable. Elle est très soluble dans l'eau, insipide et sans odeur. Elle peut être utilisée par dispersion dans un réseau d'eau potable, un aliment ou une boisson.

La toxine inhibe la transmission neuromusculaire par blocage d'échange cellulaire de sodium. Les premiers signes apparaissent dans les 20 à 30 minutes suivant l'ingestion de la toxine.

Classiquement, on décrit 3 formes :

- forme légère : engourdissement et paresthésie des lèvres et de la langue, de la face et du cou, s'étendant aux extrémités ; vertiges, céphalées ;
- forme modérée : difficultés d'élocution, engourdissement des extrémités, incoordination motrice, faiblesse musculaire, tachycardie, dyspnée ;
- forme grave : paralysie musculaire, difficultés respiratoires provoquant le décès si le sujet n'est pas traité.

Le traitement est essentiellement symptomatique : maintien des fonctions vitales, respiration assistée si nécessaire.

Plusieurs cas d'intoxication ont été décrits dans le monde.

En 1993, la consommation d'eau du barrage d'Itaparica a entraîné 2000 cas de gastro-entérite sur 42 jours, dont 88 mortels. Les analyses d'eau n'ont mis en évidence ni bactéries ni métaux lourds, mais une concentration en cyanobactéries des genres *Anabaena* et *Microcystis* allant de 100 à 900 000 cellules par millilitre.

Les traitements algicides provoquent une destruction brutale des efflorescences, provoquant la libération massive de cyanotoxines. Ce fut a priori le cas en Australie en 1979 où suite au traitement d'un réservoir au sulfate de cuivre, 140 enfants et 10 adultes ont été hospitalisés pour troubles gastro-intestinaux associés à une atteinte hépatique et rénale.

5. Autres toxines

a) Ricine

La ricine est une toxine extraite de la graine de ricin, potentiellement utilisable dans un but de malveillance en raison de son caractère hydrosoluble ; elle ne modifie pas le goût de l'eau.

Elle peut être utilisée par voie digestive ou aérienne : la voie digestive est environ 1000 fois moins toxique que l'inhalation car elle est peu absorbée et/ou inactivée par les enzymes digestives.



Graine de Ricin (Wikipedia)



La ricine agit en inhibant la synthèse protéique. Elle est peu toxique par voie digestive, et son usage dans l'eau potable semble donc peu probable.

La DL50 souris est de 20 mg/kg.

20 minutes dans une solution à 100mg/L chlore actif inactivent la ricine, mais le chlore est inefficace à une concentration de 10mg/L.

La dose létale par voie respiratoire est de 1 mg/kg.

L'osmose inverse permet d'éliminer la ricine.

Les premiers symptômes apparaissent le plus souvent dans un délai de 3 à 6 heures après l'ingestion. Le tableau associe habituellement des vomissements, des gastralgies intenses et des crampes abdominales, une diarrhée profuse parfois sanglante.

Une nécrose hépatique et une insuffisance rénale peuvent apparaître 2 à 5 jours après l'exposition.

La ricine dispersée sous forme de poudre ou d'aérosol peut entraîner dans un délai variant de quelques minutes à plusieurs heures des signes d'irritation oculaire et pharyngée ainsi qu'une irritation respiratoire associant toux, dyspnée, œdème pulmonaire et pouvant conduire à un syndrome de détresse respiratoire aigu.

b) Entérotoxine B staphylococcique

L'entérotoxine B staphylococcique (SEB) est l'une des entérotoxines produites par le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*). Dans le cadre d'actions de malveillance, l'entérotoxine B pourrait être dispersée par aérosolisation, ou être utilisée pour contaminer des aliments ou un réservoir d'eau de distribution de faible volume.

La toxine est inactivée par l'eau de javel à 0,5 %.

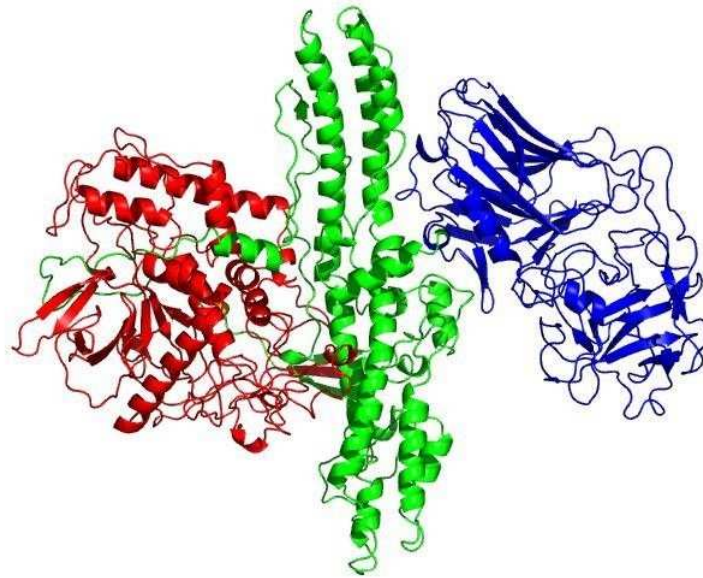
Par ingestion, la durée d'incubation est courte (2 à 4 heures en moyenne). La maladie débute par l'apparition brutale de symptômes digestifs hauts prédominants (nausées, vomissements et douleurs

abdominales). La température est habituellement normale ou peu élevée. Les décès sont rares ; la maladie dure rarement plus d'un jour ou deux mais l'intensité des symptômes peut entraîner une hospitalisation.

c) Toxine botulique

Le botulisme est une maladie paralytique due à une neurotoxine bactérienne, la toxine botulique, produite par une bactérie anaérobie, *Clostridium botulinum*. La toxine botulique provoque une inhibition de la libération d'acétylcholine au niveau des jonctions neuromusculaires, ce qui bloque la transmission entre nerf et muscle et conduit à la paralysie respiratoire et locomotrice.

Suite à une étude portant sur 18 cas dont 16 mortels, la DL50 *per os* de la toxine botulique a été estimée à 0.4µg par personne, soit 0.003µg/kg.



Toxine botulique (D. Gillet Institut de biologie et de technologie de Saclay)

Hickman estime qu'une dose de 0,07mg suffit à tuer une personne. Le déversement de 210 grammes de toxine botulique pure dans un réservoir de 750m³ suffirait à tuer les personnes buvant 0,25L de cette eau.

La toxine A est la plus toxique (4 fois plus toxique que la toxine tétanique, 300 fois plus que la toxine diphtérique, 30 000 fois plus que la ricine et 10¹¹ que le cyanure de sodium).

Des valeurs différentes ont été extrapolées à partir de modèles animaux :

- Dose létale minimale chez l'homme par inhalation : 3 ng/kg.
- Dose létale minimale chez l'homme par injection IV : 1 ng/kg.
- Dose létale minimale chez l'homme par voie orale : 1 µg/kg

Dans l'eau d'un réservoir, la toxine botulique A est inactivée en presque totalité en trois à six jours. Un pH supérieur à 7,5 facilite la dissociation du complexe qui entraîne la libération de la neurotoxine beaucoup moins stable que le complexe.

Les toxines botuliques sont inactivées par la chaleur (30 min à 80 °C) et par l'hypochlorite de sodium (NaOCl à 0,1 p. cent durant 30 min). Une exposition au soleil serait capable d'inactiver les toxines en 1 à 3 heures. La chloration, aux doses habituellement utilisées pour le traitement des eaux potables, détruirait 84 p. cent des toxines en 20 minutes.

Cependant si la toxine est injectée dans le réseau non pas sous forme purifiée mais en tant que surnageant de culture concentré, les quantités habituelles de chlore libre (0,1 à 0,3 mg/l) seraient insuffisantes, par ailleurs l'apport de matières organiques associées permettrait une meilleure stabilité de la toxine. L'apport important de matière organique des surnageants de culture concentrés aurait pour effet d'entraîner une consommation rapide de chlore qu'il faudrait rajouter en quantité importante pour maintenir une teneur en chlore libre de 0,1 à 0,3 mg/l.

En revanche, la baisse de chlore libre suite à une injection de matières protéiques étrangères a été mise à profit pour instaurer un système de surveillance d'un réseau d'eau. Des capteurs de chlore libre répartis sur un réseau de distribution d'eau permettent de surveiller en continu des variations anormales pouvant résulter d'introduction frauduleuse de matière organique contenant de la toxine botulique.

L'ozonation n'a aucun effet décontaminant de l'eau vis-à-vis de la toxine.

Les toxines botuliques A et B peuvent être recherchées sur le terrain par une méthode rapide ; les tickets détecteurs (SMART, TETRACORE) donnent une réponse en 30 minutes, qui sera nécessairement confirmée par une méthode fluorimétrique.

Après une incubation de 5 heures à 10 jours, les symptômes débutent par des troubles oculaires puis des dysfonctionnements du système nerveux autonome (sécheresse de la bouche et des yeux, difficultés de déglutition, dysurie, atonie intestinale et constipation). Dans les 24 premières heures d'évolution, environ la moitié des sujets présente des nausées, des vomissements, des douleurs abdominales ou des diarrhées. Dans les formes graves, on note une paralysie flasque des membres et des difficultés respiratoires. La mort peut intervenir par insuffisance respiratoire ou résulter d'une fausse déglutition.

Du fait de la grande toxicité des toxines botuliques, leur utilisation serait possible selon deux modalités : la dispersion de la toxine par aérosols et la contamination volontaire d'un réseau d'eau potable.

Selon le "Guide pour l'investigation épidémiologique, Botulisme", une origine malveillante devrait être évoquée lors de la survenue concomitante ou groupée géographiquement de plusieurs cas de maladies neurologiques évoquant le botulisme ou lors de la mise en évidence d'un type de toxine inhabituel pour la France ou lors de la survenue de plusieurs cas chez des personnes ayant fréquenté une même zone géographique (aéroport, lieu de travail, lieu d'habitation) et n'ayant pas consommé les mêmes aliments.

La contamination hydrique n'a jamais été observée et la chloration des eaux potables inactive au moins partiellement la toxine.

6. Agents radioactifs

Les éléments radioactifs sont des isotopes issus de l'hôpital ou de la recherche, ou encore du combustible nucléaire.

Les substances radioactives les plus courantes, d'origine médicale, ne provoqueraient pas de gros dégâts, mais leur découverte dans l'eau alerterait le public.

L'accès au combustible nucléaire est extrêmement restreint, et il est bien plus probable qu'il soit alors utilisé pour fabriquer une bombe « sale ».

Pour ces raisons, un acte terroriste de type radiologique visant un réseau d'eau potable est peu probable et donc peu documenté.

L'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique fixe entre autres les normes relatives à la radioactivité.

Le système réglementaire est destiné à suivre une éventuelle contamination naturelle ou accidentelle, à travers les analyses de type RS, RP et P2.

Du fait de la fréquence de contrôle de ce paramètre, une fois par mois pour les unités de distribution les plus importantes, une contamination intentionnelle pourrait passer inaperçue pendant plusieurs mois.

PARAMETRES	REFERENCES DE QUALITE	UNITES	NOTES
Dose totale indicative (DTI).	0,10	mSv/an	Le calcul de la DTI est effectué selon les modalités définies à l'article R. 1321-20
Tritium	100	Bq/L	La présence de concentrations élevées de tritium dans l'eau peut être le témoin de la présence d'autres radionucléides artificiels. En cas de dépassement de la référence de qualité, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R. 1321-20.

Références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine : indicateurs de radioactivité

L'eau est déclarée propre à la consommation si la dose totale indicative (DTI) calculée est inférieure à 0,1mSv/an. Par contre, quelle que soit la DTI calculée, une quantité significative de radionucléides artificiels par rapport au bruit de fond est une situation anormale : l'eau est alors considérée comme suspecte. Cela justifie une enquête environnementale pour connaître la cause et y remédier. L'autorité de sûreté nucléaire (ASN) fournit alors des recommandations au cas par cas et met en place de mesures correctives appropriées.

A l'issue de cet inventaire, les agents de la **tularémie**, de la **fièvre Q** et de la **brucellose** sont les bactéries plus adaptées à une atteinte des réseaux d'eau potable.

Les agents du **choléra** et de la **peste** pourraient également être utilisés, mais uniquement pour un réseau non chloré.

L'utilisation de toxines, en particulier **toxine botulique**, **saxitoxine** et **microcystine**, semble plus probable, en raison d'une meilleure résistance dans l'eau chlorée et d'une dose infectieuse très inférieure à celle des bactéries.

En dehors des entérovirus, par ailleurs sensibles au chlore, les virus sont peu utilisables.

Agent / Maladie	Militarisable	Menace sur l'eau	Dose infectieuse ou DL 50	Stabilité	Tolérance au chlore
Tularémie	Oui	Oui	10 ⁸ organismes	Jusqu'à 90 jours	Sensible
Brucellose	oui	Probable	10000 organismes	20-72 jours	Inconnu
Cholera	Inconnu	Oui	1000 organismes	Bonne survie	Sensible
Morve	Probable	Improbable	3.10 ⁶ organismes	Jusqu'à 30 j	Inconnu
Peste	Probable	Oui	500 organismes	16 jours	Inconnu
Fièvre Q	Oui	Possible	25 organismes	Inconnu	Inconnu
Shigellose	Inconnu	Oui	104 organismes	2-3 jours	Sensible
Microcystine	Possible	Oui	1µg/L	Probablement stable	Résistante
Anatoxine A	Inconnu	Probable	Inconnu	Désactivée en quelques jours	Probablement résistante
Saxitoxine	Possible	Oui	0.4µg/L	Stable	Résistante
Ricine	Oui	Oui	15µg/L	Stable	Résistante
Enterotoxine staphylococcique	Probable	Oui	0.1µg/L	Probablement stable	Inconnu
Toxine Botulique	Oui	Oui	0.0004µg/L	Stable	Sensible
Mycotoxine	Probable	Oui	65µg/L	Stable	Résistante
Virus entériques	Inconnu	Oui	10 ⁸ particules	8-32 jours	Sensible
Virus des Fièvres hémorragiques	Probable	Improbable	10 ⁵ particules	Inconnu	Inconnu
Variole	Possible	Possible	10 particules	Inconnu	Inconnu

Evaluation du risque lié aux agents biologiques

C. Analyse des risques

1. Vulnérabilité aux différentes étapes de la chaîne de l'eau

Depuis la ressource jusqu'au consommateur, la chaîne de l'eau peut être divisée comme suit : ressource : eau de surface ou eau profonde ; transport de l'eau brute ; traitement ; stockage de l'eau traitée ; distribution. Il faut également prendre en compte les effets d'une interruption de la distribution soit par action sur les systèmes informatique et de communication, soit par arrêt de l'alimentation électrique, soit par sabotage des surpresseurs. En plus du manque d'eau pour l'utilisateur, les services de secours (pompiers) n'auraient plus assez de pression pour éteindre les incendies. Un agent biologique peut être utilisé pour contaminer un réseau d'eau potable s'il est stable dans l'eau, virulent, facile à cultiver, résistant au traitement de l'eau et indétectable en routine.

a) Ressource

La vulnérabilité d'une ressource est l'ensemble de caractères qui déterminent la plus ou moins grande facilité d'accès à un réservoir aquifère et de propagation dans celui-ci d'une substance considérée comme indésirable.

En règle générale, on peut classer les ressources par vulnérabilité décroissante :

Ressource de surface > Terrain karstique > Aquifère continu

Les périmètres de protection définis par l'hydrogéologue agréé tiennent compte de la vulnérabilité des ressources.

La structure de l'ouvrage de captage joue également un rôle majeur dans la protection de la ressource.

Il faut aussi prendre en compte les ouvrages abandonnés, qui peuvent communiquer avec les ouvrages utilisés et offrir ainsi un point de vulnérabilité.

b) Transport de l'eau brute

Entre le point de prélèvement et le point de traitement, l'eau peut être transportée sur plusieurs kilomètres par aqueduc, parfois à l'air libre. L'eau brute est alors extrêmement vulnérable à toute source de contamination, comme lors de prélèvements d'eaux de surface.

c) Traitement de l'eau

Ces installations constituent un point important car au-delà, l'eau ne subira aucun traitement jusqu'au robinet de l'utilisateur.

Certaines pollutions peuvent être éliminées, à condition que le danger soit identifié et pris en compte dans la filière de traitement.

Les points suivants peuvent être pris pour cible dans le cadre d'actions malveillantes :

- Qualité des réactifs de traitement chimiques / substitution des produits ;
- Introduction de produits nuisibles lors du traitement de l'eau ;
- Gestion du centre informatique de gestion du traitement de l'eau.

Une contamination de la ressource ou d'une étape de traitement paraît toutefois peu vraisemblable en raison des quantités de toxines qu'il serait nécessaire d'utiliser.

Par ailleurs, la résistance toutefois modérée des toxines aux oxydants classiquement utilisés pour le traitement de l'eau potable ou leur élimination partielle lors des étapes de clarification (effet du

chlorure ferrique) et du fait de leur adsorption sur charbon actif, ne milite pas en faveur de ces scénarii de contamination. Il est en effet peu probable que des concentrations importantes de toxine puissent traverser l'étape de traitement et atteindre la distribution.

d) Stockage de l'eau traitée et distribution

Il s'agit du point le plus vulnérable de la chaîne. Les risques majeurs concernent :

- La contamination des réservoirs ;
- Les retours d'eau malveillants ;
- La prise de contrôle du système informatique de télégestion ;

Dans le cas du réseau d'eau potable, le scénario de contamination pouvant se révéler le plus critique serait donc l'injection d'une toxine au niveau du stockage ou du réseau de distribution.

Dans ce type de scénario, le pourcentage de population affectée dépendrait nécessairement du réseau d'eau visé, du point d'introduction de l'agent de la menace ainsi que de l'heure et de la durée de l'injection

Par ailleurs, la population impactée, en termes de personnes atteintes et de mortalité, sera fonction de nombreux paramètres : quantité de toxines inoculée, site d'inoculation dans le réseau, complexité du réseau.

La diffusion généralisée de la toxine dans le réseau est difficilement prévisible et seule une faible proportion de l'eau utilisée est ingérée (20%).

Cependant, la répercussion médiatique, l'affolement de la population, la mise en place d'une infrastructure de substitution d'approvisionnement en eau (interdiction d'utilisation de l'eau du robinet, distribution d'eau en bouteille ou par citerne...), et la décontamination du réseau, entraîneraient de très lourdes perturbations.

2. Estimation de la menace

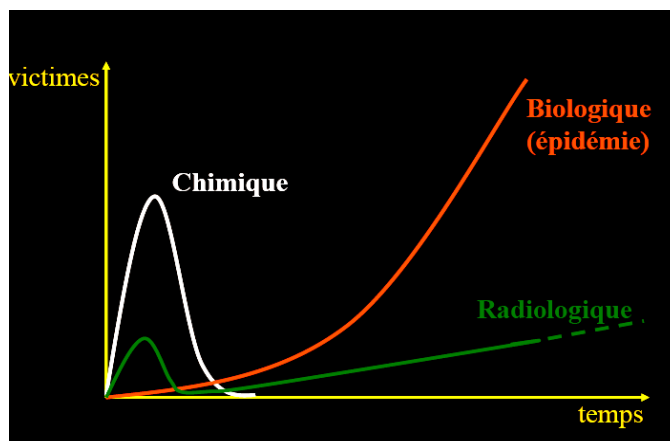
a) Choix d'un type d'attaque

Une **attaque chimique** va entraîner rapidement un pic du nombre de victimes ; aucun cas n'apparaîtra ensuite. Le profil épidémiologique des toxines est identique.

Une **attaque biologique avec un agent non contagieux** aura également le même comportement épidémiologique qu'une attaque chimique, avec une courbe moins haute et plus étalée, tenant compte des délais d'incubation.

Au contraire, une **attaque biologique avec un agent transmissible** va débiter lentement, avant d'augmenter de façon exponentielle si aucun moyen de prophylaxie n'est mis en place.

Suite à une attaque à l'aide d'un **agent radioactif**, un pic de patients, moins important que dans le cas d'une attaque chimique, sera observé dans un premier temps, correspondant aux victimes ayant reçu une dose supérieure à la dose sans effet (NOEC) (cas déterministes, c'est-à-dire effets proportionnels à la dose ingérée si celle-ci dépasse la NOEC) ; de nouveaux cas vont ensuite apparaître les années suivantes, sous forme de cancers (cas probabilistes correspondant aux personnes ayant ingéré des faibles doses).



Courbes épidémiologiques des attaques NRBC (Présentation « information risques NRBC » SAMU 04)

L'usage de telles substances provoquerait une désorganisation profonde de la société mais avec un nombre de victimes très limités en raison de la difficulté d'obtenir de tels produits puis de les militariser.

La plupart des agents biologiques utilisables contre un réseau d'eau potable ont initialement été militarisés pour être utilisés sous forme d'aérosol. Cependant, certains sont potentiellement dangereux par ingestion.

Les rickettsioses, sont les plus improbables, à l'exception de la fièvre Q.

Les maladies virales, hormis les virus entériques et éventuellement la variole, ont également peu de potentiel. Les toxines, utilisées en quantité suffisante, sont suffisamment stables dans l'environnement pour pouvoir contaminer un réseau.

Pour l'ensemble des ces agents, la quantité nécessaire pour provoquer des effets est considérable, et il faudrait contaminer l'eau au plus près du consommateur, dans les réservoirs de stockage, afin de limiter les phénomènes de dilution.

Il est en pratique impossible de contaminer un réservoir important en raison des quantités nécessaires.

Parmi les agents décrits et présentant une menace réelle, il serait aujourd'hui possible de se procurer ou de synthétiser en quantité suffisante de la toxine botulique, et éventuellement de l'aflatoxine.

A l'avenir, certaines toxines pourraient être synthétisées en laboratoire.

Dans ce contexte, les personnes les plus exposées sont les opérateurs dans les stations de potabilisation de l'eau.

Le besoin de méthodes rapides de détection de ces agents biologiques et toxines est évident. Les données sur la sensibilité de ces agents aux désinfectants de l'eau potable sont également insuffisantes.

Substance	DL 50 souris (µg/kg)
Toxine botulique	0.00003
Toxine tétanique	0.001
Tétrodotoxine	9
Saxitoxine	9

Toxicité de quelques toxines naturelles pour la souris (µg/kg)

Composant	R
Toxine botulique A	10 000
Sarin	100
Nicotine	20
Colchicine	12
Cyanure	9
Arsenic	1

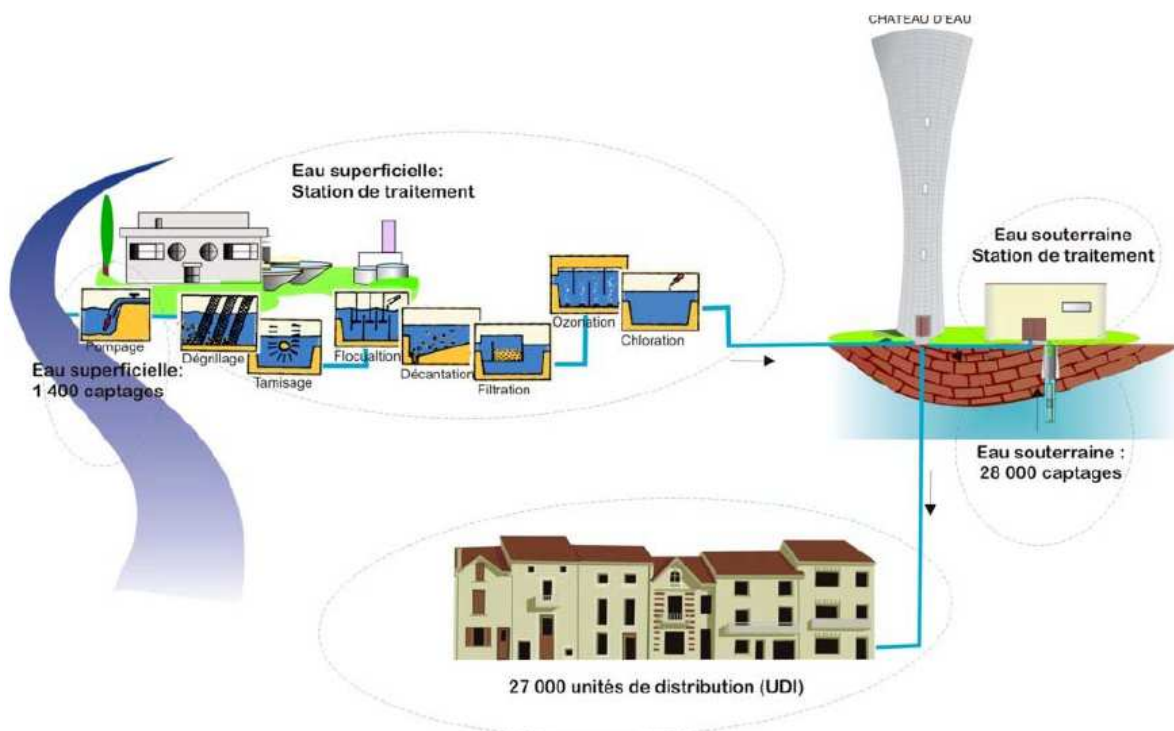
Facteur d'efficacité relative (28) = $R = \text{solubilité (mg/L)} / \text{Dose létale homme (mg)} \times 1000$

Efficacité relative des toxines dans l'eau

Le coefficient « R » de la toxine botulique est nettement supérieur à celle des autres toxiques décrits dans le tableau, mettant en évidence à la fois sa solubilité importante et sa DL50 très faible.

b) Choix de la cible

La quasi-totalité de la population française est desservie par un réseau public de distribution. Environ 30 000 captages prélèvent chaque année 6,5 milliards de m³ dans le milieu naturel. 95% captent des eaux souterraines, mais ne desservent que 64% de la population.



Source : Ministère chargé de la santé – DDASS – SISE-Eaux

La moitié des captages fournit 2% de la production nationale, alors que 2% des captages fournissent 50% de cette production.

Classe de débit des captages en m3/j	Nombre de captages			
	Eau souterraine	Eau de surface	Autre *	Total
< 100	16 926	392	73	17 391
100 - 1 999	9 756	573	12	10 341
2 000 - 9 999	1 081	284	4	1 369
10 000 - 49 999	104	97	1	202
50 000 - 99 999	2	11	0	13
≥ 100 000	3	11	0	14
Total	27 872	1 368	90	29 330

* Eau de mer, ... Mm3/j : Millions de m3/j

(Source : Ministère chargé de la Santé – DDASS – SISE-Eaux)

15 000 stations de traitement d'eau potable sont réparties sur le territoire.

La moitié de ces stations traite des petits volumes d'eau d'origine souterraine (<100m3/jour) selon des techniques simples, généralement filtration et chloration.

A l'opposé, la moitié des débits d'eau produits est traitée par moins de 2% des stations de traitement. L'eau a souvent une origine superficielle et la filière de traitement est plus complexe.

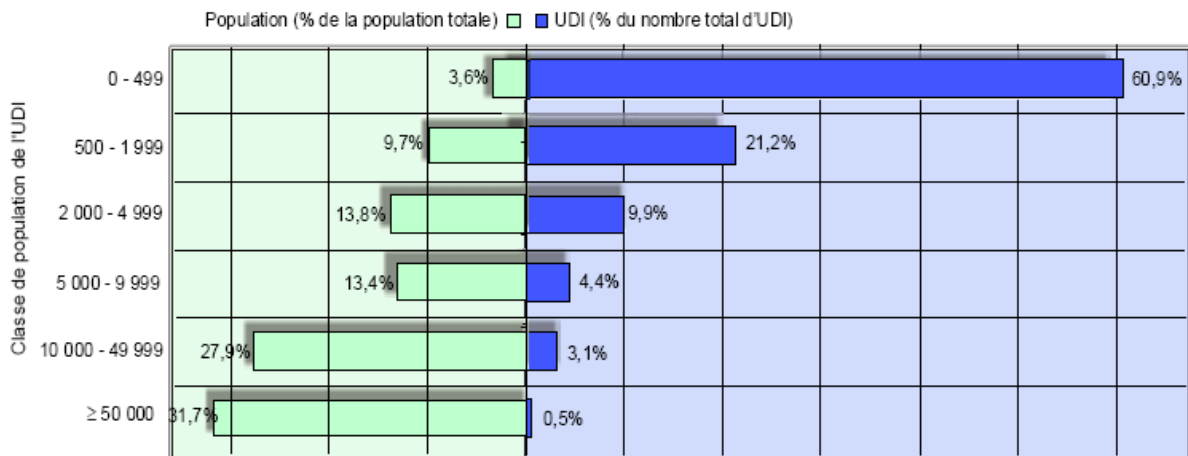
Classe de débit des stations de traitement en m3/j	Nombre de stations de traitement			
	Eau souterraine	Eau de surface	Autre *	Total
< 100	6 170	311	635	7 116
100 - 1 999	6 088	433	344	6 865
2 000 - 9 999	667	246	102	1 015
10 000 - 49 999	116	79	22	217
50 000 - 99 999	8	9	4	21
≥ 100 000	2	10	1	13
Total	13 051	1 088	1 108	15 247

* Eaux mixtes (mélanges d'eau souterraine et superficielle), eau de mer...

Source : Ministère chargé de la santé – DDASS – SISE-Eaux

L'eau est acheminée jusqu'au consommateur par une des 27 000 unités de distribution (UDI).

Leur répartition est très hétérogène, fonction de densité de population, allant de 10 à 900 UDI par département.



(Source : Ministère chargé de la santé – DDASS – SISE-Eaux)

Les cibles privilégiées d'actions terroristes sont donc les 0.5% des UDI desservant 31.7% de la population ; en revanche, les petites unités ne doivent pas être négligées en raison du risque crapuleux (vengeance personnelle, chantage..) même si les moyens alors à disposition des individus sont beaucoup moins importants.

c) Accessibilité des agents biologiques

Il est relativement facile de se procurer des agents infectieux naturels, mais les plus dangereux sont beaucoup moins disponibles.

Dans un passé récent, il était possible d'acheter des souches auprès de collections comme l'American Type Culture Collection (ATCC) aux Etats-Unis ou le Centre de Ressources Biologiques de l'Institut Pasteur.

La production d'agents biologiques ne requiert pas d'équipements spécifiques. Le même type de matériel permet la synthèse de vaccins, d'antibiotiques, ou de pesticides, ce qui rend les contrôles très difficiles.

La facilité de production et de stockage varie selon les agents.

Des milieux de culture usuels peuvent être achetés ou préparés par n'importe quel laboratoire. Une production artisanale à petite échelle est possible pour certaines bactéries comme *Bacillus anthracis* ou certaines toxines comme la ricine.

Ainsi, en janvier 2003, la police britannique a découvert de la ricine lors de l'interpellation de terroristes islamistes.

La production de virus est plus compliquée car elle nécessite des cultures cellulaires pour la multiplication et une chaîne du froid pour la conservation.

Les modifications génétiques, afin d'augmenter la virulence, la résistance aux antibiotiques ou la survie dans le milieu extérieur, deviennent de plus en plus plausibles du fait de la multiplication des formations universitaires en biotechnologie et de la standardisation des techniques.

Selon un rapport américain du General Accounting Office (GAO) d'avril 2000, environ 15 000 scientifiques de l'ex URSS, sous-payés, seraient susceptibles de participer à une prolifération dans le domaine biologique ; parmi eux, 5 000 seraient dotés de connaissances en microbiologie et 10 000 de connaissances applicables à la dissémination de ces agents.

Le niveau de sécurisation des laboratoires privés ou universitaires est bien en deçà de celui des laboratoires sécurisés P3 ou P4. La menace d'intrusion étrangère, telles l'acquisition de connaissances et les transferts de souches, n'est pas toujours suffisamment prise en compte. Le transfert de connaissances est bien plus difficile à détecter que les transferts de matériels ou d'agents biologiques. Contrairement à la communauté nucléaire, la communauté scientifique n'a

pas toujours conscience des implications de ses travaux en matière de prolifération. Le contrôle des stagiaires est difficile, le savoir faire et les connaissances sont accessibles en libre-service dans une communauté de la recherche mondialisée.

Aux USA, huit membres républicains du Congrès ont décrit un article sur le poliovirus de Ariella Rosengard, de l'université de Pennsylvanie comme étant « un document pouvant éventuellement permettre à des terroristes de produire à peu de frais des pathogènes humains ».

Les capacités de productions d'agents chimiques ou biologiques sont donc bien réelles, mais difficiles à quantifier et à localiser.

En France, l'arrêté du 22 septembre 2001 (*Arrêté du 22 septembre 2001 relatif à la mise en œuvre, l'importation, l'exportation, la détention, la cession à titre gratuit ou onéreux, l'acquisition et le transport de certains agents responsables de maladies infectieuses, micro-organismes pathogènes et toxines*) puis l'arrêté du 15 janvier 2004 (*Arrêté du 15 janvier 2004 relatif à la mise en œuvre, l'importation, l'exportation, la détention, la cession à titre gratuit ou onéreux, l'acquisition et le transport de certains agents responsables de maladies infectieuses, micro-organismes pathogènes et toxines*) ont instauré une traçabilité dans le domaine biologique, en réglementant l'importation, l'exportation, la détention, la cession à titre gratuit ou onéreux, l'acquisition et le transport de certains agents pathogènes et toxines.

Les autorisations sont délivrées par l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS). Les agents recensés de la menace bioterroriste ont été classés dans la liste I des substances vénéneuses ce qui permet de criminaliser l'utilisation frauduleuse de ces agents biologiques.

Il existe de nombreuses limites techniques à l'utilisation et à l'efficacité des agents biologiques.

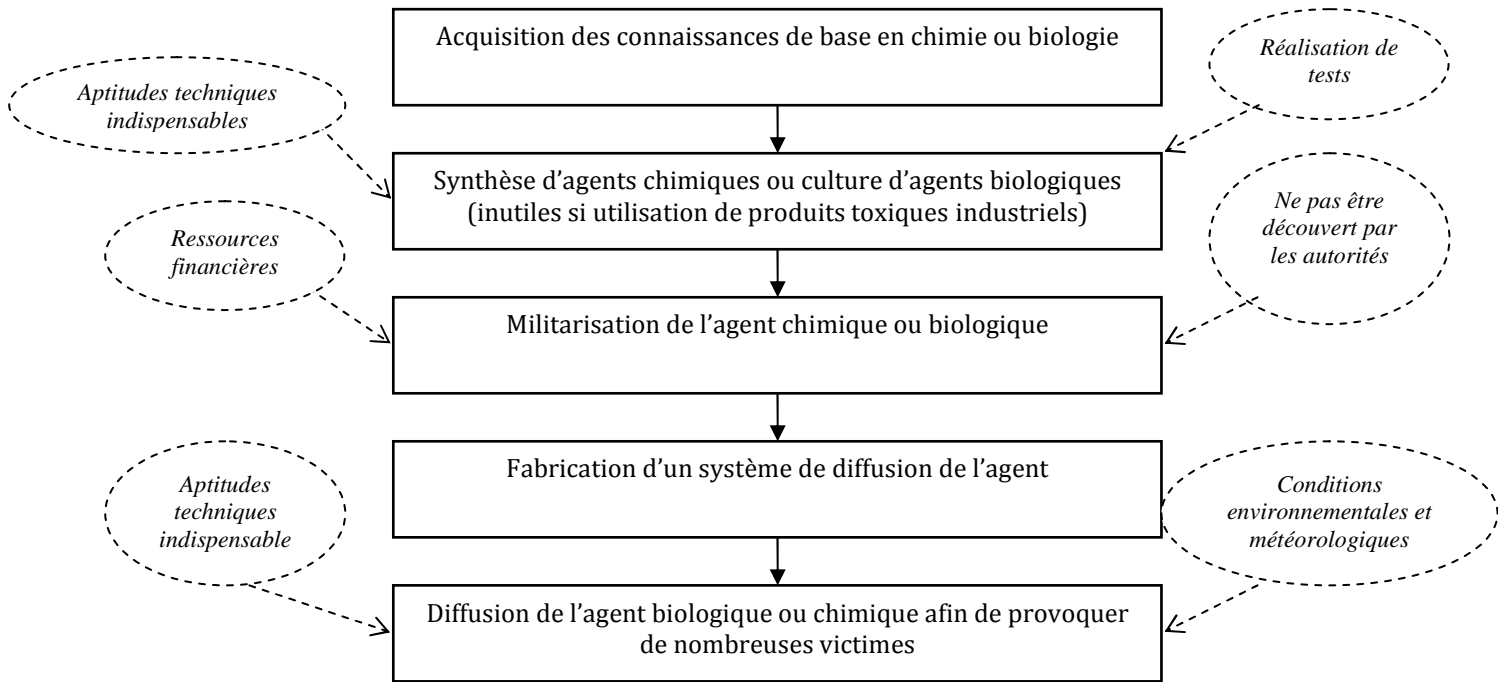
Leur maîtrise nécessite des moyens financiers et technologiques importants. Les connaissances requises sont facilement accessibles mais l'optimisation des techniques, notamment de vectorisation, est difficile pour des structures légères ne possédant pas de moyens d'expérimentation sophistiqués. La militarisation des agents biologiques demeure une démarche scientifique difficile et complexe, que plusieurs états n'ont pas réussi à finaliser.

L'effet de dilution et l'inactivation par les facteurs physiques et chimiques de l'environnement obligent à utiliser des quantités importantes d'agents biologiques ayant des doses infectantes faibles ou à privilégier l'utilisation dans des milieux fermés.

La contamination d'aliments ou de boissons destinés à la consommation humaine provoquerait des épidémies limitées autour des sources de contamination.

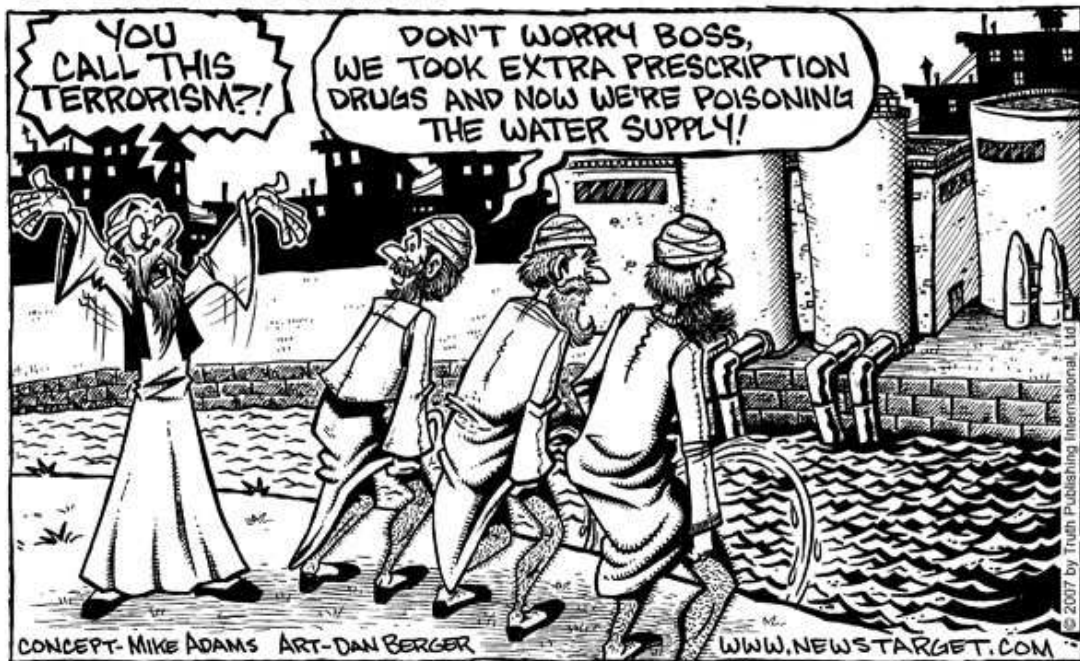
Les possibilités sont toutefois limitées par l'amélioration de la traçabilité dans l'industrie alimentaire.

Ces exemples montrent l'importance des structures de surveillance et d'alerte sanitaire pour réagir rapidement devant ce type de situation.



Etapes dans la réalisation d'un attentat chimique ou biologique et principaux obstacles

La menace terroriste est dite asymétrique, c'est-à-dire que sa nature n'est pas connue à l'avance et elle est inattendue. Les terroristes étudient et exploitent les points faibles du système. La réponse peut être une étude systématique des actions terroristes passées et la création de programmes de simulation dans le but d'améliorer la sécurité des infrastructures à partir de différents scénarii.



Un système d'eau potable est vulnérable car il comprend de nombreux éléments, répartis sur une surface importante, avec de nombreux points d'accès. Les effets sur la population sont importants, et les effets psychologiques le sont encore davantage.

Le risque d'empoisonnement des réseaux d'eau potable est techniquement très difficile à réaliser car les agents chimiques toxiques ou biologiques devraient être déversés en très grande quantité, ce qui pose un certain nombre de problèmes logistiques ; la plupart des agents bactériologiques ne survivent pas dans l'eau à fortiori si celle-ci est chlorée.

3. Cas particulier des réseaux de distribution privés

Un réseau de distribution privé, dans un immeuble ou un bâtiment public, doit être protégé de la même manière. La population ciblée par l'attentat est plus facilement identifiée, la dilution dans les canalisations est beaucoup moins importante que dans un réseau urbain, la concentration en chlore peut être faible voire inexistante en bout de réseau. La conception du réseau individuel doit permettre d'isoler une section suspecte ou contaminée. Ce point est désormais pris en compte car il facilite également les réparations de fuite ou les changements de tronçons.

En fonction de la sensibilité des consommateurs ou des usages de l'eau (hôpital, centre de dialyse, industrie agro-alimentaire), un traitement complémentaire de l'eau peut être nécessaire.

II. Maîtrise du risque : Vigipirate

Pour maîtriser les coûts, la plupart des pays prennent des mesures de prévention contre une menace terroriste réaliste, basée sur le renseignement, et non afin de verrouiller toutes les failles des installations.

Plutôt que de développer de nouveaux moyens, les dispositifs existants sont optimisés.

Ainsi, les moyens des SDIS (Services Départementaux d'Incendie et de Secours) utilisés en cas d'incendie dans une industrie chimique seraient également utilisés lors de la survenue d'un acte de terrorisme chimique.

Aujourd'hui, la sécurisation totale d'un réseau d'eau potable est impossible à atteindre et il n'existe pas de moyens réellement performants de surveillance en continu de la qualité de l'eau distribuée pour chaque danger identifié.

Les analyses nécessitent des délais allant jusqu'à plusieurs jours.

Une réponse négative ne permet pas d'exclure la présence d'un contaminant qui ne fait pas partie de la liste recherchée.

La sécurisation des réseaux d'eau potable doit donc permettre d'empêcher la réalisation de l'acte malveillant et de diminuer ses effets si celui-ci se produit tout de même.

La méthodologie de prévention du sabotage des industries de l'alimentation, des cosmétiques, de l'eau ou des médicaments est identique et articulée autour de trois étapes :

Prévention, Détection, Réponse

A. Présentation du plan Vigipirate

Lors de la rédaction du premier plan Vigipirate, en 1978, la menace était le fait d'organisations nationales ou régionales, à l'origine de prises d'otages, d'homicides, de destructions de biens ou d'agression contre l'environnement.

Dans les années 1990, avec la première guerre du Golfe, la menace terroriste s'est faite plus pressante pour se concrétiser en septembre 1995 par l'explosion d'une voiture piégée devant une école juive, puis en octobre 1995, lors d'un attentat dans le RER parisien à la station Musée d'Orsay

à Paris, et en décembre 1996, lors d'un attentat toujours dans le RER, à la station Port-Royal à Paris.

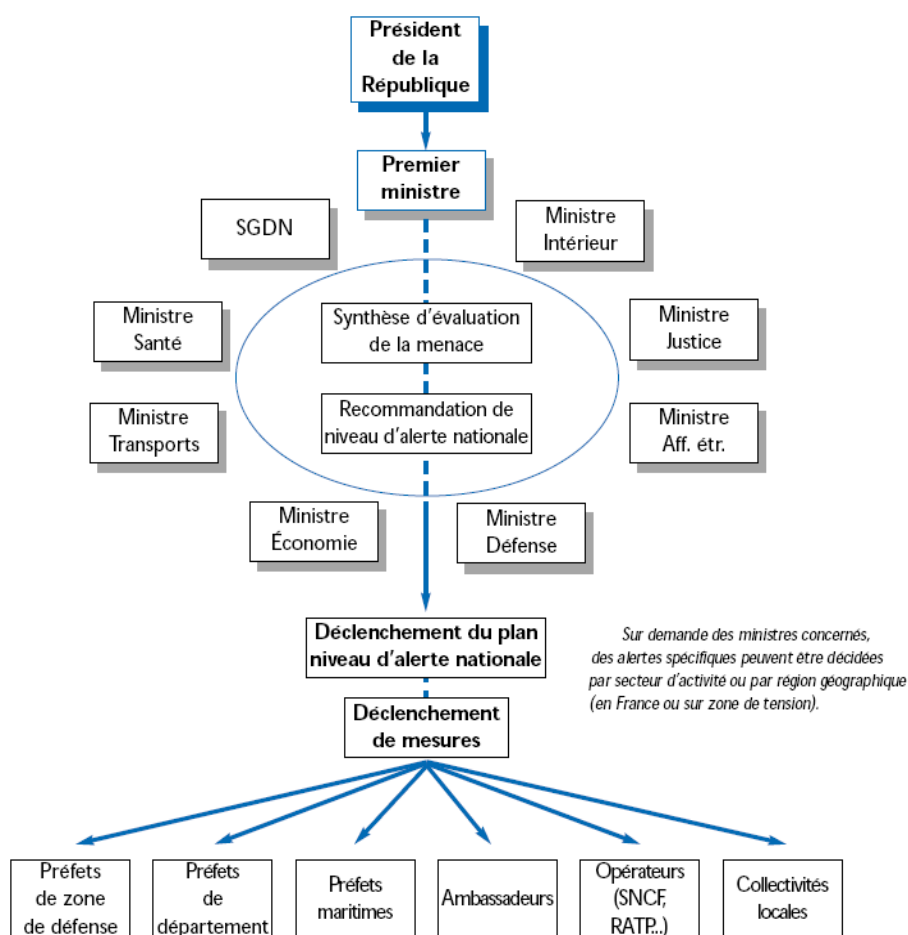
Depuis 1991, le plan Vigipirate a été mis en place ou renforcé après chaque attentat et à chaque menace d'actions terroristes. Il l'a notamment été en 1998 à l'occasion de la coupe du monde de football, en 1999 lors des frappes au Kosovo et en Serbie, et à la suite des attentats aux États-Unis. L'attentat du World Trade Center en septembre 2001 constitue l'illustration de ces nouveaux types de menaces de grande ampleur.

Le plan Vigipirate comprend quatre niveaux d'alerte, fixés en fonction de l'actualité et du renseignement :

- Jaune : accentuer la vigilance
- Orange : prévenir une action terroriste
- Rouge : prévenir des attentats graves
- Écarlate : prévenir des attentats majeurs

Le plan national Vigipirate est ensuite décliné au niveau local et par secteur d'activité : transport aérien, énergie ...

Le niveau retenu par secteur peut être différent du niveau global, en fonction de l'estimation de la menace.



B. Vigipirate et installations d'eau potable

Pour les installations d'eau potable, on retrouve donc les postures suivantes :

- Jaune : *Renforcement de sensibilisation des opérateurs ; Rappel des consignes*

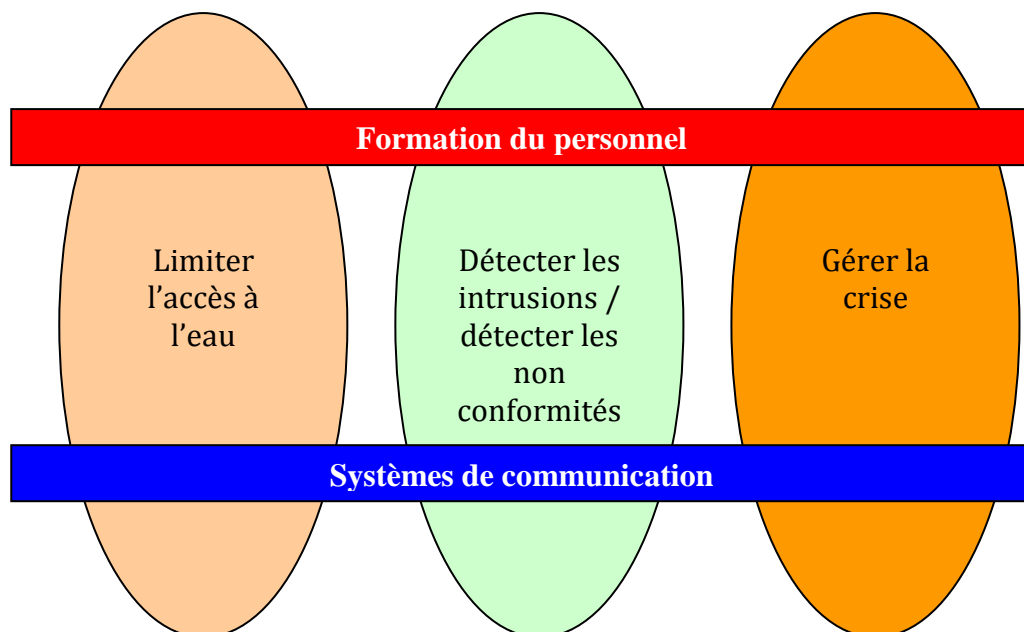
- Orange : *Augmentation de la chloration ; Renforcement de la surveillance des installations*
- Rouge : *Constitution de stocks d'eau potable*
- Écarlate : *Limitation/arrêt de distribution d'eau du robinet ; Mise en place d'un réseau de substitution*

Toutes les conséquences d'une action contre les installations d'eau potable doivent être prises en compte, spécialement le risque pour la santé et pour l'environnement :

- Mort ou maladie du consommateur
- Peur ou perte de confiance envers les pouvoirs publics
- Interruption de la distribution
- Interruption de tous les process utilisant l'eau du réseau
- Dommages sur les installations d'eau potable (usines de traitement, pompes, canalisations...)
- Pénurie d'eau ou interruption totale
- Investissements rapides et importants pour la remise en service.
- Impact sur d'autres infrastructures utilisant l'eau potable (santé, agro-alimentaire, usines)

Tous les systèmes de sécurisation des systèmes d'eau potable documentés sont articulés autour de 3 points : limiter l'accès à l'eau, détecter les intrusions et surveiller en continu la qualité de l'eau, gérer la crise.

La formation du personnel et les systèmes de communication sont des éléments transversaux communs aux trois thèmes de base.



a) Limiter l'accès à l'eau

Seuls les personnels habilités doivent pouvoir accéder à l'eau.

Tous les accès doivent donc être fermés à clé, les trappes, fenêtres, aérations et autres ouvertures doivent être sécurisés. Il doit être impossible de déverser une substance dans l'eau depuis l'extérieur.

Si nécessaire, les enceintes doivent être closes, surtout pour les captages, selon les recommandations de l'hydrogéologue agréé.
Le nombre de clés permettant l'ouverture des sites doit être limité au strict nécessaire, les détenteurs sont identifiés nominativement.

Les sous traitants et les opérateurs externes doivent être identifiés et avoir reçu une formation ; à défaut, ils doivent être accompagnés par un personnel d'exploitation.

Ces mesures de bon sens, appliquées par les structures de toutes tailles, permettent d'éviter les dégradations et les actes de vandalisme de petite envergure.

Pour les sites plus importants, identifiés précédemment, ces mesures sont insuffisantes. La sécurité et la protection physique des réseaux de distribution d'eau doivent être renforcées par des alarmes, des systèmes d'ouverture plus complexes associant par exemple clé et digicode, par du gardiennage si nécessaire.

En fonction du niveau Vigipirate, les visites ne sont pas être interdites, mais doivent être encadrées.

La lettre DGS/SD7A N° 174 du 19 février 2007 exige les points suivants :

- Protéger les captages (déclaration d'utilité publique, périmètres de protection...).
- Vérifier les procédures de contrôle d'accès aux zones protégées et aux zones réservées.

b) Détection des intrusions et surveillance continue de la qualité de l'eau

Les moyens de détection en temps réel pour les agents biologiques ou chimiques sont encore très limités.

Les analyses bactériologiques prévues par la réglementation ne permettent pas de mettre en évidence les armes biologiques potentielles. De plus, les délais d'obtention des résultats se comptent en heures dans le meilleur des cas (Colilert®-18 par exemple), mais le plus souvent en jours.

Pour des raisons techniques et économiques, il n'est pas possible de rechercher en continu l'ensemble des agents et substances potentiellement toxiques. En revanche, il est possible d'utiliser des indicateurs non spécifiques de la qualité de l'eau, comme l'aspect, le goût, l'odeur. En cas d'anomalie, la réaction doit alors être immédiate.

Une contamination biologique peut être mise en évidence par détection d'une baisse significative de la concentration en chlore.

L'afflux massif de patients sur les structures de soin serait certainement le premier signe d'alerte d'une attaque chimique du réseau. Plusieurs jours sont ensuite nécessaires pour identifier la source commune des contaminations puis identifier et quantifier l'agent en cause.

Parmi les dix épidémies infectieuses d'origine hydrique documentées survenues en France entre 1998 et 2006, cinq ont été repérées par des signaux sanitaires tandis que pour les 5 autres, un signal environnemental a précédé le signal sanitaire et a permis de déclencher l'alerte.

Les consommateurs doivent être associés à cette démarche de surveillance de la qualité de l'eau. En effet, ils sont souvent les premiers à détecter une variation de la qualité de l'eau au robinet.

Ainsi, l'appel d'un usager de Divonne les bains (Ain) pour signaler la turbidité de l'eau au robinet le 25 août 2003 a été le signal d'alarme de l'épidémie de gastro-entérite aiguë qui a suivi, avec cinq cas déclarés dans le même secteur le 27 août. L'étude épidémiologique a permis de recenser 258 cas dont trois ont nécessité une hospitalisation, et d'estimer le nombre réel à 1000 cas sur les 2500 habitants de la zone touchée.

Un branchement AEP/STEP sans disconnecteur a été découvert lors de l'enquête, à l'origine de cette pollution.

Cet évènement confirme la nécessité de traiter les plaintes d'usager comme un signal d'alarme de la dégradation de la qualité de l'eau, quelque soit le facteur déclenchant.

Signal	Détenteur	Qualités intrinsèques			Qualités pratiques	
		Précocité	Sensibilité	Spécificité	Disponibilité de l'info	Fréquence des signalements à la DDASS
Pollution de la ressource	Pompiers, exploitant eaux usées	++++	++	0 à ++	++	++
Accident d'exploitation	Exploitant	++ à +++	++	0 à ++	0 à +++	0 à +
Plainte groupée usagers / pollution organique	Mairie / exploitant	++	++	+++	++	0
Autosurveillance	Exploitant	+	+++	+ à ++	0 à ++	0 à ++
Contrôle sanitaire	DDASS / laboratoire agréé	+	+++	+ à ++	+ à ++	++++

Signaux utiles à la détection et à la prévention des épidémies d'origine hydriques(42)

c) Gestion de crise

Le plan Biotox a été créé le 26 septembre 2001 pour prendre en compte les spécificités du risque biologique. Jusqu'à cette date, le risque biologique était traité avec le risque chimique dans le cadre du plan Piratox.

Le plan Biotox prévoit plusieurs scénarii types, et il peut être enclenché partiellement ou en totalité quelque soit le niveau d'alerte Vigipirate.

Le ministère de la santé est en première ligne pour la prise en compte des patients, mais le ministère de l'intérieur assurerait un rôle central en cas de nécessité de mesures d'ordre public renforcées.

Le plan Biotox est ensuite précisé par chaque ministère, et décliné au niveau départemental.

Les plans de secours spécialisés « eau potable » ont du être actualisés ou rédigés pour tenir compte des contaminations chimiques et biologiques d'origine délibérée.

La préparation doit prendre en compte la communication vers les medias et vers le public. Ce dernier doit être informé des évènements sans être alarmé. Hors période de crise, l'exploitant doit communiquer sur les incidents qui ne manquent pas de se produire. Au contraire, la rétention d'information conduit à une perte de confiance du public.

La stratégie de réponse à une menace terroriste est définie dans le plan gouvernemental d'intervention face aux menaces et actes de Terrorisme NRBC (édition 2007 qui a réalisé une fusion des plans Piratom, Piratox et Biotox).

Cette stratégie repose sur la mise en place d'une astreinte de fonctionnement d'un réseau national de laboratoires agréés chargés des prélèvements et des analyses de la qualité des eaux, avec un laboratoire par zone de défense.

Ce plan définit deux phases, alerte intervention. Les réponses à mettre en œuvre sont préparées et planifiées en dehors de tout contexte de menace avérée.

Par ailleurs, dès que la nature de la menace ou de l'évènement est confirmée, des volets spécifiques sont déclinés, et pour le biologique des plans particuliers du secteur sanitaire peuvent alors être activés : variole, peste-charbon-tularémie, toxines.

La stratégie de réponse peut être divisée en deux phases :

L'alerte est déclenchée dans un contexte de suspicion d'un attentat terroriste.

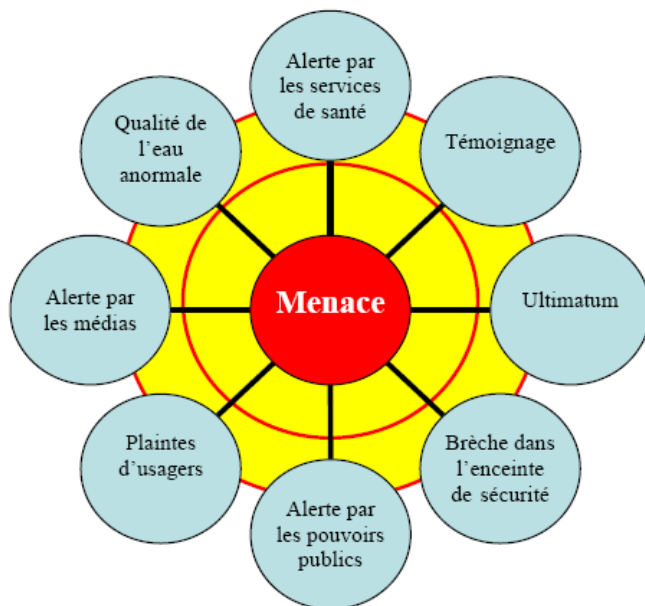
L'intervention est déclenchée dans un contexte de confirmation d'un attentat terroriste et l'entrée dans l'intervention peut être directe sans n'avoir jamais été précédée par la phase d'alerte.

En cas d'effraction sur un ouvrage d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, il faut laisser le site dans l'état où il a été trouvé, ne toucher à rien et avertir la police ou la gendarmerie.

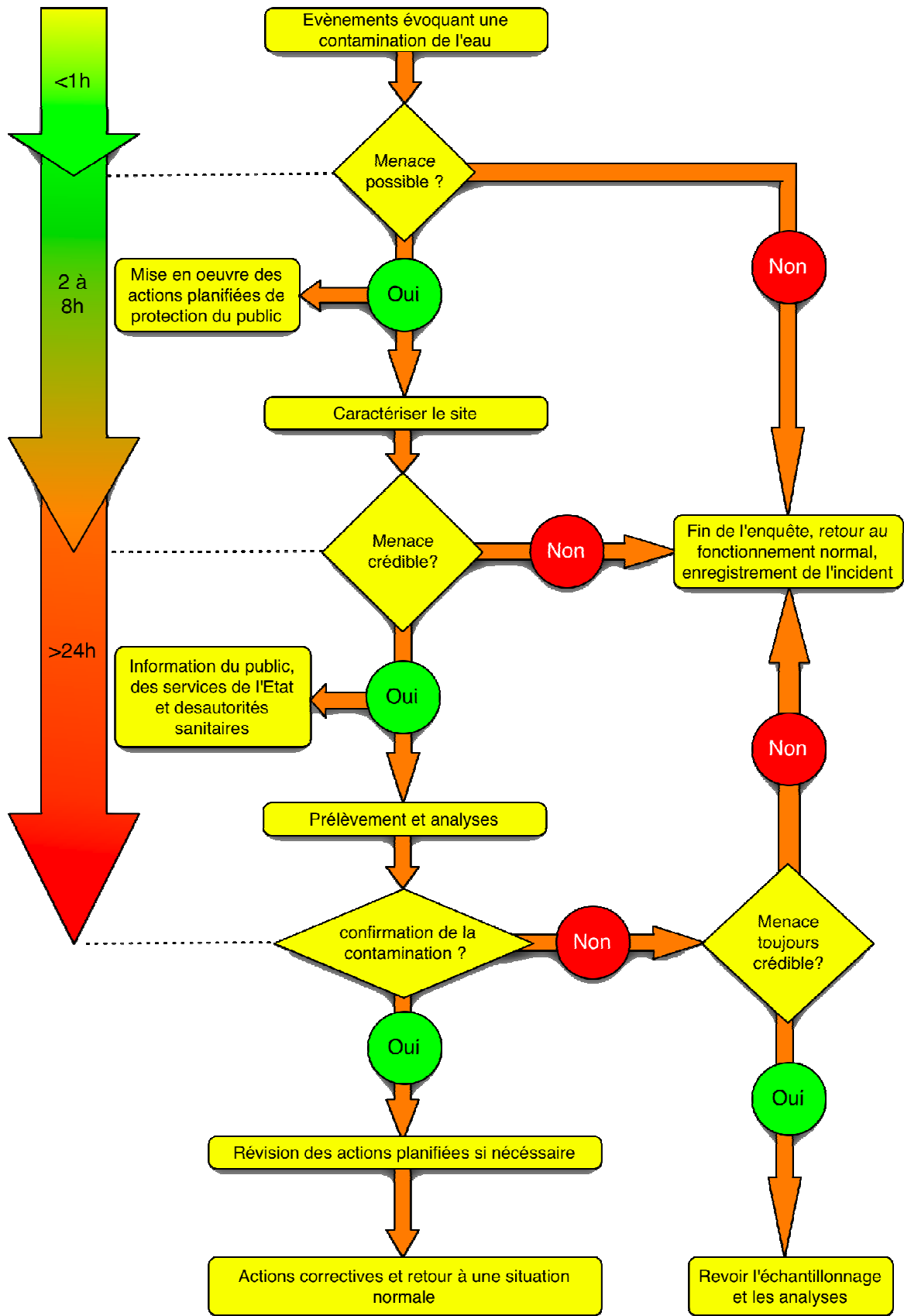
En parallèle de cette enquête, si les individus ont pu avoir accès à l'eau, la procédure suivante est mise en œuvre :

- Le distributeur d'eau s'assure du bon état et de la fermeture des autres ouvrages du réseau d'eau.
- La DDASS demande aux communes concernées d'interdire la consommation d'eau pour la boisson, la préparation des aliments et le lavage des dents.
- La DDASS demande au distributeur d'eau de mettre en place une surchloration de l'eau distribuée.
- Le distributeur d'eau ou les communes concernées organisent le ravitaillement de la population en eau embouteillée ; d'autres méthodes d'alimentation en eau de secours pourraient être mises en place, mais ce nouveau circuit est susceptible d'emprunter des canalisations dans lesquelles a circulé une éventuelle contamination.
- Le distributeur d'eau ou les communes concernées assurent l'information de la population sur ces mesures de restriction d'usage et de surchloration, avec une priorité donnée aux établissements sensibles tels que les établissements de santé, les établissements sanitaires et sociaux, les écoles, les centres de dialyses et les industries agro-alimentaires.
- La DDASS met en œuvre un « protocole de prélèvement et d'analyse en cas de suspicion de contamination des systèmes d'alimentation en eau par des agents de la menace terroriste » dont la nature dépend de l'appréciation des risques effectuée par elle-même et par les services de police ou de gendarmerie en fonction du contexte de l'effraction.
- Des analyses de type pH, turbidité, conductivité et le cas échéant teneur résiduelle en chlore sont effectuées en amont et en aval de l'effraction pour comparaison, associées à une analyse microbiologique « de type D », à un test de « toxine botulinique » (délai d'analyse 20 à 30 minutes) et à un test de toxicité globale type « Microtox » ou « Daphnies » (délai d'analyse 6 à 24 heures) à l'aval de l'effraction. Le délai d'obtention de l'ensemble des résultats est de 48 heures à partir du moment où le laboratoire dispose des prélèvements. Le coût de l'analyse spécifique à ce protocole est d'environ 2500 € à la charge du distributeur d'eau ou de la collectivité maître d'ouvrage du réseau.
- Le distributeur d'eau organise la vidange et le nettoyage de l'ouvrage concerné par l'effraction, ainsi que de la partie « aval » du réseau d'eau.
- Le distributeur d'eau mesure de façon journalière les taux de chlore présents sur le réseau afin de surveiller le bon fonctionnement de l'installation.
- Les communes concernées lèvent les consignes de restriction d'usage et le distributeur d'eau arrête la surchloration de l'eau distribuée lorsque les résultats d'analyse donnent satisfaction et lorsque la vidange complète du réseau d'eau est effective.

1. Différents signaux sont des indicateurs d'un fonctionnement anormal. Dès lors, la menace est considérée comme possible.



3. Les échantillons sont analysés au laboratoire afin de confirmer la contamination. Il faut garder à l'esprit que tous les contaminants possibles ne peuvent pas être recherchés.
4. Des actions de remédiation sont conduites sur les installations.
5. Retour à un fonctionnement normal.



III. Rédaction d'un référentiel

A. Guide du Ministère de la Santé : « Les systèmes d'alimentation en eau potable, évaluer leur vulnérabilité »

1) Présentation

Ce guide technique a été rédigé par un groupe d'experts réunis par le ministère de la santé et des solidarités à la demande du secrétariat général de la défense nationale.

Il permet d'évaluer la vulnérabilité des systèmes d'alimentation en eau potable du captage jusqu'au point de délivrance de l'eau à l'abonné.

Il propose deux outils d'évaluation en fonction de la taille des unités de distribution d'eau, en prenant en compte les spécificités de chacune d'elles : étude d'évaluation ou questionnaire d'autodiagnostic.

Les résultats obtenus permettent d'orienter les décideurs vers les meilleurs investissements en termes d'organisation, de matériel ou d'infrastructure pour diminuer la vulnérabilité de leurs installations.



Taille de l'UDI	Niveau d'évaluation	Fréquence de réalisation
< 5000 habitants	Autodiagnostic simplifié	Tous les 5 ans
	Etude d'évaluation	Optionnel
5000 à 10 000 habitants	Autodiagnostic complet	Tous les 2 ans
	Etude d'évaluation	Optionnel
> 10 000 habitants	Autodiagnostic complet	Tous les ans
	Etude d'évaluation	Tous les 5 ans

2) Utilisation du guide

a) Etude d'évaluation

Le but de l'étude est d'évaluer pour chaque unité de distribution (UDI) le niveau de vulnérabilité de chacune des installations et ouvrages du système d'alimentation en eau potable depuis le captage jusqu'au robinet de l'utilisateur ou la borne incendie.

Elle peut être conduite directement par l'exploitant ou par un bureau d'études spécialisé.

Pour chaque UDI, les informations sont recueillies sur des fiches.

- une fiche d'identification à compléter pour chaque UDI
- un ensemble de questionnaires d'évaluation du niveau de criticité, à compléter pour chaque installation et ouvrage constitutif du système d'alimentation en eau potable :
 - les ressources et les captages, incluant le réseau éventuel de transport d'eau brute ;
 - l'étape de traitement, incluant la bache de désinfection éventuelle de l'eau ;
 - les ouvrages de stockage

- la distribution jusqu'au robinet du consommateur et la défense incendie
- le centre de surveillance ou de gestion à distance de l'exploitation (il n'existe pas de questionnaire et de fiche spécifique).

Pour chaque ouvrage et installation, le **niveau de criticité** est calculé selon les critères décrits dans le guide, en prenant en compte six éléments :

- la vulnérabilité spécifique de l'installation ;
- la protection du site ;
- la protection de l'installation ;
- la surveillance de la qualité de l'eau de l'installation et du site ;
- la réactivité des équipes d'exploitation ;
- la gravité potentielle d'un acte sur le site.

La **vulnérabilité** est décrite par les critères suivants :

- absence de protection (vulnérabilité spécifique, protection physique du site, protection physique de l'ouvrage) ;
- non détectabilité (surveillance, réactivité) ;
- gravité d'incident (population touchée, type d'usagers, conséquence sur l'arrêt de la distribution).

La méthode de calcul est également précisée dans les fiches de recueil d'information ; le niveau de criticité peut varier de 1 à 15 625. Il permet d'identifier les installations présentant les niveaux de criticité les plus élevés, qui sont les installations les plus vulnérables et ainsi de cibler les actions prioritaires de sécurisation à prévoir.

Le temps moyen d'évaluation, variable d'un système d'alimentation à un autre, est compris entre un et trois jours.

Cette étude devra être suivie d'un plan d'action quantifié visant à améliorer les points faibles détectés. Le temps global d'étude est estimé entre 10 et 20 jours.

b) Questionnaire d'autodiagnostic

Il s'agit de la dernière partie du guide du ministère de la santé. Ce questionnaire a été rédigé à l'attention des unités de distribution de petite taille. Il ne comprend pas de système de cotation, mais un ensemble de questions à réponse de type Oui/Non, avec une colonne « commentaires ».

Le questionnaire peut être rempli dans le cadre de l'autodiagnostic simplifié ou complet,

Il comprend 53 questions pour l'autodiagnostic simplifié, 74 pour l'autodiagnostic complet, réparties dans 5 chapitres :

- Personnel-organisation : 28 questions ;
- Information-informatique-plans des installations : 9 questions ;
- Préparation aux situations d'urgence et relations publiques : 12 questions ;
- Protection des installations : 18 questions ;
- Surveillance des qualités d'eau et des réactifs utilisés le cas échéant : 7 questions.

B. Proposition de référentiel

Il existe déjà de nombreux référentiels.

Les technologies, les matériels, les menaces ne varient que peu avec les contextes, les points vérifiés lors des audits sécurité sont très comparables.

En revanche, le système de cotation peut varier en fonction des objectifs à atteindre : sécurisation maximale, respect d'obligations réglementaires, ou au contraire optimisation des moyens pour un budget déterminé.

Le référentiel proposé ici se présente sous forme d'un questionnaire à choix multiples. Il se base largement sur le Guide du Ministère de la Santé : « Les systèmes d'alimentation en eau potable, évaluer leur vulnérabilité ». Sous une forme plus compacte, en 4 pages, il permet de recueillir un maximum d'informations relatives à la vulnérabilité des installations.

De nombreuses questions sont communes à tous les types d'ouvrage, et sont regroupées dans la « partie générale », sur les deux premières pages. L'audit est complété par des questions spécifiques au type d'installation (ressource et captage, traitements, stockage et distribution), en pages 3 et 4. Cet outil ne propose pas de système de notation : il s'agit plus de décrire les installations et éventuellement de reporter a posteriori les éléments dans le guide « Les systèmes d'alimentation en eau potable, évaluer leur vulnérabilité ».

Le questionnaire qui a été transmis aux exploitants lors de cette étude peut constituer une étape préliminaire à l'inspection.

Cet outil est destiné à évoluer pour répondre aux besoins sur le terrain. La plupart des points évalués ne font pas l'objet de mesures réglementaires à ce jour.

L'audit de la vulnérabilité demande du temps, mais les points vérifiés vont au-delà de l'aspect prévention des actes terroristes et s'intéressent aussi à l'exploitation quotidienne des installations. En ce sens, l'évaluation de la vulnérabilité s'intègre parfaitement dans le cadre d'une inspection globale d'une installation.

La réalisation d'une étude de vulnérabilité complète revient à l'exploitant. L'autorité sanitaire doit donc disposer d'un outil pour poser les bonnes questions et juger de la pertinence de l'étude conduite par l'exploitant.

Dans le cas où cette étude n'a pas encore été réalisée, le référentiel permet de cibler les principaux points faibles relatifs à la sécurisation des installations, et doit permettre d'inciter les décideurs à prendre en compte cette problématique.

Conclusion

La distribution de l'eau revêt un caractère exclusif et obligatoire qui augmenterait la panique cas d'acte de malveillance.

Les approches technique et biologique se sont avérées complémentaires pour conduire l'analyse des dangers, qui a mis en évidence certains agents.

La toxine botulique, en raison de sa forte solubilité et de sa toxicité importante, sert de référence dans le plan Vigipirate.

Ce risque doit également être apprécié en considérant les phénomènes de dilution et les différentes technologies employées au fil de l'eau jusqu'au consommateur, en particulier la présence de chlore.

Le risque d'attentat biologique ou chimique sur les installations d'eau potable doit être pris en compte par les exploitants et les services compétents de l'Etat. De part la nature diffuse et imprévisible du terrorisme moderne, il n'est pas possible de se prémunir de tous les dangers ; il faut en revanche adapter les moyens et les méthodes afin d'empêcher l'accès aux installations sensibles, détecter toute intrusion ou toute modification anormale de la qualité de l'eau, et revenir rapidement à une situation normale en cas d'incident. Dans une logique « qualité », les retours d'expérience permettent d'améliorer le système tout entier.

Le référentiel proposé est également un outil de sensibilisation des acteurs de la filière eau potable ; il est amené à évoluer en fonction des besoins, de l'actualité, ou des nouveautés techniques et réglementaires.

Une menace terroriste comparable pèse également sur les industries de l'alimentation ou du médicament ; cependant, les sources sont alors beaucoup plus diversifiées, et il est impossible que toute la nourriture soit contaminée au même moment.

ANNEXE : Référentiel « VULNERABILITE DES INSTALLATIONS D'EAU POTABLE »

Date :

Agent :

VULNERABILITE DES INSTALLATIONS D'EAU POTABLE

TYPE D'OUVRAGE Ressource Distribution générale Ouvrage spécifique du réseau de distribution
 Traitement Stockage (stations de surpression, régulateurs de pression, postes de rechloration et usages similaires)

Nom de l'unité de distribution

Communes desservies

Population totale

Nom de l'exploitant

Adresse

Téléphone

Télécopie

Courriel

Partie générale

Protection physique du site

Périmètre de protection immédiat Non Oui

Fermeture des accès ouverture permanente Intermittente Fermeture permanente

Nature de la clôture Mur Grillage Autre : précisez

Hauteur ? <1,8m 1,8-2,5m >2,5m

Nombre de personnes habilitées à pénétrer ? ≤4 >4 Nombre de clés en circulation? ≤3 >3

Gestion des clés? Non Oui Précisez

Système de fermeture Clé seulement Double système Autre

Nombre de visites mensuelles par des extérieurs depuis septembre 2001 ?

Protection physique de l'équipement

Fermeture des accès des ouvrages de génie civil ouverture permanente Intermittente Fermeture permanente

Autres points d'intrusion ? Non Oui Précisez

Système de fermeture Clé seulement Double système

Nombre de personnes habilitées ? Nombre de clés ?

Possibilité de déverser un toxique sans entrer dans l'installation ? Non Oui

Points de ventilation accessibles et non protégés? Non Oui

Surveillance

Nombre de personnes affectées à la surveillance

Temps passé sur place ? Horaires journaliers 24h/24

Fréquence de visites de l'ouvrage ? Précisez :

A chaque visite contrôle du bon fonctionnement des systèmes de restriction ou de contrôle de l'accès Non Oui

Télesurveillance ? Non Oui Précisez :

Surveillance continue de la qualité de l'eau reliée au centre de télesurveillance ? Non Oui Précisez :

Autres moyens de surveillance (voisinage, gendarmerie...)? Non Oui Précisez :

Réactivité

Plan d'action en situation de crise ? Non Oui

Connaissance des procédures d'intervention (arrêt, isolement, vidange...) par les personnels d'exploitation Non Oui

Délai d'intervention après détection d'une intrusion < 1heure 1 à 2 heures >2 heures

Délai d'intervention après détection ou suspicion d'une contamination du réseau < 1heure 1 à 2 heures >2 heures

Gravité

Usagers sensibles identifiés? (hôpital, crèche, dialyse...) Non Oui Précisez :

Impact d'un incident ? (pas d'impact car étapes aval / solution alternative / absence de solution alternative) Aucun impact car traitement efficace en aval Existence de solutions alternatives de fourniture d'eau Aucune solution alternative de fourniture d'eau

% d'habitants concernés par un incident (UDI < 50 000 habitants) <10% 10 à 29% 30 à 49% 50 à 89% > 90%

OU

Nombre d'habitants concernés par un incident (UDI > 50 000 habitants) <1000 1000 à 9999 10000 à 24999 25000 à 74999 >75000

Remarques :

PARTIE SPECIFIQUE

I. RESSOURCES ET CAPTAGES

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Eau de Surface | <input type="checkbox"/> Courante | <input type="checkbox"/> Stagnante |
| Point de captage | <input type="checkbox"/> proche de la surface | <input type="checkbox"/> Eloigné de la surface |
| <input type="checkbox"/> Eau souterraine | | |
| Aquifère influencé par les eaux de surface ou de type karstique | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui |
| Etat de l'ouvrage : | <input type="checkbox"/> Bon | <input type="checkbox"/> Dégradé |
| Transport du captage vers le traitement | <input type="checkbox"/> Protégé | <input type="checkbox"/> Non protégé |
| Environnement immédiat | <input type="checkbox"/> Risque avéré | <input type="checkbox"/> Absence de risque Précisez : |

II. TRAITEMENTS

Réactifs de traitement de l'eau

- | | | | | |
|--|---|---|--|--|
| Nombre de produits utilisés | ----- | Nombre de fournisseurs | ----- | |
| Nombre de livraisons mensuelles | ----- | | | |
| Identification du livreur et du véhicule | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Répertoire et planning des livraisons | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Fermeture à clé de la citerne du camion | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Scellé sur les conteneurs de produits | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Contrôle de la qualité produit par les fournisseurs ? | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Certification qualité des fournisseurs | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | Précisez : |
| Transporteur externe pour les livraisons | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Livreurs accompagnés par un agent d'exploitation | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Vérification de la conformité des produits | <input type="checkbox"/> Analyse en laboratoire avant toute utilisation | <input type="checkbox"/> Contrôle rapide par l'agent d'exploitation | <input type="checkbox"/> Analyse du produit en cours d'utilisation | <input type="checkbox"/> Absence d'analyse |
| Plan d'action en cas de contamination par les produits de traitement | | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |

Ouvrage de traitement

- | | | | |
|---|---|---|--|
| Type d'ouvrage | <input type="checkbox"/> Sous pression | <input type="checkbox"/> partiellement gravitaire | <input type="checkbox"/> entièrement gravitaire (sauf pompes de refoulement) |
| Facteurs de risque liés à l'environnement de l'installation (isolement, facilité d'accès...) | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | Précisez : |
| Stockage des réactifs protégé | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| En cas d'application VIGIPIRATE, respect de 0,3mg/L chlore libre en sortie de station de traitement | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui | |
| Contrôle qualité des eaux traitées | <input type="checkbox"/> Aucune surveillance en interne | <input type="checkbox"/> En continu | <input type="checkbox"/> Par des prélèvements dans le cadre de l'auto-surveillance |

III. STOCKAGE

Type d'ouvrage	<input type="checkbox"/> Enterré	<input type="checkbox"/> Semi-enterré	<input type="checkbox"/> Château d'eau
Protection supplémentaire pour l'accès à la cuve	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Précisez :
Nombre d'agents ayant accès à la cuve?	Nombre de clés en circulation?		
Accès à certains points du réservoir par des sous-traitants ou des compagnies extérieures sans intervention systématique du personnel d'exploitation	<input type="checkbox"/> Aucun accès	<input type="checkbox"/> Accès au site	<input type="checkbox"/> Accès au réservoir
Protection des points d'accès secondaires à l'eau (points de prélèvement, piquages, ventilation)	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Précisez :
Contrôle en continu et en surveillance de l'eau du réservoir	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Précisez :

IV. DISTRIBUTION

Système de défense incendie relié au réseau de distribution ?	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
Densité des bornes et poteaux incendie sur le réseau de distribution	<input type="checkbox"/> >1/200m	<input type="checkbox"/> 200 à 100m	<input type="checkbox"/> >1/100m	
Ventouses automatiques ou purges d'air	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
Vannes accessibles par regard	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
Chambres de vannes fermées	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
Nombre de clés d'ouverture par chambre de vannes ?				
Interdiction de stationner à proximité immédiate des organes sensibles (bornes incendie, chambres de vannes)	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
% de bornes incendies munies de clapets anti-retour	<input type="checkbox"/> ≤33%	<input type="checkbox"/> 34 à 65%	<input type="checkbox"/> 66 à 90%	<input type="checkbox"/> >90%
Scellés sur les bouches à incendie	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
% de branchements munis de clapets anti-retour	<input type="checkbox"/> ≤33%	<input type="checkbox"/> 34 à 65%	<input type="checkbox"/> 66 à 90%	<input type="checkbox"/> >90%
Accessibilité des équipements de clapets anti retour	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
Réseau de capteur pour mesurer en continu la teneur résiduelle en désinfectant dans l'eau	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Précisez :	
Mesures supplémentaires de désinfectant dans le cadre de l'auto surveillance	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Précisez :	
Planification de tournées d'inspection des différents éléments du réseau	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		
Modélisation du réseau	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui		

Remarques :

Signature

BIBLIOGRAPHIE

- Agence Française pour la sécurité Sanitaire des Aliments. Evaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives. 2006
- Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine
- Arrêté du 15 janvier 2004 relatif à la mise en œuvre, l'importation, l'exportation, la détention, la cession à titre gratuit ou onéreux, l'acquisition et le transport de certains agents responsables de maladies infectieuses, micro-organismes pathogènes et toxines
- Arrêté du 22 septembre 2001 relatif à la mise en œuvre, l'importation, l'exportation, la détention, la cession à titre gratuit ou onéreux, l'acquisition et le transport de certains agents responsables de maladies infectieuses, micro-organismes pathogènes et toxines
- Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE), Autorité de Sureté Nucléaire (ASN). Surveillance de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine – Présentation du 4 mai 2007.
- Beaudeau P., de Valk H., Véronique Vaillant, Mouly D. Détection et investigation des épidémies d'infection liées à l'ingestion d'eau de distribution - Approche intégrée environnementale et sanitaire. Institut de veille sanitaire. 2008
- Boisseau M.T. Question orale sans débat – Assemblée nationale – Séance du mardi 16 décembre 2003
- Burrows W., Renner S. Biological Warfare Agents as Threats to Potable Water - Environmental Health Perspectives. Volume 107, Number 12, December 1999
- Cellule InterRégionale Rhône-Alpe-Auvergne. Epidémie de gastro-entérites liée à la pollution du réseau de distribution d'eau potable de la commune de Divonne-les-Bains, Ain (01) – Aout-septembre 2003. 2003
- Circulaire DGS/SD7A n° 2003-524/DE/19-03 du 7 novembre 2003 relative aux mesures à mettre en œuvre en matière de protection des systèmes d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, y compris les eaux conditionnées, dans le cadre de l'application du plan Vigipirate
- Code pénal. Article 421-2 à 6
- Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction (CIAC). Paris. 1993
- Copeland C., Cody B. Terrorism and Security Issues Facing the Water Infrastructure Sector. The Library of congress. 2006
- Copeland C., Cody B. Terrorism and Security Issues Facing the Water Infrastructure Sector. The Library of congress. 24 mai 2006
- Deininger R., Literathy P., Bartram J. Security of Public Water Supplies : Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop. Tihany, Hungary, 30 Mai au 4 Juin 1998 - - Ed. Springer. 2000
- Direction générale de la santé et Institut de veille sanitaire, Fiche Staphylocoque doré. 2005
- Direction générale de la santé et Institut de veille sanitaire. Fiche Ricine. 2007
- Direction générale de la santé et Institut de veille sanitaire. Fiche Saxitoxine. 2005
- Direction générale de la Santé. Dossier d'information - La qualité de l'eau potable en France - Aspects sanitaires et réglementaires. 2005
- "Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bourgogne. Modèle de plan de secours spécialisé"" Alimentation en eau potable"" élaboré en région Bourgogne. Source intranet. 2005"

- Environmental protection agency Washington DC. A Water Security Handbook : Planning for and Responding to Drinking Water Contamination Threats and Incidents. 2006
- Euzéby J.P. : DBV - Dictionnaire de bactériologie vétérinaire (1998-2007)
- Guide pour l'investigation épidémiologique, Botulisme – INVS – MAJ 07/11/2001
- Haines Y., Moser D., Stakhiv E.. Risk-based Decisionmaking in Water Resources. Proceedings of the Tenth Conference (Santa Barbara, California), United Engineering, United Engineering Foundation (U.S.). 2002
- "Hickman D. A Chemical and Biological Warfare Threat : USAF Water Systems At Risk, USAF Counterproliferation Center ; Air War College. 1999"
- IDEXX. Site internet. Documentation COLILERT 18. <http://www.idexx.fr/eau/colilert18>
- Institut National de Recherche et de Sécurité. Fiche toxicologique Cyanure de sodium. 2006
- Lang P. Rapport parlementaire d'information sur le bioterrorisme. 2003
- Lepicq O. Problématique du terrorisme biologique. Forme et santé. 19 octobre 2001
- Lettre DGS/SD7A N° 174 du 19 février 2007
- Mansotte F. Installations d'eau d'alimentation « La DDASS confrontée au risque de malveillance » - Préventive Sécurité 37 N°82 - Juillet-août 2005
- Ministère de la Santé. Présentation de Vigipirate. 2003
- Ministère de la Santé. Les systèmes d'alimentation en eau potable, évaluer leur vulnérabilité. 2007
- Montauban X. Risque biologique. <http://www.xmsa.fr/web/b/b000.htm>
- Moran J., Talan D., Abrahamian F. Biological Terrorism. Infect Dis Clin N Am 22. 145–187. 2008
- Organisation Mondiale de la Santé. Public health response to biological and chemical weapons : WHO guidance – deuxième édition – 2004
- "Patočka J., Fusek J. Chemical agents and chemical terrorism; Cent Eur J Publ Health; 12, Suppl, p. S75–S77; 2004"
- Protocole concernant la prohibition d'emploi à la guerre de gaz asphyxiants, toxiques ou similaires et de moyens bactériologiques. Genève. 17 juin 1925
- Rapport sur Evaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives – AFSSA – juillet 2006
- Skolicki Z., Arciszewski T., Houck M.H., De Jong K. Co-evolution of terrorist and security scenarios for water distribution systems. Advances in Engineering Software 39. 801–811. 2008
- Stratégie de réponse face à une menace d'agression par la toxine botulique et la ricine – annexe au volet BIOTOX du plan NRBC. 2007
- U.S. Government Accountability Office (GAO). Biological weapons - Effort to Reduce Former Soviet Threat Offers Benefits, Poses New Risks - GAO/NSIAD-00-138. 2000
- U.S. Government Accountability Office (GAO). Combating terrorism : Linking Threats to Strategies and Resources. GAO/T-NSIAD-00-218. 2000
- Vale A., Bradberry S., Rice P., Marrs T. Chemical Warfare and Terrorism. The Medicine Publishing Company Ltd. 2003