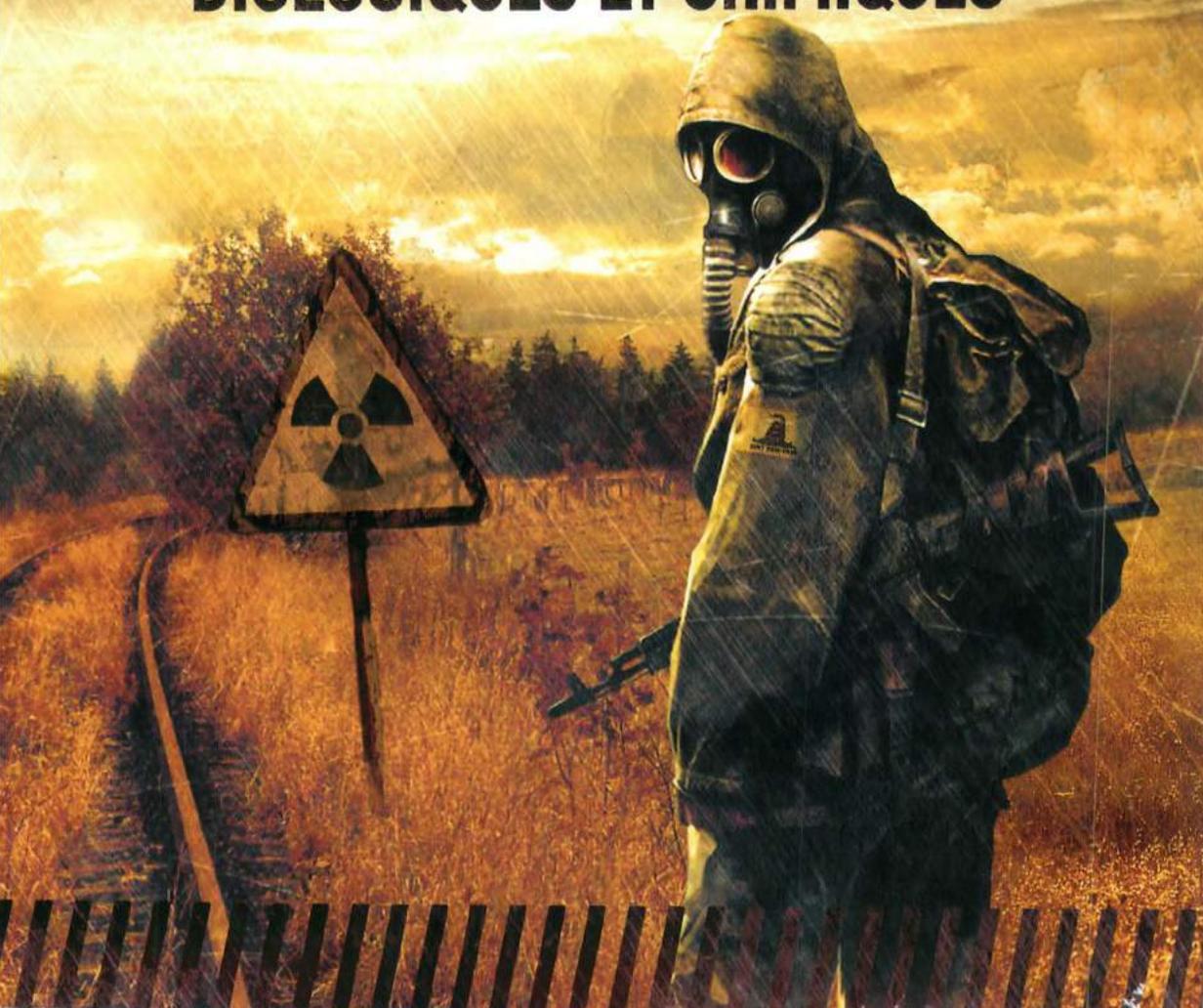
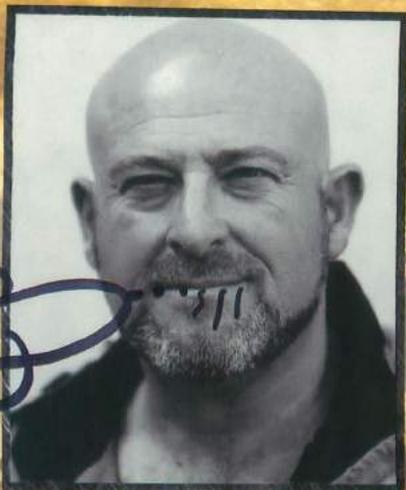


CRIS MILLENNIUM / PIERO SAN GIORGIO

NRBC

SURVIVRE AUX ÉVÈNEMENTS
NUCLÉAIRES, RADIOLOGIQUES
BIOLOGIQUES ET CHIMIQUES





PIERO SAN GIORGIO

AUTEUR DU BEST SELLER INTERNATIONAL
«*SURVIVRE À L'EFFONDREMENT ÉCONOMIQUE*»,
PIERO SAN GIORGIO A ÉTÉ PENDANT PLUS
DE 20 ANS RESPONSABLE DES MARCHÉS
ÉMERGENTS D'EUROPE DE L'EST, DU
MOYEN ORIENT ET D'AFRIQUE DANS
L'INDUSTRIE DES HAUTES-TECHNOLOGIES.

DEPUIS 2005, IL SE PRÉPARE À
L'EFFONDREMENT DE L'ÉCONOMIE
ET ÉTUDIE LES MOYENS D'Y SURVIVRE.

Graphisme réalisé par Mohamed Ali
(Contact : mohamedaliads@gmail.com)

Du même auteur aux éditions Le Retour aux Sources :

- Survivre à l'effondrement économique (2011)
- Rues Barbares (avec Vol West, 2012)
- Femmes au bord de la crise (2014)

NRBC - Survivre aux événements Nucléaires,
Radiologiques, Biologiques et Chimiques

© 2016 - Piero San Giorgio, Le Retour aux Sources

ISBN-13 : 978-2-35512-075-6

Le code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

CRIS MILLENNIUM
& PIERO SAN GIORGIO

NRBC

Survivre aux événements
Nucléaires, Radiologiques,
Biologiques et
Chimiques

Cris Millennium

Cris Millennium travaille depuis 2003 dans le domaine « Nucléaire-Radiologique-Biologique-Chimique ». Il a servi plusieurs années au sein de la Cellule nationale NRBC de la Gendarmerie nationale où il a notamment contribué au développement de la police scientifique en milieu contaminé, avant d'intégrer, sur sélection, le GIGN. Pendant six années, il fut le chef de la Cellule NRBC de cette prestigieuse unité de contre-terrorisme, pratiquant le conseil aux autorités, définissant les matériels de détection et de protection et assurant l'instruction des personnels.

Depuis 2013, il officie comme conseiller NRBC pour un gouvernement étranger. En plus d'une expérience avérée en milieux toxiques réels (VX, sarin, radiations...) et l'obtention de multiples diplômes spécialisés NRBC, Cris Millennium est titulaire d'une maîtrise de biologie, d'un diplôme de 3^{ème} cycle en criminalistique et d'un mastère spécialisé en « Gestion des risques et menaces NRBC-E ».

Piero San Giorgio

Piero San Giorgio a été pendant plus de vingt ans responsable des marchés émergents d'Europe de l'Est, du Moyen Orient et d'Afrique dans l'industrie des hautes-technologies. Depuis 2005, il se prépare à l'effondrement de l'économie et étudie les moyens d'y survivre. Son premier livre *Survivre à l'effondrement économique*, paru en 2011, est un best-seller international. Ce succès a fait de Piero San Giorgio un « porte-parole » éminent du mouvement survivaliste dans le monde francophone.

À nos familles,

*À toutes les personnes à travers le
monde qui, par leur engagement
quotidien, nous préservent des
tragédies de nature Nucléaire,
Radiologique, Biologique
ou Chimique.*

Préface

Par Dmitry Orlov¹

Nous vivons dans un monde dangereux, monde rendu encore plus dangereux par les incessants développements technologiques qui, pour la plupart, apportent avec eux leur lot de conséquences inattendues face auxquelles la technologie elle-même est souvent impuissante.

Le danger est d'autant plus grand que nous ne sommes incapables de l'identifier : nos sens sont mal adaptés à détecter les contaminants chimiques, et totalement impuissants lorsqu'il s'agit de percevoir la radioactivité ou la contamination radiologique. Quant à la menace que représentent les pathogènes microscopiques, la capacité de notre système immunitaire à les combattre a été, paradoxalement, compromise par une meilleure hygiène et l'utilisation de savon antibactérien et d'antibiotiques.

Ces dangers sont amplifiés par d'autres risques, actuels et à venir, auxquels notre monde fait face. La sécurité permanente d'un grand nombre de nos technologies industrielles – celles qui gèrent la radioactivité, les organismes virulents et les substances toxiques – repose sur l'hypothèse d'une *stabilité sociale* perpétuelle. Dans le cas des radionucléides à longue durée de vie, tels que l'uranium ou le plutonium, la période de stabilité sociale nécessaire pour les conserver en toute sécurité et les isoler de l'environnement devrait

¹ Ingénieur et écrivain russe, auteur de livres expliquant comment l'effondrement de nos sociétés va impacter notre vie. Ses livres les plus connus sont : *Reinventing Collapse : The Soviet Example and American Prospects* (New Society Publishers, 2008) et *Les cinq stades de l'effondrement* (Le Retour aux Sources, 2016).

tenir des milliers d'années. Or, l'Histoire nous apprend que les sociétés humaines ne durent jamais aussi longtemps.

Lorsqu'une civilisation s'écroule, il s'ensuit naturellement un âge sombre, au cours duquel la population s'effondre, où les connaissances et l'alphabétisation se raréfient, où les centres urbains sont abandonnés et où les quelques survivants doivent découvrir par eux-mêmes comment subsister à des niveaux bien plus primitifs, excluant les technologies avancées.

Quand cela va-t-il arriver ?

Force est de constater que nous vivons déjà des temps où les États-nations disparaissent de plus en plus rapidement, où des millions de réfugiés errent sur la planète, et où les systèmes financiers qui permettent l'existence même de la civilisation industrielle globalisée sont dans un état si pitoyable que les banques centrales sont obligées d'utiliser des artifices aussi bizarres que les taux d'intérêts négatifs couplés à l'émission illimitée de monnaie fiduciaire.

Mais rien ne dure éternellement et, de ce fait, nous ne devrions pas ignorer la possibilité que nous-mêmes – ou nos enfants – ayons à vivre des périodes de grande incertitude, de confusion et de chaos. Quoi qu'il arrive, nous souhaitons tous vivre heureux, en bonne santé, emplis d'un sentiment d'accomplissement, et nous ambitionnons la même chose pour nos enfants. Toutefois, rien de cela n'est possible sans avoir l'esprit tranquille. Or, sachant que les perspectives d'un tel bien-être sont incertaines, nous sommes chargés d'anxiété. Une part de celle-ci résulte d'une impuissance due à notre conditionnement à obéir et d'une ignorance que nous avons souhaitée : on nous a enseigné à faire confiance aux experts quant à notre bien-être et à ne pas trop les remettre en question. Mais où seront passés tous ces experts si les villes tombent sous le joug d'un peuple en révolte et deviennent trop dangereuses pour s'en approcher ? Pour maîtriser notre anxiété, nous devons apprendre à connaître les risques et être préparés à nous y confronter.

Ce livre décrit les risques que nous sommes le moins capables d'appréhender en utilisant notre bon sens, nos capacités de perception et nos instincts. Ils relèvent du domaine d'experts et, sans un savoir-faire pointu et des équipements spécialisés, nous nous retrouvons sans aucune défense face à eux. Quand bien même nous voudrions les gérer, nous ne sommes même pas capables, la plupart du temps, d'en détecter la présence ! Néanmoins, en lisant les informations contenues dans ce livre et en considérant un modeste investissement en matière d'équipement de protection et de détection – lequel peut parfois dépasser les moyens d'une famille, mais peut se concevoir à l'échelle d'une petite communauté – nous pouvons vaincre notre anxiété et regagner la capacité de mener des vies épanouies.

Les menaces sont nombreuses, mais la plus grande de toutes est tout simplement la panique. Lorsque les gens tombent malades et que personne ne sait pourquoi, la société peut s'effondrer soudainement. Cependant, la panique peut être évitée si quelques personnes disposant des bonnes informations expliquent aux autres ce qui se passe et quoi faire ou ne pas faire.

Vous aussi pouvez être l'une de ces personnes. Alors, ne paniquez pas – lisez ce livre !

Dmitry Orlov
Beaufort, Caroline du Sud, USA
Mai 2016

Table des matières

INTRODUCTION	15
LES RISQUES NUCLEAIRES ET RADIOLOGIQUES	21
1. La radioactivité	23
<u>La radioactivité naturelle.</u>	24
<u>Utilisation de la radioactivité par l'Homme.</u>	25
2. Bases scientifiques	29
<u>Structure de la matière.</u>	29
<u>Radioactivité.</u>	33
<u>Grandeurs et unités.</u>	36
3. Exposition à la radioactivité	41
<u>Portées et modes d'expositions.</u>	41
<u>Effets sur la santé.</u>	44
<u>Conclusion.</u>	48
4. Scénarios	51
<u>Irradiation à distance.</u>	51
<u>Contamination radioactive.</u>	63
5. Les Centrales Nucléaires	75
<u>Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE).</u>	75
<u>Fukushima.</u>	82
<u>Le nucléaire est-il sûr ?</u>	93
<u>Qu'en est-il des déchets ?</u>	96
<u>Le syndrome chinois ?</u>	96
<u>Une centrale nucléaire peut-elle exploser comme une bombe atomique ?</u>	97
6. Bombes Atomiques	115
<u>Hiroshima.</u>	116
<u>Conséquences.</u>	117
<u>La puissance destructrice de l'atome.</u>	118
7. Mythes	127

LE RISQUE BIOLOGIQUE 139

- 1. Le vivant 141**
 - Généralités. 141
 - Classification du vivant. 143
- 2. La menace biologique 153**
 - Types d'agents biologiques. 156
 - Agents biologiques militaires ou utilisables en cas de terrorisme. 159
- 3. Exemples d'agents biologiques 165**
 - Les bactéries. 166
 - Les virus. 174
 - Agents biologiques non vivants : les toxines. 183
 - Dark Winter : simulation d'attaque terroriste. 188
- 4. Armes biologiques 193**
 - Quelques exemples de recherche en armes biologiques. 195
 - Modes de disséminations et de pénétrations. 202
- 5. Pandémie 203**
 - La Peste d'Athènes. 206
 - La Peste Noire. 207
 - La Grippe Espagnole. 211
 - Épidémie Ebola en Afrique de l'Ouest 2013-2015. 217
- 6. Scénarios 231**
 - Virus inconnu. 231
 - La grippe. 240

LES RISQUES CHIMIQUES 253

- 1. Historique des toxiques de guerre 255**
 - Les temps anciens. 255
 - La Première Guerre mondiale. 257
 - L'ère moderne. 258
 - Les toxiques industriels. 261
- 2. La menace chimique 267**
 - Voies de pénétration. 268
 - Types d'intoxication. 269
 - Principaux effets. 269
 - Listes et classifications des toxiques chimiques. 272

<u>Classification selon les effets.</u>	272
<u>Liste des toxiques industriels d'importance opérationnelle.</u>	274
3. Conclusion	277
4. Scénarios	297
<u>Gaz toxique.</u>	297
<u>Guerre chimique.</u>	308
ÉVÈNEMENT NRBC : COMMENT RÉAGIR ET SE PROTÉGER	321
1. Connaître le danger	323
<u>Alerte et diffusion de l'information.</u>	326
<u>Identifier le risque.</u>	327
2. Conduites à tenir	333
<u>Le confinement.</u>	333
<u>L'évacuation.</u>	335
1. <u>Où aller ?</u>	337
2. <u>Procédures opérationnelles.</u>	340
3. <u>Procédures militaires.</u>	341
<u>Réagir en cas de contamination ou d'intoxication.</u>	343
<u>Le déshabillage/décontamination.</u>	343
<u>Contre-mesures médicales.</u>	352
<u>Traverser une zone toxique ou contaminée.</u>	357
<u>Cas de la contamination.</u>	357
<u>Cas d'agents radioactifs.</u>	359
<u>Cas d'agents biologiques.</u>	361
<u>Cas d'agents chimiques.</u>	362
3. Les abris antiatomiques	365
<u>L'héritage de la Guerre froide.</u>	366
<u>Les développements récents.</u>	371
4. L'abri improvisé	375
<u>Les équipements nécessaires dans un abri.</u>	378
5. L'attaque nucléaire	387
<u>Les plans d'attaque.</u>	388
<u>Prolifération et menaces.</u>	392
<u>Les cibles.</u>	394
<u>Comment réagir à l'attaque nucléaire ?</u>	396

<u>S'informer.</u>	405
<u>Les effets sur la santé.</u>	407
<u>Élimination des radionucléides.</u>	410
<u>Comment gérer les aliments ?</u>	412

KITS ET ÉQUIPEMENTS **421**

1. Kits et équipements généraux	423
<u>Kit de confinement.</u>	423
<u>Le sac d'évacuation.</u>	424
<u>Kit pour le déshabillage/décontamination.</u>	433
2. Matériels de protection	435
<u>La protection respiratoire.</u>	435
<u>La protection du corps.</u>	441
3. Matériels de détection	447
<u>Détecteurs de radioactivité.</u>	447
<u>Détecteurs d'agents chimiques.</u>	453
<u>Les balises de détection.</u>	456
<u>Détecteurs d'agents biologiques.</u>	458
4. Kits NRBC	459
<u>Kits de protection – non dédié NRBC.</u>	459
<u>Kits NRBC « basique ».</u>	460
<u>Kits NRBC « intermédiaire ».</u>	462
<u>Kits NRBC « avancé ».</u>	464
<u>Kits NRBC : conclusion.</u>	468

CONCLUSION **471**

Introduction

« La vie sur Terre court le risque de plus en plus grand d'être anéantie par un désastre, tel qu'un réchauffement global soudain, une guerre nucléaire, un virus génétiquement modifié ou d'autres dangers auxquels nous n'avons pas encore pensé. »

– Stephen Hawking, astrophysicien britannique, 2007

Autrefois nommé NBC (Nucléaire, Biologique et Chimique) par les militaires, ce sigle regroupait les éléments permettant aux combattants de lutter contre une telle menace. De la connaissance du risque à l'utilisation des moyens de protection et de détection, la défense NBC se focalisait sur les armes de destruction massive, de nature Nucléaire, Biologique ou Chimique.

De nos jours, au regard de l'évolution de la menace, une lettre supplémentaire a été ajoutée : le « R », pour Radiologique². L'objectif n'est plus seulement de considérer les événements de types « explosions nucléaires » (Hiroshima, Nagasaki), mais également de prendre en compte de nouveaux risques de moindre échelle. La dissémination de produits radioactifs (contaminations) ou encore l'emploi de sources émettant des rayons invisibles pouvant s'avérer mortels entrent dans cette catégorie. L'actuel sigle « NRBC » (« CBRN »³ en anglais) est désormais internationalement reconnu

² Un phénomène radiologique est une manifestation physique impliquant la radioactivité. Toutefois, à la différence du nucléaire, celui-ci ne provoque pas de réactions en chaîne comme c'est le cas dans une explosion atomique ou dans une centrale nucléaire.

³ Le terme officiel est « CBRN-E », avec le « E » signifiant « explosif ». Le domaine relatif aux explosifs mériterait un livre en soi et va au-delà de ce que les auteurs ambitionnent de couvrir dans cet ouvrage.

et utilisé par de nombreux gouvernements, ainsi que par l'OTAN.⁴

Bien que la prise de conscience soit récente, il faut toutefois souligner que l'emploi d'agents biologiques ou chimiques remonte à la nuit des temps. Parfois, leurs utilisations ont changé le cours d'une bataille, voire d'une guerre. Dans la plupart des cas, elles ont marqué les populations.

Plusieurs siècles avant notre ère, les Assyriens firent usage de l'ergot de seigle⁵ pour empoisonner les puits d'eau dans le désert. Solon d'Athènes, quant à lui, fit déverser quantité de racines d'hellébore⁶ dans la rivière alimentant la ville assiégée de Cirrhe. De nombreux autres exemples d'empoisonnement à l'aide de cadavres animaux ou humains abondent tout au long de l'Histoire. Le plus tristement célèbre est certainement le catapultage par les Tartares de corps de pesteux lors du siège du comptoir génois de Caffa,⁷ en 1346. La maladie décimant assaillants et défenseurs, le blocus fut levé : les survivants rentrèrent chez eux, permettant au « mal » de se propager rapidement. Cet événement fut à l'origine de la Peste noire qui ravagea l'Europe jusqu'en 1352. Environ un tiers de la population périt, soit 25 millions d'individus. Une catastrophe sans précédent !

La variole, quant à elle, fut utilisée en Amérique du Sud par les Conquistadors espagnols pour réduire la résistance des indigènes incas. Plus tard, les Anglais, puis les Français donnèrent des couvertures infectées par ce même virus aux tribus indiennes d'Amérique du Nord. Il va sans dire que, pour ces peuples qui n'avaient jamais été confrontés à cet agent biologique, ce fut une véritable hécatombe !

Du point de vue de l'emploi de produits chimiques, même si les conséquences restèrent limitées en comparaison aux pandémies citées plus haut, des résultats probants furent obtenus. Lors de

⁴ OTAN : Organisation du Traité de l'Atlantique Nord.

⁵ Champignon parasite, *Claviceps Purpurea*, qui provoque chez l'Homme des hallucinations, nécroses et gangrènes des extrémités, et peut entraîner la mort.

⁶ Plante vénéneuse aux propriétés purgatives très puissantes.

⁷ Cette ville, située en Crimée, s'appelle aujourd'hui Théodosie (*Feodosiya*).

sièges ou de conflits armés, la plupart des grandes civilisations (Rome, Perse, Chine...) utilisèrent de temps à autre des fumées toxiques à base de soufre, d'arsenic, d'antimoine et parfois de plantes vénéneuses. Ces dernières furent également utilisées comme simple poison au bout d'une flèche ou d'une lance. Les Celtes, par exemple, avaient pour habitude d'enduire leurs armes de sève d'aconit napel pour chasser le loup. Il n'est donc pas étonnant de constater que l'un des noms communs de cette plante soit « Aconit tue-loup ».

Avec l'évolution technologique, des progrès considérables ont été réalisés dans le domaine des sciences. Ceux-ci ont permis à l'homme de synthétiser de nouveaux produits chimiques encore plus nocifs et de modifier le vivant afin de créer des bactéries et des virus bien plus dangereux. Au cours de la Première Guerre mondiale, le chimiste allemand Fritz Haber proposa d'utiliser le chlore contre l'Entente à Ypres (Belgique). Le résultat dépassa les attentes des militaires : 15 000 soldats furent mis hors de combat et environ 5 000 succombèrent aux effets du gaz... Il s'ensuivit alors une course à l'armement chimique : chlore, phosgène et acide cyanhydrique⁸ furent produits en quantités industrielles. De nouveaux composés plus dévastateurs les uns que les autres furent synthétisés : des vésicants⁹ tels que l'ypérite (plus connue sous le nom de gaz moutarde), des neurotoxiques¹⁰ comme le sarin ou le VX furent ainsi créés.

De nos jours, plusieurs pays détiennent encore ce type d'agents de guerre chimique, bien qu'ils soient interdits par les conventions internationales.¹¹ L'application de ces accords a

⁸ Le Zyklon-B en est un exemple.

⁹ Produits provoquant des brûlures chimiques, vésicules et autres lésions sur la peau et les voies respiratoires.

¹⁰ Agents chimiques agissant sur le système nerveux : une seule goutte peut tuer un individu !

¹¹ Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'usage des armes bactériologiques (biologiques) ou à toxines et sur leur destruction, entrée en vigueur le 26 mars 1975 ; et Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'usage des armes chimiques et sur leur destruction, entrée en vigueur le 29 avril 1997.

toutefois permis de lancer un vaste programme de démantèlement qui doit mener à la disparition complète de ces toxiques. Au 31 décembre 2013, 80 % des 72 531 tonnes de stocks mondiaux déclarés avaient été détruits. Cependant, cela ne va pas toujours sans « anicroches » et certaines nations ont déjà fait la une des journaux du fait de leur arsenal (Corée du Nord, Iran, Libye, Syrie...). Quant aux États-Unis et à la Russie, en plus de leurs reliquats d'armes chimiques, ils disposent de virus particulièrement virulents, comme celui de la variole,¹² classé parmi les plus dangereux ayant jamais existé.

Toutefois, il est intéressant de noter que ces agents militarisés ne constituent pas l'unique menace. En effet, il suffit de regarder autour de nous pour réaliser que le monde regorge de composés ou substances mortelles. L'industrie ou les laboratoires de recherche, par exemple, comptent parmi les plus grands utilisateurs de produits toxiques.

À dire vrai, le danger peut très bien se trouver près de chez vous. Pensez un peu aux 3 500 personnes décédées¹³ en une nuit, en 1984, lors de la fuite d'isocyanate de méthyle (gaz chimique utilisé pour la synthèse de pesticides) sur le site de l'usine Union Carbide à Bhopal, en Inde ! Et que dire des survivants de Tchernobyl ou de Fukushima ! Étaient-ils préparés à une telle éventualité ? Pour les populations qui ont tout perdu, y aura-t-il, en plus, des effets retardés sur la santé ? Et si un nouveau virus, au taux de mortalité similaire à celui d'Ebola et à la transmission aussi aisée que celui de la grippe, se propageait à travers le monde, prendriez-vous toujours le métro ou les autres transports en commun ?

Malheureusement, la menace ne se limite pas à ces quelques exemples médiatiques. Les personnes ayant vécu pendant la Guerre froide se rappellent du danger de guerre nucléaire planant sur les nations du monde entier. Malgré la fin de celle-ci, l'arsenal

¹² Le virus de la variole a été déclaré éradiqué en 1980 suite à des campagnes de vaccination à l'échelle planétaire. Si les USA et la Russie ne l'avaient pas conservé dans leurs laboratoires, il aurait à ce jour disparu de la surface de la Terre.

¹³ Près de 25 000 morts vingt ans après, suite à des complications ou d'autres maladies générées par l'exposition au gaz.

nucléaire mondial reste impressionnant : plus de 16 000 ogives.¹⁴ Dans le contexte actuel de regain des tensions internationales, l'éventualité de nouvelles guerres n'est pas à exclure. Une telle hypothèse pourrait remettre au goût du jour l'utilisation de ces armes. Que se passerait-il si des personnes mal intentionnées s'emparaient de matériels radiologiques ou d'agents biologiques /chimiques ? Et dans le cas où notre société plongerait dans le chaos suite à un effondrement économique, qu'advierait-il des équipements et des installations sensibles (centrales nucléaires, industries lourdes, laboratoires...) ?

Au regard de ces quelques exemples, il faut se poser plusieurs questions :

- Comment réagiriez-vous si un tel évènement se produisait près de chez vous ?
- Seriez-vous capable de comprendre ce qui se passe ?
- Seriez-vous en mesure de protéger les vôtres et vous-même contre cette menace ?

Lors d'une catastrophe naturelle, les gens saisissent rapidement l'essence même du danger, bien qu'ils ne réagissent pas toujours de manière appropriée. Inondations, incendies... chacun sait ce que sont l'eau et le feu. Pourriez-vous en dire autant d'un rayonnement gamma, d'un gaz suffocant ou d'un virus émergent ?

Dans le cas d'un évènement NRBC, il est primordial de comprendre ce qui se passe afin de faire les choix qui pourront vous sauver la vie.

Sans avoir la prétention d'être exhaustif, cet ouvrage va aborder différentes menaces issues des domaines du Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique. La partie « Bases scientifiques », qui est une vulgarisation d'un sujet très complexe, devrait permettre une bonne compréhension des phénomènes en cause.

¹⁴ Estimations : USA : 7 700, Russie : 8 500, Royaume Uni : 225, France : 300, Chine : 250, Inde : 90 à 110, Pakistan : 100 à 120, Corée du Nord : <10, Israël : 80 à 400 selon les sources.

Les récits qui suivront seront commentés et reliés à des événements prouvant que la réalité peut, parfois, dépasser la fiction. Le but avoué est d'expliquer aux lecteurs les principaux mécanismes en œuvre, ainsi que les conduites à tenir (ou à ne pas tenir). Enfin, plusieurs chapitres seront consacrés aux moyens de lutter contre ces menaces, incluant la question matérielle, c'est-à-dire les équipements de protection, voire de détection, à utiliser.

Destiné à un public novice dans ce domaine ou cherchant à approfondir ses connaissances, cet ouvrage devrait donc apporter à ses lecteurs une vision nouvelle et une compréhension accrue des risques et menaces NRBC. En fonction de son environnement ou de ses convictions, chacun pourra ainsi se préparer à l'éventualité d'un tel événement... et, sait-on jamais, apprendre à y SURVIVRE !

Les risques Nucléaires et Radiologiques

« Je ne cesse de m'émerveiller au fait que, chaque jour, mon corps est traversé par plus de 6 000 milliards de neutrinos issus des réactions nucléaires qui ont lieu sans interruption à l'intérieur du soleil. »

– Lawrence M. Krauss, astrophysicien américain

« Tu ne peux être un vrai pays, à moins d'avoir une marque de bière, une compagnie aérienne. Ça aide si tu as une équipe de foot, ou des armes nucléaires, mais au minimum, tu as besoin d'une marque de bière. »

– Frank Zappa, musicien américain (1940-1993)

1. La radioactivité

« Une découverte scientifique n'a aucun mérite si elle ne peut être expliquée à une serveuse. »

– Ernest Rutherford, physicien britannique
(1871-1937)

La radioactivité est un phénomène naturel qui se produit au plus profond de la matière, au niveau des atomes.¹⁵ Les noyaux instables vont s'efforcer de retrouver des états stables en se fractionnant et/ou en émettant des particules et rayonnements fortement énergétiques. Comme nous le verrons plus tard, ces radiations invisibles peuvent avoir des utilisations bénéfiques pour l'Homme (médecine, recherche...) ou, au contraire, être responsables de terribles catastrophes...

La radioactivité fut portée à la connaissance de l'Homme, il y a environ 120 ans. Henry Becquerel, professeur de Physique au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, découvrit en mars 1896 que l'uranium émettait un rayonnement inobservable à l'œil nu, mais capable d'impressionner les plaques photographiques. Ce furent Pierre et Marie Curie qui, quelques années plus tard, caractérisèrent le phénomène et lui donnèrent le nom de « radioactivité », baptisant, par ailleurs, deux éléments particulièrement radioactifs : le polonium, le 18 juillet 1898, et le radium, le 26 décembre 1898.

Au regard de l'échelle des temps, cette nouvelle science s'avère donc très récente pour notre société. Cependant, ces rayonnements étant invisibles à nos yeux, ils nous restaient tout simplement cachés.

¹⁵ Voir le chapitre suivant « Bases scientifiques ».

La radioactivité naturelle

Il apparaît ainsi évident que la radioactivité n'a pas attendu d'être découverte par l'Homme pour exister. Elle accompagne l'Univers depuis la nuit des temps. Les rayons cosmiques ou solaires en sont un bon exemple. L'énergie qu'ils transportent pourrait provoquer des dégâts considérables sur tout être vivant. Cependant, protégé par le champ magnétique de notre planète et son atmosphère, l'Homme peut savourer une vie « paisible » sur Terre, inconscient de ce danger. De plus, il apparaît également qu'elle a très certainement joué un rôle important dans l'évolution des espèces. En effet, les rayons ionisants pouvant provoquer des mutations au sein des cellules vivantes, ceux-ci pourraient être les principaux acteurs de l'Evolution !

En raison du niveau technologique atteint par notre société moderne, il devient désormais possible d'entrer dans la sphère d'influence de ce phénomène. Par exemple, plus l'on monte en altitude, plus la quantité de rayonnements augmente. Ainsi, il est bien connu qu'un voyage en avion vous apporte une part de radiation supplémentaire. Négligeable certes, mais tout de même mesurable !

Pour les spationautes envoyés faire le tour de notre planète ou se poser sur la Lune, la dose de rayons reçue est singulièrement accrue. Même si celle-ci devient relativement importante, elle ne provoque pas de mort immédiate, ni, a priori, dans les années qui suivent. Le cas des deux astronautes américains les plus célèbres en est un bon exemple : Neil Armstrong, le premier homme à avoir marché sur la lune, est décédé le 25 août 2012 à l'âge de 82 ans. Son camarade, Buzz Aldrin, 85 ans, continue, à ce jour, de multiplier les interventions pour promouvoir la conquête spatiale. En revanche, les choses peuvent être différentes si l'on considère une expédition vers la planète Mars. Avec les technologies actuelles, un tel voyage prendrait entre six et huit mois : les occupants du vaisseau sortiraient entièrement de la zone de protection générée par la Terre et recevraient alors de fortes doses de radiations, qui, cette fois-ci,

auraient probablement un impact négatif à plus ou moins long terme sur leur santé.

Mais revenons sur Terre ! Notre planète, de par certains composants qu'elle renferme, est elle-même naturellement radioactive. Ainsi, lors de sa création, il y a environ 4,5 milliards d'années, elle émettait beaucoup plus de rayonnements ionisants qu'aujourd'hui. Toutefois, depuis ces temps anciens, quantité d'éléments radioactifs se sont progressivement désintégrés et sont devenus stables. Une chose peu connue du grand public est que l'énergie dégagée par ce phénomène physique contribue à maintenir le cœur de notre planète en fusion. Ceci est d'une importance capitale ! En effet, c'est ce magma liquide qui donne naissance au champ magnétique terrestre et permet la dérive des continents... Sans radioactivité, ceux-ci auraient certainement évolué autrement : la vie aurait probablement pris un chemin différent...

Contrairement à l'époque de sa création, la Terre d'aujourd'hui présente, globalement, des niveaux de rayonnements plutôt faibles en surface. Ces derniers varient selon les zones géographiques et dépendent, entre autres, de la composition du sol (les régions granitiques sont plus émettrices que les plaines alluvionnaires). Bien que peu élevées, les radiations présentes sont cependant suffisantes pour que tous les êtres vivants de notre planète baignent dans la radioactivité.¹⁶

L'utilisation de la radioactivité par l'Homme

Les rayonnements ionisants n'ont toutefois pas que des défauts.

¹⁶ Il ne faut toutefois pas oublier le caractère destructeur que la radioactivité peut représenter pour tout être vivant. Par exemple, un inversement des pôles magnétiques de la Terre laisserait notre monde exposé aux rayonnements cosmiques et solaires pour une durée de plusieurs dizaines d'années (dans le meilleur des cas). Dans ces conditions, la vie sur notre planète subirait très certainement de lourds dommages. Heureusement, et bien que de telles catastrophes se soient déjà produites dans le passé, elles ne surviennent qu'à l'échelle des temps géologiques. Il ne nous reste plus qu'à espérer, au cas où l'un de ces phénomènes viendrait à se produire, que les autorités prendraient toutes les mesures de prévention et d'information nécessaires.

Domptés par l'Homme, ils trouvent leur place dans de nombreux domaines d'applications, tels que :

- L'énergie

La production d'électricité dans les centrales nucléaires constitue sans doute l'utilisation de la radioactivité la plus connue, mais également la plus crainte. Il s'agit de réactions de fissions (de gros atomes d'uranium ou de plutonium sont cassés, créant alors d'autres éléments plus petits) qui dégagent une quantité d'énergie colossale. À titre de comparaison, la fission de tous les atomes contenus dans 1 kg d'uranium 235 équivaut à la combustion de 2 000 000 kg de charbon ! La chaleur engendrée par ces phénomènes nucléaires est transformée en électricité dans les centrales d'EDF, qui utilisent la technologie des Réacteurs à eau pressurisée (REP). Aujourd'hui, 58 d'entre eux produisent plus des trois quarts du courant électrique en France ! En comparaison, aux États-Unis, la proportion d'électricité générée par les 99 réacteurs présents sur le territoire américain correspond à 20 % de la consommation électrique du pays.

- L'industrie

La stérilisation de l'alimentation est un bon exemple d'application, peu connue et pourtant largement répandue. En général, des rayonnements gamma ¹⁷ sont utilisés pour détruire les micro-organismes, insectes et parasites présents sur les légumes, les fruits et les céréales ou dans les poissons et les viandes... A priori sans danger pour les consommateurs, ce procédé permet une bien meilleure conservation des produits.

La radiographie industrielle. Des rayons de type X ou gamma peuvent servir à repérer les défauts des pièces métalliques ou des soudures sensibles dans les avions, les gazoducs, les bâtiments...

Détection de fuites et jauges de niveau. De la fissure sur un barrage au remplissage d'une cannette de bière, en passant par le contrôle de niveau d'un réservoir chimique, des procédés utilisant

¹⁷ Voir le chapitre suivant « Bases scientifiques ».

les rayonnements radioactifs sont employés.

Alimentation en énergie des satellites. Des systèmes exploitant principalement du plutonium 239, et plus rarement du cobalt 60 ou du strontium 90, peuvent fournir de l'électricité pendant plusieurs années sans le moindre entretien.

- La médecine

La compréhension de la radioactivité a révolutionné la médecine. Qui ne s'est jamais retrouvé aux urgences pour faire une radiographie ? Nombre d'entre nous connaissons un membre de notre famille ou un ami qui a subi un examen utilisant des marqueurs radioactifs (médecine nucléaire) ou a reçu un traitement de radiothérapie ou curiethérapie pour soigner un cancer. Les chiffres parlent d'eux-mêmes. Chaque année en France, environ 60 millions d'examen de radiologie sont réalisés. En outre, plus de 500 000 analyses en médecine nucléaire sont pratiquées et environ 100 000 patients subissent une radiothérapie.

- Les sciences

La radioactivité est utilisée dans de nombreuses sciences. Ses propriétés la rendent indispensable dans des domaines allant de l'étude de l'Univers (astrophysique) à celle de l'ADN (biologie moléculaire), en passant par la compréhension de notre histoire (archéologie). Pour cette dernière, le dosage du carbone 14 permet de dater des objets organiques de moins de 50 000 ans. Ce qui, vous en conviendrez, peut s'avérer fort utile pour établir la chronologie des évènements.

Tous ces exemples doivent faire prendre conscience que le spectre radiologique existe tout autour de nous. En réalité, le plus grand danger provient de l'Homme lui-même. L'histoire récente regorge d'accidents ayant provoqué des dégâts considérables et d'autres aux conséquences certes moins médiatisées, mais tout aussi dévastatrices. En outre, dans le contexte international actuel, où les tensions intercommunautaires sont exacerbées et où notre système économique est tout simplement au bord du gouffre, les menaces de terrorisme ou de malveillance viennent s'ajouter aux

risques d'accident... sans parler de l'hypothèse d'une éventuelle troisième guerre mondiale.

2. Bases scientifiques

*« La liaison fortuite des atomes est l'origine
de tout ce qui est. »*

– Démocrite, philosophe grec (460-370 av. J.-C.)

*« Tous les corps sont transparents à cet agent. Pour
résumer, j'utiliserai l'expression "rayon", et pour le
distinguer des autres, je l'appellerai "rayon-X". »*

– Wilhelm Röntgen, physicien allemand (1845-1923)

L'objectif de ce chapitre est de fournir un socle de connaissances scientifiques minimales pour concevoir et interpréter les phénomènes en jeu et les risques encourus. Afin de rester à la portée du grand public, certaines synthèses ont dû être réalisées et seuls les éléments clés indispensables à la compréhension sont présentés.

Structure de la matière

La matière est constituée d'un assemblage de minuscules briques élémentaires, complètement invisibles à l'œil nu et appelées atomes. Chacun de ces atomes est formé d'un noyau autour duquel des électrons (particules de taille infime chargées négativement) gravitent à des vitesses vertigineuses. Les premières représentations de l'atome utilisaient le modèle planétaire (dit de Rutherford) qui reposait sur une analogie avec le soleil et les planètes : une boule centrale pour le noyau, entourée par des boules plus petites représentant les électrons. Plus tard, le célèbre physicien Niels Bohr compléta le concept. Il fallut toutefois attendre les prémisses de la mécanique quantique pour que la réalité apparaisse quelque peu différente. Cependant, l'ancienne représentation a le mérite de faciliter la compréhension.

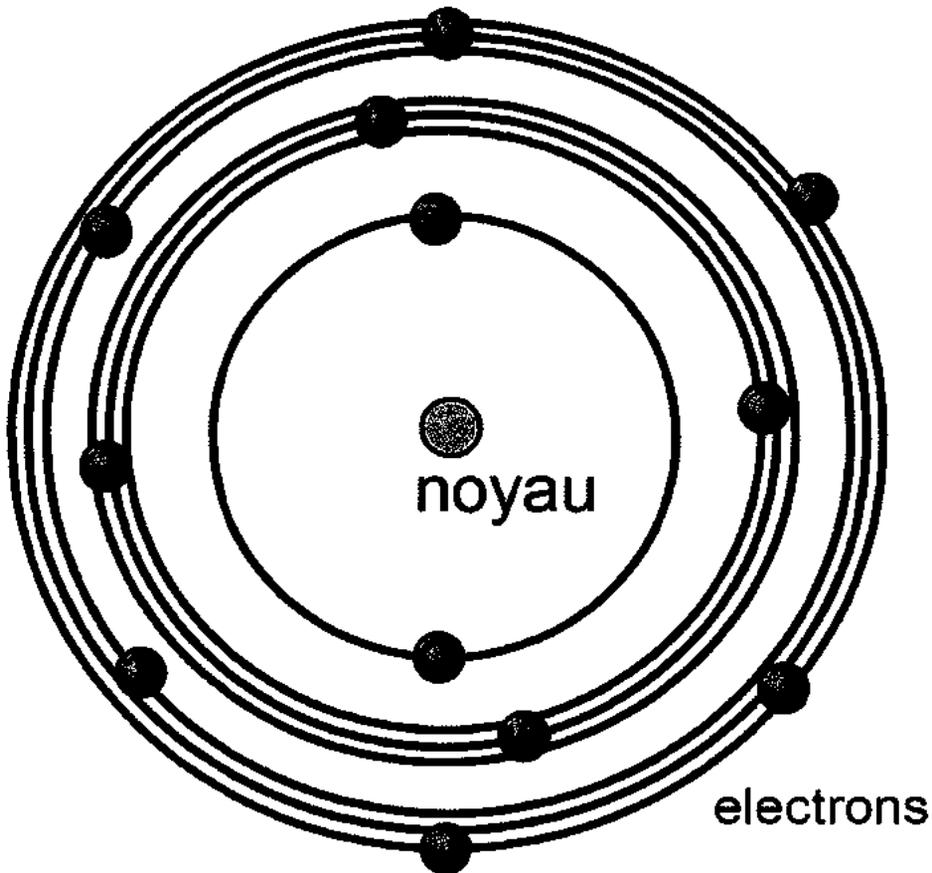


Figure 1 – Modèle de Bohr

Analysons à présent le noyau. En réalité, celui-ci n'est pas une boule unique et indissociable, mais il est constitué d'un assemblage de protons (particules positives, qui contrebalancent exactement la charge des électrons) et de neutrons ¹⁸ (de charge nulle, mais dotés d'une masse identique au proton). Ces deux types de minuscules « grains » peuvent s'agglutiner entre eux pour former une boule (le noyau) où est concentrée la majeure partie de la masse de l'atome. Le nombre de protons au sein du noyau est

¹⁸ À l'exception de l'hydrogène qui ne comporte qu'un seul proton dans son noyau (pas de neutron).

d'une importance capitale. En effet, c'est lui qui va déterminer la nature de l'élément chimique¹⁹ ainsi composé.

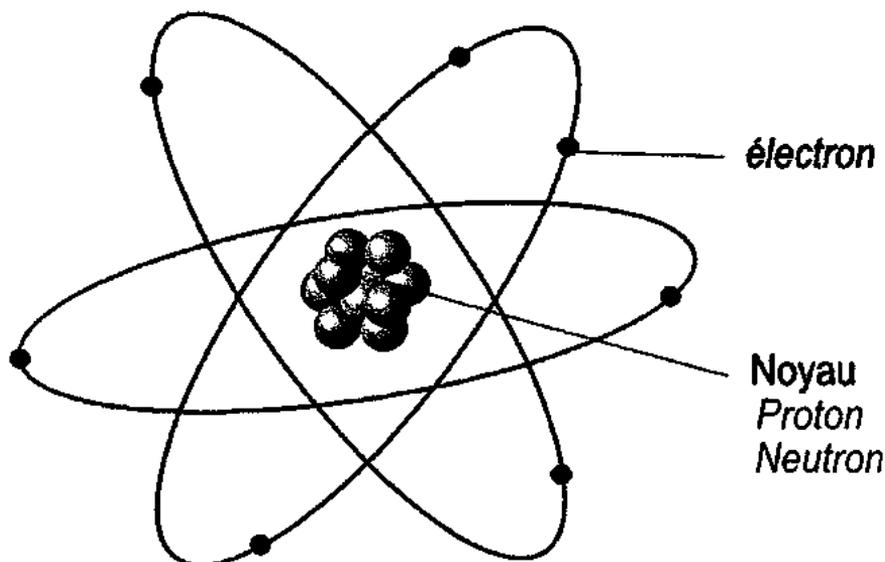


Figure 2 – L'atome (Noyau = protons + neutrons)

La matière, c'est plein de vide !

Il s'avère que les atomes sont en grande partie constitués de vide. Cette information est essentielle, car cet espace libre joue un rôle important dans la propagation des rayonnements. Comme nous le verrons plus tard, cela conditionnera la manière de s'en protéger.

Pour mieux concevoir cette notion de « vide », il est possible de rapporter les distances existantes dans ce monde de l'infiniment petit à des échelles compréhensibles à nos yeux : si l'on grossissait le noyau d'un atome d'hydrogène (un proton) jusqu'à la taille d'une tête d'épingle, son électron serait représenté par un grain de poussière évoluant à 100 m de lui (soit la longueur d'un stade de foot). Autre comparaison : si ce même noyau d'hydrogène, situé à Paris, formait une boule aussi haute qu'un

¹⁹ **Élément chimique** : ensemble d'atomes ayant le même nombre de protons dans leur noyau et dotés de propriétés chimiques identiques. Ils peuvent être représentés par un symbole unique. À ce jour, il existe 118 éléments, dont 94 se retrouvent à l'état naturel. Par exemple, l'hydrogène (H) a un seul proton, le fer (Fe) en a 26, le plomb (Pb) en a 82.

homme de 1,70 m., alors son électron serait une bille de moins d'un millimètre dont la trajectoire passerait au sud de la Sicile, du côté de l'île de Malte...

Ces deux exemples illustrent bien le fait que le vide est une part essentielle de la matière. C'est même sa plus grande part ! Bien entendu, en fonction des éléments, il existe des variations. Ainsi, les atomes d'aluminium et de plomb n'ont ni des noyaux de taille identique, ni le même nombre d'électrons. Au niveau macroscopique, cette différence apparaît d'ailleurs assez évidente si vous prenez dans chaque main, respectivement une barre de plomb et une barre d'aluminium de même taille. Essayez, c'est surprenant !

Toutefois, les choses ne sont pas aussi simples. En effet, la plupart des éléments peuvent avoir une quantité de neutrons différente tout en conservant un nombre de protons inchangés. Dans ce cas, le nom reste le même et ils gardent des propriétés chimiques identiques. Ils sont appelés isotopes. Certains d'entre eux s'avéreront radioactifs. Pour les caractériser, la quantité de protons et de neutrons leur est associée. Il s'agit du nombre de masse.

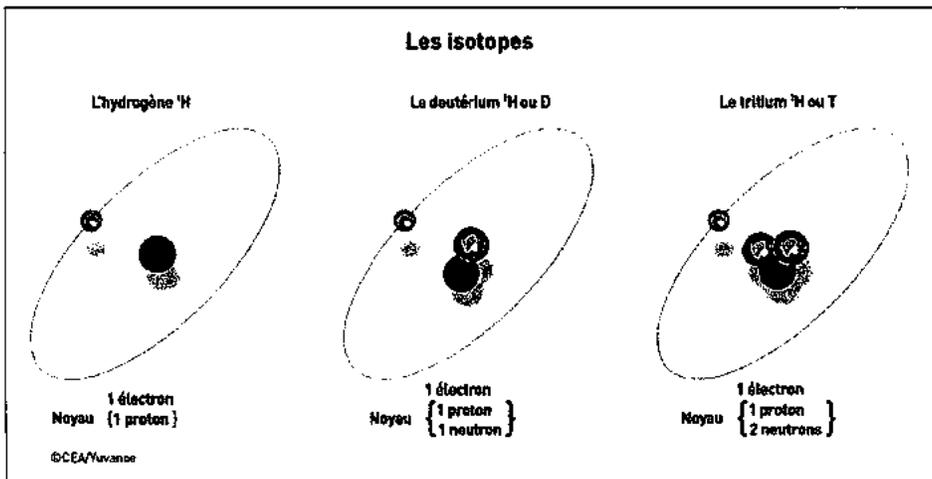


Figure 3 --Isotopes de l'hydrogène

Dans le but de bien comprendre cette notion d'isotopes, prenons deux autres exemples :

1/ Le carbone (élément comportant 6 protons).

Dans la nature, l'isotope principal (98,89 %) est le carbone 12 (¹²C). C'est-à-dire que son noyau compte 6 protons (c'est une

obligation pour pouvoir porter le nom de carbone) et 6 neutrons, soit un total de 12 (nombre de masse). Le ^{12}C est stable. Une petite proportion de cet élément (1,11 %) se retrouve sous la forme de carbone 13 (6 protons + 7 neutrons) également stable. Enfin, une infime partie (0,0000000001 %) s'avère être radioactive, il s'agit du carbone 14 (qui comprend cette fois 8 neutrons). Ainsi, l'élément carbone comprend 3 isotopes.

2/L'uranium (élément comportant 92 protons).

Dans le cas de l'uranium, il existe 26 isotopes, tous radioactifs. L'isotope principal (99,27 %) que l'on retrouve dans la nature est l'uranium 238 (238 : nombre de masse). Son noyau contient 92 protons (ce qui lui confère le nom d'uranium) et 146 neutrons. Le second en termes de quantité (0,72 %) est l'uranium 235. Ce dernier est assez connu, car il est utilisé pour la fabrication de certaines bombes atomiques (bombes nucléaires à fission). Les 24 autres isotopes n'existent qu'à l'état de traces, puisqu'ils se partagent les 0,01 % restants.

Radioactivité

Parmi tous les éléments présents dans la nature, nombreux sont ceux qui possèdent des isotopes instables, c'est-à-dire qui vont se désintégrer à un rythme qui leur est propre (appelé période) afin de gagner en stabilité. Pour ce faire, plusieurs moyens sont à leurs dispositions : les noyaux peuvent se briser, éjecter des particules ou encore engendrer des rayonnements électromagnétiques. Ces isotopes au noyau instable peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Ils sont dits radioactifs et vont émettre des radiations ionisantes (capables d'arracher des électrons à des atomes) dangereuses pour la santé. Les principales raisons de cette instabilité sont généralement un nombre trop élevé de protons et/ou de neutrons constituant le noyau ou un déséquilibre dans leur ratio.

On identifie quatre grands types de radiations :

- Les rayonnements « alpha »

Ce sont des particules fortement chargées (deux charges

positives) et relativement lourdes (assemblages de deux protons et de deux neutrons) en comparaison avec les autres rayons ionisants. Elles sont éjectées avec des niveaux d'énergie importants. Ce phénomène d'éjection « alpha » ne peut se rencontrer que pour les gros noyaux. Le but est bien évidemment de rendre ces derniers moins volumineux et généralement plus stables. L'émission de ce corpuscule alpha utilise usuellement la majeure partie de l'énergie dégagée, le reste pouvant être libéré sous forme de rayonnement gamma (voir infra).

- Les rayonnements « bêta »

Ce sont de petites particules, de la taille d'un électron. Elles sont nommées « électron » lorsqu'elles portent une charge négative et « positon » lorsque celle-ci est positive.

- Les rayonnements « neutrons »

Comme son nom l'indique, il s'agit de l'émission de neutrons, particules électriquement neutres et d'une masse identique à celle du proton. Ce phénomène est assez rare dans la nature, mais peut se retrouver consécutivement à certaines activités humaines, telles que la production d'électricité dans les centrales nucléaires.

- Les rayonnements « gamma » et « X »

Il s'agit cette fois de l'émission de rayons électromagnétiques. De même nature que la lumière, ils sont toutefois dotés d'une énergie bien supérieure. On les désigne sous le terme de photons. Leurs principales caractéristiques sont une masse et une charge électrique nulle. Ce type de rayonnement a une très grande portée. Ce phénomène permet de désexciter l'atome instable qui possède un surplus d'énergie et peut également accompagner les désintégrations citées précédemment. Les « rayons gamma » et les « rayons X » sont donc du même type, mais leur nom diffère en raison de leur origine : les rayons gamma émanent du noyau, alors que les rayons X proviennent des électrons.

Datation au carbone 14

La datation au carbone 14 (^{14}C) permet de déterminer avec plus ou moins de précision l'âge d'un organisme sur une période de temps variant entre 5 000 et 50 000 ans.

Le principe est relativement simple : le carbone est principalement constitué de l'isotope ^{12}C qui est stable. Cependant, une petite partie est représentée sous forme de l'isotope ^{14}C qui, lui, est radioactif (il se désintègre petit à petit).

Selon sa demi-vie (ou période²⁰), la moitié du carbone ^{14}C présent dans l'air devrait disparaître tous les 5 730 ans. Toutefois, ce n'est pas le cas, car celui-ci est recréé en permanence et en faible proportion dans la haute atmosphère par l'action du rayonnement cosmique : un équilibre se forme alors. Ainsi, le rapport entre ces deux isotopes reste constant sur la période de temps qui intéresse les chercheurs.

Ce coefficient étant fixe, chaque entité vivante entre en équilibre avec le milieu extérieur et a, par conséquent, le même taux de carbone ^{14}C . En revanche, après la mort de celle-ci, cet isotope n'est plus renouvelé. Dans ce cas, sa proportion diminue, car il se désintègre petit à petit. La mesure du rapport carbone 14/carbone 12 permet donc de déterminer la fin de vie de l'organisme. Moins il reste de ^{14}C dans le fossile à dater, plus la mort est ancienne.

Cette technique permet, par exemple, de savoir avec précision quand un objet archéologique d'origine organique²¹ a été fabriqué.

Notion de filiation radioactive.

Lorsqu'un isotope radioactif donne naissance à un autre noyau lui-même radioactif, le phénomène est appelé « filiation radioactive ». Ainsi, certains éléments instables vont se désintégrer en une cascade plus ou moins complexe (chaîne de désintégration) avant de parvenir à un élément chimique dont le noyau est stable. Par exemple, l'uranium naturel (U^{238}) finira par donner du plomb 206 (Pb^{206}) qui est stable et donc non radioactif. Le chemin sera toutefois bien long et passera par de nombreux isotopes instables, le plus connu d'entre eux étant certainement le radon, gaz radioactif que l'on retrouve fréquemment dans les zones granitiques.

²⁰ Voir les points 1, 2 et 3 du chapitre « Grandeurs et unités ».

²¹ Qui provient d'un être vivant : squelette, bois...

Grandeurs et unités.

La radioactivité est un phénomène physique bien connu de nos jours. Différentes grandeurs et unités ont ainsi été créées afin de la caractériser :

- Activité

L'activité d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations de noyaux instables par seconde qui se produisent en son sein. L'unité internationale d'activité est le Becquerel (Bq). Celle-ci étant très petite, la plupart du temps des multiples seront utilisés.

1 kilobecquerel = 1 000 Bq

1 mégabecquerel = 1 million de Bq

1 gigabecquerel = 1 milliard de Bq

1 térabecquerel = 1 000 milliards de Bq

L'ancienne unité de mesure était le Curie (Ci), qui correspondait à l'activité d'un gramme de radium, élément naturellement présent dans le sol avec l'uranium. Le Curie est une unité bien plus grande que le Becquerel, en effet, $1 \text{ Ci} = 37\,000\,000\,000 \text{ Bq}$ (37 milliards de Bq).

- Décroissance radioactive et période

L'activité d'un échantillon radioactif diminue avec le temps. En effet, les noyaux instables se transformant petit à petit, il en reste de moins en moins à émettre des rayonnements ionisants. Ce phénomène est appelé décroissance radioactive. La période correspond au temps nécessaire pour qu'un échantillon perde la moitié de son activité radioactive. Ainsi, chaque radio-isotope possède une période qui lui est propre. Celle-ci demeure constante et ne varie pas en fonction des conditions extérieures telles que la température, la pression...

Le tableau ci-dessous montre que des variations importantes existent entre les périodes de différents éléments. Ainsi, s'il ne faut que huit jours pour que l'iode 131 perde la moitié de sa réactivité, il faut 4,5 milliards d'années (soit à peu près l'âge de la Terre) à l'uranium 238 pour arriver au même résultat. Cela signifie que lors de la création de notre planète, il y avait deux fois plus de ce radio-

isotope.

Radio-isotopes	Période radioactive	Origine	Exemples d'utilisation/présence
Oxygène 15	2 minutes	Artificielle	Imagerie médicale
Iode 131	8 jours	Artificielle	L'un des nombreux déchets des réacteurs nucléaires
Cobalt 60	5,27 années	Artificielle	Gammagraphie, radiothérapie
Radium	1 600 années	Naturelle	Anciennement utilisé en radiothérapie, peinture luminescente
Plutonium 239	24 100 années	Artificielle	Combustible pour centrales nucléaires, bombes atomiques...
Uranium 238	4,5 milliards d'années	Naturelle	Combustible pour centrales nucléaires

- Dose absorbée (D)

Il s'agit de la quantité de rayonnements absorbés par un organisme ou un objet. L'unité internationale est le Gray (1 Gy = 1 joule/kg de matière irradiée), qui a remplacé le Rad en 1986 (1 Gy = 100 Rads). En simplifiant légèrement, cette valeur vous donne une idée de la quantité de rayonnements reçue.

- Dose équivalente (H)

Cette grandeur dérive de la dose absorbée. Elle prend en compte la nature des rayons ionisants impactant l'organisme ou l'objet. En effet, en fonction de celle-ci, l'impact sur la santé sera plus ou moins amplifié. Ainsi, un facteur de pondération (W_r), équivalant à un « modificateur de dégâts », est appliqué aux différents rayonnements.

Type de rayonnement :	Alpha (α)	Bêta (β)	Neutrons (n)	Gamma (γ)/X
Facteur de pondération	20	1	5 à 20 (selon énergie)	1

Attention ! Ces facteurs de pondération n'entrent en compte que lorsque les rayons ionisants sont efficaces. Par exemple, des alphas qui sont susceptibles de provoquer 20 fois plus de dégâts ($W_r = 20$) que les gammas ou les bêtas ne le feront que si la cible est à « portée » (distance inférieure à quelques centimètres,²² absence d'écran bloquant le rayonnement).

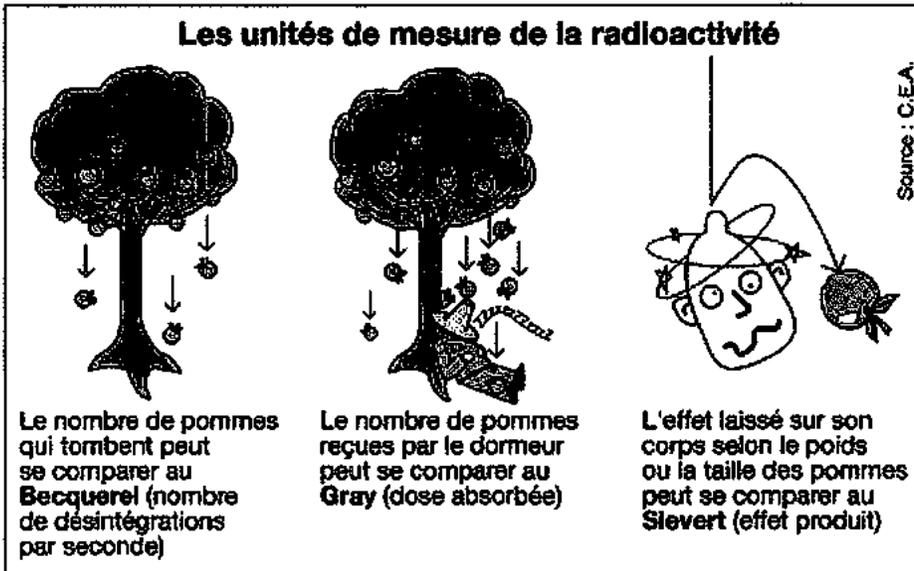


Figure 4 – Les unités de mesure de la radioactivité

- Débit de dose

Pour des raisons pratiques et d'évaluation, il est commode d'utiliser la notion de débit de dose, c'est-à-dire la dose absorbée par unité de temps, exprimée en Gray par heure (Gy/h) ou la dose équivalente en Sievert par heure (Sv/h). Afin de bien assimiler ces grandeurs, nous pouvons les comparer avec ce qui se passe pour un

²² Voir le paragraphe intitulé : « Portées et modes d'expositions ».

robinet. Imaginons que celui-ci laisse écouler un mince filet d'eau, avec un débit de trois litres par heure. Si nous plaçons une bassine en dessous, après une demi-heure, nous récupérons un litre et demi (dose recueillie). Si le récipient reste deux heures, on obtiendra six litres. Le phénomène est identique pour les débits de doses provenant de rayonnements ionisants. Par conséquent, si une personne demeure pendant deux heures dans un endroit où la radioactivité ambiante est de trois millisieverts par heure (débit = 3 mSv/h), elle recevra une dose de 6 mSv. Ainsi, en connaissant le débit de dose (qui peut être indiqué en temps réel par un appareil de détection des radiations), il devient possible d'évaluer la quantité de rayonnement absorbée par un individu en fonction de la durée de sa présence.

3. Exposition à la radioactivité

« L'anticyclone des Açores devrait bloquer l'arrivée éventuelle du panache radioactif (de Tchernobyl). »

– Brigitte Simonetta, présentatrice météo, journal télévisé de 20 heures, Antenne 2, le 29 avril 1985

Portées et modes d'expositions

Les rayonnements radioactifs étant constitués de particules variées (alpha, bêta, neutrons) ou d'ondes énergétiques, leurs propriétés sont différentes. Ainsi, en fonction de leur nature, ces derniers auront des portées distinctes.

Type de rayonnement	Distance parcourue dans l'air
Alpha	quelques centimètres
Bêta	quelques mètres
Neutron	quelques centaines de mètres
Gamma/X	quelques centaines de mètres ²³

Bien évidemment, ce tableau ne donne qu'une grossière approximation des distances.²⁴ Toutefois, il permet de garder en

²³ Les rayonnements électromagnétiques (γ et X) ne sont pas arrêtés dans l'air, mais seulement atténués. Leur portée dans ce milieu est donc virtuellement infinie. Cependant, la dose reçue variant de manière inversement proportionnelle au carré de la distance, il est communément admis que même pour des sources d'activité relativement importante, celle-ci devient négligeable après quelques centaines de mètres.

²⁴ De nombreux facteurs peuvent faire varier la portée, l'un des principaux d'entre eux étant l'énergie du rayonnement.

tête la portée des différents rayonnements et donc l'étendue de la zone dangereuse. Ceci prévaut lorsque la source radioactive est ponctuelle et de faible taille. Le calcul devient plus complexe si cette dernière se retrouve sous une autre configuration, telle qu'une large contamination de poudres ou de liquides, ou encore un nuage de vapeurs ou de gaz radioactifs...

Remarque : Selon sa forme, la source radioactive est dite :

- Source scellée lorsque la structure et le conditionnement empêchent, en utilisation normale, toute dispersion de matière radioactive.

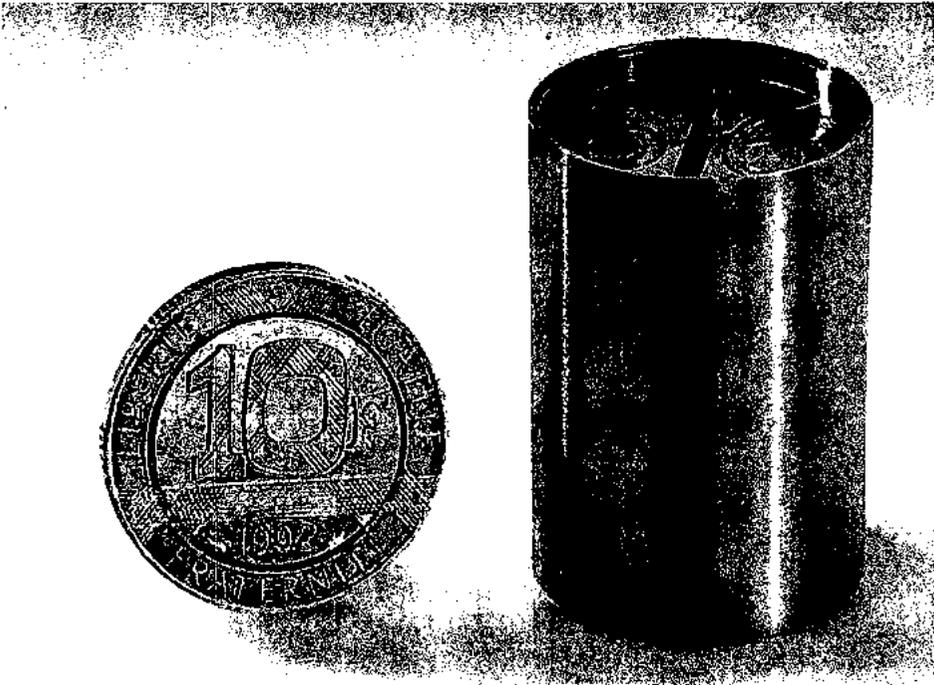


Figure 5 — Source scellée du Pu^{238} contenue dans un stimulateur cardiaque. Source : Andra

- Source non scellée lorsque celle-ci peut aisément être disséminée dans le milieu ambiant, tels que des conteneurs facilement ouvrables et renfermant de la poudre, du liquide ou des gaz radioactifs...



Figure 6 — Source non scellée de poudre radioactive autrefois utilisée comme produit de beauté.

Il est donc aisément concevable que, selon la nature de la source, les différents rayons ionisants n'atteindront pas l'organisme de la même manière. Ainsi, on distingue deux grands types d'expositions aux rayonnements :

- L'exposition externe

Comme son nom l'indique, la source radioactive se trouve à l'extérieur de l'organisme. Celle-ci peut se présenter sous différentes formes, telles que de la poussière (source non scellée) ou des fragments indissociables (source scellée). Selon la situation, il est alors possible de distinguer deux modes d'exposition externe, à savoir :

- Irradiation à distance²⁵ : La source radioactive (en général scellée) est à distance de l'individu. Cependant, elle émet constamment son flux de rayonnements. Une personne

²⁵ Ici, le terme « irradiation » est employé afin de distinguer les expositions externes sans contact de celles avec contact (contamination). Toutefois, techniquement, parler d'un organisme irradié signifie que ses cellules ont subi des dommages suite à des rayonnements, peu importe leur provenance (externe ou interne).

pourra donc être irradiée, c'est-à-dire subir des dégâts consécutivement à l'action de ces rayons ionisants (principalement « gammas²⁶ » – voir tableau des portées) sans avoir besoin de toucher l'élément radioactif.

- Contamination externe : Dans ce mode d'exposition, un individu est en contact avec les particules radioactives (poussières, liquides...). Ces dernières peuvent se retrouver sur la peau, dans les cheveux... Une personne ainsi contaminée risque de transmettre cette contamination à ses proches et de la disperser dans les lieux où elle passe.

Remarque : Un organisme irradié et ne présentant pas de traces de contamination ne sera pas « irradiant » pour les autres, c'est-à-dire qu'il ne diffusera pas de rayonnements ionisants. On peut comparer ce phénomène à une brûlure : une flamme provoque des dégâts mais, une fois celle-ci retirée, elle cesse son action. En outre, si quelqu'un touche ce type de lésion, il ne sera pas brûlé pour autant. Il en est de même avec une irradiation.

- L'exposition interne (contamination interne)

Ce mode d'exposition a lieu lorsque les éléments radioactifs entrent dans l'organisme. Les voies de pénétration les plus courantes sont la respiration, l'ingestion, les blessures ou même à travers la peau et/ou les yeux. Dans ce cas, non seulement les radiocontaminants sont directement en contact avec les cellules vivantes mais, en outre, il est probable qu'ils demeurent présents plus longtemps dans l'organisme qu'en cas de contamination externe. La conséquence évidente est qu'ils vont provoquer des dégâts en continu pendant toute la période durant laquelle ils restent à l'intérieur du corps.

Effets sur la santé

Il est important de se rappeler que notre environnement baigne

²⁶ Les bêtas peuvent également causer des brûlures superficielles dans la limite de leur portée. Quant aux neutrons, ils sont peu présents dans la nature. Toutefois, en cas d'émission consécutive à l'action de l'Homme, ceux-ci sont en mesure de provoquer des irradiations, même à des distances importantes.

dans la radioactivité. Celle-ci varie en fonction de nombreux critères comme, notamment, la composition du sol, l'altitude, etc. Ainsi, en France, on estime que 60 % de la radioactivité reçue est d'origine naturelle. Le reste provient principalement des soins ou examens médicaux (scanners, radiographies...).

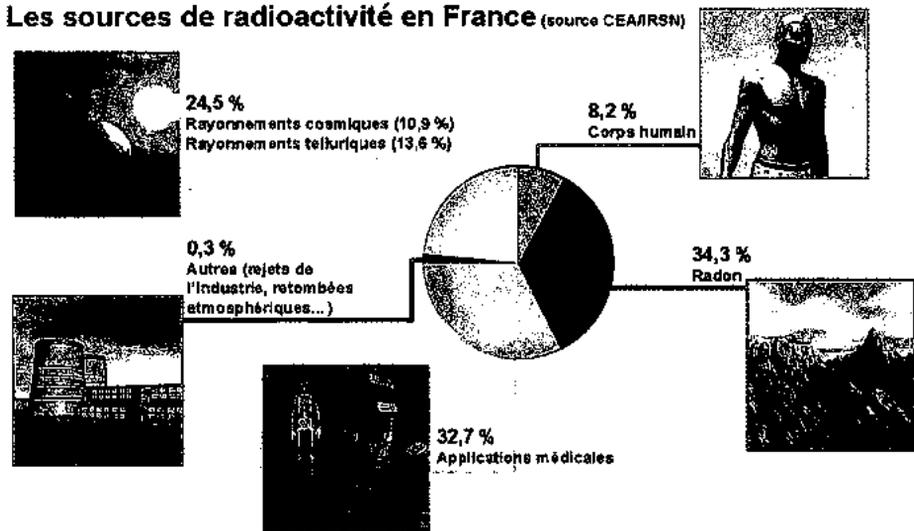


Figure 7 — Les sources de la radioactivité en France.
Source : CEA/IRSN

Concernant l'impact des rayonnements ionisants sur la santé, celui-ci résulte d'un processus complexe : le transfert de l'énergie à la matière vivante va créer des radicaux libres à l'intérieur des cellules ou agir directement sur les protéines, l'ADN... et les endommager.

Bien que le corps dispose de moyens de réparation, ceux-ci peuvent s'avérer parfois défectueux ou dépassés par une dose de radiation trop importante.

Ainsi, deux grandes catégories d'effets sur la santé peuvent apparaître :

1- Des effets à long terme (dits aléatoires).

Lorsque les doses de radiations reçues restent faibles, il existe une mince probabilité d'avoir des effets à long terme (des années plus tard) sous forme de cancers ou de leucémies.

Cependant, il est impossible de prévoir pour une personne donnée les conséquences d'une exposition à de faibles doses.

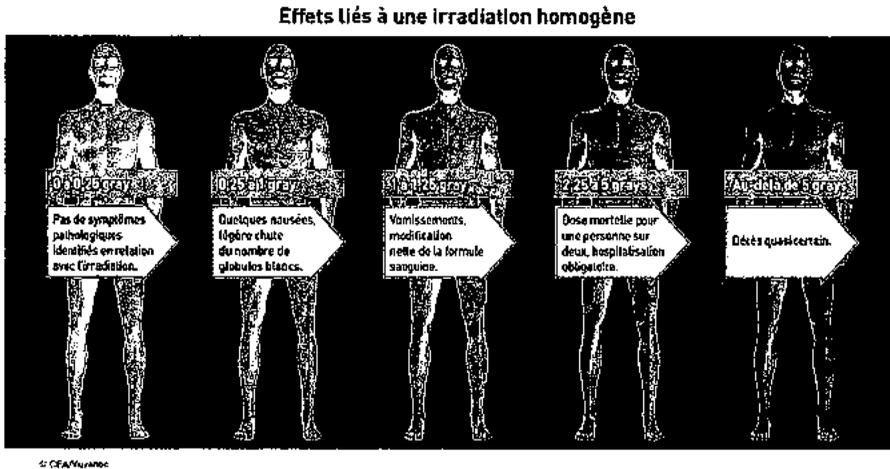


Figure 8 — « 50 nuances de Gray » : effets liés à une irradiation homogène. Source CEA/Yuvance

2- Des effets immédiats (dits obligatoires).

Lorsque les doses de rayonnements ionisants reçus sont importantes, des effets vont obligatoirement apparaître dans un laps de temps relativement court après l'exposition. Rougeurs, brûlures, vomissements seront les principales manifestations visibles. Le système immunitaire et les organes internes seront également impactés. Dans ce cas, il existe une corrélation entre la rapidité d'occurrence et la gravité des symptômes et le niveau d'irradiation subi.

Échelle INES

Afin de mesurer la gravité d'un incident ou d'un accident nucléaire civil, on utilise par convention l'échelle internationale de classement des événements nucléaires, dite échelle INES (de l'anglais *International Nuclear Event Scale*). Celle-ci compte huit niveaux de gravité, notés de 0 à 7. Fondée sur le même modèle que l'échelle de Richter utilisée pour les tremblements de terre, elle constitue un outil d'information bien utile pour les médias et le public. Les événements signalés sont évalués selon trois critères :

Dégradations de la défense en profondeur (incidence sur les barrières de sécurité), sans nécessairement de conséquences humaines.

Incidences sur le site (conséquences possibles sur l'installation et les travailleurs), mais sans incidence extérieure.

Conséquences hors du site, sur les personnes, les biens et l'environnement.

Plus un évènement a des conséquences graves et étendues, plus une note élevée lui est attribuée (voir tableau ci-dessous).

Les évènements de niveaux 1 à 3 sont qualifiés du terme « incidents ».

Ceux des niveaux supérieurs (4 à 7) sont qualifiés du terme « accidents ».

Le septième et dernier niveau correspond aux accidents de gravité majeure, comme celui de Tchernobyl en 1986 et de Fukushima en 2011.

Échelle INES²⁷

Type	Incidence hors site	Incidence sur site	Dégradation de la défense en profondeur
7 – Accident majeur	Rejet majeur : effet étendu sur la santé et l'environnement.		
6 – Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues.		
5 – Accident (entraînant un risque hors du site)	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues.	Endommagement grave du réacteur ou des barrières radiologiques.	
4 – Accident (n'entraînant pas de risque important à l'extérieur du site)	Rejet mineur : exposition du public dans l'ordre des limites prescrites.	Endommagement important du réacteur ou des barrières radiologiques, ou exposition létale d'un travailleur.	Perte des défenses et contamination.

²⁷ Source : IRSN (Institut de radioprotection de sûreté nucléaire)

3 – Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites.	Contamination grave ou effets aigus sur la santé d'un travailleur.	Accident évité de peu. Perte des lignes de défense.
2 – Incident	<i>Pas de conséquence</i>	Contamination importante ou surexposition d'un travailleur.	Incident assorti de défaillance importante des dispositifs de sûreté.
1 – Anomalie		<i>Pas de conséquence</i>	Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé.
0 – Écart			Anomalie sans importance du point de vue de la sûreté.

Conclusion.

La radioactivité est un phénomène naturel qui baigne notre environnement tout entier. En effet, ce dernier est exposé en permanence à des niveaux d'irradiation plus ou moins importants (principalement dus aux rayons cosmiques et telluriques, ainsi qu'au radon). Nous-mêmes sommes faiblement radioactifs, notre corps contenant des éléments radioactifs comme le potassium 40. Néanmoins, depuis plus d'un siècle, l'Homme a commencé à utiliser puis à créer artificiellement ces rayonnements ionisants dans des domaines d'application variés, sur un large spectre s'étendant de la bombe atomique à la simple radiographie dentaire, en passant par les centrales nucléaires productrices d'électricité.

De nos jours, de nombreuses causes peuvent engendrer des situations présentant des risques radiologiques susceptibles de vous mettre en danger, vous, votre famille, votre quartier, votre ville, voire l'ensemble de la planète. La plus improbable, mais certainement la plus terrible, serait une guerre nucléaire. Toutefois, comme l'Histoire nous l'a montré, certaines catastrophes naturelles (Fukushima) ou accidents majeurs (Tchernobyl) peuvent

également avoir des conséquences considérables sur l'environnement et la santé des gens. À des échelles plus réduites, il ne faut pas non plus exclure des actions de type terrorisme, malveillance ou même de simple négligence.

Si un beau matin, les autorités annonçaient une fuite ou une contamination radioactive près de chez vous, vous sentiriez-vous prêt à affronter cet évènement ? Si un matin, vous découvriez par vous-même qu'un évènement nucléaire ou radiologique avait eu lieu, auriez-vous les ressources pour y faire face ?

Lorsque vous aurez parcouru la partie technique de ce livre relative aux risques nucléaires et radiologiques, vous serez à même de comprendre les dangers auxquels vous pouvez être confronté et, immédiatement, vous poser ces questions élémentaires :

- Quelle est la nature de la source ? Où se trouve-t-elle et sous quelle forme ?
- Quels types de rayonnements sont en cause ?
- Quel est le mode d'exposition ?

Comme nous le verrons dans la partie « Évènement NRBC : Comment réagir et se protéger », la réponse à ces questions permettra de prendre les mesures adaptées. En attendant, nous vous proposons de lire dans le chapitre qui suit différents scénarios qui seront décrits puis analysés afin de vous aider à vous représenter les risques encourus.

4. Scénarios

« Seul le danger mortel est incolore. »

– Vladimir Nabokov, écrivain russe (1925-1977)

Irradiation à distance

Fiction.

Assis, le visage collé à la fenêtre du TER, Frédéric regardait le paysage défiler en silence, les traits songeurs et fatigués. Tout n'était pas parfait, mais au moins, depuis qu'il avait trouvé ce CDD de six mois sur un nouveau chantier, il se sentait soulagé. Certes, le rythme de travail était soutenu ; cependant, l'intérêt majeur était d'apprendre un métier assez recherché et dans lequel il pourrait se spécialiser : soudeur !

L'annonce de la gare prochaine le tira de son état léthargique. Il s'éveilla doucement à la réalité, se leva, puis se dirigea vers la porte de sortie. Une fois dehors, il respira un grand coup. Comme à son habitude, depuis deux mois maintenant, il se dirigea vers la place où l'attendait Stéphane, son camarade et chef d'équipe.

« Salut Stéphane, lança-t-il en pénétrant dans le 4x4 de l'entreprise.

– Bonjour, Fred. Comment ça va aujourd'hui ? En forme ?

– A priori, oui. J'espère juste que tu ne vas pas me demander l'impossible, comme d'habitude !

– Rien d'insurmontable, ne t'inquiète pas ! Une équipe a vérifié les conduites de gaz cette nuit. Apparemment, il y aurait une faiblesse au niveau d'une soudure. Il faudra que tu jettes un œil en arrivant... et que tu me ré pares ça, bien entendu !

– Une seule faiblesse sur tout l'ensemble ? Mes camarades et moi avons fait du bon boulot. C'est plutôt pas mal pour des débutants.

– Ouais, mais on est quand même en retard sur le programme. Va falloir s'activer un peu.

– Évidemment, le contraire m'eût étonné. »

Après être arrivé sur le chantier, Frédéric s'équipa, prit son matériel, puis se dirigea vers les sous-sols. Suivant le chemin compliqué tracé par les lampes installées pour l'occasion, il avança ainsi pendant plusieurs minutes dans le labyrinthe formé par les tuyaux.

Au bout de son parcours, quelque chose attira son attention : une petite pièce métallique luisait dans le noir.

Curieux, Frédéric s'en approcha, puis s'en saisit. Il n'avait jamais rien vu de tel. Qu'est-ce que cela pouvait bien être ?

Qu'à cela ne tienne, il s'en soucierait plus tard. Il mit l'objet dans sa poche, puis continua sur trois ou quatre mètres, jusqu'à atteindre l'endroit où se trouvait la soudure défectueuse. Conscieusement, il déballa son matériel, puis, après un rapide examen, commença sa réparation. Le tuyau était difficile d'accès, mais après une demi-heure à batailler, Fred se redressa le sourire aux lèvres.

Il était fier de son travail. Il deviendrait un bon soudeur !

Satisfait, il retrouva Stéphane pour lui annoncer que tout était dorénavant en ordre. Prenant par la même occasion ses nouvelles instructions, il retourna sur le chantier et termina sa journée sans encombre.

Une fois rentré dans son appartement, Frédéric enlaça son amie Jamie, fit un petit câlin à leur garçon de 18 mois, puis fila à la douche.

De désagréables maux de tête l'accablaient désormais. En outre, une douleur lancinante le gênait au niveau du bas du dos. Une rougeur apparaissait d'ailleurs sur le haut de sa fesse droite. Demandant à Jamie d'examiner sa lésion, ils finirent tous deux par conclure qu'il s'agissait d'une piqûre d'insecte. Rien d'étonnant dans les sous-sols où il travaillait !

Laisant ses affaires dans le bac de linge sale, Fred rejoignit ensuite sa famille à table pour le dîner. Après avoir mis au lit leur petit garçon, puis passé une soirée tranquille, le couple se coucha de bonne heure.

Pourtant, une heure plus tard, alors qu'ils venaient à peine de s'endormir, ils furent réveillés par quelqu'un qui sonnait avec insistance à la porte.

Frédéric se leva et alla ouvrir.

Surpris, il constata qu'il s'agissait de Stéphane et d'un autre homme qu'il ne connaissait pas.

« Bonsoir, lança le contremaître. Je suis désolé de te déranger à cette heure, mais j'ai vraiment besoin de savoir si tu n'as rien ramassé sur le chantier aujourd'hui ?

– Quelle étrange question ! Qu'as-tu en tête exactement ? Je peux t'assurer que je n'ai rien volé !

– Non, ce n'est pas ce que je veux dire. En fait, l'équipe de nuit vient de se rendre compte que la source radioactive de notre gammagraphe est manquante. Nous avons passé la soirée à la chercher, mais elle n'est plus sur place. Nous supposons que quelqu'un l'a ramassée par accident. »

Immédiatement, Frédéric se rappela la petite pièce métallique qu'il avait mise dans sa poche arrière le matin même.

« Attends une seconde, dit-il avant de se diriger vers la salle de bain. »

Il revint avec l'échantillon incriminé en main.

« Jetez-moi ça par terre, dans le coin là-bas ! Tout de suite ! Ordonna soudain l'inconnu d'une voix forte. »

Frédéric obtempéra tout en lançant un regard interrogateur aux deux hommes.

Au même moment, attirée par le bruit, Jamie fit son apparition dans la pièce.

« Tout le monde dehors ! Continua l'individu.

– Mon fils est dans la chambre, argua la jeune femme.

– Prenez-le et sortez de l'appartement sans perdre de temps, s'il vous plaît. »

Jamie s'exécuta et saisit son enfant dans ses bras avant de suivre le groupe jusqu'à l'extérieur.

« Pouvons-nous savoir ce qu'il se passe ? Lança-t-elle

– Votre mari a rapporté une source radioactive chez vous.

– Et alors ?

– Il est probable qu'il ait été irradié. Il en est éventuellement de même pour votre enfant et vous-même...

– Irradié ? Mais, nous n'avons rien senti !

– C'est normal. Ces rayonnements ne sont pas perceptibles par les sens humains. C'est bien le problème... De toute manière, je préviens les autorités, ainsi que les spécialistes de l'hôpital Percy. Stéphane va vous emmener consulter dès ce soir. »

Frédéric lança des regards inquiets à son épouse.

« Que risquons-nous ? Demanda-t-il.

– Je pense que les médecins sont les mieux à même de vous répondre. Ils vont réaliser quelques analyses et devraient pouvoir rapidement estimer les doses que vous avez reçues.

– Et pour notre appartement ?

– Je reste sur place et je m'occupe de tout. Une équipe spécialisée sera là dans dix minutes. La source va être mise dans un conteneur, puis transférée dans un lieu sûr.

– Nous pourrions de nouveau y retourner ?

– Oui, bien sûr. Une fois la source retirée, il ne devrait plus y avoir aucun danger.

– Dans ce cas, suivez-moi ! Intervint Stéphane. Plus vite nous serons à l'hôpital, plus vite les médecins vous prendront en charge. »

Le lendemain, après une nuit complète d'examens, Frédéric se sentait vraiment épuisé.

Il jeta un coup d'œil à son épouse et à son petit garçon qui dormaient sur le lit à côté du sien.

Il sourit.

Pourtant, l'inquiétude le rongait. Les prises de sang, le passage dans des machines dont il ne soupçonnait même pas l'existence n'avaient fait qu'ajouter à son anxiété.

En outre, il ne se sentait pas bien du tout. Nausées et maux de tête ne le quittaient plus...

Soudain, le bruit d'une discussion se rapprochant et le claquement de pas sur le carrelage résonnèrent dans le couloir.

Frédéric espérait qu'il s'agissait du professeur en charge du dossier. Tout à coup, son cœur fit un bond dans sa poitrine. Il venait d'entendre son nom !

Il tendit la main et réveilla doucement Jamie. Celle-ci émergea de son sommeil au moment où tout un groupe de médecin entra dans la chambre.

« Bonjour, commença l'homme qui semblait dirigé le petit groupe. Je suis le professeur Damien. J'espère que la nuit n'a pas été trop difficile. Si vous avez besoin de quoi que ce soit, n'hésitez pas à demander au personnel soignant ou à moi-même.

– En fait, nous aimerions surtout être informés sur notre état de santé, glissa Frédéric à voix basse.

– Oui, bien sûr. C'est la raison de ma présence... »

Un lourd silence emplit alors la chambre. Pendant de longues secondes, le médecin laissa son regard errer successivement sur les trois membres de la famille.

« Je viens d'analyser toutes les données... Je crains, malheureusement, que les résultats ne soient pas bons pour tout le monde. »

Ce fut comme si une chape de plomb tombait sur l'assemblée. Frédéric et Jamie osèrent à peine respirer, comme paralysés par l'annonce à venir. D'un côté, ils voulaient connaître la vérité sans tarder, de l'autre, ils en avaient peur.

Finalement, le professeur se tourna vers la femme et son enfant.

« Pour vous, Madame, et pour votre fils, les doses de radiations reçues sont significatives. La bonne nouvelle est qu'elles ne sont pas susceptibles de provoquer de graves dommages. Vous vous sentirez peut-être un peu las dans les jours à venir, mais rien de plus. Si vous le désirez, vous pouvez rentrer chez vous dès aujourd'hui. Il faudra juste venir nous voir une fois par semaine pour effectuer un suivi médical. »

Jamie laissa échapper un soupir de soulagement et serra son fils très fort dans ses bras. Après quelques secondes, elle se tourna vers Frédéric et l'angoisse la submergea.

« Quant à vous, Monsieur, reprit le professeur, les choses sont un peu plus compliquées. Des doses élevées de rayonnements gamma ont traversé votre corps pendant plusieurs heures. De sévères lésions risquent d'apparaître dans les semaines à venir, même si elles sont peu visibles pour le moment.

– Qu'entendez-vous par sévères lésions ? Demanda Frédéric d'une voix faible.

– Dans un premier temps, il est probable que votre rougeur sur la fesse évolue vers une nécrose importante. Vos cellules ont été trop irradiées pour survivre.

– Une nécrose ?

– Je crains qu'un trou ne se forme progressivement dans vos tissus, au plus proche de l'endroit où se trouvait la source radioactive. Il est possible qu'il s'étende jusqu'à éliminer une partie de la fesse.

– Autre chose que je dois savoir ? Demanda Frédéric la gorge serrée.

– Vos douleurs risquent de s'intensifier. De nombreux organes internes ont subi des atteintes conséquentes. Votre système immunitaire est également très affaibli. Il est vraiment impératif que nous vous gardions ici.

– Je ne comprends pas. De simples maux de tête et une rougeur sur la fesse, et vous me dites que je suis dans un état qui justifie une hospitalisation !

– Je suis désolé, mais vous devez prendre conscience que votre cas est très sérieux... Bien plus grave qu'il n'y paraît. Les conséquences de la forte irradiation que vous avez subie ne sont pas encore clairement perceptibles, mais avec le temps, elles le deviendront... Les dégâts sont déjà en place dans votre corps et, petit à petit, vous les verrez apparaître. »

Quatre jours plus tard...

Frédéric écouta le rapport des médecins sans faire de moindre commentaire.

A priori, son taux de globules blancs avait drastiquement chuté. S'il avait bien compris, cela signifiait que son corps perdait sa capacité à se défendre contre les microbes. Toutefois, il ne s'en inquiéta pas trop. Après tout, il était dans un hôpital. S'il devait attraper une infection, il avait à disposition plus de médicaments que nécessaire.

En réalité, ce qui le perturbait le plus était l'énorme cloque sur son postérieur. Celle-ci ne cessait de grossir, jour après jour. Toute sa fesse droite était également gonflée en raison de l'inflammation. En outre, la souffrance qu'il ressentait ne voulait pas le quitter, malgré les antidouleurs qu'il prenait.

Trois semaines plus tard...

Frédéric était las. Son état ne cessait de se détériorer. Il éprouvait désormais une immense fatigue.

Au niveau de son fessier, les choses ne s'arrangeaient pas. La peau avait commencé à peler. Sa chair rougie par l'inflammation prenait par endroits des teintes noires qui ne lui inspiraient pas

confiance du tout... À dire vrai, il vivait un véritable cauchemar. Les médecins ne s'étaient pas trompés dans leur diagnostic...

Trois mois plus tard...

Lorsque Jamie ouvrit la porte et vint déposer un baiser sur sa bouche, Frédéric n'eut pas la force de sourire.

« Bonjour, dit-il d'une voix faible.

– Comment te sens-tu aujourd'hui ?

– Pire qu'hier, malheureusement, murmura-t-il. Pourtant, je ne pensais pas cela possible.

– Et ta jambe ? »

Sans un mot, Frédéric releva lentement le drap et dégagea ses membres inférieurs, allant jusqu'à découvrir le bas de son dos.

Jamie resta pétrifiée. Après quelques secondes, elle ne put s'empêcher de détourner le regard : les médecins avaient continué à nettoyer la plaie et à ôter les tissus nécrosés. Désormais, la moitié de la fesse et du derrière de la cuisse était retirée.

« Ne t'inquiète pas, je suis là. Je serai toujours là ! » Laissa-t-elle échapper dans un chuchotement.

L'homme sentit ses yeux s'embuer, puis quelques larmes coulèrent le long de ses joues. Il y a trois mois à peine, il se réjouissait d'avoir trouvé un nouveau travail. Il s'imaginait devenir un bon soudeur et, pourquoi pas, se spécialiser et opérer sur les plateformes pétrolières. Malheureusement, il avait suffi de quelques heures pour que sa vie bascule. Et pour quelle raison ? Simple-ment parce qu'il avait ramassé une petite pièce en métal, juste une minuscule source radioactive dont il ne savait rien, mais qui provoquerait d'atroces et irréversibles séquelles dans son corps... s'il survivait !

Déprimé, il laissa échapper un profond soupir. Sa fatigue extrême, ses douleurs incessantes n'arrangeaient pas les choses. À bout de force, il parvint tout de même à tourner légèrement la tête vers son épouse et à articuler péniblement.

« Les médecins m'ont annoncé ce matin qu'il fallait m'amputer la jambe et la moitié de la hanche... très probablement, la vessie aussi. »

Une boule se forma instantanément dans la gorge de Jamie. La jeune femme fut incapable de prononcer le moindre mot. D'un geste doux, elle passa la main dans les cheveux de son mari.

Frédéric ferma les yeux : son épouse et son petit garçon étaient les seules choses qui lui donnaient encore la force de continuer à vivre...

Les faits

Cette fiction relate un évènement authentique qui s'est déroulé à Yanango, au Pérou, en février 1999. Si le récit diffère quelque peu de la réalité (localisation, environnement...), il suit toutefois la même chronologie générale et reprend les éléments essentiels de l'incident.

- **Déroulé.**

L'accident s'est produit à la centrale hydroélectrique de Yanango, à 300 km de Lima, le 20 février 1999. Un soudeur de 37 ans, effectuant une réparation en urgence, trouve la source radioactive du gammagraphe ²⁸ au sol et la met dans sa poche arrière, sans savoir de quoi il s'agit. Sa journée de travail terminée, il rentre chez lui (toujours porteur du minuscule objet ionisant) et rejoint sa famille : son épouse et ses trois enfants (18 mois, 7 et 10 ans).

En début de nuit, un personnel de la compagnie détentrice de l'appareil de radiographie se présente chez lui. Il effectue le tour des employés à la recherche de la source radioactive manquante. Le soudeur, comprenant la nature du problème, récupère la pièce irradiante dans le sac à linge de la salle de bain et la tend à son collègue. Celle-ci est immédiatement mise de côté, puis, tout en respectant un protocole d'urgence permettant de travailler en sécurité, elle est réintroduite dans l'appareil qu'elle n'aurait jamais dû quitter.

L'alerte est transmise aux autorités compétentes nationales, qui rendront compte de cet évènement deux semaines plus tard auprès de l'AIEA.²⁹

²⁸Gammagraphe : appareil destiné à examiner des pièces métalliques grâce à une source radioactive pouvant sortir de son logement le temps nécessaire à l'obtention d'une radiographie.

²⁹ Agence Internationale de l'Énergie Atomique. L'AIEA travaille sous l'égide de l'ONU. Fondée en 1957, son siège se trouve à Vienne (Autriche).

Dès le lendemain, l'employé et sa famille se rendent à l'hôpital de Lima pour y effectuer différents examens. L'homme y sera admis. Après trois mois de soins, la détérioration continue de l'état du patient pousse les autorités à le transférer au centre de traitement des brûlés de l'hôpital militaire de Percy à Clamart, à quelques kilomètres de Paris. Malgré des thérapies faisant appel aux techniques les plus modernes, l'évolution n'est pas satisfaisante.

Six mois après avoir porté la pièce radioactive dans sa poche, le soudeur subit une amputation de la jambe droite. Les multiples complications (infections de toutes sortes, atteintes graves de plusieurs organes, fluctuations importantes du nombre de globules blancs et de plaquettes, nécroses apparaissant en de nouveaux endroits...) contribuent à une dégradation persistante de l'état du patient.

S'enfonçant dans la dépression, le soudeur retourne au Pérou le 17 octobre (environ huit mois après l'exposition à la source), où il prolonge les soins. Sa santé continue malgré tout de se détériorer. Toutefois, la présence de sa famille lui redonne le moral et la force de survivre malgré l'aggravation continue de son état.

- **Conséquences.**

Une personne est hautement irradiée (soudeur). Elle est amputée d'une jambe six mois après l'exposition. Les nombreuses complications finissent par laisser l'individu dans un état critique. L'épouse du soudeur, qui a subi une courte exposition en s'asseyant sur le pantalon de son mari contenant la source, est légèrement irradiée. Une lésion (inflammation, desquamation...) apparaît sur la fesse après deux semaines, puis achève de se résorber après plusieurs mois de soins. Les trois enfants reçoivent de faibles doses qui n'entraînent pas d'effets immédiats visibles.

- **Analyse.**

La pièce incriminée (4 mm de diamètre par 8 mm de long), ramassée par le soudeur, contient de l'iridium 192. Il s'agit d'un radionucléide fortement radioactif, émetteur puissant de rayons

gamma et bêta. Cet élément irradiant se présente sous forme scellée. Ce qui signifie que dans des conditions normales, il ne doit pas occasionner de contamination à son environnement. En revanche, sa capacité à irradier reste intacte. Son activité au jour de l'utilisation est évaluée à 1,37 TBq (37 Ci).

L'AIEA et l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire ³⁰ ont effectué une estimation des doses reçues par le porteur de la source. Les résultats sont assez impressionnants :

Localisation	Doses estimées³¹
Peau (contact de la source)	> 1 000 Gy
Tissus (2-3 cm sous la peau)	100 Gy
Nerf sciatique	25 - 30 Gy
Fémur	20 Gy
Artère fémorale	10 - 15 Gy

Attention ! Il s'agit de doses localisées et non pas occasionnées à l'organisme entier (comme celles présentées dans la figure 8). Au regard des signes cliniques, le lien entre la dose reçue et les dommages engendrés apparaît évident : plus l'irradiation est sévère, plus les effets se manifestent rapidement et sont importants. Dans le cas présent, deux éléments sont primordiaux :

1- La durée de l'exposition

Il est logique que le temps écoulé à proximité de la source irradiante influe sur la dose reçue. Imaginez, par exemple, que vous passez la main au-dessus de la flamme d'un briquet, puis que vous recommencez l'opération en maintenant la position pendant plusieurs secondes : le résultat ne sera bien évidemment pas le même. Le principe est identique lors d'une exposition à une source irradiante. Ainsi, les conséquences sont complètement différentes

³⁰ IRSN : institut qui s'occupe des accidents dus aux rayonnements ionisants.

³¹ D'autres estimations proposent des doses reçues supérieures.

entre le soudeur, qui garde la pièce radioactive plusieurs heures dans sa poche, et son épouse qui s'assied dessus pendant une dizaine de minutes.

2- La distance de la source

Les rayons bêta vont provoquer des dégâts principalement au niveau de la peau, car ils pénètrent peu dans les tissus. En revanche, les rayons gamma vont infliger des dommages en profondeur, puisqu'ils sont capables de traverser le corps entier sans difficulté. Toutefois, la distance reste un élément déterminant : plus la source radioactive est éloignée, moins la dose reçue est importante. Pour s'en assurer, il suffit de comparer les 1000 Gy (évaluation la plus optimiste) au contact de la peau avec, par exemple, les 20 Gy estimés au fémur... Même s'il existe un phénomène d'atténuation des rayons gamma au travers des tissus, l'écart des valeurs s'explique principalement par la variation de distance avec la source. Aussi, après un examen attentif de l'évolution des dommages sur la victime, il s'avère que les dégâts ne se manifestent pas tous au même moment. Les premières lésions se déclarent à l'endroit du contact avec l'élément radioactif et ultérieurement dans les zones éloignées. Cela confirme que, dans le cas de fortes doses, plus le secteur est irradié, plus les effets apparaissent rapidement. À une échelle un peu plus grande, l'influence du facteur distance continue à se faire sentir. Dans l'appartement de la victime, les enfants, qui sont dans la chambre voisine,³² reçoivent des doses négligeables comparativement à leur mère qui s'assied quelques minutes sur la source, alors que celle-ci se trouve encore dans le pantalon de son mari.

Pour conclure, l'incident de Yanango est provoqué par la perte, puis le ramassage d'une minuscule source radioactive d'iridium 192. L'irradiation subie par le porteur est très importante et entraînera des dommages massifs dans son organisme. Tant qu'il conserve l'élément radioactif sur lui, il peut présenter un danger

³² Un autre facteur, celui de la protection due aux écrans (murs), intervient dans ce cas. Cet aspect est développé dans le chapitre « Comment réagir et se protéger ».

pour les autres, dans le sens où les rayonnements (principalement gamma) issus de la pièce en iridium vont impacter les personnes à proximité. Toutefois, dès que celle-ci est retirée, son action cesse et le porteur n'irradie plus. La durée d'exposition et la distance ³³ sont les principaux facteurs à prendre en compte pour un incident de ce type.

Le scénario *DirtyBird*

Le terme de *DirtyBird* correspond au nom de code que les armées donnent au scénario d'un satellite contenant des composants radiologiques (pour sa propre production d'énergie) qui perd de l'altitude, quitte son orbite et retombe sur Terre en dispersant des débris contaminants. Un cas réel s'est déjà produit le 24 janvier 1978 avec la chute sur le territoire canadien du satellite soviétique *Cosmos 954*.

En vue de se préparer, l'armée Suisse a conduit ³⁴ en novembre 2014 une simulation d'un tel scénario, impliquant plus de 1 000 soldats du bataillon de défense NBC-10 en collaboration avec le laboratoire de défense NBC-1 basé à Spiez, une vingtaine d'organisations de premiers intervenants civils dans la région de Genève et environ 150 soldats Allemands de l'école NBC de la Bundeswehr. L'objectif de l'exercice était de tester toute la chaîne de commandement, la mise en place des différents acteurs et des capacités particulières nécessaires pour résoudre un scénario radiologique complexe, ainsi que le bon fonctionnement des procédures et des équipements. L'exercice montra que les éléments de la milice des troupes suisses peuvent être mobilisés rapidement (12h pour les éléments de milice, 24h pour le bataillon NBC 10) et que l'aide étrangère, militaire ou civile, peut être intégrée dans la gestion de crise potentiellement transfrontalière. Il est ainsi établi qu'une bonne collaboration entre organisations civiles – disposant des moyens de traiter des éventuelles personnes contaminées – et les militaires – disposant de matériel de détection, de protection et de décontamination avancés – est l'un des éléments clés de la réussite permettant de limiter la contamination et le nombre des éventuelles victimes.

³³ Lorsqu'un individu veut se protéger du risque d'irradiation, il peut également utiliser les écrans. Voir le chapitre « Comment réagir et se protéger ».

³⁴ Projet D-CH ABC FTX 14, *EclairaGE* – N.4/2015.

Contamination radioactive

Fiction.

Le soleil descendait déjà sous l'horizon et la pénombre commençait à envahir les lieux lorsque les deux amis arrivèrent au niveau de l'entrée latérale du bâtiment.

Alex s'avança le premier, puis, se penchant lentement, examina la porte avec précaution : le verrou avait sauté depuis bien longtemps. Il faut dire que l'hôpital avait rapidement été abandonné après que les pouvoirs publics eurent cessé de payer les employés.

L'homme souffla silencieusement. Il regrettait sa vie de garagiste d'avant la crise... mais que pouvait-il y faire ? Il ne comprenait même pas comment la situation avait pu se dégrader à ce point... et si vite ! Toutes ces choses le dépassaient... Au moins, ces deux dernières années, il avait réussi à sortir son épingle du jeu et à nourrir sa famille convenablement.

Se concentrant de nouveau sur sa tâche, il fit un pas de plus, mais grimaça quand les morceaux de verre crissèrent sous la semelle de sa chaussure.

Il s'immobilisa un instant.

En aucun cas, il ne voulait attirer l'attention et se faire surprendre par des membres du gang local. N'entendant aucun bruit, il effectua un rapide hochement de tête en direction de Sébastien, puis poussa le battant.

Une nouvelle fois, les crissements lui firent froncer les sourcils, mais ce coup-ci, il ne s'arrêta pas. Accompagné de son camarade, il s'enfonça dans le corridor non éclairé, alluma sa lampe frontale, puis fila en direction des escaliers.

Lors de sa dernière visite, il avait repéré un gros appareil en métal ancré dans une salle du sous-sol. Aujourd'hui, il espérait bien pouvoir retirer une bonne partie des pièces pour les revendre au marché noir.

Arrivé à destination, il se mit à sourire : rien n'avait bougé. L'objet de sa convoitise trônait toujours au milieu du local abandonné.

Sébastien et lui sortirent leurs outils de leur sac à dos, puis s'attelèrent à la tâche.

Après une heure d'effort acharné, les deux complices s'arrêtèrent. Ils avaient enfin démonté les différentes pièces qui les intéressaient.

Ne désirant pas rester plus longtemps sur les lieux, ils rassemblèrent leur butin et prirent la direction de leur repaire. Une fois sur place, ils pourraient tranquillement disséquer les parties encore agglomérées.

À peine arrivés dans le minuscule atelier qui jouxtait la maison d'Alex, les deux hommes s'empressèrent de déballer leurs trouvailles et continuèrent à les morceler. Toutefois, après deux heures de travail obstiné, ils durent cesser : la fatigue les assaillait ; de violentes nausées et de terribles maux de tête les accablaient.

Le lendemain, lorsque Alex se leva, il ne se sentait pas mieux. Au contraire, son état semblait avoir empiré. Il faut dire qu'il avait vomit toute la nuit. En outre, ses mains étaient rougies, comme après un coup de soleil.

Aussi, ce fut un grand soulagement lorsque Corinne, son épouse, revint en milieu d'après-midi, accompagnée de Gérard, le pédiatre qui officiait à deux cent mètres de chez eux avant la crise.

Alex sourit en voyant le médecin s'approcher. S'étant mutuellement rendu de nombreux services ces derniers mois, la confiance s'était installée entre eux et de forts liens unissaient désormais les deux hommes.

Diagnostiquant une gastro-entérite, Gérard rassura son ami : d'ici quelques jours, il n'y paraîtrait plus rien. Avant de partir, il répéta toutefois les habituelles consignes de bon sens : bien se laver les mains, ne pas manger ce qu'il ne connaissait pas, prendre garde aux aliments périmés, aux conserves gonflées...

La semaine fut longue pour Alex. Bien que les vomissements aient cessé après le premier jour, il ne put rien avaler. En outre, ses selles étaient teintées de rouge. Heureusement, ses deux petites filles lui redonnaient du courage.

Enfin, après cinq jours de calvaire, les symptômes s'estompèrent petit à petit. Retrouvant lentement son appétit et recouvrant ses forces, il se décida à reprendre sa tâche là où il l'avait laissée.

Passant chercher son ami Sébastien, il fut surpris d'apprendre que lui aussi avait eu des nausées et vomissements. Peut-être

avaient-ils touché de la mort aux rats à l'hôpital ou respiré quelques produits chimiques stagnants dans les sous-sols ?

Enfin, cela n'avait plus guère d'importance désormais. Ils finiraient de démonter les différentes pièces aujourd'hui et les vendraient le lendemain au marché parallèle.

Après une petite heure d'effort, Alex s'exclama soudain. En perçant une capsule métallique, il venait de répandre une fine poudre sur le sol et sur ses outils. Celle-ci luisait d'un bleu profond dans la semi-obscurité de son atelier de fortune.

« Hé ! Regarde ça !

– Jamais rien vu de tel, répondit Sébastien.

– Je pense que nous pourrions nous en servir pour économiser de l'éclairage.

– Oui, quelques pastilles bien placées pourraient en effet s'avérer très utiles. »

Alex afficha alors un large sourire.

« Tu crois que cette poudre a de la valeur ?

– Aucune idée !

– Moi, j'en suis sûr ! Tiens, prends-en un peu.

– Merci, répliqua Sébastien. Essaie de vendre cette mystérieuse poudre, je me chargerai du reste. On verra bien qui rapportera le plus.

– Finalement, on dirait que c'est notre jour de chance ! »

Les yeux brillants, il pensa alors à ses deux petits anges qui l'avaient réconforté quand il se tordait de douleur la semaine passée. Quel cadeau cela leur ferait ! Une peinture phosphorescente bleue nuit pour se maquiller ! Elles allaient adorer.

Trop heureux, Alex abandonna Sébastien, puis fila exhiber son étrange trésor aux siens.

Le soir, il convia une poignée d'amis pour fêter l'évènement. Toutefois, avant le repas, il décida de se reposer un peu. De nouveau, la fatigue le submergeait, les nausées le tenaillaient... Pour couronner le tout, une méchante diarrhée et des douleurs intestinales le reprenaient.

Dans l'impossibilité de se lever, il pria Corinne de bien vouloir l'excuser auprès de ses invités. En effet, sa condition empirant de minutes en minute, il ne pouvait raisonnablement pas se tenir à table ! Incapable de penser tant il se sentait mal, il se glissa dans son lit et passa la nuit entière à trembler et à gémir.

Le lendemain, toujours dans un état déplorable, il demanda à son épouse d'aller vendre la capsule contenant la poudre bleue. Corinne rentra en fin d'après-midi avec un poulet, une botte de carottes, un chou étriqué et... une pièce d'argent ! Quelle excellente surprise !

Son acheteur avait l'intention de fabriquer des bijoux avec la poudre. Bien évidemment, la jeune femme se doutait que l'homme comptait faire un grand bénéfice grâce au matériau luminescent. Cependant, elle restait satisfaite de son opération. Désormais, elle avait de quoi assurer les repas des jours à venir !

À peine rentrée, elle se précipita au chevet de son mari. L'état d'Alex s'était de nouveau aggravé. À priori, c'était plus sérieux qu'il n'y paraissait !

Prenant un peu de la poudre qu'elle avait conservée, elle en posa délicatement du bout du doigt sur la poignée de la porte.

« Même dans le noir, tu pourras trouver les toilettes sans perdre de temps, lui susurra-t-elle à l'oreille. »

Alex acquiesça, puis se remit en boule, les mains serrées contre son ventre.

Pendant les quarante-huit heures qui suivirent, Corinne sentit l'inquiétude s'intensifier petit à petit. Son mari ne guérissait pas. Les nausées, les vomissements, les maux de tête, les diarrhées ne semblaient pas vouloir le quitter. En outre, sa paume avait désormais doublé de volume.

Lorsque, au matin du troisième jour, Gérard sonna à la porte, une partie de son angoisse s'envola comme par enchantement. Elle accueillit l'ancien pédiatre avec soulagement et le conduisit auprès d'Alex.

Après quelques minutes pourtant, une boule lui noua l'estomac. En voyant le visage crispé du médecin, elle comprit que quelque chose n'allait pas.

« Alors ?

– Je ne suis pas sûr. C'est vraiment dommage que je ne dispose pas des moyens de faire une analyse de sang !

– Mais, dis-moi ! Quel est le problème ?

– Alex présente les symptômes d'une irradiation massive ! »

Pendant un instant, Corinne resta bouche bée. Elle avait déjà vu des reportages à ce sujet, il y a plusieurs années de cela. L'histoire

se déroulait près d'une centrale nucléaire qui avait explosé, si ses souvenirs étaient bons.

« Je ne comprends pas, reprit-elle finalement. Comment est-ce possible ?

– Aucune idée. Pour le moment, cela n'est qu'une hypothèse. Je reviendrai demain avec un ami. Il travaillait chez EDF avant. Je crois qu'il pourra nous aider.

– Tu me fais peur. Combien de temps Alex va-t-il rester dans cet état ? »

Cette fois-ci, ce fut Gérard qui garda le silence.

« Alors ?

– Difficile à dire. Avant toute chose, je dois confirmer ou invalider mon hypothèse.

– Que puis-je faire de mon côté pour qu'il aille mieux ?

– Essaie de lui donner des potages. Si ça passe, ça devrait le réhydrater, il en a besoin. »

Le lendemain, Gérard arriva accompagné d'Étienne, son camarade qui travaillait dans une centrale nucléaire par le passé. Lorsqu'il sonna, Corinne vint lui ouvrir d'un pas lent.

« Eh bien, lança-t-il, quelle tête ! On dirait que tu n'as pas dormi de la nuit !

– C'est bien le cas, lâcha la jeune femme. Vomissements et diarrhées ! Je crains qu'Alex m'ait refilé sa cochonnerie...

– Comment va-t-il ?

– Pas d'amélioration. J'ai même l'impression qu'il perd ses cheveux. »

Les deux hommes se lancèrent un lourd regard chargé de sens.

« Bon, ne nous affolons pas. Étienne a apporté un détecteur de radiations. On va vite savoir si mon hypothèse est exacte. »

L'ami de Gérard sortit un petit appareil, semblable à un sèche-cheveux, puis commença à le déplacer doucement devant lui.

En l'approchant des mains de Corinne, un grésillement de plus en plus aigu se fit entendre.

« Qu'est-ce que ça veut dire ? demanda la femme affolée.

– Qu'as-tu touché d'inhabituel récemment ? se contenta de répondre Étienne.

– Rien de particulier... Ah si ! Cette poudre bleue qu'Alex a trouvée dans l'ancien hôpital... »

Corinne se laissa tomber sur sa chaise.

« Oh mon dieu ! susurra-t-elle. Non ! Non, pas ça ! »

Soudain, elle se leva et fila dans la pièce de derrière en criant « Jessica ! »

Quelques minutes plus tard, elle réapparut, une petite fille blonde d'une dizaine d'années à ses côtés. Étienne et Gérard se figèrent en constatant que la gamine avait les yeux, les pommettes et le tour de la bouche teintés de bleu.

« Bon, lança finalement Gérard, la situation est plus grave que je ne le pensais. Où est cette poudre ? Nous devons absolument la mettre de côté.

– Je ne l'ai plus. Je l'ai vendue il y a deux jours...

– Bon sang ! Si cette substance est bien radioactive, elle risque de contaminer tout le quartier !

– Mais, il n'y a rien à faire ? Un coup d'alcool ou de l'eau de javel ? »

Gérard soupira longuement avant de répondre.

« Je ne connais pas la nature du produit, Corinne, mais tout ce dont je puis t'assurer c'est qu'aucun désinfectant n'agira sur lui...

– Alors, pour Alex et pour Jessica...

– Il faut vous emmener sans perdre de temps dans un centre hospitalier encore en fonctionnement.

– Tu sais bien que nous ne pourrons pas payer, ils ne nous laisseront même pas rentrer.

– Le mieux serait de les faire venir, intervint Étienne. Sinon, vous risquez de contaminer les urgences. »

De nouveau, le silence emplit les lieux.

Gérard se redressa alors, puis sortit une paire de gants latex de sa poche et un masque de chirurgical.

« Je vais examiner la main d'Alex plus attentivement, lança-t-il d'une voix sèche. »

En s'approchant de son ami, il sentit ses yeux s'embuer. Les souvenirs de ses cours sur les contaminations et irradiations lui revenaient soudainement à l'esprit.

Le cœur serré, il réalisa doucement l'ampleur des dégâts. D'ici deux ou trois semaines, il faudrait certainement amputer Alex, dans le meilleur des cas au niveau du coude. Toutefois, cela ne changerait rien aux dommages déjà causés aux organes internes.

La dose de radiation subie semblait être vraiment importante, et, a priori, au-dessus de toute rémission possible.

Gérard sentit son cœur se geler. S'il voyait juste, son ami allait mourir sans que personne ne puisse rien y faire.

Doucement, il s'assit sur le bord du lit. D'un geste lent, il tourna la tête et croisa le regard d'Alex. Celui-ci, malgré sa souffrance, comprit immédiatement le sort qui l'attendait.

Pendant une longue minute, aucun des deux hommes ne bougea, puis finalement Gérard se leva. Il ne parvenait pas à trouver les mots pour réconforter son ami. Qui allait nourrir cette famille, si le père venait à trépasser ?

Son esprit continuant d'analyser la situation malgré lui, le pédiatre réalisa alors avec effroi l'ampleur du désastre : il n'y avait pas seulement Alex qui était irradié et contaminé, mais aussi Corinne, Jessica et très certainement leur deuxième petite fille. Avec toute la poudre que les gamines avaient eue sur les doigts et le visage, la quantité incorporée risquait de leur être fatale. Sans oublier Sébastien, l'éternel compère, qui devait de son côté avoir disséminé sa part de substance radioactive.

Gérard serra la main de son ami dans la sienne. Il venait de comprendre que le quartier entier était condamné. Cette maison était irrécupérable, comme celle du mystérieux acheteur et d'autres encore... Bientôt, la nouvelle d'une contamination radioactive se répandrait comme une traînée de poudre et des mouvements de panique s'empareraient de la population. Des centaines de personnes seraient mises en quarantaine, d'autres simplement assassinées... la peur provoquait ce genre de réactions... il le savait, il l'avait déjà vécu !

Gérard ferma les yeux lentement comme pour chasser ses souvenirs et ses visions apocalyptiques... sans succès.

Désormais, une chose était sûre... ce quartier, qui avait réussi à s'organiser et survivre à la grande crise économique, allait tomber dans le chaos le plus total.

Les faits.

La fiction relatée précédemment est tirée de l'évènement réel qui s'est produit à Goiânia, au Brésil, en septembre 1987. Bien évidemment, l'environnement n'étant pas le même, des différences existent entre les deux versions. En outre, le but avoué du récit est

de mettre l'accent sur les points essentiels et non pas de réaliser une synthèse exhaustive de l'incident majeur de Goiânia.

- **Déroulé.**

En 1985, un institut privé de radiothérapie déménage vers de nouveaux locaux. Suite à un litige devant les tribunaux, certains matériels restent en attente dans l'ancien bâtiment.

Le 13 septembre 1987, deux individus pénètrent dans l'édifice, s'emparent de l'unité de thérapie à base de césium, puis la transportent chez eux en vue de la démanteler. Dès le premier soir, tous deux sont sujets à vertiges, vomissements, puis diarrhées.

Le 18 septembre 1987, après avoir réussi à libérer la capsule de césium, ils vendent l'ensemble à un ferrailleur habitant à proximité. Ce dernier, très excité, invite famille et amis pour leur montrer sa nouvelle acquisition.

Le 25 septembre, la matière radioactive et les accessoires qui l'entourent sont cédés à un autre marchand.

Le 29 septembre 1987, l'épouse du premier ferrailleur, voyant que tout le monde tombe malade, récupère la poudre bleue phosphorescente et l'apporte à l'hôpital. La substance est mise à l'écart, puis analysée le lendemain. Le résultat est sans appel et confirme la forte radioactivité du matériau. Il est cependant trop tard pour empêcher la contamination de se répandre en ville.

En effet, trois jours après avoir été volée dans le local désaffecté, la source fut percée et commença à fuir. À partir de ce moment, la poudre de césium fut éparpillée de part et d'autre. De plus, le phénomène s'amplifia lorsque la capsule fut complètement ouverte une fois en possession du premier ferrailleur.

- **Conséquences.**

Quatre personnes décédées : la fille du frère du ferrailleur, âgée de 6 ans, succombe à une infection généralisée le 23 octobre 1987, soit un mois après avoir ingéré un peu de poudre de césium en mangeant son sandwich ; l'épouse du ferrailleur décède le 23 octobre 1987 à l'âge de 37 ans ; deux des employés du ferrailleur (18 et 22 ans), dont celui qui parvint à ouvrir entièrement la capsule,

meurent au cours du mois d'octobre 1987.

Tous ont présenté des lésions similaires : gonflements de certaines parties du corps, hémorragies internes, perte des cheveux, problèmes respiratoires et atteintes du système lymphatique... Après étude diligentée par les autorités brésiliennes, il s'avère que 46 personnes subirent des doses élevées. Bien que « seules » 4 d'entre elles décédèrent, 20 autres montrèrent des symptômes dus à une irradiation et nécessitèrent un traitement.

Le ferrailleur, quant à lui, reçut la dose extrême de 7 Gray et y survécut. Toutefois, il sombra ultérieurement dans la dépression et l'alcoolisme et mourut d'une cirrhose en 1994.

L'individu qui fut le premier à démanteler l'appareil dans l'ancien hôpital vit une brûlure se développer sur sa main, puis celle-ci se mit à enfler. Un mois plus tard, il fallut lui amputer le bras.

Dès que les autorités eurent connaissance de l'accident radiologique, des contrôles de contamination furent effectués : 112 000 personnes furent contrôlées et 249 s'avérèrent porteuses de contamination externe et/ou interne ; 85 maisons s'avérèrent fortement contaminées (7, jugées irrécupérables, furent entièrement démolies ; les gravats et la terre en résultant déplacés hors de Goiânia) et 200 habitants furent évacués ; au total, 3 500 m³ (l'équivalent de 275 camions) de déchets contaminés furent extraits, puis transportés dans une zone de dépôt à 20 km de la ville.

L'impact psychologique et les mouvements de foules sont également des éléments majeurs à prendre en compte. Par exemple, des émeutes éclatèrent lors de l'enterrement de la petite fille de 6 ans quand 2 000 personnes tentèrent d'empêcher la mise en terre (et ceci bien que le cercueil fut renforcé et étanchéifié).

Au final, il apparaît évident que les conséquences d'un tel évènement sont désastreuses. Pourtant, dans le cas de Goiânia, la rapidité d'action des autorités et l'aide internationale (envoi d'experts et de matériels) ont permis de « limiter les dégâts ».

Attention toutefois à bien garder en tête que cet accident de

classe 5 sur l'échelle INES, résulte d'irradiations et de contaminations dues à seulement 93 g de césium 137. Imaginez les conséquences dans un pays livré au chaos (guerre civile, effondrement économique...) où aucune autorité ne prendrait en compte ce type d'accident. Sachant que le césium 137 a une demi-vie d'environ 30 ans, c'est à dire que son activité diminue de moitié tous les 30 ans, il continuerait potentiellement à irradier une population ignorant ce danger.

Analyse.

La source à l'origine de l'accident servait initialement aux traitements des cancers par radiothérapie à l'hôpital de Goiânia. Il s'agit de :

- 93 g de césium 137 (sous forme de poudre de chlorure de césium) ;
- contenus dans une capsule (source scellée) protégée par un bouclier de plomb et d'acier ;
- d'une activité totale de 50,9 TBq (= 1375 Ci) au moment du vol.

Le césium 137 est fortement émetteur de rayonnements gamma et bêta. Dans le cas de Goiânia, le débit de la source à 1 mètre était de plus de 4,5 Gray/h. Au cours du vol et de la tentative de démantèlement de l'instrument de radiothérapie, l'opérateur reçoit des doses massives de rayons gamma (les bêtas étant arrêtés par l'enveloppe métallique³⁵). Celles-ci sont d'autant plus importantes que la distance est faible. Par exemple, la dose reçue à 10 cm de l'élément radioactif est 100 fois supérieure à celle recueillie à 1 mètre.³⁶

Dans le cas de l'individu qui désassemble la capsule, alors qu'elle se trouve encore dans l'appareil, ce facteur prend toute sa dimension. En effet, sa main se retrouve au plus proche de la source pendant le temps du démontage. C'est pourquoi les premiers

³⁵ Afin de ne pas alourdir le raisonnement, l'éventuel rayonnement de freinage (produisant des rayons X) n'est pas pris en compte.

³⁶ Voir le chapitre « Comment réagir et se protéger ».

symptômes visibles (rougissement, puis gonflement des doigts et de la paume) apparaissent à cet endroit. Toutefois, même si la quantité de rayons gamma est maximale au niveau de l'extrémité de ses membres supérieurs, le reste du corps est aussi irradié par de fortes doses. Les vomissements, maux de tête et diarrhées en sont la conséquence directe.

À ce facteur distance s'ajoute bien évidemment la durée d'exposition. Plus le temps passé à proximité de la source est important, plus la dose reçue augmente. Comme décrit précédemment, ces deux notions sont capitales dans le cas d'une irradiation externe.

Concernant l'incident de Goiânia, cependant, d'autres phénomènes entrent en jeu à partir du moment où la capsule est ouverte et la poudre de césium répandue. Les rayonnements bêta, qui, jusqu'à présent, restaient confinés dans leur enceinte métallique, s'ajoutent désormais aux rayons gamma. Ceux-ci accentuent les dégâts (principalement les brûlures radiologiques au niveau de la peau) pour toutes les personnes qui demeurent dans leur zone d'influence (quelques mètres dans l'air), d'autant plus sûrement que la distance est courte.

Imaginez donc les dommages supplémentaires causés dans les cas d'utilisation de la poudre comme maquillage... Les personnes se contaminent elles-mêmes avec des matériaux hautement radioactifs !

Néanmoins, ce phénomène peut devenir bien plus critique : il suffit pour cela que les particules pénètrent dans l'organisme pour provoquer davantage de dégâts. Par exemple, en cas d'ingestion, elles vont passer par la bouche, la trachée, l'estomac, les intestins... Au cours de ce trajet, une partie plus ou moins importante de la substance radioactive (selon la nature du composé) est alors absorbée, lui permettant de continuer ses ravages : foie, reins, sang, moelle osseuse... En outre, il n'y a plus rien pour arrêter ou atténuer les rayonnements : plus de peau protectrice, distance quasi nulle, durée d'exposition élevée. Tout est réuni pour provoquer un maximum de dégâts.

L'exemple de la jeune fille de six ans est accablant. Il a suffi d'une quantité infime de poudre dans le sandwich qu'elle mangeait pour que l'issue lui soit fatale ! Bref, vous le comprenez, la contamination interne est absolument à éviter.

Malheureusement, dans la plupart des cas, les substances radioactives sont invisibles à l'œil nu. Sans appareils de détection adaptés, il est impossible de savoir si quelqu'un est contaminé ou non. Toute personne ayant été en contact avec des matériaux émetteurs de rayonnements ionisants (sous forme de sources non scellées) peut alors facilement transmettre, bien malgré elle, ces éléments dangereux à son entourage. Les occasions sont multiples : serrer la main, faire la bise, toucher un proche qui est malade... Pire encore, les contacts indirects et involontaires permettent une propagation bien plus sournoise. Il suffit pour cela de s'asseoir dans le bus, d'ouvrir une porte, de s'appuyer sur la rambarde d'un escalier mécanique... après qu'un individu contaminé est passé.

La radioactivité étant impossible à éradiquer par des moyens chimiques (eau de javel, antiseptiques, acides...), la décontamination d'une zone ou d'une personne se fait par retrait de toute trace de substance radioactive. L'incident de Goiânia montre à quel point elle est difficile à accomplir : 93 grammes de césium ont engendré une contamination qui a nécessité l'évacuation de 275 camions de déchets et la destruction de 7 maisons...

Il se peut également que, sur certains champs de bataille – de plus en plus souvent urbains, les contaminations radiologiques soient causées par des résidus d'obus antichar à haute vitesse (120mm, 30mm, etc.) à pointe en uranium appauvri qui, pulvérisés par le choc, ont éparpillé dans la nature des éléments contaminants. Cet uranium appauvri est bien moins dangereux que le plutonium par exemple, mais peut avoir des effets terribles sur les populations ignorant le danger, comme on a pu l'observer en Iraq, en Serbie, au Kosovo, en Afghanistan et en Libye.

5. Les centrales nucléaires

« Il n'y a pas d'alternative plausible à l'énergie nucléaire si nous voulons sauver la civilisation. »

– James Lovelock, scientifique et écrivain britannique

Au regard de la complexité de l'accident majeur qui illustre cette partie, il nous a semblé désormais utile de remplacer la fiction par un chapitre apportant des précisions sur les centrales nucléaires. En outre, la description de l'évènement tragique de Fukushima se suffit à elle-même tant elle est éloquente.

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE).

La description détaillée du fonctionnement d'un centre nucléaire de production d'électricité dépasse bien entendu la portée de cet ouvrage. Toutefois, quelques éléments sont présentés infra afin de permettre une meilleure compréhension des phénomènes en jeu et des éventuels risques encourus.

Contre toute attente, le principe de fonctionnement d'un CNPE ³⁷ n'est pas fondamentalement différent des premières centrales thermiques au charbon construites au début du XX^e siècle. Il s'agit de chauffer un liquide dans le but de générer de la vapeur et d'entraîner une turbine sur laquelle sont montés des alternateurs. Bien que cela puisse paraître réducteur, cette dernière étape est semblable (sur le principe tout au moins) à celle reproduite dans la dynamo de votre vélo pour faire fonctionner votre lampe.

³⁷ Par la suite, le terme plus simple (mais impropre du point de vue des puristes) de « centrale nucléaire » sera utilisé.

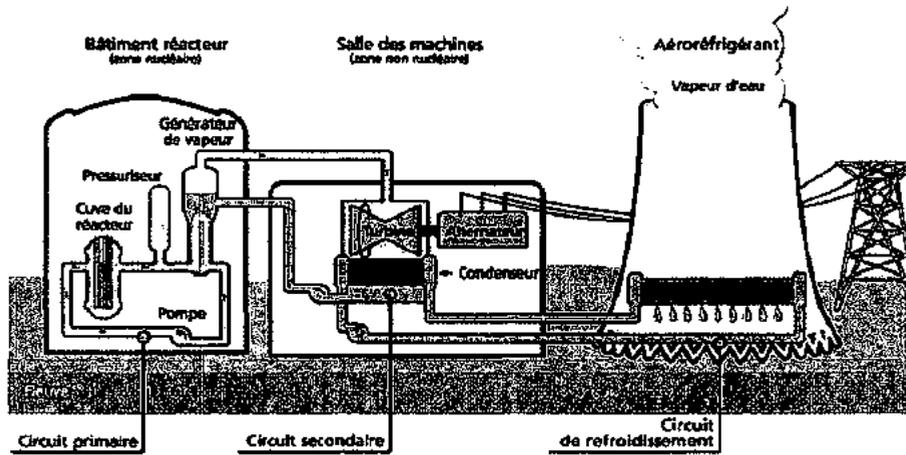


Figure 9 – Schéma du fonctionnement d'un Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE)

Toutefois, les différences sont multiples, notamment la puissance développée, la démesure des systèmes et édifices, ainsi que le type de « carburant » consommé. Là où vos jambes font le nécessaire pour faire tourner la roue, ici un combustible renfermant un potentiel énergétique colossal est utilisé pour transformer l'eau en vapeur et entraîner les turbines. Ce « carburant » a, incontestablement, des propriétés très particulières. Il doit permettre de créer une réaction nucléaire de fission, c'est-à-dire que les atomes vont se scinder et devenir d'autres éléments (pour la plupart radioactifs) tout en produisant une quantité d'énergie considérable. Bien évidemment, contenir un tel phénomène dans des conditions de sécurité optimales n'est pas tâche facile. Il faut contrôler la réaction nucléaire elle-même, confiner la radioactivité, mais également assurer le refroidissement de l'ensemble (lorsque l'on voit les nuages de vapeur qui sortent des tours aéroréfrigérantes, on comprend qu'il ne s'agit pas d'une mince affaire). D'autres contraintes se font aussi sentir, comme la gestion de l'approvisionnement en combustible et l'évacuation des déchets...

Afin de rendre la réaction nucléaire de fission efficace et plus aisément contrôlable, de nombreux concepts de CNPE ont vu le jour, dont certains encore utilisés actuellement. Ainsi, en fonction

de la filière choisie, il existe des différences dans la composition du combustible, la nature du modérateur (qui ralentit les neutrons et augmente l'efficacité de la réaction) et du caloporteur (qui transporte la chaleur) ...

Les combustibles nucléaires.

La réaction de fission existant au sein d'un réacteur nucléaire reproduit le schéma suivant : un atome se scinde, créant de nouveaux éléments (produits de fission radioactifs) tout en libérant plusieurs neutrons, des rayonnements alpha, bêta et gamma, ainsi qu'une énorme quantité d'énergie

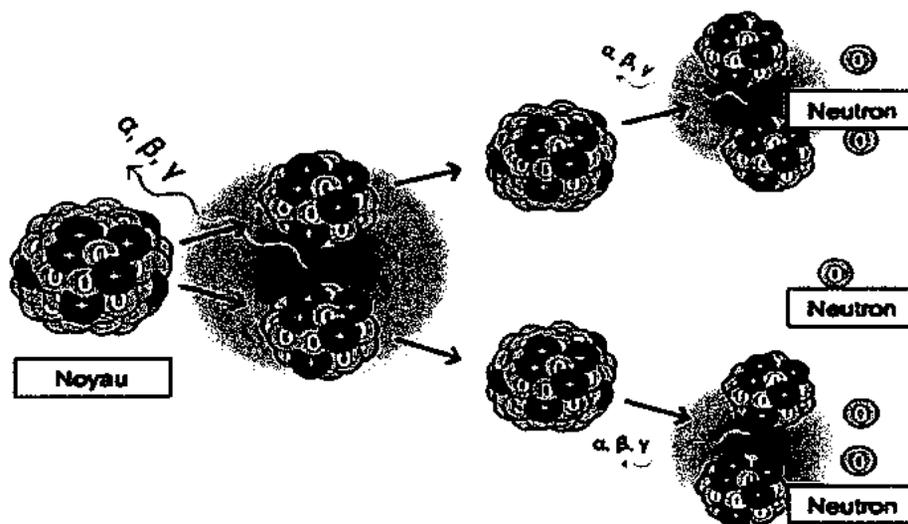


Figure 10 — Processus de fission

Le combustible exploité dans les centres nucléaires de production d'électricité est constitué d'éléments fissibles (qui peuvent spontanément se scinder et reproduire la réaction décrite supra) et d'éléments fertiles, c'est-à-dire qui ont la capacité de capter un ou plusieurs neutrons pour devenir à leur tour fissibles et continuer le processus de fission, d'où le nom de réaction en chaîne.

L'uranium naturel, par exemple, est composé à 99,3 % par l'isotope ^{238}U et à 0,7 % par l'isotope ^{235}U . L'uranium ^{238}U est fertile, alors que l'uranium ^{235}U est naturellement fissible. Certaines filières peuvent consommer de l'uranium naturel, mais la plupart utilisent de l'uranium enrichi,

c'est-à-dire que le pourcentage d'élément fissile (^{235}U) est augmenté (généralement de 3 à 5 %). Cette opération d'enrichissement n'est pas aisée et demande un savoir-faire technique que seule une poignée de pays maîtrise dans le monde.

Une classification se fondant notamment sur la famille du caloporteur décrit différentes filières. Celles actuellement en fonctionnement peuvent majoritairement être regroupées dans la liste suivante :

- Les réacteurs graphite-gaz.
- Les réacteurs graphite-eau ou RBMK (du russe « *Reaktor-BolshoyMoshchnostiKanalnyy* »). C'était le cas de Tchernobyl.
- Les réacteurs à eau ordinaire :
 - Réacteurs à eau pressurisée (REP). Il s'agit de la filière en usage en France pour l'ensemble du parc d'EDF (58 réacteurs actuellement en service).
 - Réacteurs à eau bouillante (REB). Technologie utilisée pour la centrale de Fukushima.
- Les réacteurs à eau lourde (CANDU).

Cette liste n'est pas exhaustive et l'évolution constante des technologies ouvre la voie à de nouveaux concepts. Actuellement, ces différentes filières emploient des combustibles variés tels que l'uranium naturel, l'uranium enrichi ou encore le MOX (*Mixed OXide fuel*).

Il est intéressant de noter qu'après la fin du *Manhattan Project*,³⁸ il y a eu un foisonnement d'idées et de concepts dans le but de créer des CNPE. La plupart de ces études ont d'ailleurs mené à la construction de prototypes.

Puis, de la même manière que l'évolution naturelle a sélectionné les espèces les mieux adaptées à leur survie, seules ont perduré les technologies offrant les résultats les plus probants et présentant le minimum de risques et de contraintes techniques.

³⁸ Projet secret lancé par les États-Unis, le Royaume-Uni et le Canada en 1939. Il permit de créer la première bombe atomique.

Néanmoins, il apparaît aujourd'hui évident que toutes les filières ne sont pas équivalentes du point de vue de la sûreté de fonctionnement. L'exemple de Tchernobyl a montré, par le passé, qu'un incident majeur pouvait impacter l'ensemble de la planète. De même, la centrale de Fukushima, pourtant réputée plus sûre, illustre le fait, d'une manière malheureusement dramatique, que le risque zéro n'existe pas.

Ces accidents, ainsi que ceux de moindre gravité, ont permis et permettent toujours de faire évoluer la législation et la réglementation qui régissent ce type de structures. En conséquence, les règles de sûreté et de sécurité se font plus strictes ; les contraintes techniques deviennent de plus en plus lourdes. Néanmoins, tous les pays et constructeurs n'avancent pas à la même vitesse. Il faut admettre que les enjeux financiers et politiques sont colossaux. Il peut parfois être « avantageux » de sacrifier des mesures de prévention des risques ou de promouvoir des concepts dépassés afin de pouvoir annoncer un prix plus bas.

Assemblage de combustible Cas des centrales nucléaires françaises.

L'uranium enrichi utilisé comme combustible (sous forme d'oxyde d'uranium UO_2) est compacté en pastilles d'un diamètre inférieur à 1 cm. Celles-ci (entre 265 et 300) sont ensuite empilées dans des tubes en zirconium et forment les crayons de combustible, dont la longueur varie entre 4 m et 4,80 m selon la puissance du réacteur. Ces crayons sont alors regroupés autour de tubes guides et constituent un ensemble appelé « assemblage de combustible » dans lequel les barres de contrôle³⁹ viennent s'insérer. 264 crayons sont nécessaires pour obtenir un assemblage complet et entre 157 et 205 de ces derniers alimentent le cœur. Finalement, en considérant qu'une pastille contient 8,3 g d' UO_2 , la masse moyenne de combustible présente dans un réacteur peut être évaluée de l'ordre de la centaine de tonnes.

³⁹ Encore appelées barres de commande, elles sont constituées de matériaux qui vont absorber les neutrons. Elles peuvent coulisser et s'insérer au sein des barres de combustible et ainsi limiter, voire arrêter la réaction en chaîne.

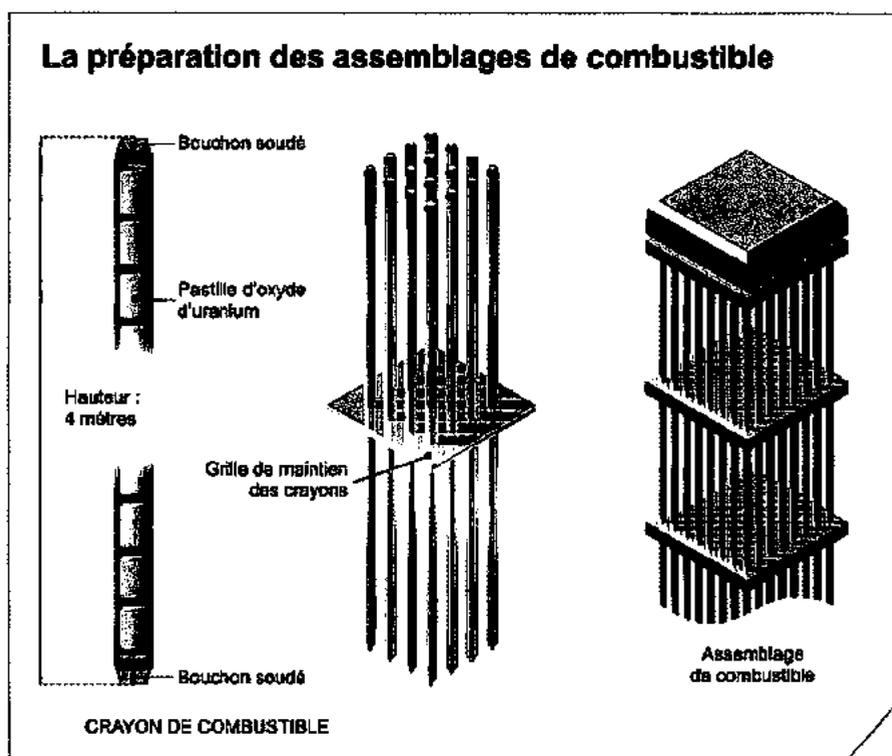


Figure 11. — Assemblage de combustible.

Lorsqu'un assemblage est utilisé, il contient encore de la matière fissile initiale (moins de 1 % d'uranium ^{235}U), du plutonium nouvellement créé et nombre de composés hautement radioactifs. Le combustible utilisé est alors mis en attente pendant plusieurs années dans la piscine d'entreposage afin de lui laisser le temps de refroidir et permettre aux éléments ionisants de faible demi-vie de diminuer. Il est ensuite traité⁴⁰ dans le but de récupérer de l'uranium 235 et du plutonium (lorsque la filière MOX est opérante), puis de classer les résidus en fonction de leur activité et de leur décroissance radioactive. Seule une petite partie du combustible utilisé terminera sous forme de déchets ultimes. Cependant, bien que ces produits compactés et vitrifiés ne représentent que 1 % du volume initial, ils resteront à des niveaux de radioactivité extrêmement importants pendant des milliers, voire des millions d'années...

⁴⁰Certains pays ne traitent pas leurs combustibles usés, mais se contentent de les stocker.

Les centrales nucléaires disposent généralement de plusieurs remparts pour empêcher toute fuite ou rejet indésirable. Dans le cas d'un réacteur issu de la filière à eau ordinaire, trois barrières constituent les obstacles physiques permettant le confinement des matières radioactives :

1- La gaine des crayons de combustible (*première barrière*)

Il s'agit d'un alliage de zirconium qui enveloppe de manière étanche les pastilles d'uranium ainsi que les produits de fissions qui en découlent.

2- L'enveloppe du circuit primaire (*deuxième barrière*)

Constituée d'acier inoxydable, elle contient le cœur du réacteur (crayons de combustible) et l'eau⁴¹ qui assure son refroidissement (circuit primaire). Son épaisseur lui permet de maintenir l'étanchéité de l'ensemble malgré les fortes pressions subies (plus de 150 bars).

3- L'enceinte de confinement (*troisième barrière*)

C'est le bâtiment caractéristique des centrales nucléaires, semblable à un dôme. Il contient le circuit primaire avec son enveloppe et représente l'ultime rempart en cas de fuite. Sa structure peut différer selon les modèles : paroi unique de béton couverte d'une peau interne en métal, double paroi de béton comportant un vide intermédiaire...

Les centrales de nouvelles conceptions, comme l'EPR (initialement appelé *European Pressurized Reactor*, puis *Evolutionary Power Reactor*) proposé par le consortium mené par EDF et Areva, apportent différentes améliorations telles que la redondance des systèmes de sûreté ou encore un socle permettant la récupération du corium.⁴² Ce modèle est fondé sur des réacteurs de troisième génération fonctionnant selon le principe de la filière à eau pressurisée.

⁴¹ Dans le cas des réacteurs à eau ordinaire, comme en France ou à Fukushima.

⁴² Nom donné au combustible en fusion provenant de la fonte du cœur d'un réacteur.

3 BARRIÈRES DE SÛRETÉ ENTRE LE COMBUSTIBLE ET L'ENVIRONNEMENT

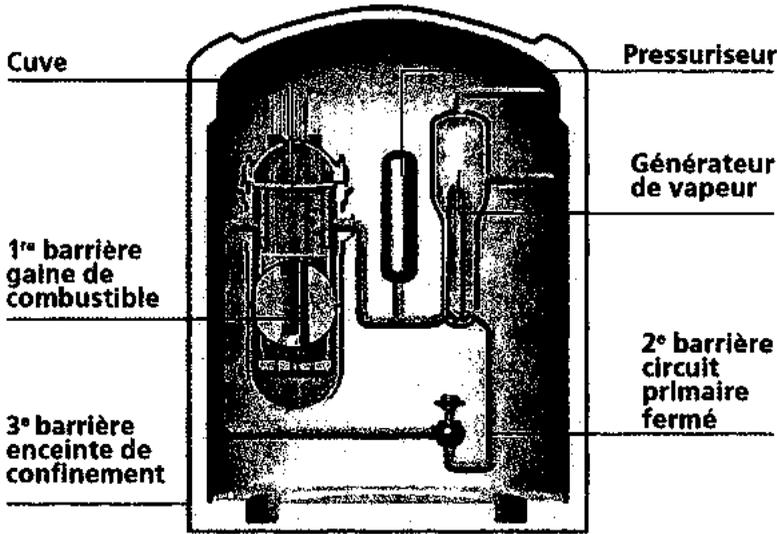


Figure 12.— Les trois barrières de sécurité (Source : EDF).

Fukushima

Le 11 mars 2011 à 14 h 46, un séisme de magnitude 8,9 se produit en mer à l'est de la région du Honshu, la principale île du Japon. Les secousses provoquent l'arrêt automatique des réacteurs nucléaires de la centrale de Fukushima-Daiichi grâce à l'insertion des grappes de commande ⁴³ dans les cœurs.

Le tremblement de terre crée un tsunami d'une puissance exceptionnelle, qui vient dévaster les côtes japonaises. Le bilan humain est terrible et les dégâts sont considérables : près de 20 000 personnes sont tuées ou portées disparues, plus de 300 000 bâtiments sont endommagés ou détruits. Les sans-abri se comptent par dizaines de milliers...

La vague responsable de ce malheur vient frapper la centrale de Fukushima-Daiichi moins d'une heure après le séisme. À cet

⁴³ Aussi appelées barres de contrôle.

endroit de la côte, elle atteint entre 12 et 15 mètres de hauteur (selon les sources). Les murs anti-raz-de-marée mesurant 5,7 mètres sont inefficaces et l'eau envahit avec violence le site, provoquant d'importants dégâts, notamment dans les systèmes de refroidissement. Tout au long de la journée, le personnel de TEPCO,⁴⁴ les services de secours et l'armée travaillent d'arrache-pied pour prévenir toute dégradation de la situation.

Le lendemain matin, TEPCO commence l'injection d'eau dans le réacteur 1. Plus tard, les équipes sont obligées de laisser échapper de la vapeur d'eau dont la pression menace de faire exploser l'enceinte de confinement. En début d'après-midi, des taux de radioactivité jusqu'à huit fois supérieurs aux normes sont détectés aux abords de la centrale, et jusqu'à 1 000 fois supérieurs dans la salle de contrôle. TEPCO annonce que le niveau d'eau de refroidissement dans le réacteur 1 a baissé dramatiquement et qu'une fusion du cœur pourrait être en cours. La compagnie confirme également la présence d'une fuite radioactive vers l'extérieur. En fin d'après-midi, une explosion dévaste le haut du bâtiment contenant le réacteur. Les images prises sur le vif provoquent l'inquiétude du monde entier. Les taux de radioactivité ne cessent de grimper. Douze heures après le début des événements, l'accident est classé au niveau 4 sur l'échelle INES.

Malgré tous les efforts de TEPCO et des services gouvernementaux, la pression dans le réacteur continue de croître et menace d'endommager sérieusement les derniers systèmes de sûreté encore en fonctionnement. Devant la crainte d'une perte de ces éléments, de nouvelles décharges de vapeurs sont autorisées. En soirée, l'exploitant fait injecter de l'eau de mer dans le réacteur pour tenter de compenser le manque. Par la suite, il ajoute aussi de l'acide borique, un composé absorbant les neutrons dans le but de ralentir la réaction en chaîne.

Deux jours après le séisme, c'est au tour du réacteur 3 de subir une défaillance du refroidissement. TEPCO effectue égale-

⁴⁴ TEPCO : *Tokyo Electric Power Company*, la compagnie d'électricité exploitant la centrale.

ment des apports d'eau de mer additionnée de bore et procède à diverses séquences de dépressurisation pour préserver l'intégrité du système. Parallèlement, les informations en provenance du réacteur 1 montrent que la situation empire.

Le lundi 14 mai, soit trois jours après le tremblement de terre, une nouvelle explosion se produit, cette fois-ci au niveau du réacteur 3. Onze personnes sont blessées et de nombreux matériels sont endommagés, notamment ceux qui permettent l'injection d'eau.

La situation continue de se dégrader. En soirée, TEPCO admet qu'une fusion du cœur est en cours dans les réacteurs 1, 2 et 3. En outre, au matin du quatrième jour, une nouvelle explosion se produit. Le réacteur 2 vient de subir un sort identique à ses « voisins », avec une différence majeure toutefois : son enceinte de confinement est endommagée. Malheureusement, la situation n'a toujours pas fini de se détériorer. Le même jour, un incendie se déclare dans la piscine d'entreposage du combustible du réacteur 4, suivi quelques heures plus tard d'une explosion et d'un dégagement massif d'éléments ionisants.

À ce stade, il apparaît évident que la centrale de Fukushima est devenue un château de cartes en train de s'effondrer. Tous les systèmes lâchent les uns après les autres et les niveaux de radioactivité recueillis dans l'environnement ne cessent de croître. Le travail sur place est désormais limité dans le temps, tant les radiations sont importantes et seuls des volontaires sont employés. Dans un rayon de 30 km, les autorités conseillent alors à la population de se calfeutrer dans les bâtiments où elle se trouve en attendant l'ordre d'évacuer. Sur le site, des débits de dose de 400 mSv/h sont mesurés en de nombreux endroits qui deviennent, au regard de la législation, des zones interdites et rendent le travail des opérateurs encore plus difficile.

Sous les yeux du monde entier, la situation continue de montrer des signes inquiétants. Un incendie se déclare dans le réacteur 4 et s'étend à des matériaux radioactifs, parmi lesquels du césium. La fumée qui s'échappe est particulièrement chargée en

particules ionisantes. Le personnel ne pouvant plus s'approcher de certains secteurs, les autorités engagent des hélicoptères pour poursuivre les opérations de refroidissement. Pourtant, ces derniers doivent cesser leurs approches après quelques heures, tant les débits de doses sont élevés.

Au sixième jour, la situation est très loin d'être stabilisée... L'enceinte de confinement du réacteur 3 subit à son tour des dommages importants. Ceci est d'autant plus inquiétant que le combustible alimentant celui-ci est dans ce cas précis composé de MOX. Un peu plus loin, dans la piscine d'entreposage numéro 4, il n'y a presque plus d'eau et la menace d'un nouvel incendie au sein des matières les plus radioactives de la centrale se profile à un horizon très court... Devant la gravité de la situation, l'aide internationale s'organise petit à petit. Plusieurs pays comme la Corée, la France et les États-Unis proposent d'envoyer des hommes et du matériel et chacun prodigue ses « conseils ». Des niveaux de radioactivité anormaux sont détectés aux États-Unis. Un nuage comportant des éléments ionisants fera plusieurs fois le tour du monde. Sur les réseaux Internet, les informations ainsi que les plus folles rumeurs commencent à circuler.

Sur le site, l'opérateur fait tout son possible pour stabiliser la situation. Pourtant, après quatre semaines, les réacteurs 1 et 3 sont toujours dans un état critique. En outre, des fuites d'eau très fortement contaminées sont mesurées. Ces effluents s'infiltrent dans le sous-sol ou ruissellent jusqu'à la mer. Les autorités admettent des taux des millions de fois supérieurs aux normes. De nombreuses tentatives sont effectuées pour essayer de contenir cette radioactivité : pompages, poses de sac de sable... avec des succès mitigés. De toute manière, des opérations de vidanges volontaires se déroulent en parallèle et rejettent les liquides plus ou moins contaminés dans l'océan...

Au début de la cinquième semaine, l'Agence de Sûreté Nucléaire japonaise relève l'accident de la centrale de Fukushima au niveau 7 sur l'échelle INES, soit au même degré de gravité que la catastrophe nucléaire la plus sévère que le monde ait jamais connu,

à savoir celle de Tchernobyl. Les travaux de réparation et les tentatives de refroidissement continuent ainsi pendant des semaines. De nouvelles explosions se produisent encore, des fuites inopinées et des relargages volontaires se poursuivent. De l'eau contaminée (voire extrêmement contaminée dans certains cas) ne cesse de s'infiltrer dans le sous-sol ou de gagner l'océan Pacifique. La moindre opération est un cauchemar et les imprévus n'en finissent pas. Bien que les rejets soient importants et polluent l'air, l'océan et les terres environnantes, la majeure partie de la radioactivité reste pourtant confinée. Début juin, par exemple, le débit de dose dans le réacteur le plus endommagé atteint la valeur considérable de 250 Sv/h.

Un mois après l'accident, la ville de Fukushima, qui se situe à 60 km de la centrale, n'a pas été évacuée. Des taux jusqu'à 500 fois supérieurs à la normale sont cependant mesurés par endroit. Dans la région, les eaux de surface (rivières, étangs...) et les sols sont contaminés. Toutefois, la répartition de la radioactivité est hétérogène. En effet, celle-ci dépend principalement des conditions atmosphériques : la direction et la force du vent bien évidemment, mais également l'emplacement et l'abondance des précipitations (qui entraînent avec elles les éléments ionisants présents dans l'air et créent des dépôts localisés).

Le monde est désormais bien conscient que l'accident de Fukushima a provoqué une large contamination de l'environnement. Il a notamment engendré un nuage radioactif, principalement constitué d'iode 131, de xénon 133 et de césium 137. Aisément mesurable dans tout l'hémisphère nord, celui-ci n'a cependant pas atteint des niveaux de radioactivité suffisants pour s'avérer dangereux pour l'Homme (en dehors du Japon). En revanche, il a entraîné une pollution importante de la région et de l'océan. Ainsi, de nombreux végétaux (thé, épinards, pousses de bambou, champignons), cultivés jusqu'à 450 km de la centrale,⁴⁵

⁴⁵ Exemple : 160 kg de thé en provenance de la préfecture de Shizuoka (450 km de la centrale) ont été saisis à l'aéroport de Paris (Charles-de-Gaulle). Le lot, bien que ne constituant pas une menace sanitaire sérieuse, présentait une contamination au césium de deux fois supérieure à la dose autorisée en France.

ont montré des taux de radioactivité supérieurs aux normales. De même, quantité d'espèces marines (morue, cabillaud, sole, congre, colin d'Alaska) pêchées au nord-est du Japon ont présenté et présentent encore une contamination au césium dépassant les limites autorisées.

Au final, la catastrophe de Fukushima a engendré une pollution massive de l'environnement.⁴⁶ Au Japon, elle a bouleversé la vie de près de 150 000 personnes, entraîné des troubles sociaux et occasionné une dépression de l'économie.

Il est très difficile de déterminer quelle est la part des dégâts imputables au séisme. A-t-il engendré des fissures, détérioré des canalisations, endommagé des systèmes de sûreté ? A priori, il n'est pas le principal responsable de la catastrophe. Quoiqu'il en soit, son action combinée à celle du tsunami qui a suivi, a fini par entraîner un défaut dans le refroidissement des réacteurs. Il n'est pas non plus à exclure que des erreurs humaines aient accéléré le processus de dégradation.

Zones et population évacuées

Le 11 mars 2011 à 20 h 50 (jour de l'accident), les autorités établissent une zone interdite de 2 km autour de la centrale. Elles élargissent celle-ci à 3 km une demi-heure plus tard et demandent à la population de se calfeutrer chez elle dans un rayon de 20 km. Le 12 mars, la zone d'évacuation est portée à 10 km, puis à 20 km en soirée. Le 15 mars, la zone de confinement passe à 30 km. Il faut attendre le 25 mars, soit deux semaines après les faits, pour que des évacuations volontaires (selon les moyens de chacun) soient recommandées par les autorités dans la zone 20-30 km. À l'intérieur de celle-ci, la population est également appelée à se préparer à une éventuelle évacuation obligatoire ultérieurement. Le 22 avril, les autorités ordonnent l'évacuation des secteurs dont la contamination est susceptible de dépasser un débit de dose de 20 mSv/an (certaines villes sont au-delà de la zone des 30 km). Le 16 juin et le 21 juillet, de nouveaux secteurs susceptibles d'entraîner une exposition supérieure à 20 mSv/h sont appelés à être évacués.

⁴⁶ Pour une vision japonaise des événements et des conséquences sociales et politiques, voir *Colère Nucléaire de Takashi Imashiro* (éditions Akata, 2012).

Le tarissement des fuites au niveau de la centrale et les actions de décontamination entreprises (lavages des sols et bâtiments, retraits de couche de terre...) ont permis aux autorités japonaises de procéder à des allègements des restrictions d'accès à partir du mois d'avril 2012. Progressivement, des zones sont rouvertes à la circulation et d'autres redeviennent habitables.

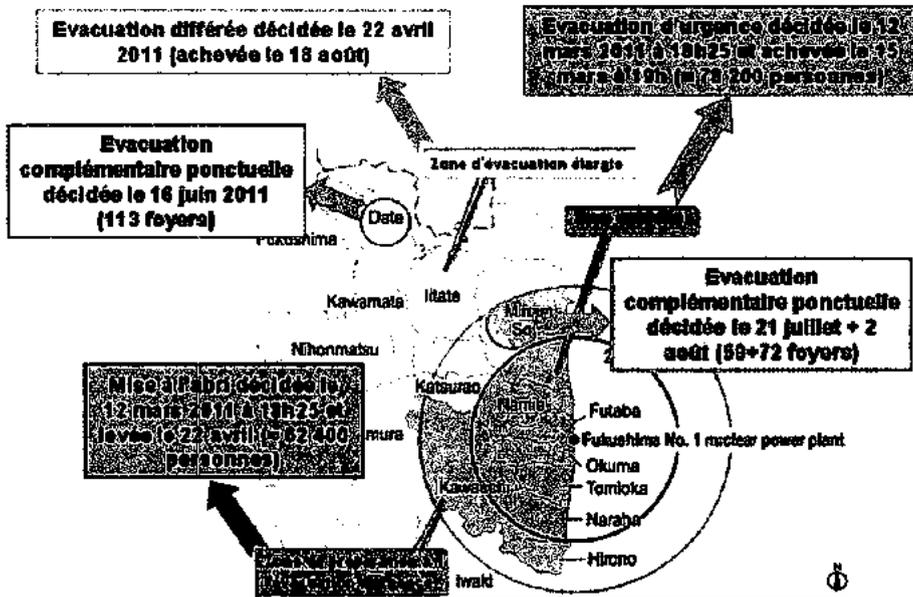


Figure 13.— Gestion post-accidentelle de Fukushima-Daiichi.
Source : IRSN

La carte page suivante montre l'équivalent des zones d'exclusion mises en place pour Fukushima ou pour Tchernobyl, superposées aux sites de centrales nucléaires en France.⁴⁷

⁴⁷ Pour la Suisse, la carte équivalente est consultable au lien suivant : <http://www.sortirdunucleaire.ch/content/opening/images/intro-20151012-densite-de-population.png>

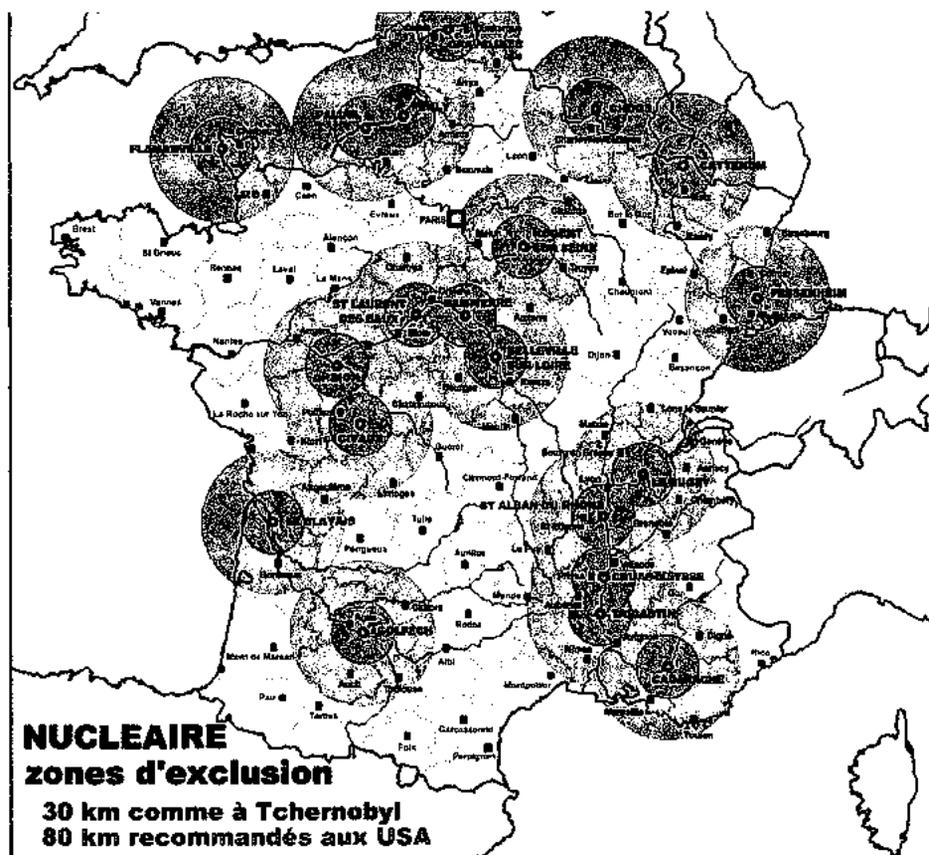


Figure 14. — Carte de France du risque nucléaire

Pour bien comprendre la situation, il est bon de savoir que la réaction en chaîne peut être arrêtée notamment grâce aux barres de contrôle. Toutefois, le système a une inertie importante : il ne réagit pas comme le bouton ON/OFF de votre lampe de bureau. Il faut de nombreux jours de refroidissement afin de faire tomber la température et éliminer tout risque d'emballement. Dans le cas de Fukushima, la puissance du réacteur a dramatiquement baissé (comme prévu) lorsque la procédure de coupure automatique a été lancée suite au tremblement de terre. Malheureusement, l'arrêt des dispositifs de refroidissement et les pannes des systèmes de secours dans les heures qui ont suivi n'ont plus permis d'évacuer l'énergie résiduelle. La température de l'eau est donc montée dans le réacteur. Celle-ci a ensuite commencé à se transformer en vapeur, faisant augmenter progressivement la pression. C'est la raison pour

laquelle l'exploitant a autorisé des relâchements contrôlés de gaz (principalement composés de vapeur d'eau, mais également de faibles quantités d'éléments radioactifs malgré les filtres prévus à cet effet), afin de maintenir l'intégrité du système.

Toutefois, même si ce genre d'évènement ne constitue pas une bonne nouvelle, la situation n'est pas encore désespérée. Certes, les rejets entraînent une légère augmentation de la radioactivité, mais les dizaines de tonnes de combustibles nucléaires présents dans le réacteur restent isolées de l'extérieur et contenues dans la cuve métallique (seconde barrière de protection). Les soucis majeurs commencent si, à ce stade, aucun apport d'eau et aucun refroidissement ne sont effectués au niveau du réacteur. Dans ces conditions, la température continue de s'élever, provoquant des relargages de vapeur plus fréquents, voire des fuites accidentelles. L'eau n'étant plus renouvelée, une diminution du niveau dans le réacteur devient inévitable.

Ce mécanisme finit par dénoyer (sans eau liquide au contact) les assemblages de combustibles (cœur du réacteur). Au final, ceux-ci se retrouvent à l'air libre, sans rien pour les refroidir. Entre 700 et 900 °C, les gaines en alliage de zirconium commencent à se dégrader lentement et à réagir avec l'eau. Cette réaction s'amplifie si la température continue de monter. Ainsi, à 1 200 °C la perte d'étanchéité de la première barrière de confinement⁴⁸ devient critique. En outre, il s'ajoute un phénomène de décomposition de la vapeur d'eau environnante qui conduit à un dégagement d'hydrogène, gaz hautement inflammable... Tout le monde l'aura compris, il s'agit du phénomène à l'origine de l'explosion : l'hydrogène, qui sort avec les gaz et la vapeur d'eau sous pression, va s'enflammer à la moindre étincelle.

Sans action efficace permettant de remonter le niveau d'eau, la situation continue d'évoluer défavorablement. Les gaines de zirconium se détériorent encore plus. À partir de 2 500°C, la chaleur est telle que même les pastilles de combustible en céramique commencent à se liquéfier. Ce processus est communément appelé

⁴⁸ Gaine en alliage de zirconium.

« fonte du cœur du réacteur ». Celle-ci peut être totale, lorsque tout le cœur fond, ou partielle, si seule la partie supérieure est touchée.

Le magma de produits en fusion (corium) issu de cette dégradation finale peut parvenir à des températures extrêmes, si bien qu'il est capable de percer la cuve en métal qui constitue l'enceinte du réacteur (seconde barrière). Les gaz, vapeurs et effluents liquides qui s'en échappent sont fortement chargés en particules ionisantes, mais restent emprisonnés par le dôme de béton. Dans ces conditions, le niveau de radioactivité dans le dernier rempart peut atteindre des valeurs considérables. Il est alors évident que le moindre rejet hors de cette ultime enceinte de confinement (troisième barrière) devient réellement préoccupant.

Différences Tchernobyl/Fukushima	
Tchernobyl (26 avril 1986)	Fukushima (11 mars 2011)
<p><u>Circonstances :</u> Des actions inconscientes de la part des opérateurs, l'ignorance volontaire des alarmes et des systèmes de sûreté obsolètes conduisent à un subit emballement du réacteur. Ce dernier explose, détruisant son enceinte de confinement et causant un incendie.</p>	<p><u>Circonstances :</u> La perte des systèmes de refroidissement et de secours provoque une élévation des températures qui entraîne la fusion du cœur des réacteurs 1, 2 et 3, des relargages dans l'atmosphère, des fuites liquides et des explosions dues à la présence d'hydrogène.</p>
<p><u>Impact sur les installations :</u> Le réacteur est éventré, l'enceinte de confinement soufflée et le combustible se retrouve dispersé par l'explosion et l'incendie.</p>	<p><u>Impact sur les installations :</u> Les enceintes de confinement ne subissent pas de dommages majeurs. Le combustible reste confiné et ne se retrouve pas à l'air libre.</p>
<p><u>Conséquences :</u> Des rejets continus et des fumées très chargées en éléments radioactifs se répandent dans l'atmosphère pendant une dizaine de jours.</p>	<p><u>Conséquences :</u> Des rejets atmosphériques discontinus ont lieu principalement durant les deux premières semaines. Des écoulements liquides occasionnels et des fuites sporadiques de gaz et de vapeurs se poursuivent pendant des mois.</p>

Le tableau ci-dessous ⁴⁹ donne une estimation de la radioactivité globale rejetée dans l'atmosphère.

	Tchernobyl (AIEA 2005)	Fukushima (estimation IRSN 2011)
Gaz rares (xénon...)	6 533 Pbq ⁵⁰	6 550 Pbq
Iodes	4 260 Pbq	408 Pbq
Tellures	1 390 Pbq	145 Pbq
Césium	168 Pbq	58 Pbq
Autres (dont strontium et plutonium)	1 227 Pbq	28 Pbq

- Exceptés pour les gaz rares, les rejets radioactifs sont bien supérieurs dans le cas de Tchernobyl. Cela reste logique puisque l'explosion a libéré des tonnes de combustible. Concernant les niveaux élevés de xénon mesurés à Fukushima, ils proviennent de la capacité des éléments de cette famille à passer facilement au travers des filtres.
- Les gaz rares et les tellures en présence ont une faible demi-vie (quelques jours). Ils disparaissent donc assez rapidement. Le césium, en revanche, a une décroissance plus lente, comme le césium 137 qui a une période de vie d'environ 30 ans. Ils vont alors former des taches de contamination dont la répartition varie selon les vents et les précipitations.
- Les éléments tels que le plutonium sont très lourds. Ils ont tendance à retomber à brève échéance. On les retrouve préférentiellement aux alentours de l'accident.

Remarque : Dans le cas de Fukushima, il faut ajouter une contamination massive de l'océan due aux fuites et rejets d'eau contaminée. Rien que pour le césium, l'estimation est de 27 Pbq.

Conclusion : Il est logique de constater que l'explosion du cœur du réacteur à Tchernobyl a provoqué une contamination plus importante que l'accident de Fukushima consécutivement à la mise à l'air et à l'incendie

⁴⁹ Source : IRSN

⁵⁰ Pbq : Péta-Becquerel = 10¹⁵ Becquerels

de tonnes de combustible. Si l'on considère les dépôts de césium 137 supérieurs à 600 000 Bq/m², l'étendue des zones impactées est de 600 km² pour Fukushima et de 13 000 km² pour Tchernobyl. On peut aussi conclure qu'un tel accident au Japon, un des pays les plus riches et technologiquement développés de la planète, n'a rien à envier à celui de Tchernobyl, dans une URSS à l'économie planifiée, inerte, inefficace et aux technologies obsolètes. Dans les deux cas, il y a eu hésitation, lenteur et désinformation – pour ne pas dire mensonges – dans la communication au public.

Le nucléaire est-il sûr ?

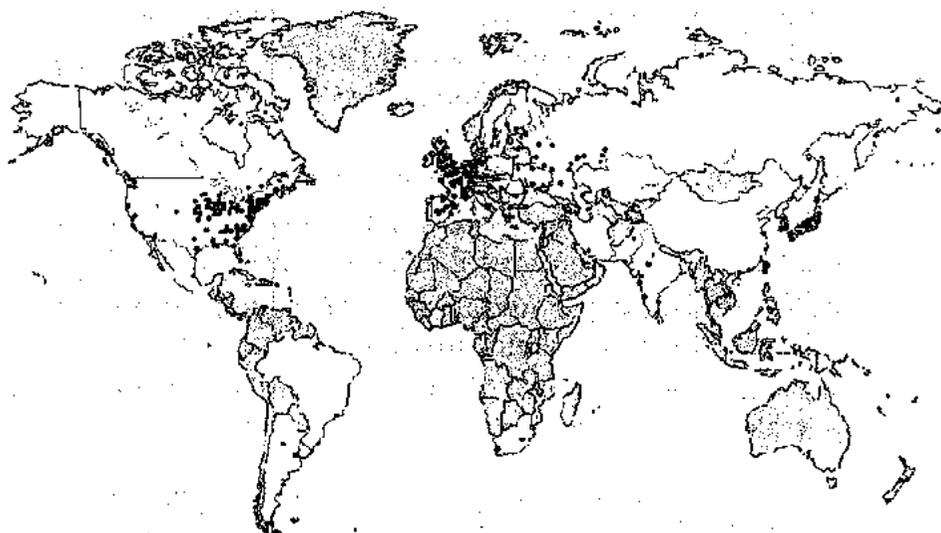


Figure 15. — Carte des centrales nucléaires dans le monde

À la fin de l'année 2015, l'AIEA dénombre 442 réacteurs nucléaires en fonctionnement dans le monde (plus 66 en construction), dont 99 aux États-Unis (+5 en construction), 58 en France (+1), 48 au Japon, 34 en Russie (+8), 23 en Chine (+25), 23 en Corée du Sud (+5), 21 en Inde (+1), 20 au Canada, 16 au Royaume-Uni, 15 en Ukraine (+2), 10 en Suède, 9 en Espagne, 9 en Allemagne, 7 en Belgique, 6 en République Tchèque, 5 en Suisse, 1 en Iran, 1 en Israël, etc.

À ces réacteurs civils, il faut ajouter les réacteurs servant à propulser des navires de surface ou des sous-marins. Entre 1954 et 2015, plus de 780 réacteurs nucléaires ont été construits dans le

monde pour équiper des bâtiments ⁵¹ (de guerre essentiellement). Parmi eux, 250 environ sont encore en service en 2016. Enfin, il faut également ajouter les quelque 200 ⁵² réacteurs nucléaires de recherche qui sont en fonctionnement dans plus de 60 pays. Il est donc très important de déterminer le niveau de risque. Toutefois, il est difficile de répondre de manière définitive, simple et claire à la question « le nucléaire civil est-il sûr ? », tant les débats sont passionnés et médiatisés depuis les années 1970 notamment, après les accidents de Three Mile Island, puis de Tchernobyl et de Fukushima. En plus de ces trois accidents, la liste suivante énumère les plus importants événements répertoriés jusqu'à présent :

- 1952 : accident ⁵³ (de niveau 5 sur l'échelle INES) de l'un des réacteurs du centre de recherche de Chalk River au Canada.
- 1969 : accident ⁵⁴ (de niveau 4 sur l'échelle INES) à la centrale expérimentale de Lucens, en Suisse.
- 1969 : accident ⁵⁵ (de niveau 4 sur l'échelle INES) à la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux, en France.
- 1979 : accident ⁵⁶ (de niveau 5 sur l'échelle INES) à la centrale de Three Mile Island, aux États-Unis.
- 1980 : nouvel accident ⁵⁷ (de niveau 4 sur l'échelle INES) à la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux, en France.

À ceux-ci, il faut encore ajouter les sous-marins nucléaires qui ont coulé et dont le réacteur demeure au fond des océans :

⁵¹ Le premier bâtiment équipé d'une propulsion nucléaire fut le sous-marin d'attaque américain *USS Nautilus* mis en service en 1955, célèbre pour avoir été le premier sous-marin à naviguer sous la calotte glaciaire du Pôle Nord.

⁵² Seulement une quarantaine de ceux-ci ont une puissance significative (supérieure à 5 mégawatts).

⁵³ Perte partielle de liquide de refroidissement.

⁵⁴ Un problème de refroidissement entraîna une fusion partielle du cœur.

⁵⁵ Une mauvaise manipulation lors du chargement du cœur sur le réacteur n°1 entraîne la fusion de 50 kilos d'uranium. http://www.lepoint.fr/societe/le-jour-ou-la-france-a-frole-le-pire-22-03-2011-1316269_23.php

⁵⁶ Le cœur du réacteur N.2 a en partie fondu, entraînant le relâchement d'éléments contaminants dans l'environnement. → <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html>

⁵⁷ Fusion de 20 kg d'uranium dans le cœur entraînant l'arrêt d'urgence de celui-ci et rejet de plutonium dans la Loire.

- 1963 : USS Thresher, au large de Cape Cod.
- 1968 : USS Scorpion, au sud-ouest des Açores.
- 1968 : K-27, dans la mer de Kara (un plan de renflouement est prévu).
- 1970 : K-8, dans la baie de Biscaye.
- 1986 : K-219, au large des Bermudes.
- 1989 : K-278, dans la mer de Barents.

Toutefois, il est intéressant de rappeler que les catastrophes les plus meurtrières liées à la production d'électricité ne sont pas dues au nucléaire, mais à l'hydroélectricité :

- 1959 : 423 morts en France lors de la rupture du barrage de Malpasset.
- 1963 : 1 900 à 2 500 morts en Italie, lors de la rupture du barrage de Vajont-Longarone.
- 1975 : 171 000 morts directs et indirects après la rupture de barrages à Banqiao, en Chine.
- 1979 : 1 800 à 25 000 morts lors de la rupture du barrage de Machchu-2 en Inde.

Hormis ce volet sûreté, d'autres aspects entrent en jeu. Pour avoir une vision plus globale, il faudrait également s'intéresser aux coûts très élevés de la production électrique issue d'autres technologies, ainsi qu'aux destructions environnementales qui en découlent comme, par exemple, l'extraction et l'utilisation du charbon (cela ne veut pas dire que le nucléaire n'a que des avantages).

Au final, le nucléaire semble plutôt sûr comparé à d'autres technologies, mais il peut malgré tout avoir un fort impact sur l'environnement en cas de défaillance majeure. En effet, le risque nul n'existe pas et varie selon les pays. En outre, du fait de la haute technicité nécessaire au fonctionnement d'un CNPE, il dépend de la formation des personnels et de la maintenance dispensée au cours des dizaines d'années de marche d'une centrale.

Qu'en est-il des déchets ?

Le confinement de déchets nucléaires de hautes et moyennes activités à longue vie est réalisé/envisagé dans des couches géologiques profondes. Ce système paraît a priori sûr au regard de la stabilité des lieux d'entreposage finaux comme les mines de charbon ou de sel. En effet, ces dernières ne bougent que très peu, du fait de rythmes géologiques très lents – une mine de sel, par exemple, peut rester géologiquement stable pendant une bonne centaine de millions d'années. Néanmoins, l'exemple du centre de stockage américain « *Waste Isolation Pilot Plant* », qui a accueilli ses premiers déchets radioactifs à 650 m sous terre en 1991 reste préoccupant. En effet, il a fallu moins de 25 ans pour que des fuites radioactives soient détectées et que le site soit fermé le 14 février 2014... Il est donc important de rester très vigilant par rapport aux études préalables, ainsi qu'à la mise en œuvre de telles zones de stockage, ne serait-ce que pour le bien des générations futures.

Le syndrome chinois ?

Il s'agit de folles rumeurs à propos d'un corium qui traverserait l'enveloppe métallique du circuit primaire, puis les mètres de béton de la base de l'enceinte de confinement avant de s'enfoncer dans le sol, passer par le centre de la Terre et finir par atteindre l'autre côté de la planète. D'autres ajoutent qu'un tel évènement provoquerait une réaction en chaîne au niveau du manteau terrestre qui détruirait des continents entiers. Bien entendu, ce genre de théories est complètement fantasmé. Même dans l'hypothèse où un corium parviendrait à perforer toutes les barrières et à continuer sa course vers le centre de la Terre :

- 1- Il ne créerait aucune réaction en chaîne dans le manteau constitué de minéraux inertes plus ou moins en fusion.
- 2- Il ne pourrait pas ressortir de l'autre côté du simple fait de la gravité. Il se mélèrerait alors au noyau composé en grande partie de métaux fondus. Pour mémoire, une partie de la chaleur interne de notre planète provient de la radioactivité !

- 3- Le principal risque serait une contamination extrême des eaux souterraines susceptibles d'être rencontrées sur son passage.

À Fukushima, les réacteurs 1, 2 et 3 ont vu leur cœur fondre, laissant le corium transpercer l'enveloppe du circuit primaire et probablement s'enfoncer dans le béton (aucune information présageant une éventuelle perforation n'a à ce jour été émise). Dans ces conditions, le niveau de radioactivité monte de façon alarmante dans l'enceinte de confinement : les barrières 1 et 2 sont désormais détruites ou inefficaces et le dôme en béton constitue le dernier rempart. La moindre fuite, que ce soit liquide ou gazeuse, provoque alors une contamination radioactive massive de l'environnement.

Une centrale nucléaire peut-elle exploser comme une bombe atomique ?

Les centrales nucléaires et les bombes nucléaires ont en commun de tirer parti de l'extraordinaire énergie contenue dans le noyau des atomes à travers des réactions nucléaires de fission. La réaction nucléaire au cœur d'une centrale nucléaire comme d'une bombe atomique à uranium ou à plutonium est du type fission, c'est-à-dire une réaction en chaîne. Chaque fois qu'une cassure d'atome a lieu, une très grande quantité d'énergie est libérée.

Dans une bombe nucléaire, le processus se fait dans un temps extrêmement court. Dans une centrale nucléaire, cette réaction est contrôlée et l'énergie produite est répartie dans la durée. L'emballement ou non de la réaction dépend de la proximité des atomes. S'il n'y a pas assez de noyaux d'uranium 235, les neutrons produits vont pouvoir s'échapper et la réaction en chaîne ne se fera pas. Il y a donc une masse critique d'atomes fissiles (^{235}U) pour laquelle la réaction en chaîne se réalise. En théorie, cette masse est de 200 kg, mais en entourant l'uranium 235 de réflecteurs qui renvoient les neutrons émis vers le centre du « combustible », on peut réduire la valeur de la masse critique à 15 kg.

Comme les minerais d'uranium, à l'état naturel, sont consti-

tués à seulement 0,7 % d'uranium 235, cette concentration est bien trop faible pour initier la réaction en chaîne et il est nécessaire d'enrichir l'uranium pour augmenter la concentration en uranium 235. Pour un usage militaire dans les bombes nucléaires, il faut un minimum de 80 % d'uranium 235. L'enrichissement de l'uranium est très complexe, très long et très coûteux, car il est nécessaire de séparer les noyaux d'uranium 235 des noyaux d'uranium 238. C'est la raison pour laquelle, bien que la technologie des bombes nucléaires soit relativement simple à comprendre sur le papier, tous les pays ne sont pas capables de construire une bombe nucléaire. Dans les centrales nucléaires, pour que la réaction nucléaire ne s'emballe pas, on fait en sorte que les neutrons produits par la désintégration d'un noyau ne rencontrent pas plus d'un noyau d'uranium 235. Pour cela, on utilise du combustible enrichi de 3 % à 5 % seulement et on ralentit les neutrons à l'aide d'un modérateur : de l'eau ou de l'eau lourde et des barres de carbone-graphite. Les neutrons produits par la réaction nucléaire sont ralentis par l'eau qui empêche l'emballement de la réaction.

En fait, en raison de la faible teneur en uranium 235 (entre 3 et 5 %), il ne peut pas y avoir d'explosion comme pour une bombe atomique. En revanche, lorsque le modérateur disparaît, la réaction en chaîne s'accélère et produit de plus grandes quantités d'énergie capables d'entraîner la fonte du cœur du réacteur. C'est ce qui s'est passé à Fukushima et à Tchernobyl. L'explosion n'était pas de nature nucléaire, mais due à la surpression ou à des gaz inflammables. Néanmoins, au regard des tonnes de combustibles radioactifs mis en œuvre, le risque pour l'environnement est bien pire...

Si un réacteur nucléaire endommagé (de centrale, de sous-marin, etc.) entre au contact de l'eau, peut-il polluer tous les océans du monde ?

Les effets de la pollution radioactive autour de Fukushima sont dramatiques, avec, par exemple, de 20 à 50 fois plus de cancers de

la thyroïde chez les moins de 18 ans qu'avant l'accident, et les effets sur la faune et la flore sont réels. Toutefois, les radionucléides qui se sont échappés de la centrale de Fukushima pour rejoindre l'océan vont se diluer petit à petit dans le volume colossal du Pacifique et finir par devenir une pollution réelle, mais infime. Plusieurs études confirment d'ailleurs que les poissons sont bien plus atteints par la pollution industrielle (métaux lourds, plastiques, produits chimiques) que par les radiations. Ce n'est toutefois pas une raison pour continuer à construire des centrales nucléaires proches du littoral dans un pays qui a inventé le terme de *Tsunami* et qui est situé sur l'une des zones sismiques les plus actives du monde !

Si une catastrophe de type Tchernobyl ou Fukushima avait lieu en France, et même si son caractère est hautement improbable, on peut se demander quels sont les plans d'évacuation prévus et s'ils sont suffisants. Un plan particulier d'intervention (PPI)⁵⁸ existe pour chacune des 19 centrales nucléaires françaises. Ce plan prévoit les mesures d'urgence à prendre en cas de catastrophe majeure pour protéger la population dans les premières 24h, soit une évacuation et mise à l'abri pour les personnes habitant dans un rayon de 5 à 10 km et la distribution de pastilles d'iode dans ce même rayon. Les populations qui habitent dans le périmètre du PPI sont informées de manière régulière sur la marche à suivre en cas d'accident, notamment à travers la distribution de brochures et d'un numéro vert.

Impact d'une coupure d'électricité sur les centrales nucléaires

Que se passerait-il en cas de coupure d'électricité prolongée ?

Celle-ci pourrait être provoquée par des impulsions électromagnétiques, qu'elles soient dues à des explosions nucléaires dans l'atmosphère ou à des éruptions solaires.

⁵⁸ Le plan particulier d'intervention ou PPI, conçu et rédigé par les pouvoirs publics, constitue un volet du dispositif ORSEC départemental. Il est en interface avec les plans d'urgence établis par les industriels à l'origine des risques concernés. Voir : <http://www.interieur.gouv.fr/Le-ministere/Securite-civile>

En 1859, une série d'éruptions solaires d'une intensité inhabituelle (les événements de « Stewart » et de « Carrington ») a provoqué une tempête magnétique d'une durée d'une semaine, causant des aurores boréales jusqu'à des latitudes quasi-tropicales. Elle a aussi induit de puissants courants électriques dans les réseaux de télégraphie, les seuls réseaux électriques existants à l'époque.

La manifestation d'une tempête solaire aussi intense que celle de 1859 n'est pas de la science-fiction, puisque cela s'est déjà produit. De plus, si elle survenait de nos jours, les effets seraient bien plus graves.

En effet, depuis cette époque, l'humanité est devenue fortement dépendante de l'énergie électrique, que ce soit pour l'alimentation, le chauffage, les transports, l'industrie, la santé. Une tempête magnétique de même intensité que celle de 1859 pourrait entraîner la destruction d'une partie très importante des transformateurs électriques, des systèmes électroniques et des moyens de communication, créant ainsi un *black-out* mondial. Une telle panne d'ampleur planétaire pourrait durer plusieurs mois et plonger le monde entier dans une crise sans précédent.

En ce qui concerne l'industrie nucléaire, 438 réacteurs nucléaires civils⁵⁹ et 250 réacteurs nucléaires militaires sont en service.

Une centrale nucléaire est dépendante d'une alimentation électrique permanente. Celle-ci est nécessaire, non seulement pour son fonctionnement, mais également lors de l'arrêt du réacteur pour éviter une surchauffe du cœur à cause de l'énorme chaleur résiduelle issue des désintégrations des éléments radioactifs. Un refroidissement doit donc être maintenu pendant des mois, voire des années.⁶⁰

Selon la puissance du CNPE en fonctionnement, les besoins en eau du circuit tertiaire vont de 2 m³/s pour des centrales avec tours aéroréfrigérantes, à 50 m³/s lorsque toute l'eau de refroidissement provient d'une source extérieure comme la mer, un lac ou un fleuve. Les pompes remplissent donc un rôle vital qui permet, au final, la circulation d'eau dans les trois circuits (primaires, secondaires et tertiaires) afin d'assurer le refroidissement du réacteur. Ce processus doit être maintenu pendant des mois après l'arrêt du réacteur. Le combustible usagé, quant à lui, doit ensuite être entreposé dans des piscines de refroidissement entre trois et cinq ans. Son refroidissement « complet » demande dix fois plus de temps, soit environ 50 ans.⁶¹

⁵⁹ 438 en fonctionnement, et 67 en construction en 2015 :

<http://www.nei.org/Knowledge-Center/Nuclear-Statistics/World-Statistics/World-Nuclear-Power-Plants-in-Operation>

⁶⁰ <http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/lerefroidissementducombustible.htm>

⁶¹ <http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/laradioactivitedumox.htm>

Une centrale nucléaire ne s'arrête donc pas comme une lampe. Il faut du temps et un approvisionnement en énergie électrique constant pendant toute la période qui suit.

De plus, la réaction nucléaire est pilotée par des ordinateurs qui fonctionnent grâce à l'électricité. Si une tempête solaire causait un *black-out* mondial durable sur la planète, les générateurs de secours qui alimentent le circuit de refroidissement des centrales nucléaires seraient-ils capables de fonctionner ? La plupart des systèmes électroniques seraient-ils grillés par les surcharges électriques ? Les techniciens dans les centrales deviendraient-ils « aveugles » et incapables de contrôler l'état du réacteur ?

Et même si, comme nous le verrons pour le cas de la Suisse, de nombreux pays prennent des mesures pour protéger les installations nucléaires, ces dernières sont-elles immunisées contre une absence d'alimentation électrique de longue durée, provoquée par une crise économique soudaine, par un chaos social, ou par une guerre ?

L'organisme de contrôle nucléaire américain (NRC)⁶² estime que 50 % des scénarios de fusion du cœur ont pour origine une coupure de courant dans le réacteur.⁶³

Ce scénario est-il prévu par l'industrie nucléaire ?

Pour le savoir, nous avons posé une série de questions à M. David Suchet de l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN), à Brugg, en Suisse, qui est l'entité gouvernementale responsable de la sécurité des centrales nucléaires suisses (Beznau 1 et 2, Gösgen, Leibstadt et Mühleberg)

Un scénario de type « Carrington » est-il prévu ?

M. David Suchet : Concernant le scénario que vous mentionnez, je souhaite attirer votre attention sur le fait que, en cas de pénurie ou de coupure de courant, les centrales nucléaires suisses fonctionnent comme des îles au milieu de la mer ; même lorsqu'elles sont découplées du réseau, elles sont autonomes en matière d'alimentation électrique. Les systèmes de sécurité disposent de suffisamment d'énergie, grâce à la propre production d'électricité et aux générateurs diesel de secours, pour garantir un fonctionnement sûr.

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) est consciente qu'un réseau électrique stable est une des conditions de base pour l'exploitation de centrales nucléaires. Ces dernières produisent du courant. Elles en ont également besoin en vue de pouvoir garantir le refroidissement du réacteur. Ce courant s'avère encore nécessaire pour le fonctionnement d'instruments de mesure et d'autres systèmes importants pour la sécurité. En cas de panne de courant prolongée, les centrales nucléaires

⁶² <http://www.nrc.gov>

⁶³ HIRSCH, Helmut, Nuclear Reactor Hazards Report, p.121.

devraient s'approvisionner elles-mêmes en énergie. Celles-ci sont bien en mesure de le faire. Elles ont notamment dû le démontrer en 2011 dans le cadre du test de résistance de l'Union européenne. L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) était alors arrivée à la conclusion que le scénario d'une perte de l'alimentation électrique externe LOOP (*Loss of Offsite Power*) était maîtrisé dans toutes les centrales de Suisse par des capacités d'alimentation multiples et diversifiées.

Les centrales nucléaires sont-elles bien armées contre les tempêtes solaires ?

DS : Les centrales nucléaires suisses sont bien protégées contre les tempêtes solaires. En revanche, les transformateurs et les lignes aériennes à haute tension ne le sont pas. L'équipement des centrales nucléaires de Mühleberg et de Beznau avec de nouveaux systèmes de salles de commande de secours a prévu, dans le cadre de la protection contre la foudre, des mesures supplémentaires qui contribuent également à une meilleure protection contre les impulsions électromagnétiques. C'est ainsi que tous les murs d'enceinte des bâtiments abritant les salles de commande de secours intègrent dans leur structure d'armature des réseaux de grilles d'une ouverture de maille de quinze centimètres, et électriquement reliés entre eux. Les liaisons vers l'extérieur par fibres optiques ou câbles cuivre ont été réalisées avec un blindage double. Sur les centrales nucléaires de Gösgen et de Leibstadt, ces enseignements avaient déjà été pris en compte lors de leur construction.

S'il devait tout de même se produire une panne de réseau au départ d'une centrale, le réacteur serait désactivé en quelques secondes par le dispositif d'arrêt automatique. Cet arrêt automatique provoque l'interruption immédiate de la réaction de fission en chaîne dans le réacteur. Cependant, même sur une centrale à l'arrêt, il est nécessaire d'évacuer l'énergie thermique excédentaire du réacteur. Ceci est assuré par des pompes qui doivent être alimentées en électricité. S'il devait survenir un *black-out*, les centrales nucléaires disposent de systèmes alternatifs de production d'énergie électrique, notamment de groupes générateurs diesel. Ces équipements sont en mesure d'assurer le refroidissement d'une centrale nucléaire jusqu'à ce que le réseau de distribution électrique voie sa fonction rétablie.

La défaillance prolongée du réseau à très haute tension est un scénario hautement improbable. L'organisation Swissgrid⁶⁴ assure la gestion du réseau de distribution haute tension pour la Suisse. L'IFSN a donc interrogé Swissgrid sur les effets possibles d'une tempête solaire sur le réseau électrique. La réponse suivante nous est parvenue : « *Des tempêtes solaires peuvent effectivement affecter les réseaux de transport puisqu'elles induisent dans le réseau triphasé des courants continus qui contribuent*

⁶⁴ <http://www.swissgrid.ch/swissgrid/fr/home.html>

avant tout à saturer les transformateurs avec possibilités de dommages durables. Cette difficulté est bien connue pour les lignes de transport de grandes longueurs orientées nord-sud ainsi qu'à proximité des pôles, puisque les effets électromagnétiques y sont particulièrement intenses. »

Au cours des dernières années, quelques publications ont traité de ce phénomène, en particulier aux États-Unis. Le réseau européen des opérateurs des réseaux électriques (ENTSO-E)⁶⁵ a également commencé à analyser les risques possibles. Des expériences concrètes n'ont jusqu'à présent été menées que sur les réseaux canadien et sud-africain. Diverses approches et solutions ont été mises au point dont les effets sont activement suivis par Swissgrid.

Pour la Suisse, Swissgrid estime qu'il n'y a pas lieu de prendre à l'heure actuelle de mesures particulières, car les lignes de transport électrique sont relativement courtes en Suisse et les effets seront réduits du fait de l'éloignement relatif des pôles. Dans le cadre de la mise à niveau permanente du réseau, Swissgrid accordera désormais une plus grande attention à ce thème, ne serait-ce que du fait de l'orientation nord-sud d'importantes lignes planifiées pour les années à venir.

Les tempêtes solaires sont donc un phénomène connu auquel la Suisse est préparée.⁶⁶

Quelles sont les procédures techniques et organisationnelles pour arrêter et refroidir les réacteurs ?

DS : Le refroidissement des réacteurs doit être assuré aussi bien lors du fonctionnement normal que lors de défaillances.

Les chargements du cœur du réacteur sont prévus pour fonctionner en cycles. Au terme de chaque cycle, le rendement n'est plus aussi bon. Le réacteur est alors arrêté par des moyens conventionnels.

Certains dysfonctionnements imposent l'arrêt immédiat de la production d'énergie nucléaire. Dans de tels cas, des barres d'arrêt sont introduites dans le cœur des réacteurs à eau bouillante. Dans les réacteurs à eau sous pression, des grappes d'arrêt descendent dans le cœur. La réaction en chaîne s'en trouve ainsi immédiatement arrêtée. Aucune défaillance de ce système n'a pu être observée jusqu'à présent lors de fonctionnements en puissance.

Malgré cela, la défaillance du système d'arrêt d'urgence du réacteur n'est pas écartée lors de la conception de réacteurs à eau légère. Ces derniers sont donc pourvus d'un deuxième système indépendant, fondé sur l'injection massive d'acide borique dans la cuve de réacteur. Il est destiné

⁶⁵ www.entsoe.eu

⁶⁶ <http://www.ensi.ch/fr/2011/12/13/les-centrales-nucleaires-sont-armees-contre-les-tempetes-solaires/>

à intervenir en cas de défaillance du dispositif d'arrêt d'urgence du réacteur.⁶⁷

Après interruption de la réaction en chaîne dans le cœur, il est encore nécessaire d'évacuer l'énergie thermique dégagée par la désintégration d'isotopes du combustible nucléaire. Ce processus s'étend sur une durée prolongée. Cette chaleur résiduelle décroît ensuite rapidement avec le temps. Elle représente cependant toujours encore quelques kilowatts par assemblage combustible, même après des années.⁶⁸

Combien de temps faut-il pour complètement arrêter et refroidir un réacteur ?

DS : Un réacteur peut en cas de besoin être arrêté immédiatement. Le refroidissement du réacteur doit être garanti tant que la centrale est en fonctionnement. Un refroidissement insuffisant des assemblages combustibles, voire la défaillance totale du refroidissement, que ce soit dans la cuve de pression du réacteur ou dans le bassin de stockage des assemblages combustibles usés, peut entraîner des conséquences très graves telles que l'éclatement des crayons de combustible ou la fusion du combustible. Le refroidissement doit donc être assuré dans tous les cas (avant et après l'arrêt d'un réacteur).

Y a-t-il des générateurs auxiliaires d'électricité pouvant fonctionner suffisamment longtemps ?

DS : En cas de défaillance du réseau électrique externe, la centrale nucléaire est transférée en régime isolé, appelé « îlotage ». Ceci se déroule conformément aux prescriptions. Le découplage du réseau électrique suisse en régime isolé est réalisé de façon entièrement automatique en cas d'évènement. Le réacteur abaisse sa puissance au niveau nécessaire pour une alimentation électrique autonome. Il livre alors du courant pour tous les dispositifs, systèmes de sécurité compris. L'opération pour l'alimentation électrique autonome peut être maintenue aussi longtemps que nécessaire.

Un approvisionnement électrique diversifié des installations par le réseau est assuré grâce à la connexion directe à une centrale hydro-électrique proche.

Si le transfert en régime isolé devait échouer, l'alimentation par des générateurs diesel de secours servirait de solution de repli. Ces générateurs sont fixés dans les installations. Une centrale peut fonctionner plusieurs jours en autarcie grâce à ces dispositifs. Elle n'a alors pas besoin d'énergie supplémentaire.

⁶⁷ <http://www.ensi.ch/fr/2013/08/15/defense-en-profondeur-systemes-de-securite-et-objectifs-de-protection-1re-partie-713/>

⁶⁸ <http://www.ensi.ch/fr/2013/08/22/defense-en-profondeur-systemes-de-securite-et-objectifs-de-protection-2e-partie-813/>

Par ailleurs, des unités de secours pour l'alimentation électrique sont disponibles. Elles sont mobiles ou fixes. En cas de nécessité, elles peuvent être engagées pour des mesures de gestion d'accident et sont protégées contre des crues et des séismes.

De plus, des unités mobiles ainsi que les moyens auxiliaires nécessaires (comme des réservoirs de combustible, des câbles et des tuyaux) sont à disposition dans un dépôt externe sécurisé. Ces équipements pourraient alors être transportés par hélicoptère ou par camion vers chaque centrale.

Un exercice, traitant notamment du scénario d'une défaillance du réseau électrique suisse, s'est déroulé du 3 au 21 novembre 2014. L'accent fut mis sur la maîtrise des conséquences, pour la société, d'une panne de courant et d'une pandémie. Des thèmes comme la mobilité, la santé, l'approvisionnement, ainsi que la gestion et la logistique furent abordés de manière prioritaire.⁶⁹

Le cas d'une perte complète de courant a par ailleurs été contrôlé dans le cadre du test de résistance de l'Union européenne après Fukushima. Ces tests⁷⁰ ont montré que les centrales nucléaires suisses peuvent résister à des tremblements de terre majeurs, à des inondations majeures, à des perturbations climatiques majeures, mais aussi à des coupures du réseau électrique (LOOP et Total SBO – *Total station Black Out*). Plus particulièrement dans ces deux derniers scénarios, les réacteurs des centrales peuvent fonctionner en totale autonomie pendant 72 heures sur batteries. Quant aux piscines de refroidissement des barres de combustible (SFP – *Spent Fuel Pools*), elles sont également résistantes aux catastrophes naturelles et peuvent garantir un refroidissement adéquat sans aucune alimentation électrique pendant 98 heures.

Des générateurs prennent ensuite le relais et peuvent être ravitaillés en carburant, selon les besoins, depuis des centres de stockage sécurisés prévus à cet effet et disposant de transports routiers ou par hélicoptère. Enfin, à l'exception de la centrale nucléaire de Mühleberg, tous les systèmes de poste de commande d'urgence des centrales nucléaires suisses disposent de leurs propres systèmes d'alimentation en eau phréatique qui servent de dissipateurs thermiques alternatifs de dernier recours si la rivière ne peut plus être mise à contribution. À Mühleberg, ce dissipateur thermique alternatif est en cours d'installation. Les systèmes de poste de commande d'urgence sont cependant loin d'être la norme au niveau international et ne sont exigés que dans de rares pays tels que l'Allemagne. Des procédures complexes de gestion de crise sont mises en place pour ces scénarios et le personnel des centrales est régulièrement entraîné.

⁶⁹ <http://www.ensi.ch/fr/2014/11/07/les-centrales-nucleaires-suissees-autonomes-en-matiere-d'alimentation-electrique/>

⁷⁰ http://static.ensi.ch/1326182677/swiss-national-report_eu-stress-test_20111231_final.pdf

Comment garantir que le personnel nécessaire puisse être présent en cas de crise très dure ?

DS : Le personnel présent sur le site peut recourir en cas de besoin à des postes de commande d'urgence.⁷¹

Toutes les centrales nucléaires suisses disposent, en plus des systèmes de sécurité classés, d'un système dit de postes de commande d'urgence. Ce dernier est conçu pour répondre aux besoins d'une situation de crise dans laquelle l'équipe de quart est incapable de réaliser la moindre action du fait d'événements extérieurs. Le système de postes de commande d'urgence garantit aussi de manière redondante et diversifiée les fonctions des systèmes de sécurité classiques. Il a pour rôle d'assurer en cas de demande la mise à l'arrêt sûre de l'installation et l'évacuation de la chaleur résiduelle. Aucune intervention de personnel n'est nécessaire au cours des dix premières heures d'un incident.

Le système de poste de commande d'urgence est totalement indépendant des systèmes de sécurité classiques. Il dispose de sa propre alimentation en énergie électrique, de même que de ses propres systèmes de ventilation et de refroidissement. Il est tout particulièrement protégé contre les séismes, les chutes d'avions, les crues et toutes les actions de tiers.

Toutes les centrales nucléaires en Suisse ont des locaux d'intervention de remplacement prêts à l'emploi. Ils se trouvent sur le site de l'installation. En plus des postes de gestion d'urgence sur site, des locaux d'intervention en dehors du périmètre de la centrale nucléaire doivent être mis à disposition. L'état-major d'intervention peut ainsi travailler de manière sûre et efficace lors de conditions aggravées. Autre point, il ne faut avoir dans l'installation que le minimum de personnel nécessaire à la gestion de l'urgence.

L'IFSN requiert donc que les exploitants planifient un centre d'intervention d'urgence externe. L'utilité du centre et la planification du déplacement de l'état-major dans ce local doivent être vérifiées dans le cadre d'un exercice en 2016.

Le matériel nécessaire à l'état-major d'intervention lors d'une crise doit être gardé dans un endroit approprié. Il faut s'assurer que les équipements d'intervention soient accessibles en cas d'événement. Ceci vaut également pour les matériels de radioprotection et pour les denrées alimentaires des différentes équipes d'intervenants. Celles-ci se retrouvent en effet seules lors d'une première phase dans les conditions définies.

L'IFSN exige des exploitants que les moyens d'intervention nécessaires pour la protection d'urgence, matériel de radioprotection compris, soient stockés de sorte à être rapidement disponibles. Les exploitants doivent documenter comment ils atteignent cet objectif dans leur stratégie d'intervention.

⁷¹ <http://www.ensi.ch/fr/2013/08/29/defense-en-profondeur-systeme-de-poste-de-commande-durgence-913/>

En cas d'urgence dans une centrale nucléaire, il ne s'agit pas seulement de protéger la population ; le personnel doit l'être également. L'IFSN met également l'accent sur l'air inhalé. Les exploitants doivent garantir aux intervenants que la radioactivité dans l'air et la concentration de substances respiratoires toxiques, comme le dioxyde carbone, soient surveillées. De même, ils doivent fournir des locaux sains pour la durée de l'opération.

Pour une gestion et coordination efficaces d'une situation d'urgence, des outils de communication sont indispensables. Les exploitants doivent être en mesure de fournir une solution de secours fonctionnant en cas de conditions aggravées.

La présence d'un minimum de personnel qualifié est primordiale pour la gestion d'une urgence. L'IFSN exige donc qu'en plus d'un matériel de protection disponible de manière fiable, des spécialistes de la radioprotection soient présents.

Pour la vérification des stratégies d'intervention, l'IFSN a supposé un scénario extrême : un accident majeur initié par un événement naturel, conduisant à des perturbations de l'infrastructure de longue durée et entraînant un rejet non filtré de substances radioactives dans l'environnement. Selon ce scénario, les réseaux et l'alimentation électrique externe sont indisponibles pendant plusieurs jours. L'alimentation électrique interne à l'installation est provisoirement inopérante.

Immédiatement après les accidents de réacteurs survenus à la centrale nucléaire japonaise de Fukushima le 11 mars 2011, l'IFSN a engagé une nouvelle vérification de la sécurité des centrales nucléaires suisses. Suite à cette étude, quatre décisions de l'IFSN ⁷² ont été publiées. Les trois premières (18 mars, 1^{er} avril et 5 mai 2011) ont exigé des mesures immédiates et des vérifications supplémentaires.

Elles concernaient la création d'un entrepôt de secours externe, commun aux centrales nucléaires suisses, disposant des matériels et équipements nécessaires à la gestion des situations d'urgence et à la réparation des piscines de stockage du combustible usé. Ces vérifications supplémentaires avaient également pour objet d'examiner la conception des centrales nucléaires suisses en matière de séismes et/ou de submersion d'origine externe.

Il était enfin ordonné de vérifier l'alimentation en eau de refroidissement des systèmes de sécurité et auxiliaires ainsi que des piscines de stockage des assemblages combustibles.

Parallèlement à ces examens incombant aux exploitants, l'IFSN a également procédé de son côté à des inspections ciblées. En 2011, celles-ci ont porté sur les dispositifs de sûreté des piscines de stockage, la protection contre les effets des crues ainsi que les systèmes de décompression filtrée

⁷² <http://www.ensi.ch/fr/2015/03/04/lifsn-exige-des-centrales-nucleaires-des-postes-dintervention-externes/>

des enceintes de confinement. En 2012, ces contrôles ont visé les stratégies et réponses en cas de perte d'alimentation électrique, les processus d'évaluation des événements extérieurs, ainsi que les locaux d'intervention d'urgence des centrales. En 2013, les équipements de radioprotection présents sur le site ont été inspectés dans chaque centrale nucléaire. Leur présence et leur bon fonctionnement sont en effet indispensables en cas de défaillance grave.

Les résultats des contrôles effectués par l'IFSN ⁷³ ont confirmé que les centrales nucléaires suisses disposaient d'une protection de haut niveau contre les effets des séismes, des crues et de la combinaison de ces deux phénomènes. Ils ont également validé les dispositions prises contre la perte de l'alimentation électrique et des dissipateurs thermiques. Tous les scénarios de défaillance analysés semblent maîtrisés en considérant les hypothèses de risque actuellement envisagées. Les exigences légales de base relatives à la sûreté (contrôle de la réactivité, refroidissement des assemblages combustibles et confinement des substances radioactives) sont ainsi garanties. Dans l'optique de la poursuite de l'amélioration de la sécurité, l'IFSN a toutefois formulé une série de nouvelles requêtes relatives à des rééquipements substantiels, tels qu'un dissipateur thermique alternatif insensible aux conséquences d'un séisme et d'une crue.

Comment le fonctionnement des piscines de refroidissement du combustible est-il géré, et combien de temps faut-il pour rendre inerte le combustible stocké ?

DS : En règle générale, un élément combustible (ensemble d'assemblages comportant de multiples barres de combustible, contenant chacune plusieurs centaines de pastilles cylindriques de combustible, le plus souvent d'oxyde d'uranium) reste dans un réacteur entre quatre et sept ans. Il doit ensuite être remplacé et déchargé de la cuve du réacteur. Lors de leur retrait, ces éléments combustibles usés sont encore extrêmement chauds, mais nettement moins que si le réacteur était en fonctionnement. Ils doivent par conséquent être refroidis pendant des années dans un dépôt intermédiaire. Cette étape prend place dans des bassins spéciaux remplis d'eau et situés dans les centrales nucléaires. Il s'agit des piscines de stockages. Le combustible usé y reste généralement jusqu'à cinq ans, dans l'attente d'être emballé à sec en vue de son transport. Dans le cas de la centrale de Gösgen, les assemblages sont stockés dans un entrepôt-piscine.

Une fois par an, une partie des éléments combustibles de la cuve du réacteur est transférée dans la piscine de stockage. Cette étape a lieu exclusivement sous l'eau, qui sert d'une part d'écran face aux radiations,

⁷³ <http://www.ensi.ch/fr/document/plan-daction-fukushima-2015/>

d'autre part de refroidissement des assemblages. Les éléments combustibles restent donc recouverts en permanence par plusieurs mètres d'eau tant lors du transfert que lors du stockage en piscine.

Afin d'éviter un réchauffement du bassin de stockage, la chaleur résiduelle produite par les éléments combustibles doit être évacuée en continu. Un refroidissement fiable est par conséquent nécessaire. Peu importe si le réacteur nucléaire est en exploitation ou s'il est arrêté. Même après la mise en arrêt d'une centrale, les assemblages usés doivent être refroidis pendant plusieurs années dans des piscines de stockage exploitées séparément.

Après plusieurs années, le combustible a suffisamment perdu de son activité et diminué en température pour être déchargé de la piscine. Il est alors transféré dans des conteneurs spéciaux et blindés, qui sont refroidis, cette fois-ci, par l'air ambiant.

Chaque centrale nucléaire compte sur son site au moins un bassin de stockage pour assemblages refroidis à l'eau. Pour le stockage à sec des éléments combustibles plus anciens et qui ont fortement décru, les centrales nucléaires suisses exploitent deux dépôts intermédiaires. Un se situe près de la centrale de Beznau et sert au stockage des assemblages de la centrale. Le second correspond au dépôt intermédiaire ZWILAG à Würenlingen. Il emmagasine les assemblages combustibles usés et les déchets hautement radioactifs de toutes les centrales nucléaires suisses et de tous les instituts de recherche.

Un refroidissement insuffisant des éléments combustibles ou bien même la perte de refroidissement – que ce soit dans la cuve de pression du réacteur ou dans les bassins de stockage – peut avoir de lourdes conséquences. Une telle situation peut par exemple conduire à l'éclatement de gaines de barres de combustible ou à la fusion de ce dernier. Cela a été le cas dans la centrale nucléaire de Fukushima.

À la suite de l'accident de Fukushima, des questions ⁷⁴ concernant les bassins de stockage se sont posées et l'IFSN a exigé des exploitants des centrales suisses qu'ils examinent la situation de la sécurité des piscines de stockage.

Les opérateurs devaient répondre immédiatement aux questions suivantes :

1. L'alimentation de la source de refroidissement pour des systèmes de sécurité et de secours est-elle assurée par une source diversifiée résistante aux séismes, aux crues et à des contaminations (alimentation supplémentaire par une fontaine d'eau de source) ?

2. Est-ce que les piscines de stockage se trouvant à l'extérieur du confinement primaire sont suffisamment protégées face à des effets externes et internes ?

⁷⁴ <http://www.ensi.ch/fr/2011/08/25/comment-les-elements-combustibles-sont-ils-stockes/>

3. Est-ce que le refroidissement des piscines de stockage est une fonction de sécurité particulièrement bien protégée ? Peut-elle être alimentée et dirigée depuis le système de sauvegarde « bunkerisé » ?

Après examen des rapports, l'IFSN a identifié différents points faibles dans les bassins de stockage qui seront améliorés.

Les systèmes électriques nécessaires (générateurs, transformateurs, etc.) ont-ils été renforcés pour des scénarios de type Carrington ou pour des scénarios de type attaque EMP ?

DS : Les systèmes primaires de protection du réacteur se trouvent derrière les enceintes de confinement primaire et secondaire. Ces dernières offrent donc une protection électromagnétique. Des systèmes de sauvegarde indépendants se trouvent en plus dans des installations « bunkerisées ». Elles remplissent des exigences strictes en matière de protection contre les éclairs et de comptabilité électromagnétique.

Qu'en est-il pour la France ?

Nous avons essayé de poser ces questions aux autorités françaises responsables de l'énergie nucléaire, mais nous n'avons malheureusement pas reçu de réponse officielle à nos sollicitations. Nous avons réussi à obtenir le témoignage d'un cadre d'EDF qui a toutefois souhaité rester anonyme.

Pourquoi n'avons-nous pas pu obtenir de réponse ?

M. X : J'ai travaillé jusqu'à récemment pour EDF, et notamment dans une centrale nucléaire. Je ne suis pas étonné que vous n'ayez pu obtenir de réponse. Il faut savoir qu'en France, il y a une tradition de culte du secret et ce malgré le fait que, depuis 2008, des antennes de communication ont été ouvertes au niveau local.

Plus particulièrement, dès que le sujet touche à la sécurité, la consigne est de communiquer le moins possible. Cela malgré les scandales internes qui ont lieu... Encore récemment, une personne non autorisée en possession des plans détaillés d'une centrale a été arrêtée... Et, du fait de la menace latente de terrorisme depuis les années 1990, les autorités sont très méfiantes.

Quels sont les risques aujourd'hui ?

M. X : Le premier risque est, selon moi, économique. Le nucléaire en France, c'est trois grosses parties : EDF avec l'exploitation des centrales, Areva pour la construction des EPR,⁷⁵ l'exploitation de l'uranium et le retraitement des déchets, et le CEA ⁷⁶ pour la recherche. Avec la fermeture

⁷⁵ EDF a récemment pris le leadership mondial concernant ce secteur.

⁷⁶ Commissariat à l'Énergie Atomique

de plusieurs centres CEA à travers la France, pour cause de centralisation, Areva a dégraissé plus de 5 000 postes rien qu'en 2015. Quant à EDF, la direction prévoit d'en supprimer 4 000 d'ici à 2018. Cela aura un impact sur les heures de travail et donc sur la qualité du personnel. De plus, cela aura un effet sur les prestataires externes, qui vont devoir raboter leurs marges ou la qualité de leurs prestations.

Qu'en est-t-il en cas d'arrêt d'urgence d'une centrale ?

M. X : En France, la procédure est différente de la Suisse, notamment parce que les technologies sur lesquelles nos réacteurs et systèmes de sécurité sont fondés ne sont pas les mêmes. Tout d'abord, en cas d'arrêt d'urgence – quelle qu'en soit la cause – il y a des systèmes de redondance pour continuer à refroidir les réacteurs et faire fonctionner les éléments vitaux de la centrale. On ajoute des éléments dans les piscines qui empêchent le phénomène de fragmentation des atomes. Le déclenchement s'effectue depuis la salle de commandes, où trois personnes se trouvent en permanence, à l'aide d'un grand bouton presseur rouge d'arrêt d'urgence. Il n'y a pas de centre de commande et de contrôle à distance à ma connaissance.

Ces systèmes ne sont pas connectés à des batteries, mais à des générateurs qui ont une autonomie de quinze jours en carburant. Si la centrale n'est plus approvisionnée en électricité par l'extérieur, le réacteur et le combustible peuvent donc continuer à être refroidis pendant cette période de temps.

Et ensuite ?

M. X : Cela dépend de la dégradation de la zone environnante. Tant qu'on peut acheminer du carburant de manière sécurisée, parce qu'on contrôle le territoire, on peut le faire indéfiniment. En outre, il existe la Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN) d'EDF capable de venir en renfort sur n'importe quelle centrale. Mais encore faut-il qu'il y ait du carburant, les stocks stratégiques pour les armées ayant été revus à la baisse... Sur place, les générateurs diesels sont vérifiés plusieurs fois par an, régulièrement démontés puis remontés de manière très rigoureuse. Là, la qualité du travail est très bonne !

Vous parliez des risques terroristes. Sans dévoiler le détail des plans de sécurité, qu'en est-il ?

M. X : En France, il y a des Pelotons Spécialisés de Protection de la Gendarmerie (PSPG) qui sont affectés en permanence aux sites nucléaires. Ils sont bien entraînés et savent quoi faire en cas d'attaque armée classique, et peuvent tenir le terrain en cas de venue du Groupe d'Intervention de la Gendarmerie Nationale (GIGN) si nécessaire. À mon avis, les dysfonctionnements graves de sécurité sont à rechercher plutôt au niveau de la sélection et vérification du personnel pouvant accéder sur les

sites. Par exemple, un de mes collègues avait menti sur son CV et avait pu accéder à des postes largement au-dessus de ses compétences. Il faut voir que chaque année, les services de l'État réalisent plus de 100 000 enquêtes administratives auprès des 73 000 salariés, et 23 000 chez les prestataires travaillant dans les 19 centrales nucléaires. Ils refusent l'accès à 700 d'entre eux en moyenne. Mais du fait de la baisse des moyens, les contrôles de moralité ne se font plus de manière aussi précise qu'avant, voire ne se font plus du tout...

Pourquoi ?

M. X : C'est un manque de moyens et de volonté. Comme les marchés sont européens, pour baisser les coûts, on est moins regardant. On embauche des Moldaves et des Roumains qui n'ont pas le même niveau de formation qu'en France. Sous couvert d'économies, et pour augmenter la marge des actionnaires, on fait entrer des gens qui n'ont pas la formation requise – et donc, au final, les employés, et notamment les officiers de sécurité, n'ont pas toujours les compétences nécessaires pour assurer les tâches qu'on leur confie.

Certains sites sont de véritables passoires. Non pas d'un point de vue physique, car les CNPE⁷⁷ sont bien sécurisées par des portiques et des systèmes de sécurité (d'ailleurs testés par le GIGN), mais en ce qui concerne la gestion des entrées et sorties des personnels et véhicules. Celle-ci relève en effet de sociétés de sécurité privées qui, par manque de temps et de moyens, n'opèrent pas toujours des contrôles efficaces. Par exemple, un camion de livraison entrant sur site n'est pas fouillé à fond. Autre fait : il existe des portiques à sens unique, non surveillés, où l'on peut passer à deux, l'un derrière l'autre... et donc le personnel pourrait aider ou être forcé à faire entrer/sortir des personnes malintentionnées ou du matériel sensible.

Récemment, lors d'une réunion du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), il a été reconnu que des salariés se voyaient refuser l'accès aux centrales notamment pour des motifs de radicalisation.⁷⁸

Je tiens à vous rassurer sur un point : un véritable sabotage du réacteur ne peut pas se faire facilement, car il se trouve derrière d'épaisses portes blindées, de même que le « bâtiment K » qui stocke le combustible. De plus, ces endroits sont bien gardés. Par contre, les transformateurs, les bâtiments abritant les génératrices et les bâtiments EL (électricité) sont plus faciles d'accès, et là, une attaque ou un sabotage pourrait mettre une centrale hors-service, provoquant un sacré impact sur le réseau électrique du pays. De plus, dans le cas des sites CEA, si certains sont bien surveillés

⁷⁷ CNPE : centrales nucléaires de production d'électricité.

⁷⁸ <http://www.lejdd.fr/Societe/Le-nucleaire-n-echappe-pas-aux-derives-islamistes-760935>

et gardés, d'autres, comme par exemple celui de Fontenay-aux-Roses, ne sont protégés que par un simple grillage... Il pourrait être aisé pour quelqu'un de motivé de pénétrer sur le site et de voler du matériel sensible ou des sources radioactives.

Que peuvent faire les citoyens ?

M. X : Qu'ils se renseignent auprès de leurs mairies qui ont des fiches actualisées chaque semaine sur l'état des centrales et auprès desquelles ils peuvent obtenir de l'iode.

Enfin, il faut rester attentif en cas d'alarme... bien que depuis le coup du « nuage radioactif » de Tchernobyl qui s'arrête aux frontières, je ne sais pas si l'on peut donner beaucoup de crédit aux autorités et aux informations...

6. Bombes atomiques

« *Maintenant, je suis la Mort, le Destructeur des Mondes.* »
– Robert Oppenheimer, physicien américain (1904-1967)⁷⁹

« *Bonjour Professeur Falken.*
– *Bonjour Joshua.*
– *Drôle de jeu!*
– *La seule façon de gagner, c'est de ne pas jouer.*
– *Que diriez-vous d'une partie d'échecs ?* »
Dialogue extrait du film *WarGames*, 1983

Le 16 juillet 1945, l'humanité entre dans l'ère nucléaire. Ce jour-là, sur la base aérienne d'Alamogordo, dans l'État du Nouveau-Mexique, le test baptisé *Trinity* est réussi. Il s'agissait de la toute première explosion d'une bombe A, communément appelée bombe atomique ou bombe nucléaire. Ce test est le fruit d'une course aux armements remportée par les États-Unis face à l'URSS grâce au projet Manhattan. Cet immense effort technique et industriel est dirigé par le physicien Robert Oppenheimer, entouré d'une équipe de physiciens, parmi lesquels les prix Nobel de physique Niels Bohr, James Chadwick, Enrico Fermi et Isidor Isaac Rabi.

L'idée d'une bombe atomique a pris naissance dans les années 1910, lorsque des physiciens comme Otto Hahn ou Enrico Fermi ont envisagé l'emploi de l'énergie atomique à des fins militaires et énergétiques. La première fission nucléaire fut réalisée en décembre 1938 à l'institut Kaiser Wilhelm de Berlin. Toutefois, l'Allemagne du III^e Reich, dans le cadre de son *Projekt Uranium*, ne

⁷⁹ Lors du premier essai d'explosion nucléaire, le 16 juillet 1945, à Alamogordo au Nouveau-Mexique, cette phrase de la *Bhagavad-Gita* vint à l'esprit de Robert Oppenheimer, directeur scientifique du projet Manhattan.

réussit pas à développer une bombe, et ce malgré la construction de plusieurs piles atomiques expérimentales.

Après le succès du test *Trinity*, il fut rapidement décidé d'utiliser une telle bombe sur le Japon, toujours en guerre contre les États-Unis et les Alliés.

Hiroshima

Le 06 août 1945, à 02 h 45 du matin, le bombardier Boeing B-29 Super forteresse baptisé par son commandant *Enola Gay*, en l'honneur de sa maman, prend son envol de l'île de Tinian (archipel des Mariannes), en direction du Japon. Il est accompagné de six autres avions du même type, qui ont pour but de procéder à des reconnaissances, des relevés météo et des photographies. Quant au B-29 *Enola Gay*, il transporte une bombe atomique d'environ quatre tonnes, appelée *Little Boy*, littéralement : petit garçon.

Après avoir parcouru une distance d'approximativement 3 200 km en six heures, le bombardier se retrouve à une haute altitude (9 500m) au-dessus d'Hiroshima. Un temps clair et dégagé permet de confirmer la cible. À 08 h 15 (heure locale), le commandant Tibbets, qui pilote l'avion, fait procéder au largage. La bombe chute pendant 43 secondes avant d'exploser à une distance de 580 m du sol. Une boule de feu d'environ 400 m de rayon se forme alors, émettant un puissant rayonnement lumino-thermique qui, comme son nom l'indique, se propage à la vitesse de la lumière. Bien que très bref, cet éclair provoque la mort de milliers de personnes. La gravité des brûlures étant fonction de la distance et de la surface du corps exposée, les victimes vont agoniser pendant un temps compris entre quelques minutes et plusieurs heures. En outre, de nombreux incendies sont provoqués par ce flux de chaleur intense et s'étendent sur une zone de plusieurs kilomètres de rayon autour du centre de l'explosion.

Quelques secondes plus tard, une onde de surpression emmenée par des vents allant de 300 à 800 km/h pulvérise les bâtiments, écrasant nombre de rescapés abrités derrière les murs

en bois de leur habitation. Pour les miraculés encore en vie, le calvaire n'est toutefois pas terminé. Des masses d'air brûlantes circulent de partout. Les incendies se propagent dans toute la ville. La plupart des composants électroniques ⁸⁰ sont endommagés par l'impulsion électromagnétique créée par l'explosion. Un champignon atomique constitué de poussières obscurcit le ciel. Après quelques heures, le nuage retombe sous forme de pluie. D'épaisses gouttes noires ⁸¹ s'abattent alors sur Hiroshima. Celles-ci, chargées de cendres radioactives, vont ainsi contaminer la cité et les environs jusqu'à 30 km sur un axe en direction du nord-ouest.

Conséquences

Dans le cas d'Hiroshima, *Little Boy* a une puissance évaluée à 15 kilotonnes de TNT (15 000 tonnes). Le diamètre de la boule de feu engendrée est de 400 m. La température en son centre est de plusieurs millions de degrés : elle est estimée à environ 4 000°C au niveau du sol. Des brûlures du troisième degré sont possibles jusqu'à 8 km. Le champignon atomique atteint une hauteur approximative de 7 km. Tous les bâtiments sont détruits dans un rayon de 1 km depuis l'épicentre, et ceux en bois jusqu'à 1,5 km.

À titre de comparaison, l'explosion la plus puissante jamais enregistrée en surface (*Tsar Bomba*, bombe à hydrogène de 50 mégatonnes à l'époque, ayant été testée par l'URSS le 30 octobre 1961 au nord de la Sibérie), a engendré une boule de feu de 8 km de diamètre, un nuage de 64 km de haut et a provoqué des brûlures et destruction de bâtiments jusqu'à 100 km. Elle fut visible et ressentie jusqu'à 1 000 km. Elle a déclenché un tremblement de terre de 5,2 sur l'échelle de Richter, qui aurait été de 7,1 si l'explosion avait été souterraine.

Selon le Mémorial pour la Paix de Hiroshima, le nombre de victimes s'élève à 140 000. Toutefois, dans les années qui ont suivi,

⁸⁰ Aujourd'hui, cet effet serait encore plus handicapant, car l'électronique occupe une place majeure dans notre société (présent dans les voitures, les radios, les téléphones portables, les ordinateurs...).

⁸¹ Appelées *Black Rain* en anglais, littéralement « pluie noire ».

ce chiffre a sensiblement augmenté, principalement à cause des cancers et des complications diverses provoqués par la contamination radioactive.

L'attaque contre Hiroshima fut suivie par une autre attaque, le 9 août 1945, contre la ville de Nagasaki, causant entre 40 000 et 70 000 morts immédiates et plus de 140 000 dans les cinq années suivantes. Le lendemain de l'attaque de Nagasaki, le Japon acceptait la reddition inconditionnelle.

La réaction de Josef Staline, le dirigeant de l'URSS, à cet évènement, fut de dire que si les Américains pouvaient détruire une ville en un instant avec une seule bombe, lui pouvait le faire en un jour avec son artillerie. Toutefois, il y a une différence entre détruire une ville avec une seule bombe ou avec dix mille bombes ou des millions d'obus. Tout le monde à l'époque avait pressenti qu'il ne s'agissait pas simplement d'une nouvelle bombe très puissante, mais bien d'une tueuse de civilisations.

La puissance destructrice de l'atome

La bombe atomique utilise la force de l'atome pour libérer une quantité d'énergie colossale en un temps très court. Son pouvoir de destruction est sans commune mesure avec les explosifs classiques (chimiques) et peut être exprimé en équivalent de TNT⁸². Sa puissance est très variable : la plus petite (la *Davy Crockett*, USA) représente « seulement » 20 tonnes de TNT ; la bombe larguée sur Hiroshima avait une puissance de 15 kt (15 000 tonnes d'équivalent TNT) ; la plus redoutable (la *Tsar Bomba*, URSS) équivaut à 50 000 000 tonnes de TNT (50 Mt). Entre les deux extrêmes, toute une gamme a été développée par les différentes puissances nucléaires, en sachant que plus le missile ou la bombe est précis, moins la puissance a besoin d'être élevée pour détruire un objectif particulier. Quelques exemples figurent dans le tableau ci-dessous :

⁸² TNT : Trinitrotoluène. Il sert de référence pour comparer la puissance des explosifs entre eux.

Nation détentrice	Nom	Type	Puissance (équivalent TNT)		
			Tonnes	Kilo-tonnes (kt)	Méga-tonnes (Mt)
Chine	Dong-Feng 5	Ogives des missiles intercontinentaux	5 000 000	5 000	5
États-Unis	Davy Crockett	Ogive tirée à l'aide d'un lance-roquettes	20	0,020	0,00002
	Little boy (Hiroshima)	Bombe larguée par avion	15 000	15	0,013
	W-80-1	Ogives des missiles de croisière	150 000	150	0,15
	W-87	Ogives des missiles intercontinentaux <i>Minuteman III</i>	300 000	300	0,3
France	TNA ⁸³	Ogives des missiles de croisière air-sol de moyenne portée	300 000	300	0,3
Russie	Topol	Ogives des missiles SS-25	800 000	800	0,8
	Tsar Bomba	Bombe larguée par avion	50 000 000	50'000	50

L'explosion d'une bombe nucléaire engendre différents effets, à savoir :

- Effets lumino-thermiques

35 % de l'énergie est dissipée sous cette forme. Le rayon-

⁸³ Tête Nucléaire Aéroportée.

nement engendré par la boule de feu se propage à la vitesse de la lumière. Sa durée est inférieure à trois secondes dans le cas de Hiroshima, mais elle augmente avec la puissance de l'arme (exemple : quinze secondes pour 600 kt). En fonction de la distance, l'intensité du flux thermique et de lumière peut tuer, causer des cécités temporaires ou définitives, provoquer des brûlures du troisième degré et incendier tout élément combustible.

- Effets mécaniques

Ils représentent environ 50 % de l'énergie dissipée. Ils se manifestent par une onde de surpression qui détruit bâtiments et infrastructures, ainsi que par des vents violents qui ravagent tout. Pour l'Homme, il en résulte trois catégories d'effets :

1. L'effet primaire : la surpression endommage les tympanes, les poumons et autres organes internes.
2. L'effet secondaire : les hautes pressions engendrent des dégâts de type « écrasement » dus à l'écroulement des murs ; les puissants vents causent des lésions par le biais d'objets projetés.
3. L'effet tertiaire : les personnes sont elles-mêmes propulsées contre des surfaces dures ou soulevées, puis roulées au sol.

- Effets radioactifs

Leur part est estimée à 15 % de l'énergie dissipée. Ils sont divisés en deux types :

1. Le rayonnement initial (5 % de l'énergie), constitué principalement des rayons gamma et des neutrons émis lors de la première minute suivant l'explosion. Généralement, la zone mortelle due à cet effet est inférieure à celle du flash lumino-thermique et de l'onde de surpression. C'est-à-dire que les personnes supposées succomber en raison des radiations initiales auront déjà péri, soit carbonisées, soit consécutivement à différents traumatismes profonds. Ceci est d'autant plus vrai que la puissance de la bombe est élevée. Toutefois, dans le cas de survivants gravement blessés, il apparaît évident qu'une exposition importante à des rayonnements gamma et neutrons constitue un facteur aggravant.

2. Le rayonnement résiduel (10 % de l'énergie) est quant à lui responsable du phénomène de contamination. Il est composé du matériel nucléaire non consommé et des descendants instables qui résultent de la réaction en chaîne. Si l'explosion survient à proximité du sol, s'ajoute alors l'effet des poussières et cendres radioactives.

Remarque 1 :

La contamination radioactive engendrée par l'explosion d'une bombe atomique dépend principalement de trois facteurs :

1. La puissance et la quantité du combustible nucléaire en son sein.
2. Le type d'élément provoquant la réaction en chaîne. Une arme à uranium ou plutonium engendre plus de contamination qu'une bombe H par exemple.
3. L'altitude de l'explosion.

Les poussières et cendres aspirées dans le champignon atomique deviennent radioactives par un mécanisme d'activation (capture neutronique). Plus la bombe est proche de la surface au moment de sa mise en œuvre, plus ce phénomène est important. Le nuage créé provoque par la suite des retombées radioactives qui vont polluer l'air, le sol et l'eau. Pour Hiroshima, l'explosion s'est produite à une hauteur de 580 m. Sachant que la puissance de l'arme est de 15 kt, une altitude de 160 m aurait été nécessaire pour obtenir un apport significatif de radioactivité dû au mécanisme précédemment cité.

Remarque 2 :

Il est important de comprendre que les accidents de Tchernobyl et de Fukushima sont porteurs de conséquences environnementales plus graves que les attaques sur Hiroshima et Nagasaki. Ceci est principalement dû aux vastes quantités de matières radioactives relâchées, et ce, pendant de longues périodes de temps. Bien qu'inférieures, les retombées consécutives à une explosion atomique sont cependant réelles. Même s'ils ne provoquent pas d'effets mortels immédiats, ces rayonnements résiduels vont contaminer la

zone et les personnes. Le danger apparaît encore plus grand si des individus inhalent ou ingèrent ces substances radioactives. Dans ce cas, le risque de survenues de cancers des années plus tard est alors augmenté. Des mesures sont donc à prendre pour quiconque se retrouverait sous des retombées radioactives, afin d'éviter une contamination externe ou, dans le pire des cas, interne.

Remarque 3 :

Une explosion nucléaire peut également produire une impulsion électromagnétique qui peut détruire tout matériel électronique non protégé. Cet effet est d'autant plus efficace que la bombe est puissante (généralement supérieure à 200 kt) et que l'explosion se situe en altitude (optimale pour des hauteurs de plus de 30 km). La portée est très importante : des dommages pourraient s'observer sur des régions, voire des pays entiers. Des armes atomiques spécifiques pour ce type d'impulsion ont été développées. Il s'agit notamment de bombes à hydrogène. Le sujet des EMP (impulsions électromagnétiques) sera traité plus en profondeur aux pages 397-402.

Les types de bombes atomiques.

Il existe plusieurs types de bombes atomiques :

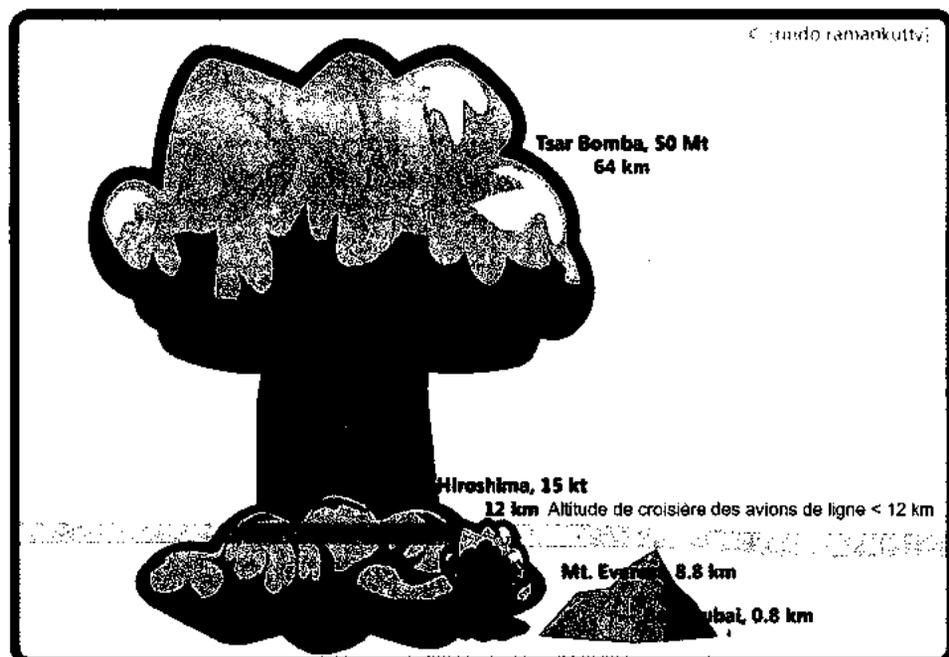
- La bombe à fission (bombe nucléaire ou bombe A)

Comme son nom l'indique, celle-ci fonctionne selon le principe de la fission nucléaire. Elle nécessite de l'uranium 235 (c'était le cas de *Little Boy* larguée sur Hiroshima) ou du plutonium 239 (comme dans la bombe *Fat Man*⁸⁴, utilisée sur Nagasaki).

- La bombe à fusion (bombe thermonucléaire ou bombe H)

Il s'agit cette fois d'une fusion de petits atomes tels que le deutérium et le tritium qui sont des isotopes de l'hydrogène (d'où le nom de bombe H). Pour atteindre les conditions de pression et de température nécessaires pour amorcer la réaction de fusion, une modeste bombe nucléaire à fission est indispensable.

⁸⁴ « *Fat Man* », littéralement « Gros homme » !



Détonation de la Tsar Bombe (bombe H), le 30 octobre 1961

- La bombe à neutrons (bombe à rayonnement renforcé ou bombe N).

Il s'agit d'une bombe à fusion particulière dont le but est de produire un maximum de neutrons pour causer un minimum de dégâts conventionnels et de retombées radioactives. Destiné à tuer les individus et à « épargner » les équipements, ce type d'arme ne semble plus être en service actuellement.

Fiction.

Jérôme et Laurent s'avancèrent sous le couvert des vieux hêtres en forme de taillis. Ils s'infiltrèrent pendant plusieurs mètres dans l'épaisse végétation, écartèrent les dernières broussailles, puis s'assirent en soufflant sur le vieux banc de pierre.

Ils n'avaient grimpé qu'une centaine de mètres, mais cela suffisait amplement. La gendarmerie ne viendrait pas les chercher ici. Le chemin menait en haut de la colline mais personne ne l'empruntait désormais. Il n'y avait plus de touristes pour admirer l'exceptionnelle vue sur la plaine et sur la grande ville qui s'étendait au pied du relief. Cela se comprenait aisément : depuis que la guerre avait commencé, les gens avaient d'autres priorités... En outre, le

restaurant qui trônait au sommet de la crête avait été pillé et incendié six mois auparavant. Les deux compères ne seraient pas dérangés.

« Qu'est qu'il ne faut pas faire pour être tranquille, lança Jérôme.

– De quoi te plains-tu ? Le temps est parfait. Ni trop chaud, ni trop froid. Et pas un nuage !

– Quand même ! Faudrait trouver une planque quelque part en ville. J'en ai marre de grimper ici tous les jours.

– Si tu préfères te faire chopper par nos amis les gendarmes, libre à toi. »

Jérôme soupira en guise de réponse. Il sortit une pochette de son sac à dos, puis tout en débarrassant le contenu, il continua.

« Il paraît que les frères Biston sont morts.

– Ah ! Je ne savais pas. Tu tiens ça d'où ?

– La voisine qui l'a dit à ma mère.

– Tu ne devrais pas retourner chez toi, ce n'est pas prudent. Tu es un déserteur, tu te rappelles ? Tu vas te faire prendre un jour.

– De toute manière, les troupes russes seront là bientôt à ce qu'il paraît. Et cette fois, on n'aura pas les Ricains pour nous aider. Ils ont trop fort à faire avec les Chinois.

– En même temps, on l'a bien cherché. C'est nous qui l'avons commencée cette foutue guerre. »

Les deux amis restèrent alors quelques minutes sans parler, seul le bruissement des feuilles venait perturber le silence.

« Bon, tu le roules ton joint, lâcha soudain Laurent. On ne va pas tomber dans la mélancolie quand même !

– Ouais, t'as raison.

– T'as apporté quoi aujourd'hui ?

– Je ne sais pas trop. Le shit est tellement cher maintenant. J'ai pris un nouveau truc. Le gars m'a dit que c'est basé sur des plantes que les sorcières utilisaient au Moyen-Âge.

– À mon avis, tu t'es fait avoir. »

Jérôme finit de rouler son joint, puis l'alluma tranquillement. Il aspira une grosse bouffée, puis une seconde avant de le tendre à son camarade.

Laurent s'en saisit sans se faire prier. Il allait redonner la cigarette en forme de cône à son ami, quand celui-ci s'exclama :

« Merde ! C'est quoi cette lumière ?

– Ah ! Ça me brûle les yeux !

– *Bon sang ! Ça chauffe !* »

Le phénomène disparut aussi vite qu'il était venu. Les arbres qui les protégeaient avaient tous perdu leurs feuilles et présentaient dorénavant une couleur noire. Les garçons avaient la peau rouge comme s'ils avaient pris des coups de soleil.

« *Waouh ! dit Laurent. Ça déchire ton truc. Jamais vu un effet pareil.* »

En réponse, Jérôme, le visage décomposé par la peur, se contenta de lever un doigt vers la plaine.

« *Mais, c'est carrément hallucinogène ! continua Laurent en tournant la tête. Faudra peut-être en mettre moins la prochaine fois.* »

Un énorme champignon de poussière montait en silence vers le ciel. Au sol, une vague grise écrasait tout sur son passage, avançant à une vitesse vertigineuse.

« *C'est pas bon ça, laissa simplement échapper Jérôme.*

– *Moi, ça me rappelle un film.*

– *Ben justement, faut pas rester là.*

– *Hé ! C'est quoi ce bruit ? hurla soudain Laurent. Y'a tout qui tremble !*

– *Vite, à terre...* »

Jérôme n'eut pas la possibilité de terminer sa phrase. La vague grise les avait rejoints, lui et son compère. Il eut à peine le temps de se sentir soulevé, projeté et de rouler contre le sol. En réalité, ses poumons avaient déjà explosé suite à la surpression. Du sang coulait de ses oreilles. Pourtant, de tout cela, il ne s'en rendait pas compte. Pas plus de la branche qui s'était fichée dans son dos. Ni de sa colonne vertébrale qui venait de se briser.

En vérité, tout avait été trop rapide. La douleur et la peur étaient les dernières informations que son cerveau avait enregistrées.

Il y a dix mois, Jérôme et Laurent avaient déserté. Aujourd'hui, la guerre les avait rattrapés.

Malheureusement, ils n'étaient pas les seuls dans ce cas. La plaine ressemblait dorénavant à une crêpe restée trop longtemps sur le feu ; la ville à un tas de cendre.

Pourtant, quelques minutes auparavant, des dizaines de milliers de personnes s'affairaient encore à leurs activités journalières. Elles échangeaient, s'entraidaient, travaillaient et, parfois,

se querellaient. Néanmoins, elles vivaient, portées par l'espoir de revoir des jours meilleurs.

Tout était fini désormais.

Inconscients de la menace qui pesait sur eux, une foule d'innocents avait péri en l'espace de quelques secondes. Qui avait lancé la bombe ? Cela importerait peu... L'Histoire serait écrite par le vainqueur de la guerre en cours. Ce ne serait pas la première fois que des atrocités seraient justifiées pour le « bien de tous » ...

Les rescapés, quant à eux, avaient d'autres priorités. Pour la plupart blessés ou brûlés, assoiffés et choqués, il leur faudrait désormais s'échapper de cet enfer. Même s'ils avaient tout perdu, l'instinct de survie les pousserait de l'avant tant qu'ils leur resteraient une once de force.

La majorité d'entre eux se retournaient sans cesse pour contempler avec horreur le champignon atomique qui montait dans le ciel. Comme s'il ne voulait jamais s'arrêter, celui-ci s'éleva pendant des dizaines de minutes, formant une ombre gigantesque qui marquerait à jamais l'esprit de ces pauvres hères. Mais qu'en serait-il lorsqu'il retomberait sous forme de pluie ? Beaucoup parmi les survivants savaient certainement qu'il ne faudrait en aucun cas boire cette eau devenue poison. Mais combien savaient qu'ils devaient également s'en protéger ? Combien savaient que cette contamination se retrouverait dans les rivières, sur les plantes et le sol pendant des jours, des mois, voire des années ?

Bien évidemment, ce récit est une fiction relatant un évènement imaginaire. Cependant, comme tous l'auront compris, il est possible de faire un rapprochement avec les deux explosions nucléaires utilisées sur des populations civiles que le Monde a connues : Hiroshima et Nagasaki.

7. Mythes

« Notre doctrine est d'utiliser les armes nucléaires dès que nous le considérerons nécessaire pour protéger nos forces et atteindre nos objectifs. »

– Robert McNamara,
Secrétaire à la défense des États-Unis (1916-2009)

Des livres à succès, comme *On the Beach* de Neville Chute, et bien d'autres œuvres artistiques mettant en scène des univers post-apocalyptiques, ont transmis dans la culture populaire un grand nombre de mythes liés aux armes nucléaires. L'un d'entre eux est que leur utilisation serait synonyme de fin du monde.

Un scénario d'accident nucléaire, et même une guerre thermonucléaire globale, bien que tragiques et aux effets colossaux difficiles à estimer, ne signifieraient pourtant pas la fin de la vie humaine sur terre. Même parmi les « survivalistes » ou autres *preppers* le thème de la préparation à la guerre nucléaire est souvent négligé, pensant que « ça ne sert à rien » car ce serait « trop dur » ou « trop horrible ».

Il faut donc déconstruire les mythes liés au nucléaire, afin de permettre une compréhension claire, et avec le moins de préjugés et d'émotion possible de la réalité.

Premier mythe :

Les radiations d'une guerre nucléaire vont empoisonner l'air et l'ensemble de l'environnement ! Tout le monde va mourir !

Les faits : Lorsqu'une explosion nucléaire se produit, surtout si elle est proche du sol, des milliers de tonnes de matière sont irradiées. Cette matière contaminée est pulvérisée par l'explosion

(température, souffle) et est transportée dans l'atmosphère par l'effet ascendant de l'air chauffé par l'explosion. Ce nuage si typique en forme de champignon fait que ces particules vont se propager dans l'atmosphère puis se disperser et retomber, notamment en fonction des vents.

Les particules les plus lourdes, et donc plus chargées de nucléides radioactifs, retombent le plus rapidement. Elles créent ainsi des dépôts fortement radioactifs aux contours parfois bien délimités et peu éloignés du lieu de l'explosion. Les particules les plus fines, quant à elles, ne sont pas à négliger. Elles restent dangereuses, car elles peuvent facilement être ingérées ou respirées tout en demeurant invisibles à l'œil nu. Retombant plus lentement, elles se déposent sur des zones plus vastes et étendues, provoquant généralement une contamination moindre, mais tout de même bien réelle.

Lors d'une explosion nucléaire, les personnes qui s'abritent rapidement dans un abri, et qui y restent pendant quelques jours, ont peu de chances d'être en contact avec ces particules radioactives, notamment si l'abri est équipé d'un filtre à air. En effet, la majorité d'entre elles se seront déposées dans les premières 48 heures. Les dépôts de poussières chargées en radionucléides seront charriés au fil du temps par l'eau et leurs effets s'estomperont, sauf dans les endroits où, par effet d'accumulation (boues, vases, étangs, etc.), elles s'accumuleront et resteront dangereuses.

Lors de l'explosion du réacteur n°4 de Tchernobyl, en 1986, le nombre important de victimes est principalement dû à la lenteur de l'évacuation des zones à proximité de l'accident. Les habitants ont respiré pendant plusieurs jours un air chargé de poussières radioactives à un niveau 400 fois supérieur à la limite considérée comme « acceptable ».

Heureusement, du fait de la demi-vie des éléments radioactifs, comme nous l'avons vu précédemment, le danger des radiations diminue avec le temps. Comme cette réduction est exponentielle, la dangerosité diminue rapidement. Lors de la Guerre froide, les programmes de défense civile ont estimé que,

pendant une guerre nucléaire, après deux semaines passées dans un abri, il était relativement sûr de sortir. Néanmoins, il est plus que recommandé d'éviter les endroits se trouvant sous le vent des cibles touchées par les ogives nucléaires, comme les grandes villes ou les sites stratégiques (silos de missiles, etc.).

L'étude des effets des bombardements atomiques sur Hiroshima et Nagasaki montre que seule une petite partie de la population qui a reçu des doses de radiation en est morte ou a subi des effets délétères à long terme. Une simulation réalisée en 1980 par le gouvernement britannique a démontré qu'une attaque soviétique sur le Royaume-Uni avec 130 têtes nucléaires causerait la mort de 53 % de la population et engendrerait 12 % de blessés graves. Ces prévisions ne sont pas très éloignées de celles qu'avait émises le célèbre physicien allemand Albert Einstein : « *Je ne crois pas que la civilisation sera éliminée dans une guerre combattue avec des bombes atomiques, mais il est probable que les deux-tiers de la population de la Terre soit tués.* ». Réjouissons-nous !

Deuxième mythe :

Les radiations pénètrent tout et il n'y a pas moyen d'échapper à leurs effets.

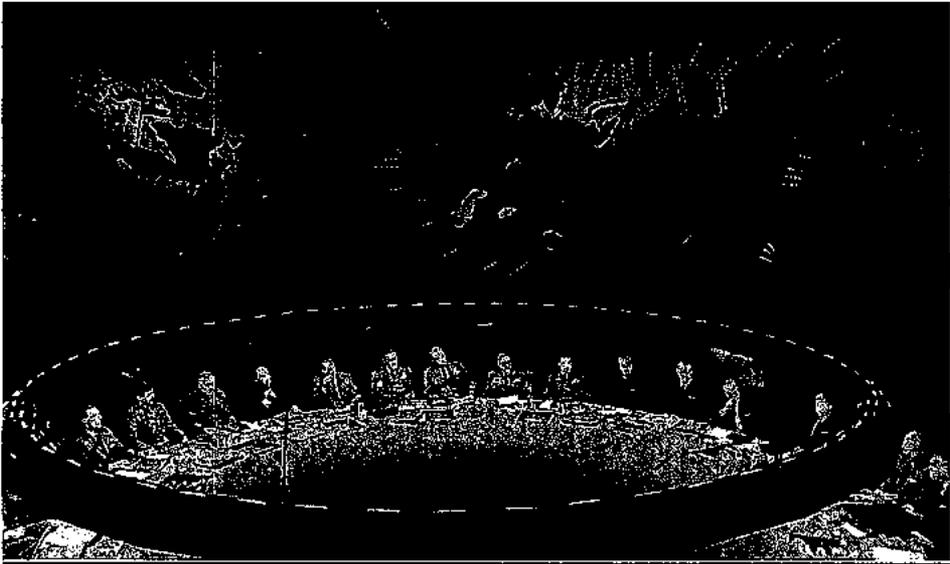
Les faits : Les rayons gamma sont atténués plus ou moins fortement en fonction du type d'écran utilisé. Plus le matériau du constituant est dense et épais, plus il est efficace. Néanmoins, toute substance a son utilité : plusieurs mètres de terre peuvent arrêter la majeure partie des rayonnements gamma. Concernant les neutrons émis lors d'une explosion nucléaire, le phénomène d'atténuation est identique, à la différence près qu'il est préférable d'employer des matériaux légers, comme l'eau.

Troisième mythe :

Dans une explosion, comme celles d'Hiroshima et de Nagasaki, tous les bâtiments sont détruits et tout le monde est tué par l'onde de choc, les radiations ou les incendies.

Les faits : À Nagasaki, beaucoup d'habitants ont survécu sans

blessures car ils se trouvaient dans des abris construits pour protéger la population contre des attaques aériennes conventionnelles. Certains de ces survivants se trouvaient dans des abris à moins de 500 m du point d'impact. De nombreux abris familiaux construits simplement dans de la terre n'ont pas été détruits, alors qu'au même endroit, les bâtiments en surface ont été balayés ou consumés par les flammes.



Le cinéma et la guerre nucléaire : *Docteur Folamour* de Stanley Kubrick, 1964

Quatrième mythe :

Une guerre nucléaire mettrait le feu aux villes et créerait des « tempêtes de feu » qui consumeraient tout l'oxygène et tueraient tous les habitants, y compris ceux terrés dans les abris.

Les faits : Par temps clair et sec, la chaleur dégagée par une explosion nucléaire est telle qu'elle met instantanément le feu à tous les matériaux inflammables (tapis, moquettes, tapisseries, papier, bois sec, journaux, herbe sèche, buissons, rideaux, etc.), y compris la peau des êtres humains et de certains animaux. Ces effets sont très forts à proximité de l'explosion et s'amenuisent avec l'éloignement. Par temps nuageux ou humide, ils sont un peu réduits, car l'humidité de l'air va absorber une partie de la chaleur. Au-delà de cette zone « d'inflammation », les brûlures peuvent toujours être graves (deuxième degré), mais le flash thermique n'est plus suffisant pour enflammer les matériaux. En outre, dans les tests nucléaires réalisés sur des bâtiments spécifiquement construits pour étudier les effets des explosions, le souffle qui suit l'effet thermique éteint souvent les incendies. Malgré tout, si ceux-ci devaient néanmoins ravager les villes, l'expérience des pires bombardements incendiaires effectués par l'aviation américaine sur Dresde (13 février 1945) ou sur Tokyo (9 mai 1945) nous enseigne que même dans le cas de véritables tempêtes de flammes, cela n'est pas suffisant pour totalement consumer l'oxygène de l'air. Certes, la chaleur des incendies peut devenir telle que l'air devient irrespirable et que l'acier des structures métalliques fond, mais il reste toujours de l'oxygène dans l'atmosphère.

À moins de vivre dans des villes anciennes avec beaucoup de matériaux inflammables (Paris, Londres, Strasbourg), les villes plus modernes (New York, Dubaï...), construites en béton, en acier et en verre, n'ont pas assez de matériaux combustibles pour que ce phénomène puisse se produire. De plus, si la densité est faible – comme dans les quartiers pavillonnaires – il est peu probable de voir advenir ces « tempêtes de feu ».

Enfin, notons que la terre est un très bon isolant thermique et que tout abri enterré constitue une bonne protection contre la

chaleur.

Cinquième mythe :

L'eau et la nourriture seront devenues radioactives et la population mourra même s'il reste suffisamment de nourriture et d'eau pour les survivants.

Les faits : Il est important de comprendre la différence entre irradiation et contamination. Si des aliments étaient traversés (irradiés) par des rayons gamma, ils resteraient probablement comestibles (d'ailleurs, la plupart des légumes et produits frais que nous consommons sont irradiés dans le but de les stériliser). Dans le cas de la contamination, si les particules chargées de radionucléides n'entrent pas en contact avec de la nourriture, il n'y a aucun risque. L'eau et la nourriture, qui sont contenus à l'abri des poussières (conserves, sacs étanches, etc.), ne seront pas contaminées. Le simple fait de peler les fruits et les légumes et de filtrer l'eau réduit considérablement les risques (attention, les plantes ayant poussé dans des sols contaminés ne sont pas consommables). Pour plus d'informations, voir le chapitre sur la préparation alimentaire ci-dessous.

Sixième mythe :

La plupart des nouveau-nés auront des malformations et le patrimoine génétique des générations futures sera tellement atteint que la population humaine va périr et disparaître.

Les faits : Selon les études médicales sur les effets des radiations sur les populations d'Hiroshima et de Nagasaki,⁸⁵ il n'y a pas significativement plus de naissances anormales dans ces populations que dans celles non exposées aux radiations. En revanche, il y a eu un nombre plus élevé de fœtus anormalement formés et causant une fausse-couche, ainsi qu'une légère augmentation du taux de cancer chez les personnes ayant survécu à l'explosion. Les radiations ont donc un effet réel et tragique, mais

⁸⁵ A Thirty Year Study of the Survivors of Hiroshima and Nagasaki, National Academy of Sciences, 1977.

ne modifient pas la population humaine au point de la faire disparaître.

Septième mythe :

À cause de la destruction de la couche d'ozone de l'atmosphère, permettant ainsi le passage de trop de rayons ultraviolets solaires, les hommes et les animaux deviendraient aveugles.

Les faits : Les explosions nucléaires projettent dans la stratosphère une grande quantité d'oxyde d'azote qui est un gaz qui détruit la couche d'ozone. Toutefois, selon les calculs des scientifiques ⁸⁶ ⁸⁷ sur les tests nucléaires atmosphériques des USA et de l'URSS entre 1952 et 1962, ces quantités restent trop faibles pour que les destructions soient significatives et pour que la quantité de rayons ultraviolets qui passent à travers la couche d'ozone augmente de manière notable.

De plus, puisque les armes nucléaires modernes ont des puissances bien moins grandes que celles des années 1950 et 1960, les effets sur la couche d'ozone seraient moindres, voire nuls. Au contraire, les poussières projetées dans l'atmosphère pourraient créer, par des réactions de type « smog » (particules + humidité) dans la troposphère, une protection supplémentaire contre les rayons ultraviolets. Les survivants d'une guerre nucléaire auront au moins la consolation de pouvoir se mettre au soleil sans danger !

⁸⁶ M. H. Foley and M. A. Ruderman, *Stratospheric NO from Past Nuclear Explosions*, in *Journal of Geophysics, Res.* 78, 4441-4450.

⁸⁷ Julius S. Chang et Donald J. Wuebbles, *Atmospheric Nuclear Tests of the 1950s and 1960s: A Possible Test of Ozone Depletion Theories*, in *Journal of Geophysical Research* 84, 1979.

Huitième mythe :

Un « hiver nucléaire » rendant toute survie impossible suivra une guerre nucléaire. Les fumées des feux causés par la guerre et les poussières projetées dans l'atmosphère vont envelopper la terre d'une couche obscure qui empêchera les rayons du soleil de la traverser. Il fera nuit, il fera froid. Les récoltes vont geler, y compris aux tropiques. Ce sera la famine et l'humanité ne pourra pas survivre.

Les faits : La théorie de « l'hiver nucléaire », qui a effrayé les populations, a été émise en 1982 par le chimiste allemand Paul Crutzen et a ensuite été médiatisée par des scientifiques pacifistes, comme le très célèbre Carl Sagan,⁸⁸ et par la communauté scientifique soviétique tout entière, prônant, dans la foulée, un démantèlement de toutes les armes nucléaires... En 1986, une étude scientifique poussée⁸⁹ a calculé qu'en cas de guerre nucléaire globale, les effets sur le climat ne seraient pas aussi graves que dans la théorie précitée. Dans le scénario d'une telle guerre, la température des zones tempérées de l'hémisphère Nord, en été, baisserait de vingt degrés par rapport à la moyenne, mais seulement pendant quelques jours. Par ailleurs, des études soviétiques antérieures à la théorie de l'hiver nucléaire⁹⁰ montraient que la quantité de poussières propulsées dans l'atmosphère serait très inférieure à celle qui serait nécessaire pour obscurcir le ciel.

Le vrai danger en cas de guerre nucléaire, outre les destructions immédiates et les radiations, reste la dislocation des infrastructures et des systèmes d'approvisionnement, des villes notamment, pour tout ce qui concerne l'eau, la nourriture, les médicaments, les pièces détachées, l'essence, etc. Si l'économie mondiale se paralyse, les supermarchés se retrouveraient sans ravitaillement, les pharmacies et les hôpitaux sans médicaments, la

⁸⁸ Notamment dans l'article du 23 décembre 1983 du journal *Science: Nuclear winter, global consequences of multiple nuclear explosions*, R. P. Turco, O. B. Toon, T. P. Ackerman, J. B. Pollack, et C. Sagan.

⁸⁹ Starley L. Thompson et Stephen H. Schneider, *Nuclear Winter Reappraised*, Foreign Affairs, 1986.

⁹⁰ Egorov, Shlyakhov, Alabin et al., *Civil Defense*, Moscou, 1970.

population sans eau ni électricité, le système des égouts s'effondrerait... Et les conséquences sur la vie des millions – des milliards à l'échelle planétaire – d'habitants des villes seraient catastrophiques.

Neuvième mythe :

Une guerre entre puissances nucléaires serait suicidaire, et donc personne ne prendrait le risque de la déclencher.

Les faits : Ce serait formidable si ce mythe était vrai, et l'histoire nous a montré que, de 1945 à nos jours, l'effet dissuasif de ces armes a fait qu'aucune attaque majeure n'a eu lieu contre un pays possédant l'arme nucléaire.

Hélas... les documents déclassifiés des années 50 montrent que les militaires américains étaient prêts à prendre le risque de lancer une attaque surprise contre l'URSS, l'Europe de l'Est et la Chine.⁹¹ Dans les années 1990 et 2000, les Etats-Unis ⁹² et Israël ⁹³ ont développé des « micro-bombes » atomiques, destinées à être utilisées contre des objectifs dits « durs », tels que des bunkers enterrés et autres cibles de commandement et de communication ou des centres de recherche nucléaire enfouis à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Ces armes faillirent être employées contre l'Irak et contre le programme nucléaire iranien. Les pouvoirs politiques ont, pour l'instant, refusé de les utiliser, probablement parce qu'ils redoutent un effet négatif sur l'opinion publique.

⁹¹ <http://nsarchive.gwu.edu/nukevault/ebb538-Cold-War-Nuclear-Target-List-Declassified-First-Ever/>

⁹² <http://www.informationclearinghouse.info/article17206.htm>

⁹³ <http://www.reuters.com/article/us-nuclear-iran-israel-nukes-idUSTRE62P1LH20100326>

Dixième mythe :

Il est possible de savoir quel pays a fabriqué les matières radioactives servant à une bombe atomique rien qu'en étudiant les rayonnements issus de l'explosion.

Les faits : Non, même s'il est envisageable de déterminer la nature de la bombe (fission ou fusion) lors de l'explosion, il n'est pas possible d'identifier la provenance des matières radioactives qui la constituent. En revanche, si on parvient à récupérer un échantillon des radioéléments d'une bombe non explosée, il est possible d'identifier le pays producteur, et même dans la plupart des cas de déterminer le site de production. Ceci peut être particulièrement utile en cas de bombe nucléaire « artisanale » avortée d'origine terroriste. Les scientifiques peuvent dans ce cas remonter au producteur originel.

Onzième mythe :

L'utilisation de munitions à l'uranium appauvri lors de conflits va rendre impropre à la vie des régions entières.

Les faits : La réponse est complexe, car l'uranium est un élément naturel dans l'environnement qui peut être présent à l'état de trace ou en plus grande quantité selon les régions du monde. L'uranium appauvri, quant à lui, est 40 % moins radioactif que l'uranium naturel. Néanmoins, il présente tout de même des risques potentiels pour la santé, du point de vue de la radio-toxicité et de la chimio-toxicité. En cas d'utilisation de munitions ou de perforation de blindages constitués d'uranium appauvri, une partie du radio-isotope passe sous forme de poussières et contamine la zone. C'est le véritable danger. Les principales voies d'exposition des populations présentes sont donc l'ingestion et l'inhalation qui entraîneraient une contamination interne.

Fort heureusement, ce matériau est bien moins dangereux que les isotopes impliqués dans les incidents nucléaires de type bombes atomiques ou accident de centrales nucléaires. De plus, les traces d'uranium appauvri sous forme de poussières sont dispersées

au fur et à mesure du temps par les précipitations, le vent, etc. Cependant, dans les zones où un nombre conséquent d'obus de ce type ont été tirés, le risque de contamination de l'eau n'est pas à exclure.

Au final, l'irradiation est négligeable et seule la contamination interne peut poser problème. Ainsi, se promener dans une carcasse de char ayant été frappé par un obus à l'uranium appauvri n'entraîne pas de soucis de santé. Par mesure de précaution, il est préférable de porter un masque à poussières, voire une paire de gants jetables. En revanche, pour les populations *régulièrement* exposées, des atteintes chroniques au niveau du foie et des poumons peuvent survenir. Ceci est d'autant plus vrai pour les enfants qui jouent dans les épaves de blindés, remuent la poussière, mettent leurs mains à la bouche...

Le risque Biologique

« Les épidémiologistes pensent que la variole a tué environ un milliard de personnes pendant ces cent dernières années d'activité sur terre. »

– Richard Preston, écrivain américain,
The Demon in the Freezer, 2003

« [Nous sommes] déterminés, pour le bien de l'humanité toute entière, à exclure totalement la possibilité que des agents bactériologiques et des toxines puissent être utilisés comme armes. [Nous sommes] convaincus que la conscience de l'humanité répugnerait à un tel usage et qu'aucun effort ne doit être épargné pour réduire le risque... »

Préambule du Traité d'interdiction des armes
bactériologiques et toxiques, 1972

1. Le vivant

*« Rien en biologie n'a de sens,
si ce n'est à la lumière de l'évolution. »*

– Theodosius Dobjansky,
biologiste ukrainien (1900-1975)

Généralités

Apparue il y a près de 3,8 milliards d'années sous forme de minuscules et primitives entités, la Vie n'a depuis cessé d'évoluer, de s'adapter et de se multiplier pour offrir le spectacle d'une beauté époustouflante, comme nous pouvons le contempler aujourd'hui.

Des cataclysmes titanesques ont parfois mis un frein brutal à sa progression, mais la Vie a toujours repris le dessus. Au fil du temps, elle a comblé les vides, reconquis les zones perdues, comme l'eau envahit chaque recoin.

Actuellement, la diversité du monde vivant dépasse de loin ce que le commun des mortels peut imaginer. Ainsi, peu d'entre nous ont idée du nombre considérable d'espèces qui ont été décrites jusqu'à présent. Par exemple :

- 5 500 pour les mammifères,
- 10 000 pour les oiseaux,
- 31 000 pour les poissons,
- 100 000 pour les araignées,
- 280 000 pour les plantes,
- 1 000 000 pour les insectes...

Pourtant, la liste établie à ce jour ne représente qu'une petite proportion du monde vivant qui nous entoure. Nombre d'espèces ne sont pas répertoriées et encore moins détaillées. Ceci est d'autant

plus vrai chez les insectes et les micro-organismes. Par exemple, 99 % des bactéries nous sont toujours inconnues.

En ce début de XXI^e siècle, certains scientifiques ⁹⁴ estiment qu'il existe entre 10 et 12 millions d'espèces, alors que seulement 1,9 million ont été décrites. Si l'on considère qu'entre 16 000 à 18 000 d'entre elles sont identifiées et ajoutées au répertoire chaque année, plus d'un demi-millénaire serait nécessaire à ce rythme pour en recenser la quasi-totalité. Et encore faut-il que les évaluations actuelles soient correctes et non pas minimalistes. Par exemple, selon l'avis de la zoologiste Terry Erwin, il existerait plus de 50 millions d'espèces animales sur la Terre, dont rien moins que 30 millions d'insectes.

Et pourtant ! L'ensemble des espèces répertoriées à ce jour ne représenterait qu'un millième de ce que notre planète a porté jusqu'à maintenant.

Bien que le nombre d'espèces soit impressionnant, la quantité « d'individus » est encore plus déroutante. Ainsi, savez-vous que notre intestin contient jusqu'à 50 millions de bactéries par cm² ? Que sur notre peau sont présents près de 1 000 milliards de micro-organismes, soit environ 140 fois la population mondiale d'êtres humains ?

Ces chiffres peuvent donner le vertige, pourtant notre Terre est potentiellement à l'aube d'une nouvelle extinction de masse !

En effet, le taux de disparition des espèces serait de 50 à 560 fois ⁹⁵ supérieur à ce que la nature a connu jusqu'à présent (hors cataclysme). Selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), parmi les 76 199 espèces étudiées, 22 413 sont menacées d'extinction. Le rapport du *Millennium Ecosystem Assessment* de 2005 (groupe de scientifiques internationaux) évoque quant à lui la disparition de 12 % des oiseaux, 25 % des mammifères et 32 % des amphibiens d'ici à 2100.

Bien que ces chiffres soient sujets à discussion (à la hausse

⁹⁴ A.D. Chapman, *Numbers of Living Species in Australia and the World*, 2^{nde} édition, 2009.

⁹⁵ Source CNRS. D'autres études sont encore plus alarmantes.

ou à la baisse), il est généralement admis que la sixième extinction des espèces a déjà commencé...

Au demeurant, il ne semble pourtant pas qu'une météorite ait frappé la Terre ces derniers temps ou qu'un super-volcan soit entré en éruption et ait craché des cendres pendant des semaines. Non, la véritable raison est bien moins spectaculaire et beaucoup plus pernicieuse : le responsable de l'extinction en cours est l'Homme (et ses activités) ! Les conséquences de nos actions sont multiples et ont un impact néfaste sur l'environnement, voire directement sur les êtres vivants, par exemple :

- Modifications ou destruction des habitats des espèces.
- Surexploitation.
- Pollution des eaux, des sols et de l'air.
- Introduction d'espèces envahissantes qui déciment les populations autochtones.
- Réchauffement climatique...

Classification du vivant

Tout au long de son existence et en fonction de ses connaissances, l'Homme a tenté d'inventorier ce qui l'entourait et plus particulièrement les êtres vivants. Plusieurs types de classifications se sont succédées au fil du temps et chaque région du monde a vu l'apparition de noms populaires pour les animaux et les plantes. Ainsi, la chauve-souris ou la pomme de terre sont des appellations connues de la plupart des francophones. Ce genre de désignations découle parfois de ressemblances, mais elles restent souvent imprécises et varient d'un pays à l'autre. Par exemple, le chêne-liège porte un nom distinct en fonction des différentes localisations :

France : chêne-liège	Portugal : sobreiro
Catalogne : suro	Italie : sughero

Provence : suvé	Allemagne : korkeiche
Gascogne : corcier	Angleterre : cork-oak
Espagne : alcornoque, alzinaserera	Afrique du Nord : ferman

En outre, ces noms usuels (ou *vernaculaires*) regroupent généralement un ensemble d'espèces plutôt qu'une seule. Le terme de fourmis, par exemple, représente la famille des formicidés et comprend en réalité quelques 12 000 espèces !

Pour les scientifiques, le besoin d'un langage commun et la nécessité de respecter des critères bien définis ont conduit à l'élaboration de classifications.

Classification traditionnelle (classique)

La classification traditionnelle découle de celle de Linné,⁹⁶ commencée en 1730 et publiée entre 1735 et 1758. Elle a été utilisée et a évolué pendant de nombreuses années, avant de tomber doucement en désuétude à partir de 1950, lorsque la classification phylogénétique est née. Bien que de moins en moins employée par les scientifiques, elle continue néanmoins à l'être par le grand public du fait de sa simplicité et de la logique apparente de son système de répartition (tout le monde est capable de reconnaître un poisson, un oiseau...). Ce modèle traditionnel a commencé avec deux règnes (animaux et végétaux), puis est passé à trois lors de la découverte des microbes (protistes ajoutés). La version de Woese (1977) comporte six règnes ⁹⁷ :

1- Les bactéries (procaryotes ⁹⁸ unicellulaires)

⁹⁶ Naturaliste suédois (1707-1778), à l'origine de la nomenclature binominale (deux noms pour caractériser une espèce).

⁹⁷ D'autres versions ont jusqu'à huit règnes ou ajoutent de nouveaux niveaux de hiérarchies (ex : domaines).

⁹⁸ Procaryotes : êtres vivants dont la structure cellulaire ne contient pas de noyau.

Les bactéries sont composées d'une seule cellule sans noyau. Elles sont si petites qu'un microscope est nécessaire pour pouvoir les distinguer, d'où le terme de microbes ⁹⁹ parfois employé pour les désigner. Elles mesurent généralement entre 0,1 et 50 micromètres (un millionième de mètre). Elles peuvent être de forme incurvée ou allongée (bacilles), sphérique (cocci), spiralée (spirilles). Certaines peuvent être pathogènes (qui provoque une maladie), comme le bacille de la peste, mais la grande majorité d'entre elles ne le sont pas. On les retrouve à peu près partout dans l'environnement, et elles sont, dans certains cas, utilisées par l'Homme (ex. : bactéries lactiques qui jouent un rôle essentiel dans la fabrication des yaourts).

2- Les archées (procaryotes unicellulaires)

D'apparence semblable aux bactéries, elles ont longtemps été considérées comme des bactéries particulières qui vivent dans des milieux très difficiles (extrémophiles). Ce règne existe depuis des milliards d'années et a colonisé les entrailles de la Terre, les abysses (zones très profondes de l'océan), les lacs d'acides, les glaces polaires...

3- Les protistes (eucaryotes ¹⁰⁰ unicellulaires)

Ce sont des organismes constitués d'une seule cellule avec noyau (contrairement aux bactéries et aux archées). Celle-ci est très différenciée et remplit de nombreuses fonctions nécessaires à la vie. Elle peut par exemple comporter des organites complexes, comme des flagelles (filaments permettant la mobilité de la cellule). Les protistes ont conquis tous les milieux et s'y sont adaptés. En outre, certains sont des parasites qui peuvent être très dangereux pour l'Homme (ex. : amibes). Ils sont généralement microscopiques : les plus petits ont les dimensions de grosses bactéries, mais la plupart

⁹⁹ Les microbes ne constituent pas réellement un groupe au sens scientifique du terme. Il s'agit juste d'un ensemble hétéroclite de micro-organismes (nécessitant un microscope pour les voir), comme les bactéries, les levures ou certains parasites.

¹⁰⁰ Eucaryotes : êtres vivants (unicellulaires ou pluricellulaires) dont les cellules contiennent un noyau et des mitochondries (minuscule « usine » qui fournit les cellules en énergie).

mesurent de 10 à 50 millièmes de millimètre. Cependant, il existe des espèces visibles à l'œil nu, et quelques-unes atteignent même la taille d'une pièce de monnaie.

4- Les champignons (eucaryotes unicellulaires ou multicellulaires aux tissus peu différenciés et sans chlorophylle)

Les champignons constituent un groupe d'une extrême variété, allant d'espèces microscopiques (comme les levures) à des organismes de plusieurs kilos. Ils se distinguent des plantes par leur incapacité à accomplir la photosynthèse : ils ne peuvent donc pas se nourrir de manière autonome et doivent consommer des matières organiques en décomposition ou vivantes.

5- Les végétaux (eucaryotes réalisant la photosynthèse)

Les végétaux (plantes et algues) se distinguent des animaux car ils peuvent réaliser la photosynthèse (ils n'ont pas besoin d'ingérer d'autres organismes vivants, à l'exception notable des plantes carnivores). Ce règne comporte aussi bien des plantes sans racines ni tiges (thallophytes) que d'autres avec racines et tiges (cormophytes) et possédant un ensemble de rameaux feuillés.

6- Les animaux (eucaryotes n'ayant ni chlorophylle, ni paroi cellulaire cellulosique)

Ce règne rassemble tous les animaux, c'est-à-dire les organismes composés de plusieurs cellules qui ont besoin d'ingérer des aliments (de manger d'autres organismes vivants).

Ils constituent un ensemble très varié, dont certains groupes ont complètement disparu et ne se retrouvent plus qu'à l'état de fossiles (ex. : dinosaures).

Dans la classification traditionnelle, le monde du vivant peut être hiérarchisé en grandes catégories découlant les unes des autres. Sept niveaux sont ainsi définis selon le principe suivant :

Monde du vivant

**Règne → Embranchement → Classe → Ordre → Famille →
Genre → Espèce**

Le tableau ci-après en donne trois exemples :

	Homme	Chêne-liège	Bacille de la Peste
Règne	Animal	Végétal	Bactéries
Embranchement	Vertébrés	Magnolophyta	Protéobactéries
Classe	Mammifères	Magnoliopsida	Gammaprotobacteria
Ordre	Primates	Fagales	Enterobacteriales
Famille	Hominidés	Fagaceae	Enterobacteriaceae
Genre	Homo	Quercus	Yersinia
Espèce	H. sapiens	Q. suber	Y. pestis

Classification phylogénétique.

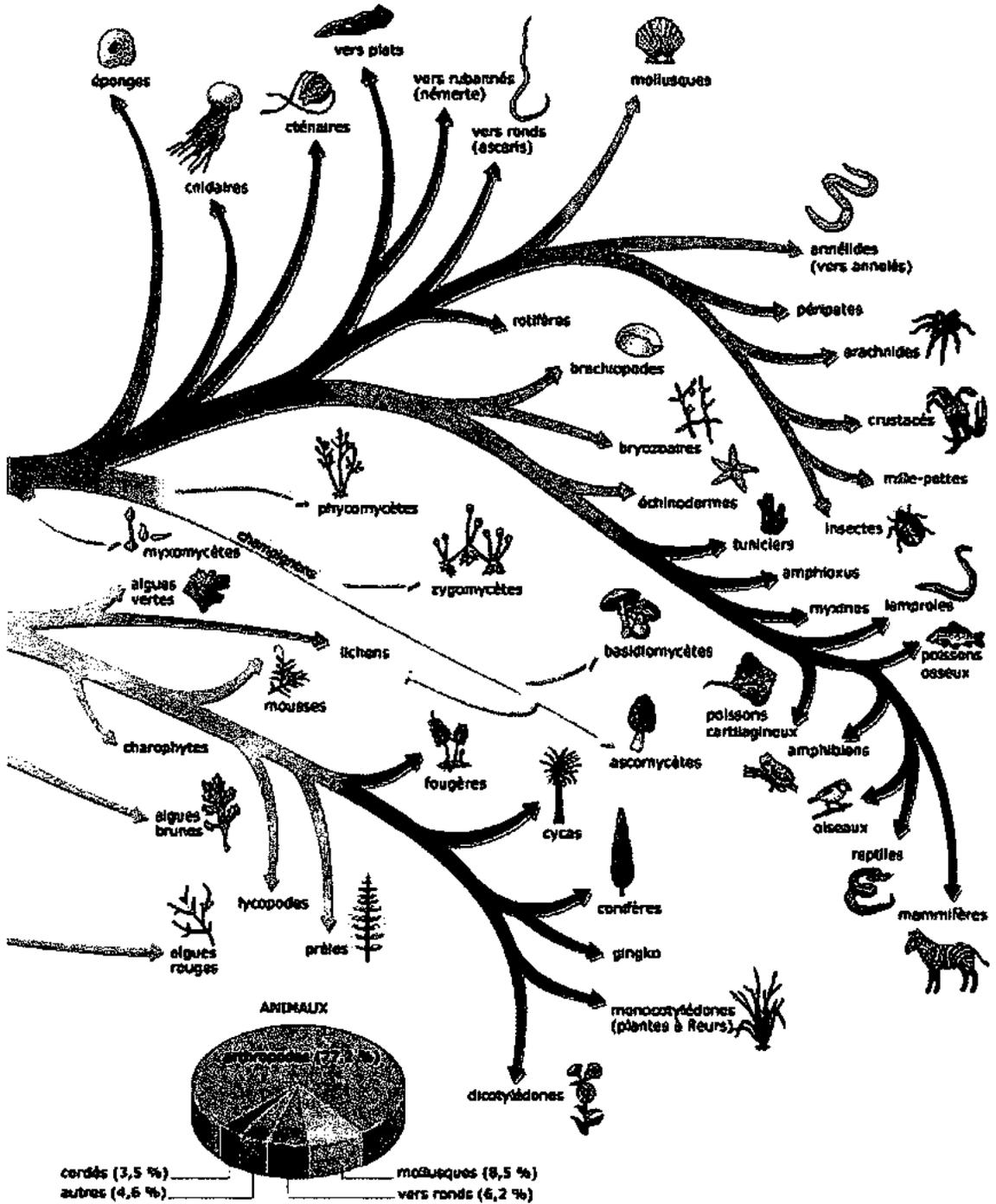
Proposée en 1950 par Henning ¹⁰¹ et régulièrement révisée, elle remplace progressivement la classification traditionnelle. Elle fait appel aux progrès de la génétique et décrit un modèle fondé sur l'évolution, c'est-à-dire que toutes les espèces découlent d'un ancêtre commun et se sont différenciées au fur et à mesure du temps. Désormais, trois domaines occupent le haut de la hiérarchie, en remplacement des six règnes de la classification classique :

1. Les eubactéries : ce sont des organismes à une seule cellule et sans noyau. Ils possèdent une paroi cellulaire constituée de peptidoglycane.
2. Les archées : Ce sont des organismes à une seule cellule et sans noyau. Ils possèdent une paroi cellulaire constituée de lipides spécifiques. Ils ressemblent beaucoup aux eubactéries et, d'un point de vue écologique, ce sont souvent (mais pas toujours) des extrémophiles.
3. Les eucaryotes : ils peuvent être unicellulaires ou multicellulaires. Leur matériel génétique est enfermé dans un noyau délimité par une membrane ; ils possèdent des mitochondries et leur ADN est réparti dans des chromosomes. Ils présentent une reproduction de type sexuée.

Pages suivantes :

Figure 16. – La classification phylogénétique
(Source : Encyclopédie en ligne Larousse)

¹⁰¹ Emil Hans Willi Hennig (20 avril 1913 – 5 novembre 1976), biologiste allemand.



Alors que la classification traditionnelle comporte sept niveaux de hiérarchisation pour aboutir à l'espèce, le modèle phylogénétique utilise un système d'embranchements dont le nombre est fonction de la « distance » évolutive depuis un ancêtre commun. Ainsi, pour mener à l'Homme, il est nécessaire de franchir vingt-six croisements à partir du domaine des eucaryotes.

Dans le modèle phylogénétique, certains groupes ont été conservés, comme les mammifères ; d'autres, en revanche, ont disparu, comme les reptiles et les poissons (voir infra). De même, certaines espèces ont changé de groupe, en raison de liens de parenté plus étroits qu'il n'y paraît. Par exemple, les éléphants qui, comme tout le monde le sait, sont des animaux terrestres à quatre pattes et dotés de défenses, appartiennent désormais au même groupe que les lamantins, animaux aquatiques à nageoires.

Deux exemples : les reptiles et les poissons.

Le cas des reptiles :

D'après la classification traditionnelle, les reptiles sont des vertébrés terrestres à température variable, généralement couverts d'écailles. Ils comprennent les crocodiles, les serpents, les lézards, les tortues... soit un total de plus de 7 000 espèces. Toutefois, la classification phylogénétique montre que les crocodiles sont plus proches (au regard de l'évolution) des oiseaux que des lézards ou des serpents... un caïman noir a finalement plus en commun avec un pigeon qu'avec un varan du Nil ! Le concept des reptiles est donc obsolète.

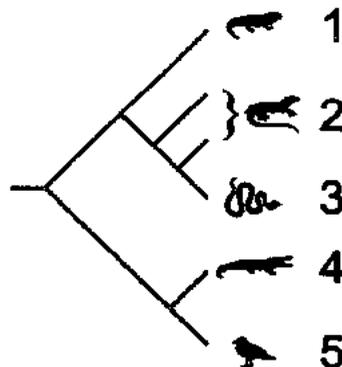
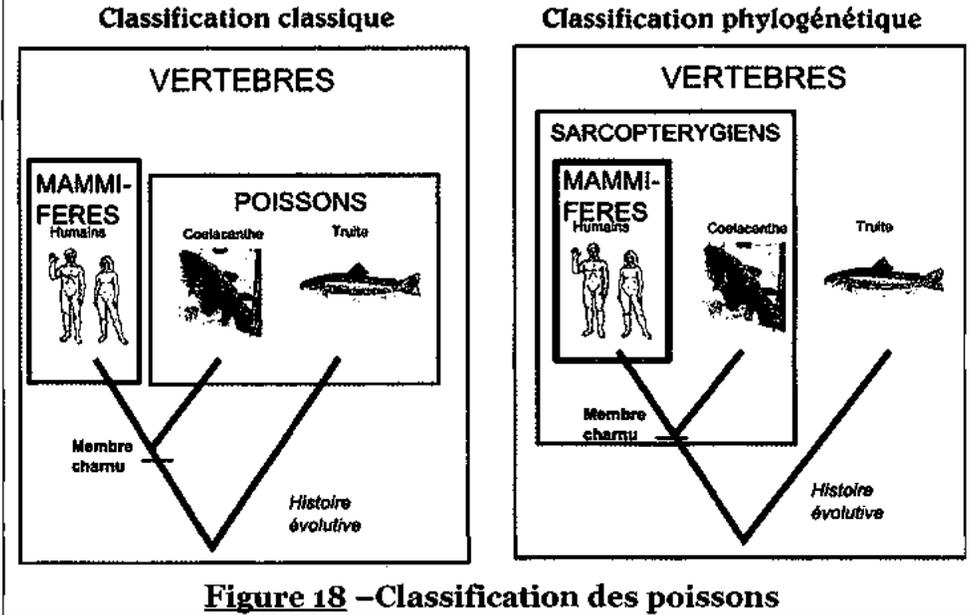


Figure 17 – Classification des reptiles

Le cas des poissons :

Selon la classification traditionnelle, les poissons sont des animaux vertébrés aquatiques à branchies, pourvus de nageoires et dont le corps est le plus souvent couvert d'écailles. Pourtant, tout comme l'exemple précédent, ce concept ne tient plus. En effet, certains « poissons » comme les coélocanthes sont, d'un point de vue évolutif, plus proche de l'Homme que de la truite...



Et les virus ?

Virus signifie « poison » en latin. Le débat sur la nature des virus est complexe et fait toujours couler beaucoup d'encre. À ce jour, ils sont généralement considérés plus comme de simples associations de molécules que comme des organismes vivants. Ils n'entrent donc pas dans les modèles précédemment détaillés, mais disposent de leurs propres classifications fondées sur des caractéristiques telles que le type d'acide nucléique, la morphologie, le mode de multiplication...

2. La menace biologique

« Le bioterrorisme est un vrai risque pour notre pays. Des groupes terroristes cherchent à développer des armes biologiques ; nous en connaissons qui en ont déjà. Il est important que nous confrontions ces dangers réels pour notre pays et que nous préparions à des urgences futures. »

– George W. Bush, Président des États-Unis,
28 avril 2004

Comme nous venons de le voir, la Vie a su coloniser la quasi-totalité de notre Terre. Pourtant, tout n'est pas aussi paisible qu'il y paraît. Il s'agit en fait d'un équilibre précaire, d'une lutte perpétuelle où fuite et prédation s'opposent en permanence, où course à la nourriture et compétition pour les emplacements les plus favorables désignent le vainqueur. L'évolution n'est finalement qu'une adaptation constante et sans fin, dont le seul but est de survivre !

Il advient parfois que cette harmonie soit sur le point de se rompre lorsque certaines espèces tentent de prendre le dessus sur les autres. La Vie a toutefois plus d'un tour dans son sac et parvient généralement à s'autoréguler. Si certaines viennent à pulluler, le manque de nourriture les contraint à réduire leur nombre, ou des épidémies mortelles se propagent et déciment leur population. Il apparaît néanmoins que ces différents mécanismes de régulation, depuis l'arrivée de l'Homme, semblent avoir atteint leurs limites.

L'Histoire a pourtant montré que notre espèce n'est pas à l'abri de ces fléaux. Certes, les dangers ont bien changé depuis la Préhistoire. Les grands prédateurs ne sont plus une menace pour la majeure partie de notre société. Désormais, nos ennemis sont invisibles à l'œil nu. Minuscules, ils n'en restent pas moins terrifiants et peuvent parfois causer la mort de millions d'individus. La

liste suivante (non exhaustive) donne quelques exemples marquants :

- La Peste noire du XIV^e siècle (1346-1350) a tué plus d'une personne sur trois en France (7 millions sur 17) et dans toute l'Europe. Elle a pris naissance lors de l'exode des navires fuyant la ville assiégée de Caffa (en Crimée) où l'épidémie faisait des ravages. Elle s'est ensuite propagée dans les pays environnants par l'intermédiaire de rongeurs (rats, gerbilles), dont les puces véhiculaient la bactérie responsable de la maladie.
- La variole a décimé le peuple inca en Amérique latine, puis plus tard les Indiens d'Amérique. Que ce soit par des actions volontaires (dons de couvertures infectées) ou tout simplement par transmission naturelle, la maladie, inconnue jusqu'alors dans cette partie du monde, s'est répandue rapidement sur le continent. Elle a participé grandement à l'effondrement de ces civilisations, anéantissant parfois jusqu'à 90 % de certaines tribus et causant bien plus de morts que le conflit contre l'envahisseur « blanc ».
- La grippe espagnole de 1918-1920 a entraîné le décès d'au moins 30 millions ¹⁰² de personnes, soit plus que la Grande Guerre, qui a fait pourtant près de 19 millions de morts (militaires et civils confondus).

En « complément » de ces pandémies¹⁰³ « ponctuelles », il existe nombre de maladies endémiques ou récurrentes responsables chaque année de la mort de centaines de milliers de personnes :

- La malaria (paludisme) est très répandue dans les régions tropicales. Pour la seule année 2013, l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) a évalué à 198 millions le nombre de cas de paludisme et à 582 000 le total d'hommes, femmes et enfants qui en sont morts.
- Le SIDA (syndrome d'immunodéficience acquise) est la conséquence d'un effondrement des défenses immunitaires causé par un virus. Les individus contaminés deviennent

¹⁰² 20 à 40 millions selon l'Institut Pasteur. D'autres sources avancent le chiffre de 75 millions.

¹⁰³ Pandémie : épidémie à l'échelle de continents.

donc très vulnérables aux maladies (même banales) et peuvent mourir de ces infections. Depuis l'émergence du SIDA en 1981, 39 millions ¹⁰⁴ de personnes seraient décédées des suites de ce syndrome.

Typhus, dengue, choléra, fièvre jaune... sont autant d'autres exemples à ajouter. La liste des maladies est longue et le décompte des morts dont elles sont responsables est impossible à tenir. Depuis la nuit des temps, elles font des ravages sur les populations autochtones, et l'arrivée par le passé de corps expéditionnaires, de prisonniers ou encore de colons, n'a fait qu'amplifier le phénomène : le nombre de victimes est tout simplement colossal. Depuis la fin du XX^e siècle, de nouvelles menaces se font jour. Appelées maladies émergentes, celles-ci sont liées à l'évolution (mutations ou recombinaisons) d'agents biologiques comme certains virus ou parasites. Régulièrement, elles signent les gros titres de l'actualité et tout le monde a déjà entendu au moins une fois leurs noms : SRAS (Syndrome Respiratoire Aigu Sévère), grippe aviaire (ex. : H5N1...), fièvres hémorragiques (ex. : Ebola...) ... À ce jour, les autorités craignent la survenue d'une pandémie totale, provoquée notamment par l'un de ces virus qui aurait acquis des facteurs de virulence ou de contagion plus fort qu'à l'accoutumée et qui présenterait un taux de létalité important pour l'Homme. Malgré les progrès fulgurants de la médecine au cours des dernières décennies, la science reste encore impuissante face à ce genre de fléaux.

Il semblerait donc que la Vie continue à s'adapter, comme si elle cherchait à rétablir l'équilibre bousculé par l'être humain. Les micro-organismes développent des résistances et mutent. En réalité, ils ne font que s'ajuster en permanence à leur environnement et à leurs cibles. Sachant que nous ne connaissons qu'à peine 1 % des virus ou des bactéries et que ceux-ci ne cessent d'évoluer dans le seul but de survivre, il paraît probable qu'à un moment ou un autre, une pandémie majeure frappera notre

¹⁰⁴ Source ONUSIDA (agence spécialisée de l'Organisation des Nations Unies pour lutter contre le SIDA).

civilisation, causant des dizaines de millions de morts et provoquant un chaos sans nom.

Plusieurs fois déjà, nous sommes passés près de la catastrophe. Pourtant, cela ne semble pas avoir effrayé notre société qui continue de jouer à l'apprenti-sorcier. Certains scientifiques cherchent à créer ou à modifier des micro-organismes dans le but de les rendre bien plus mortels. Certains laboratoires (États-Unis et Russie) ont, par exemple, conservé le virus de la variole qui, sans cela, aurait complètement disparu aujourd'hui. D'autres encore s'emploient à réveiller des microbes tels que la bactérie responsable de la Peste noire, voire des virus d'un autre temps, préservés depuis des milliers d'années dans les glaces... Il faut ajouter que ces agents biologiques – organismes ou toxines – ne sont pas toujours développés pour agir directement contre des êtres humains. Des stratégies alternatives peuvent, par exemple, cibler les animaux d'élevage ou les récoltes afin de provoquer des crises économiques ou des famines...

Comme si tout cela ne suffisait pas, des groupes terroristes s'intéressent de plus en plus aux armes biologiques, que ce soit sous forme de poisons (toxines) ou de maladies mortelles susceptibles de se transmettre aisément. Dans ce dernier cas (la dissémination d'agents capables de se multiplier), l'auteur perdrait tout contrôle sur l'évolution de l'épidémie. Ce genre de menace reste plausible seulement si les terroristes ont la volonté de nuire profondément à la société ou de provoquer un état de panique et une déstabilisation générale et s'ils ne craignent pas de se sacrifier ou qu'ils ne comprennent pas la portée de leurs actes.

Types d'agents biologiques

Comme nous venons de le voir, la menace biologique est très variée aussi bien par le type d'agents impliqués (virus, bactéries, toxines ¹⁰⁵...) que par les différentes origines possibles (causes naturelles, accident dans un laboratoire, actes de terrorisme,

¹⁰⁵ Une toxine est un poison sécrété par des organismes vivants.

opérations militaires ¹⁰⁶...). Il est intéressant de noter qu'en réalité ces agents biologiques sont constitués de deux grands groupes :

- 1- Les agents biologiques vivants ou capables de proliférer (virus, bactéries...)
- 2- Les toxines qui se comportent plus comme des poisons et ne peuvent pas se multiplier.

Les principaux acteurs peuvent être regroupés selon le modèle suivant :

<u>Virus</u>	Micro-organismes infectieux à structure bien définie, parasites absolus des cellules vivantes, possédant un unique type d'acide nucléique et se reproduisant à partir de leur seul matériel génétique.
<u>Bactéries</u>	Micro-organismes unicellulaires formant un règne autonome ni animal ni végétal, de formes très variées, pouvant vivre en saprophytes (sol, eau, organismes vivants) ou comme parasites de l'Homme, des animaux et des plantes.
<u>Champignons</u>	Organismes biologiques sans chlorophylle, pas ou peu mobiles. Ils sont constitués de cellules pourvues de noyaux et appartiennent donc aux eucaryotes.
<u>Parasites</u>¹⁰⁷	Protistes ou animaux capables de parasiter d'autres organismes.
<u>Toxines</u>	Substances toxiques élaborées par un organisme vivant (<i>bactérie, champignon vénéneux, arthropode, batracien, serpent venimeux...</i>).

¹⁰⁶ 162 pays ont à ce jour ratifié ou accédé à la Convention sur l'Interdiction des Armes Biologiques. Son efficacité est cependant réduite car elle ne prévoit aucun dispositif de contrôle suite au refus des États-Unis d'imposer de telles mesures.

¹⁰⁷ Comme nous l'avons vu précédemment, les parasites ne forment pas un groupe utilisé dans les classifications modernes (ils comprennent en fait des membres de groupes variés). Il existe plusieurs définitions, la présente exclut les plantes et les champignons qui ont leur propre catégorie dans ce tableau. Cette appellation de « parasites » a l'avantage d'être très explicite pour définir des êtres qui vivent aux dépens d'autres organismes.

Classification des agents biologiques.

En France, une classification des agents biologiques vivants (toxines exclues) a été introduite dans le Code du Travail (article R. 4421-3). Ils sont répartis en quatre groupes ¹⁰⁸ en fonction de l'importance du risque d'infection qu'ils présentent. Le groupe 1, qui comprend la quasi-totalité des micro-organismes, est le moins dangereux ; le groupe 4, qui est constitué de seulement 11 virus, comme ceux des fièvres hémorragiques, est de loin le plus menaçant.

Le groupe 1

○ Les agents biologiques du groupe 1 ne sont pas susceptibles de provoquer une maladie chez l'homme. Il s'agit de la très grande majorité des micro-organismes.

Le groupe 2

- Les agents biologiques du groupe 2 peuvent provoquer une maladie chez l'homme.
- Ils constituent un danger chez les travailleurs.
- Leur propagation dans la collectivité est peu probable.
- Il existe une prophylaxie ou un traitement efficace.

Il est composé de :

- 130 espèces de bactéries (dont les responsables du choléra, de la légionellose, du tétanos, du botulisme, de la gangrène...)
- 65 espèces de virus (dont les responsables de l'herpès, de la rougeole, des oreillons, de l'hépatite A...)
- 60 espèces de parasites (dont les responsables du ver solitaire, de la leishmaniose, de la toxoplasmose...)
- 21 espèces de champignons (dont les responsables de candidoses, d'aspergilloses...).

Le groupe 3.

- Les agents biologiques du groupe 3 peuvent provoquer une maladie grave chez l'homme.
- Ils constituent un danger sérieux chez les travailleurs.
- Propagation possible dans la collectivité.
- Il existe une prophylaxie ou un traitement efficace.

¹⁰⁸Le détail de cette classification peut être consulté à l'adresse suivante : <http://www.atousante.com/risques-professionnels/risques-infectieux/agents-biologiques/groupe-agents-biologiques/#lien3>

Il est constitué de :

- 28 espèces de bactéries (dont les responsables de la lèpre, la tuberculose, le typhus, la dysenterie, la peste...);
- 57 espèces de virus (dont les responsables de la dengue, des hépatites B, C et G, de la fièvre jaune, de la rage, du chikungunya...);
- 10 espèces de parasites (dont les responsables de la malaria ou paludisme, de la maladie du sommeil transmise par la mouche tsé-tsé...);
- 6 espèces de champignons (dont le responsable de l'histoplasmose qui provoque des symptômes proches de la tuberculose...).

Le groupe 4

- Les agents biologiques du groupe 4 provoquent des maladies graves chez l'homme.
- Ils constituent un danger sérieux chez les travailleurs.
- Risque de propagation élevée dans la collectivité.
- Il n'existe ni prophylaxie ni traitement efficace.

Il est composé UNIQUEMENT de virus (11 espèces), dont les responsables des fièvres hémorragiques (Ebola, Marbourg, Lassa), de la variole...

1. *Arenaviridae* : virus Lassa
2. *Arenaviridae* : virus Guanarito
3. *Arenaviridae* : virus Junin
4. *Arenaviridae* : virus Sabia
5. *Arenaviridae* : virus Machupo
6. Morbillivirus équin
7. *Nairovirus* : virus hémorragique de la fièvre de Crimée-Congo
8. *Filoviridae* : virus Ebola
9. *Filoviridae* : virus de Marbourg
10. *Poxviridae* : virus de la variole (majeure et mineure). Un vaccin efficace est disponible.
11. *Poxviridae* : virus de la variole blanche. Un vaccin efficace est disponible.

Agents biologiques militaires ou utilisables en cas de terrorisme

Les agents de risque biologique susceptibles d'être utilisés dans un but militaire ou terroriste pour provoquer des dommages chez l'homme, les animaux domestiques ou les cultures doivent disposer de différentes « qualités ». En effet, le fait qu'ils puissent engendrer

une maladie grave est un point essentiel, mais néanmoins insuffisant si l'objectif final est de les employer comme une arme biologique. Ainsi, onze critères ont été définis par Théodore Rosebury en 1949, afin de caractériser un « bon » agent biologique à usage militaire :

1. un faible seuil infectieux ;
2. une virulence forte avec la capacité de provoquer une maladie aiguë, mortelle ou incapacitante ;
3. un pouvoir pathogène stable pendant la fabrication, le stockage et le transport ;
4. une période d'incubation courte ;
5. une faible contagiosité pour éviter l'effet boomerang contre l'attaquant ;
6. l'absence de vaccin ou d'immunité naturelle contre cet agent dans la population cible, associée à l'existence d'une protection possible contre cet agent pour les troupes du pays agresseur (vaccin, antibiothérapie, vêtements protecteurs, masques) ;
7. une résistance aux antibiotiques traditionnellement utilisés ;
8. la capacité de supporter l'aérosolisation ;
9. la capacité de résister dans l'environnement lors de la dispersion (chaleur, lumière, dessiccation, explosion) pendant un temps assez long pour infecter la population cible ;
10. un transport facile et une capacité à survivre lors du stockage et de la dispersion sur le champ de bataille ;
11. la production à grande échelle à faible coût.

Une organisation terroriste s'attacherait principalement à rechercher un agent qui remplirait les conditions suivantes :

1. efficacité en termes de morbidité ou de mortalité ;
2. facilité d'obtention et de production ;
3. absence/difficulté de traitement ;
4. transmission et contagion aisées.

Pour ces groupes extrémistes, les « avantages » d'un tel agent seraient :

1. une production souvent aisée et peu coûteuse ;
2. un délai d'apparition des symptômes qui réduit les chances de détecter la source ;
3. un impact psychologique majeur qui suscite des réactions de terreur, de panique, d'isolement, allant jusqu'à désorganiser le fonctionnement des structures étatiques.

Le *Center for Disease Control and prevention* (CDC) est une agence américaine (États-Unis) reconnue dans le monde entier pour ses moyens, ses travaux et ses compétences dans le domaine de la biologie, ainsi que dans la gestion de crises associées à ce risque. Cette entité apparaît d'ailleurs régulièrement dans les films catastrophes liés à un évènement de cette nature. Le CDC classe les agents pouvant être utilisés lors d'une action bioterroriste en trois catégories A, B et C

Classification des agents biologiques pouvant être utilisés à des fins offensives

(Voir double page suivante)

Catégorie A	Catégorie B	Catégorie C
<ul style="list-style-type: none"> - facilement disséminables ou transmissibles de personne à personne ; - taux de mortalité élevé, grande répercussion sur la santé publique - susceptible d'engendrer panique et désorganisation sociale ; - exige des mesures de préparations spéciales de la part des autorités. 	<ul style="list-style-type: none"> - moyennement disséminables ; - taux de morbidité modéré et faible taux de mortalité ; - exige des autorités des renforcements des capacités de diagnostic et une surveillance accrue. 	<p>Agents émergents utilisables en raison de leur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - disponibilité - facilité de production et de diffusion - potentiel élevé des taux de morbidité et de mortalité. Impact majeur sur la santé
<p><u>Bactéries responsables de :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Maladie du charbon/anthrax (→ <i>Bacillus anthracis</i>) - Peste (→ <i>Yersinia pestis</i>) - Tularémie (→ <i>Francisella tularensis</i>) 	<p><u>Bactéries responsables de :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Brucellose (→ <i>Brucella spp.</i>) - Choléra (→ <i>Vibrio cholerae</i>) - Dysenterie (→ <i>Shigella dysenteriae</i>) - Intoxication alimentaire (→ <i>Escherichia coli</i> O 157 : H7) - Fièvre Q (→ <i>Coxiella burnetii</i>) - Mélioiïdose (→ <i>Burkholderia Pseudomallei</i>) - Morve (→ <i>Burkholderia mallei</i>) - Ornithose (→ <i>Chlamydia psittaci</i>) - Typhoïdes / Salmonellose (→ <i>Salmonella spp.</i>) - Typhus (= > <i>Rickettsia prowazeki</i>) 	<p><u>Bactéries responsables de :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tuberculose multi résistante (→ <i>Mycobacterium tuberculosis</i> multi résistant)

<p align="center"><u>Virus responsables de :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Variole (→ <i>Variola major</i>) - Fièvres hémorragiques : <ul style="list-style-type: none"> → <i>Filoviridae</i> (Marbourg, Ébola) → <i>Arenaviridae</i> (Lassa, Junin, Machupo) 	<p align="center"><u>Virus responsables de :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Encéphalites équine (→ Alphavirus) 	<p align="center"><u>Virus responsables de :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fièvres hémorragiques animales pouvant accidentellement affecter L'Homme (→ ex : hantavirus), - Maladies neurologiques et respiratoires pouvant accidentellement affecter l'Homme (= ex : virus Nipah). - Chikungunya, ... - Coronavirus pour syndrome respiratoire aigu (MERS et SRAS)
<p align="center"><u>Parasites/Champignons</u></p> <p align="center">X</p>	<p align="center"><u>Parasites/Champignons</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Cryptosporidiose (→ <i>Cryptosporidium parvum</i>) 	<p align="center"><u>Parasites/Champignons</u></p> <p align="center">X</p>
<p align="center"><u>Toxines</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Toxine botulique (→ issue de la bactérie <i>Clostridium perfringens</i>) 	<p align="center"><u>Toxines</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ricine (issue du ricin [plante]) - Entérotoxine B (issue de la bactérie <i>Staphylococcus aureus</i>) - Toxine epsilon (issue de la bactérie <i>Clostridium perfringens</i>) 	<p align="center"><u>Toxines</u></p> <p align="center">X</p>

3. Exemples d'agents biologiques

« Ne pourrait-il pas être fait d'envoyer la variole à ces tribus d'Indiens mécontents ? »

– Jeffery Amherst,
Premier baron de Montréal (1717-1797)

Les agents biologiques constituent une menace sérieuse du fait qu'ils sont relativement accessibles et peuvent se diffuser rapidement sans détection initiale. Ils sont susceptibles d'infecter /empoisonner leurs cibles par différents moyens :

- Par inhalation. L'agent se présente sous forme d'aérosol, de fine poudre... Il peut être disséminé par pulvérisation (spray, pulvérisateur pour jardinage, dispositif d'épandage pour avion...) ou par une vulgaire action mécanique. Ce fut le cas des enveloppes contenant les spores de bacilles du charbon, dont la simple ouverture mettait en suspension dans l'air une dose suffisante pour inoculer l'anthrax.¹⁰⁹
- Par ingestion. Le moyen le plus évident est l'absorption d'aliments et/ou d'eau contaminés. Cependant, le fait de porter ses mains « souillées » à la bouche conduit généralement au même résultat.
- Par voie cutanée. La peau offre une protection efficace contre de nombreux agents biologiques. Toutefois, certains d'entre eux (comme l'agent de la tularémie) peuvent passer au travers. En outre, il est rare qu'elle soit entièrement saine, en

¹⁰⁹ Le terme *anthrax* est le nom anglais de la maladie du charbon. Il est employé ici comme tel. Toutefois, en français, l'anthrax a un sens complètement différent, puisqu'il s'agit de furoncles ou d'abcès dus à une bactérie appelée staphylocoque.

raison de la présence habituelle de microcoupures, de boutons... Dans cette catégorie entrent également les injections, qu'elles soient volontaires (cas du parapluie bulgare ¹¹⁰ et de la ricine) ou qu'elles utilisent des vecteurs tels que les insectes (ex. : puces dont les piqûres transmettent les bacilles de la peste). Ce dernier mode a été testé en grandeur nature par l'unité 731 (entité militaire de recherche biologique de l'armée japonaise) lors de la Seconde Guerre mondiale par des dispersions par avions de sacs de blé et de riz contenant des puces porteuses de la bactérie *Yersinia pestis*. Ces « tests » provoquèrent une série d'épidémies de peste et la mort de milliers d'innocents.

Il est intéressant de remarquer qu'à la différence des toxiques chimiques qui peuvent agir rapidement, les agents biologiques nécessitent un temps de latence plus ou moins important.

Les agents biologiques que nous allons décrire ici peuvent être de deux sortes : « vivants » (bactéries et virus) ou « non vivants » (toxines).

Les bactéries

Comme nous l'avons déjà mentionné, seuls 1 % de ces micro-organismes nous sont connus. Les bactéries sont présentes dans tous les types d'environnements, et certaines espèces sont susceptibles d'engendrer des maladies chez les plantes, les animaux et l'Homme. Pour ce faire, elles disposent de propriétés spéciales, telles que :

- adhérer aux cellules hôtes ;
- se multiplier très rapidement ;
- produire des toxines ;
- construire une enveloppe de protection (capsule) ;
- échapper aux défenses de l'organisme ;
- se cacher dans les cellules de l'hôte...

¹¹⁰ En 1978, un ex-agent soviétique, Giorgi Markov, s'est vu injecter avec la pointe d'un parapluie une minuscule boule contenant de la ricine. Il en meurt quatre jours plus tard.

En fonction de ces caractéristiques, du nombre de bactéries engagées et de la résistance de la personne infectée, un certain temps est nécessaire pour voir apparaître les premiers symptômes (durée d'incubation). Le tableau suivant donne quelques exemples :

Agent	Maladie	Dose infectante	Durée d'incubation	Transmission interhumaine
<i>Bacillus anthracis</i>	Charbon (anthrax)	8 000 à 50 000 spores	2 à 6 j.	Non
<i>Yersinia pestis</i>	Peste	100 à 500 bactéries	2 à 3 j.	++ (pulmonaire)
<i>Francisella tularensis</i>	Tularémie	10 à 50 bactéries	1 à 10 j.	Non
<i>Brucella</i>	Brucellose	10 à 50 bactéries	5 à 60 j.	Non
<i>Coxiellaburnetii</i>	Fièvre Q	1 à 10 bactéries	10 à 40 j.	Non

Si l'on souhaitait éradiquer (éliminer totalement) ces maladies, il faudrait remplir trois conditions :

- 1- que plus personne ne soit infecté ;
- 2- qu'il n'existe plus de réservoirs de cet agent (animaux, puces...);
- 3- que la totalité des bactéries qui en sont responsables dans le milieu extérieur soient détruites.

Malheureusement, les deux derniers points posent problème. En effet, il apparaît difficile de tuer tous les êtres vivants servant de réservoirs potentiels, et la plupart des bactéries sont susceptibles de survivre un long moment dans l'environnement. Il en restera donc toujours quelques-unes dans la nature pour infecter un hôte malchanceux. Cette résistance dans le milieu extérieur varie en fonction des espèces, et certains agents disposent d'outils très efficaces.

L'exemple le plus connu est probablement le bacille du charbon (*Bacillus anthracis*) qui est capable de produire une spore.

Il s'agit d'une petite « graine » contenant tout le matériel nécessaire pour recréer un nouvel « individu ». Si la bactérie vient à être détruite, cette boule de concentré lui survit et, dès que l'environnement externe devient propice, elle reconstitue un organisme complet. Dans le cas de *Bacillus anthracis*, cette forme de subsistance a des propriétés étonnantes puisqu'elle peut persister des dizaines d'années dans le sol, ne craint ni le froid ni le feu, résiste aux ultraviolets et à la plupart des désinfectants...

Tout au long de son histoire, l'Homme a ainsi été à la merci de nombreuses épidémies d'origine bactérienne. Néanmoins, un énorme progrès fut accompli dans la lutte contre ce type d'agent biologique en 1928, lorsque Sir Alexander Fleming découvrit la pénicilline, le premier d'une longue série d'antibiotiques. Ces substances agissent comme des antibactériens et peuvent détruire ou bloquer la croissance des bactéries. Ce fut une véritable révolution pour la médecine qui, au fil des années, créa d'autres familles de composés de ce genre. En conséquence, la lèpre, la peste, ainsi que la plupart des maladies d'origine bactérienne, connurent un net recul.

Toutefois, la Nature n'avait pas dit son dernier mot ! Ainsi, en 1940, soit quatre ans après l'introduction des sulfamides (première famille d'antibiotiques commercialisés), certaines bactéries montrèrent des signes de résistance. Dans les années qui suivirent, à chaque fois que de nouveaux composés furent employés, le phénomène se reproduisit. Ceci est d'autant plus inquiétant qu'il devient de plus en plus difficile de trouver des familles de molécules innovantes. En fait, l'utilisation massive de ces substances actives par l'Homme contribue à sélectionner les souches résistantes. Celles-ci survivent donc aux traitements et continuent à se multiplier : toute leur descendance conserve cette insensibilité à un type d'antibiotique donné ! Lorsque ce phénomène se répète, il conduit à des souches multi résistantes.

FICHE : LA PESTE (*Yersinia pestis*)

AGENT DE CLASSE 3 (bioterrorisme possible)

Yersinia pestis est la maladie bactérienne la plus contagieuse et la plus virulente que l'Homme ait jamais connue et qui fut responsable de plusieurs pandémies par le passé. Aujourd'hui, il existe encore quelques foyers résiduels, principalement en Afrique (Madagascar, République démocratique du Congo...) et en Asie (Inde, pays de l'ex-Union soviétique...). Leurs répartitions se superposent à celles des rongeurs qui lui servent de réservoirs.

Remarque : *Yersinia pestis* résiste mal à un environnement difficile. La bactérie reste infectieuse pendant approximativement une heure dans un aérosol et est sensible aux ultraviolets, aux températures élevées, ainsi qu'à la plupart des désinfectants. Néanmoins, elle peut survivre plusieurs mois dans le sol humide à l'abri de la lumière.

Facteurs rendant la bactérie pathogène :

Yersinia pestis a la capacité de se multiplier rapidement et de produire une capsule de protection. En outre, elle synthétise des substances qui vont limiter la réaction immunitaire de l'hôte et lui permettre d'échapper à la phagocytose (digestion par certains types de globules blancs).

La maladie est mortelle dans 30 à 60 % des cas en l'absence de traitement.

Transmission :

Les différents modes de transmission sont les piqûres de puces ¹¹¹ dans le cas de la peste bubonique, et la voie respiratoire pour la peste pulmonaire (le sujet projette de grandes quantités de bactéries en toussant).

Symptômes :

Les personnes infectées développent en général des symptômes de type grippaux après une période d'incubation de trois à sept jours : fièvre d'apparition brutale, céphalées, douleurs corporelles, état de faiblesse, vomissements et nausées. Six à huit heures après l'apparition des premiers symptômes, des grosseurs très douloureuses (ou bubons) commencent à se former sous la peau. Elles grossissent et noircissent au fur et à mesure que l'infection s'empare des tissus. Le gonflement des glandes est très douloureux (surtout au cou, à l'aîne et aux aisselles), au point qu'on a vu des patients comateux agoniser en se tordant de douleur.

¹¹¹ Une simple piqûre par une puce infectée peut inoculer jusqu'à vingt-quatre mille bacilles de la peste dans le sang ou le système lymphatique de la victime.

Il existe trois formes de pestes :

- La peste bubonique (Peste noire de l'Europe médiévale) est l'expression la plus courante. La bactérie est injectée dans l'organisme par une piqûre de puce. Elle migre alors vers les ganglions lymphatiques les plus proches et s'y multiplie, provoquant un abcès sensible (bubon). La maladie peut évoluer vers les formes septicémique ou pulmonaire.
- La peste septicémique se produit quand les bactéries se reproduisent et passent dans le sang sans envahir au préalable les ganglions (sans former de bubons), débordant ainsi les défenses immunitaires de l'hôte. Elle s'accompagne de nécroses des extrémités et entraîne la mort en l'absence de traitement. Elle peut résulter de piqûres de puces, voire de contacts directs avec des matières infectées.
- La forme pulmonaire est la plus contagieuse et conduit à un taux de mortalité très élevé. Les premiers symptômes (fièvre, frissons...) apparaissent après un temps d'incubation d'un à quatre jours, le décès survient deux à quatre jours plus tard. Elle résulte de la transmission par voie aérienne ou de l'évolution d'un bubon. Un éternuement ou une quinte de toux suffit parfois à la transmettre d'un individu à l'autre. Les bactéries envahissent le système bronchique. Une attaque de pneumonie a lieu lorsque le fluide envahit les poumons, privant d'oxygène les organes les plus éloignés. La période d'incubation de la peste pneumonique est brève : rarement plus de quelques jours. Les symptômes apparaissent subitement et sont souvent difficiles à distinguer d'autres maladies infectieuses. Un diagnostic erroné ou tardif peut être fatal.

Traitement :

L'administration d'antibiotiques efficaces doit se faire dans les meilleurs délais, idéalement dans les 24 heures qui suivent les signes initiaux (consulter un médecin). Les principales substances actives utilisées sont : streptomycine (traitement de référence), gentamicine, chloramphénicol et tétracyclines. Durée de dix jours, sauf cas du chloramphénicol si méningite pesteuse : vingt et un jours.

En période d'épidémie de peste, la désinfection visant à éliminer les puces et la dératisation sont nécessaires pour rompre le cycle de transmission.

Remarque : Il existe un vaccin, mais celui-ci n'est pas disponible au public. Il est réservé à des groupes à haut risque (personnes professionnellement exposées, certains militaires). En outre, il offre une protection faible et limitée dans le temps.

FICHE : LA MALADIE DU CHARBON (ANTHRAX) (*Bacillus anthracis*)

AGENT DE CLASSE 3 (bioterrorisme possible)

Cette maladie concerne avant tout les herbivores, mais peut également infecter d'autres mammifères (dont l'Homme), certains oiseaux... Il n'existe pas de cas relatés de transmission interhumaine.

Facteurs rendant la bactérie pathogène :

Bacillus anthracis peut synthétiser une capsule de protection et produit deux toxines (composées de trois protéines) qui vont causer œdèmes et nécroses. En outre, elle est capable de sporuler (créer une spore) pour résister dans les environnements difficiles.

Transmission :

La transmission se fait par l'intermédiaire des spores, principalement par contact cutané avec du matériel contaminé ou des animaux infectés. En cas d'action malveillante, les voies digestives et respiratoires sont privilégiées. L'effet d'un tel pathogène serait redoutable car la mortalité est de 20% par ingestion. Par voie aérienne, il est encore plus dangereux (taux de mortalité proche de 90%).¹¹² Or, il ne suffirait que de 50 kilos de celui-ci, disséminé par un épandage relativement uniforme (par avion), pour toucher l'ensemble d'un centre urbain habité par 500 000 personnes.

Symptômes :

Ils varient en fonction du mode d'entrée :

- **Par voie cutanée** : une lésion se forme au lieu d'inoculation après une période d'incubation de quelques jours. Dans 80 % des cas, elle évolue en un bouton recouvert d'une croûte noire et indolore, avant de guérir sans complications. Dans les 20 % de cas restants, la plaie s'étend, engendre un œdème et un état fébrile qui, en l'absence de traitement, risque d'entraîner la mort.
- **Par voie digestive** : résulte de l'ingestion d'aliments contenant des spores. Le diagnostic est difficile car les symptômes s'apparentent à une gastro-entérite aiguë classique. Après une incubation d'un à sept jours, des nausées et des vomissements apparaissent et sont rapidement suivis de diarrhées sanglantes. Un traitement antibiotique efficace et sans délai est impératif pour éviter une septicémie mortelle.
- **Par voie respiratoire** : il s'agit de la forme la plus dangereuse (cas des enveloppes contenant des spores aux États-Unis en 2001). Après une incubation variant entre quatre et six jours, la victime ressent de la fièvre et une grande fatigue. Elle présente également une toux sèche. Deux ou trois

¹¹² <http://www.cdc.gov anthrax/basics/types/inhalation.html>

jours plus tard se produit une soudaine aggravation de l'état de santé, avec détresse respiratoire et éventuels vomissements. Dans 95 % des cas, la victime n'a plus que quelques heures à vivre...

Tout cas d'infection à *Bacillus anthracis* doit être déclaré aux autorités.

Traitement :

- L'administration d'antibiotiques efficaces est impérative dans les meilleurs délais (consulter un médecin). Elle peut être initiée par intraveineuse, puis relayée dès que possible par voie orale. Les principaux traitements sont à base d'un mélange de différents principes actifs : ciprofloxacine, ofloxacine, Doxycycline ou encore amoxicilline pour une durée de soixante jours.

Remarque : Il existe un vaccin, mais celui-ci est réservé à des groupes à haut risque (personnes professionnellement exposées, certains militaires).

FICHE : LA TULARÉMIE

(Francisella tularensis)

AGENT DE CLASSE 3 (bioterrorisme possible)

La tularémie est une maladie qui se rencontre principalement dans les zones boisées de l'hémisphère nord. Elle affecte les lagomorphes (lièvres...) et les rongeurs (écureuils, campagnols...) qui en sont le principal réservoir. Elle peut accidentellement se transmettre à d'autres espèces de vertébrés ou d'invertébrés.

Remarque :

Francisella tularensis a la particularité de subsister quelques jours dans les cadavres et plusieurs mois dans le sol ou l'eau contaminés.

Facteurs rendant la bactérie pathogène :

Francisella tularensis est une petite bactérie ovale susceptible de produire une capsule de protection et ayant l'aptitude de se multiplier rapidement. Son mode de vie est intracellulaire (elle vit dans d'autres cellules). En outre, elle présente la capacité de résister dans les macrophages (type de globules blancs) qui sont censés la digérer et peut même se reproduire en leur sein.

Transmission :

La transmission de la tularémie se fait principalement par voie cutanée :

- soit par contact direct avec des animaux infectés (*F. tularensis* peut traverser la peau saine, mais la présence de lésions cutanées favorise sa pénétration) ;
- soit de manière indirecte par contact avec de l'urine ou des excréments contaminés ;
- soit par piqûres d'insectes infectés, comme les tiques.

La transmission par voie aérienne (inhalation de particules ou d'aérosols contaminés) est également possible.

Très peu de bactéries (de 10 à 50) suffisent pour infecter un sujet.

Symptômes :

Après une période moyenne d'incubation de trois à cinq jours, l'hôte présente généralement des symptômes de type grippaux : fièvre, fatigue, maux de tête, nausées et parfois vomissements.

Il existe différentes formes et évolutions envisageables, dont les principales sont :

- Forme ulcéro-glandulaire : C'est la plus fréquente (80 % des cas). Elle est caractérisée par une lésion locale (ulcération) à l'endroit où la bactérie a pénétré. *F. tularensis* peut alors se multiplier et migrer vers les ganglions lymphatiques. L'évolution est en général favorable, mais la convalescence s'étend sur plusieurs semaines.
- Forme septicémique : rare (2 % des cas). Elle peut apparaître en cas de contamination massive ou chez un hôte immunodéprimé.
- Forme pulmonaire : Elle résulte soit d'une contamination par voie aérienne, soit de l'évolution de l'une des deux formes précédentes. Elle s'accompagne d'une toux sèche. Le taux de mortalité (sans traitement) atteint les 30 %.

Traitement :

Le traitement ¹¹³ repose sur l'administration d'antibiotiques, généralement par voie orale pour une durée de quatorze jours :

Ciprofloxacine (500 mg, deux fois par jour) ou ofloxacine (400 mg, deux fois par jour) ou levofloxacine (500 mg, une prise quotidienne).

La gentamicine peut être associée à la dose de 5 mg/kg/jour de Ciprofloxacine dans le cas de formes pulmonaires sévères.

Remarque :

Il existe un vaccin, mais son efficacité est limitée, tant dans la protection qu'il confère que dans la durée.

¹¹³ Le risque NRBC-E. Savoir pour agir, 2^{ème} édition, p. 73

Les virus

À la différence des bactéries, les virus ne peuvent pas se multiplier seuls. Ils ont obligatoirement besoin de pénétrer dans une cellule, d'en utiliser la « machinerie » existante et de la détourner pour leurs intérêts. Cette dernière se met alors à produire des quantités importantes de virus, qui vont être libérés, puis, à leur tour, entrer dans une nouvelle cellule et ainsi continuer le cycle d'infection.

Autre différence majeure comparée aux bactéries : les antibiotiques n'ont aucun effet sur les virus. À vrai dire, dans la plupart des cas, il n'existe pas de traitement véritablement efficace à ce jour pour soigner les personnes déjà infectées.

La possibilité, pour certains de ces agents biologiques, de se transmettre d'individu à individu, les rend particulièrement redoutables, car ils pourraient être à l'origine de véritables pandémies. Ceci est d'autant plus vrai que la dose de virus nécessaire pour infecter un sujet est généralement très faible.

Agent	Maladie	Dose infectante	Durée d'incubation	Transmission interhumaine
Orthopoxvirus	Variole	10 à 100 virus	7 à 17 j.	+++
Virus des fièvres hémorragiques	Fièvres hémorragiques	1 à 10 virus	4 à 21 j.	+++

Il est intéressant de noter que les virus ont des représentants capables d'infecter à peu près tout ce qui vit : animaux, plantes, bactéries...

Bien évidemment, l'homme n'échappe pas à la règle puisque ces agents peuvent être responsables de nombreuses maladies, parfois graves, voire mortelles. Quelques exemples sont notamment présentés dans le tableau ci-dessous.

Les virus sont constitués de matériel génétique (ADN ou ARN) protégé dans une coque composée de protéines (capside). Ils possèdent dans certains cas une enveloppe supplémentaire. Leur forme variée et plus ou moins complexe peut être employée comme

système de classification. Toutefois, le modèle le plus utilisé est celui de Baltimore. Il est fondé sur le type de génome du virus :

			Exemples de familles	Exemple de maladies
Virus à ADN	Groupe I	Virus à ADN à double brin	Poxviridae	→ variole
	Groupe II	Virus à ADN à simple brin	Reoviridae	→ fièvre à tiques du Colorado
Virus à ARN	Groupe III	Virus à ARN à double brin	Reoviridae	→ gastro-entérites infantiles
	Groupe IV	Virus à ARN simple brin à polarité positive	Coronaviridae Flaviviridae Togaviridae	→ SRAS → fièvre jaune, dengue, Zika... → rubéole, chikungunya
	Groupe V	Virus à ARN simple brin à polarité négative	Rhabdoviridae Orthomyxoviridae Filoviridae	→ rage → grippe → fièvres hémorragiques (Ebola, Marbourg)
	Groupe VII	Pararétrovirus à ADN double brin	Hepadnaviridae	→ hépatite B

Un point fondamental est que les virus peuvent muter assez facilement, voire se recombiner (se mêler) avec d'autres souches virales. Les conséquences sont très variables :

- D'une manière générale, si l'agent biologique change, la protection acquise (vaccin, précédent contact) par notre organisme diminue.¹¹⁴ Nos défenses naturelles ont, en effet, plus de difficultés pour retrouver et détruire l'envahisseur.
- Certaines modifications n'apportent pas de « plus-values » au virus, alors que d'autres vont augmenter sa pathogénicité (comme une meilleure pénétration dans les cellules de l'hôte,

¹¹⁴ C'est l'une des raisons pour laquelle il est demandé de se vacciner régulièrement contre le virus de la grippe.

une multiplication plus intense...) et ainsi le rendre plus dangereux.

- La recombinaison engendre des changements aléatoires plus importants que les simples mutations. Dans ces conditions, un virus peut acquérir la capacité d'infecter d'autres espèces, de même que des caractéristiques supplémentaires pouvant accroître sa pathogénicité ou son aptitude à se transmettre d'individu à individu.

Les maladies émergentes virales

Il s'agit de l'apparition dans le monde ou une région donnée de maladies n'ayant jamais existé. Celles-ci peuvent avoir comme origine des virus totalement nouveaux (comme pour le SIDA), ayant mutés ou s'étant recombinés (exemple du SRAS) ou encore étant passés de l'animal à l'être humain (telle la grippe aviaire). Bien que ce phénomène existe depuis la nuit des temps, nombre d'exemples récents peuvent être cités :

- 1967 : Fièvre hémorragique de Marbourg.
- 1969 : Fièvre hémorragique de Lassa.
- 1976 : Fièvre hémorragique d'Ebola.
- 1976 : Fièvre hémorragique de Hantaan.
- 1981 : SIDA dû au VIH.
- 1997 (résurgence en 2003-2004) : Grippe aviaire due aux virus A – H₅N₁.
- 2003 : Syndrome Respiratoire Aigu Sévère (SRAS) lié au coronavirus.
- 2009 : Grippe aviaire due aux virus A – H₁N₁.
- 2013 : Syndrome respiratoire du Moyen-Orient lié au coronavirus (MERS-CoV).¹¹⁵
- 2014 : Fièvre hémorragique Ebola.

Le SRAS (Syndrome Respiratoire Aigu Sévère) :

Il s'agit d'une infection des poumons due à un coronavirus. Après une incubation de deux à dix jours, une fièvre élevée apparaît, souvent accompagnée de frissons et de maux de tête et associée à une toux et à des difficultés respiratoires. Détecté en Chine en 2002,

¹¹⁵ Pour Middle East Respiratory Syndrome Corona Virus

le SRAS a pris une forme épidémique en 2003, infectant jusqu'à 8 000 personnes et provoquant la mort de 800 d'entre elles. La transmission interhumaine par voie aérienne ou contact direct est possible. Le réservoir original du virus serait la chauve-souris. Il aurait pu être transmis à l'Homme par l'animal ou par l'intermédiaire d'un petit carnivore sauvage habituellement consommé dans le sud de la Chine.

La grippe aviaire :

Cette maladie est une grippe virale qui touche les oiseaux. Souvent asymptomatique chez les espèces sauvages, elle peut provoquer de véritables hécatombes dans les élevages domestiques, comme les poulets par exemple. Le responsable est un virus Influenza de type A. En général, il n'infecte pas l'Homme, mais certaines souches (comme le H5N1)¹¹⁶ ont cette capacité. Elles présentent alors un taux de mortalité important approchant les 60 % (environ 400 décès depuis la résurgence de 2003). Les symptômes sont de type grippaux (fièvre, courbatures, maux de gorge...) et peuvent évoluer vers une détresse respiratoire et des surinfections. Les cas de transmission entre humains sont très rares. La quasi-totalité des personnes atteintes avait eu des contacts avec des oiseaux. La grande peur des scientifiques est que ce virus mute ou qu'il échange des gènes avec d'autres souches grippales, comme celles qui infectent normalement l'Homme. Cela pourrait rendre possible une transmission interhumaine et ouvrirait la voie à une terrible pandémie.

Le MERS (Syndrome respiratoire du Moyen-Orient) :

Découvert en 2012 en Arabie Saoudite, ce virus est un coronavirus (tout comme pour le SRAS). Il a provoqué une épidémie dans les pays du Golf en 2013-2014, avec des cas sporadiques

¹¹⁶ H et N font référence à deux antigènes, respectivement l'hémagglutinine et la neuraminidase. Le numéro accolé donne le sous-type, et permet de définir la pathogénicité et l'affinité avec les différentes espèces. 149 combinaisons sont possibles : 16 hémagglutinines et 9 neuraminidases. Les formes H1Nx, H2Nx, H3Nx, ou HxN1, HxN2 ou le H7N9 sont susceptibles d'infecter l'Homme.

principalement en Europe et au Maghreb. Le taux de mortalité est estimé à 30 %. Depuis l'apparition des premiers cas en 2012, il est responsable de la mort de plus de 350 personnes.¹¹⁷ Le MERS peut se transmettre d'homme à homme comme une simple grippe (postillons, toucher...), mais de manière moins aisée. Son réservoir naturel serait le chameau. Les symptômes sont de type grippaux (fièvre, fatigue, courbatures, toux...) et peuvent évoluer vers une détresse respiratoire (pneumonie aiguë) et parfois des complications rénales.

Remarque : Le MERS, tout comme le H5N1, a comme réservoir des animaux. Des cas de contamination humaine apparaissent régulièrement, même lorsqu'il n'y a pas d'épidémie en cours.

Le Zika :

Il y a encore beaucoup d'inconnues autour du virus Zika, abrégé ZIKV pour *Zika Virus* en anglais, qui est un arbovirus de la famille des *Flaviviridae* et du genre *Flavivirus*. Ce virus tire son nom de la forêt de Zika en Ouganda, où il a été identifié en 1947, et est transmis par la piqûre d'un moustique du genre *Aedes*, comme pour le chikungunya, la dengue ou le West Nile. Pendant des décennies, Zika a été diagnostiqué dans des zones tropicales d'Afrique et d'Asie, mais il ne semblait pas provoquer de symptômes plus graves que des fièvres et des éruptions cutanées bénignes, et 80 % des individus infectés ne développent aucun symptôme.

En 2007, une épidémie de Zika sur l'île de Yap dans le Pacifique, infecta 75 % de la population locale mais les symptômes restèrent légers. En novembre 2015, une alerte sanitaire fut émise par le Brésil, concernant une épidémie soudaine de près de 4 000 cas de microcéphalies ¹¹⁸ chez le nourrisson, alors que seuls 150 cas au total avaient été dénombrés pendant les cinq années précédentes. Or, cela coïncide avec la présence, depuis mai 2015, du virus

¹¹⁷ Chiffre de l'Organisation Mondiale pour la Santé – Février 2015.

¹¹⁸ La microcéphalie est une anomalie de la croissance de la boîte crânienne, qui peut provoquer des retards mentaux très importants. Les causes sont principalement nutritionnelles (notamment la consommation d'alcool pendant la grossesse) ou génétiques.

Zika au Brésil, et une partie des femmes dont les enfants sont atteints de microcéphalies ont été testées positives à celui-ci. La corrélation n'est, à ce jour, pas certaine. La recherche essaye d'évaluer si ce virus provoque depuis toujours ces microcéphalies (sans que celles-ci ne soient rapportées) ou s'il a muté pour développer une pathologie nouvelle, ou encore s'il y a d'autres facteurs impliqués.

Il n'existe, à ce jour, aucun vaccin contre Zika, et le CDC conseille aux femmes enceintes d'éviter de séjourner dans les pays où la présence du virus est avérée. Quant à celles y vivant, le conseil est d'éviter les piqûres de moustiques en utilisant des produits anti-moustiques, en portant des vêtements à manches /jambes longues, et d'éliminer l'eau stagnante (qui sert de lieu de reproduction pour les moustiques).

FICHE : LA VARIOLE

(Small pox en anglais)

AGENT DE CLASSE 4 du RISQUE BIOLOGIQUE

Le virus de la variole est à ADN (Acide Désoxyribonucléique) double brin appartenant à la famille des Poxviradea, genre Orthopoxvirus.

La maladie provoquée par cet agent est l'une des pires calamités d'origine biologique que l'Humanité n'ait jamais connue. Le nombre de personnes décédées se comptent par dizaines de millions et tous les continents ont été touchés.

Toutefois, suite à une campagne de vaccination ¹¹⁹ efficace, la variole a été éradiquée et déclarée telle quelle en 1980 par l'OMS. En effet, l'homme étant l'unique réservoir et le virus ne résistant que quelques semaines dans le milieu extérieur, il apparut évident que lorsqu'il n'y eut plus de malades, la maladie elle-même disparut complètement : le pire fléau biologique venait de s'évanouir pour toujours !

... si l'on oublie le fait que deux laboratoires (États-Unis, Russie) ont conservé des souches de ce virus au prétexte de l'étudier...

¹¹⁹ Le terme « vaccin » vient du terme latin *vacca* (vache) et fut inventé par le médecin britannique Edward Jenner qui, en 1796, découvrit qu'en inoculant une variole de vache, aux effets bénins pour l'Homme, on rendait l'organisme capable de lutter contre la variole humaine (*variola major*).

Remarque :

Le virus peut survivre plusieurs semaines dans un environnement humide, mais il est sensible à la lumière et à la majorité des antiseptiques et désinfectants.

Facteurs rendant le virus pathogène :

Une fois dans la cellule, l'agent responsable de la variole va se multiplier et produire des protéines qui vont affaiblir la réponse immunitaire (la défense) de l'hôte selon trois stratégies principales :

- Inhibition de la reconnaissance des cellules infectées.
- Inhibition de la réponse antivirale innée.
- Création de leurres interférant avec le système immunitaire.

Transmission :

La variole est une maladie éruptive contagieuse (produisant des vésicules ressemblant à la varicelle). La transmission se fait par contact avec un malade, avec des objets contaminés (draps, vêtements...) ou par inhalation de gouttelettes émises par une personne infectée.

Toutefois, un individu ne devient infectieux qu'à partir de l'apparition de la fièvre (deux à trois jours avant l'éruption) et ce jusqu'à ce qu'il reste des croûtes sur la peau.

Symptômes :

La phase d'incubation dure de dix à quatorze jours, puis est suivie de l'arrivée brutale de syndromes grippaux : fièvre élevée, frissons, maux de tête, douleurs lombaires et vomissements éventuels.

Une éruption cutanée commence trois jours plus tard sur le visage et le torse, puis s'étend à l'ensemble du corps en moins de 36 heures. Contrairement à la varicelle, les lésions cutanées apparaissent toutes au même stade et se retrouvent également sur la paume des mains et la plante des pieds. Si l'évolution est favorable, les pustules se transforment en croûte qui tombe après environ trois semaines. Toutefois, dans 35 à 50 % des cas, la maladie entraîne la mort des sujets non vaccinés (le pourcentage est nettement plus élevé sur des populations n'ayant jamais été en contact avec la variole, comme ce fut le cas aux Amériques).

Traitement :

Comme pour la plupart des maladies virales, le traitement est symptomatique. Néanmoins, certains antiviraux, comme la ribavirine et le cidofovir, pourraient être d'une aide limitée.

Remarque : La vaccination

La vaccination est efficace et protège sur le long terme. Toutefois, celle-ci entraînant quelques rares accidents majeurs (environ dix par million)

et la maladie ayant disparu de la surface de la Terre, elle n'est plus effectuée en France depuis 1980 (toute personne née après cette date n'est donc pas protégée). En outre, la vaccination est déconseillée aux individus immunodéprimés.

Depuis 2003, un certain nombre d'employés des services spécialisés sont vaccinés afin de mettre en place un dispositif de prévention et de lutte si le moindre cas de variole venait à resurgir dans le monde. Pour plus d'information, voir le Plan Variole développé en 2006 par l'État français (en cours de révision).

FICHE : VIRUS EBOLA

(fièvre hémorragique)

AGENT DE CLASSE 4 du RISQUE BIOLOGIQUE

Ebola est un virus à ARN (acide ribonucléique) simple brin, appartenant à la famille des *Filoviridae*.

Apparu pour la première fois en 1976 au Soudan et au Zaïre (aujourd'hui République démocratique du Congo), il est responsable de fièvres hémorragiques. Il doit son nom à la rivière coulant au Zaïre.

À ce jour, cinq espèces de virus ont été identifiées :

- Bundibugyo (BDBV),
- Zaïre (EBOV),
- Reston (RESTV),
- Soudan (SUDV),
- Forêt de Taï (TAFV).

Le matériel génétique peut fluctuer dans des proportions assez importantes d'une souche à l'autre (jusqu'à 40 %). Aussi, ces dernières présentent une pathogénicité différente vis-à-vis de l'homme et des primates engendrant un taux de mortalité variant de 25 à 90 % (Reston a un faible taux de létalité, alors que Zaïre est le plus dangereux).

Ebola a déjà provoqué plusieurs flambées épidémiques sur le continent africain, notamment :

1976 : 150 morts au Soudan et 280 au Zaïre,

1995 : 254 morts au Zaïre,

2000 : 224 morts en Ouganda,

2003 : 128 morts au Congo,

2007 : 187 morts en République démocratique du Congo (ex-Zaïre).

La dernière épidémie en date de 2014 est due à la souche Zaïre. Selon l'OMS, elle présente un taux de létalité d'environ 50 % et a engendré une catastrophe sans précédent en Afrique de l'Ouest, provoquant la mort de

plus de 10 000 personnes : 4 408 au Libéria, 3 831 en Sierra Leone et 2 333 en Guinée.

Le réservoir naturel d'Ebola semble être une chauve-souris frugivore, qui en serait le porteur sain.

Facteurs rendant le virus pathogène :

Les facteurs exacts de virulence et de pathogénicité d'Ebola sont encore peu connus. Néanmoins, le résultat est une suppression partielle de la réponse immunitaire (défense) de l'hôte et une inflammation sévère, ainsi que des dommages vasculaires et des troubles de la coagulation.

Ebola détourne également la machinerie des cellules infectées pour qu'elles fabriquent une glycoprotéine favorisant la pénétration du virus dans d'autres cibles.

Transmission :

L'homme se contamine le plus souvent par contact avec des chauves-souris, des singes infectés ou par ingestion de « viande de brousse ». Toutefois, lorsque des sujets présentent les signes de la maladie, la transmission se fait alors aisément entre personnes par l'intermédiaire des fluides corporels, comme le sang, la salive, la sueur et même les larmes. La manipulation sans précautions (matériels et procédures adaptées) des cadavres ou le simple contact avec un proche affichant les signes d'une fièvre hémorragique suffit pour être infecté.

Symptômes :

La période d'incubation varie en général entre cinq et douze jours, mais peut parfois atteindre un maximum de vingt et un jours. Comme beaucoup de maladies virales, les premiers symptômes correspondent alors à un état grippal (arrivée brutale de la fièvre, maux de tête, courbatures...). Apparaissent ensuite vomissements, diarrhées, troubles rénaux et hépatiques, puis hémorragies internes et externes.

Traitement :

Le traitement se limite à des soins symptomatiques intensifs, s'intéressant uniquement à la fièvre, la douleur et la déshydratation. En effet, bien que des tests récents aient pu se montrer encourageants, il n'existe à l'heure actuelle aucun traitement ni vaccin homologués par les autorités de santé.

Afin de réduire la propagation de l'épidémie, certaines précautions anti-infectieuses doivent être suivies :

- se laver régulièrement les mains ;
- isoler les malades ;
- éviter tout contact avec les liquides infectés ou objets contaminés ;
- utiliser gants, masques, lunettes, combinaison, bottes pour se protéger.

Agents biologiques non vivants : les toxines.

Comme nous l'avons déjà vu, les toxines sont des « poisons » produits par des organismes vivants très variés, comme des bactéries (responsables du botulisme, du tétanos...), des plantes (comme la ricine...), des champignons (tels que l'ergot du seigle...), etc. Certaines d'entre elles sont considérées comme étant les substances les plus dangereuses du monde. Par exemple, en utilisant un moyen adéquat, il suffirait de :

- environ 0,5 gramme de toxine botulique pour se débarrasser de la population du grand Paris (6,7 millions habitants) ;
- environ 0,6 gramme de toxine botulique pour anéantir la population de la Suisse (plus de 8 millions d'habitants) ;
- moins de 5 grammes (l'équivalent d'un morceau de sucre) pour éliminer la population française (66 millions).

Bien évidemment, ces chiffres ne sont que purement théoriques, car il faudrait répartir la dose mortelle entre chaque personne de manière optimale et l'administrer par voie intraveineuse. Néanmoins, ils donnent une idée du pouvoir destructeur de ce « poison ».

À la différence des agents biologiques vivants, les toxines sont incapables de se multiplier. En outre, il n'existe pas de transmission interhumaine, dans le sens où une personne intoxiquée ne « donnera » pas sa « maladie » à une autre. En revanche, si des individus touchent des matériaux, des objets ou des personnes contaminés (porteurs de la substance), ils peuvent se retrouver « empoisonnés » par différents mécanismes : en respirant des toxines en suspension dans l'air, en les ingérant dans des aliments ou simplement en présentant leurs doigts à la bouche.

Si l'on se place d'un point de vue « terroriste », les toxines présentes plusieurs avantages évidents : elles sont faciles à produire et à stocker, et elles ont des effets dévastateurs

Toxine	Effets	Dose létale* ou incapacitante**	Durée d'incubation
<p><u>Toxine botulique</u> (principalement produite par la bactérie <i>Clostridium botulinum</i>)</p>	<p>Nausées, vomissements, crampes abdominales, difficultés de déglutition, constipation, faiblesse et paralysie générale, partant de la tête et du cou (nerfs crâniens), puis descendant pour atteindre les muscles de l'appareil respiratoire. Les pupilles sont dilatées ou fixes avec abaissement des paupières supérieures.</p>	<p>DL₅₀ = 3 ng/kg (voie aérienne) = 1 ng/kg (par injection) = 1 µg/kg (par ingestion)</p>	<p>8 à 48 heures</p>
<p><u>Ricine</u> (produite par la plante <i>Ricinus communis</i> ou <i>Ricinus sanguineus</i>)</p>	<p>L'inhalation cause des affections respiratoires, comme la nécrose et l'œdème pulmonaire. L'ingestion entraîne une nécrose et des saignements gastro-intestinaux, suivis de divers effets généraux et du décès.</p>	<p>DL₅₀ 1 mg/kg (par ingestion) 5 à 10 µg/kg (par inhalation ou injection)</p>	<p>3 à 6 heures</p>

<p><u>Entérotoxine staphylococcique B</u></p> <p>(produite par la bactérie <i>Staphylococcus aureus</i>)</p>	<p>Par inhalation : début soudain de fièvre et frissons, céphalées, myalgies, toux non productive allant vers une pneumonie aiguë et des douleurs pleurétiques.</p> <p>Par ingestion : crampes abdominales graves, vomissements, diarrhées. L'exposition sévère conduira au choc septique et au décès.</p>	<p>DL₅₀ = 27 µg/kg (par inhalation)</p> <p>DI₅₀ incapacitante : 0,4 µg/kg</p>	<p>3 à 12 heures</p>
<p><u>Saxitoxine</u></p> <p>(produite par des algues microscopiques)</p>	<p>Apparition soudaine d'un engourdissement au niveau du visage et des extrémités, difficulté d'élocution, essoufflement, étourdissements.</p>	<p>DL₅₀ (pour la souris) : 10 µg/kg (par ingestion) 2 µg/kg (par inhalation)</p>	<p>10 minutes à quelques heures</p>
<p>* DL₅₀ = dose létale chez 50 % des sujets exposés ** DI₅₀ = dose incapacitante chez 50 % des sujets exposés</p>			

FICHE : TOXINE BOTULIQUE (produite par la bactérie *Clostridium botulinum*)

Cette toxine est à l'origine du botulisme, qui consiste en une affection du système nerveux (il s'agit donc d'une neurotoxine) pouvant toucher l'homme et les animaux.

Elle est produite par certaines bactéries du genre clostridium, agents communs dans l'environnement et capables de sporuler (donc de survivre longtemps sous cette forme). Toutefois, l'espèce *C. botulinum* est la principale responsable de la majeure partie des intoxications.

Le botulisme est une maladie à déclaration obligatoire en France.

Il existe différents types de toxines : A, B, C, D, E, F et G. Les trois premières (A, B, C) sont les plus fréquentes en Europe occidentale.

La toxine botulique est considérée comme le poison le plus puissant du monde. Par exemple, elle est 5 000 fois plus mortelle que la ricine ou 140 000 fois plus que le curare.

Transmission :

Le botulisme ne se transmet pas de l'homme à l'homme.

Dans la plupart des cas, il s'agit d'une intoxication alimentaire résultant de l'ingestion de denrées ou de boissons contaminées par la bactérie *C. botulinum* ayant produit des toxines.

Le botulisme par blessure est moins fréquent et s'apparente au mode de contamination du tétanos.

Dans le cas d'une utilisation terroriste, l'utilisation sous forme d'aérosol peut également être envisagée.

Remarque :

Il existe un type particulier de botulisme, dit infantile. Il se contracte par l'absorption de denrées contaminées par des spores ou des formes végétatives de la bactérie. Dans ce cas, la flore intestinale des jeunes enfants (qui est incomplète) ne parvient pas à empêcher la prolifération de clostridium dans le système digestif et celle-ci se multiplie tout en produisant ses toxines.

Symptômes :

Les premiers symptômes vont apparaître quelques heures ou quelques jours après la contamination. Leur rapidité d'occurrence dépend de la dose absorbée et de la voie d'entrée utilisée (l'inhalation engendre un délai plus long). Ils consistent en :

- une atteinte oculaire (trouble de l'accommodation, déformation de la pupille, photophobie...);
- une sécheresse de la bouche et des yeux, difficulté de déglutition ;

- des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhées...).

Survient ensuite une paralysie flasque qui s'étend petit à petit, allant jusqu'à provoquer la mort par insuffisance respiratoire.

Traitement :

Le traitement est principalement symptomatique et consiste essentiellement en une assistance respiratoire et cardiaque pour une durée variant de quelques jours à quelques semaines.

L'administration précoce d'anticorps spécifiques au type de toxine en cause permet de limiter la sévérité de l'intoxication et la létalité.

Vaccination :

Non autorisée en France, une vaccination est possible dans certains pays (États-Unis). Elle est réservée à des catégories à risques et ne confère qu'une protection temporaire (vaccin à renouveler tous les ans).

FICHE : RICINE

(Produite par la plante *Ricinus Communis* ou *Ricinus Sanguineus*)

Cette toxine provient de la graine de ricin, une plante ornementale commune dont l'on extrait également une huile du même nom.

Elle induit une inhibition irréversible de la synthèse des protéines par inactivation des ribosomes. En d'autres termes, la machinerie des cellules est brisée, entraînant inéluctablement la mort de ces dernières.

La toxine résiste bien dans l'environnement, mais reste sensible à l'eau de javel et aux températures élevées (détruite après 10 mn à 80 °C ou une heure à 50 °C).

Remarque :

La toxine n'est pas présente dans l'huile de ricin.

Dans l'industrie, les résidus des graines d'où a été extraite l'huile sont chauffés afin d'inactiver la toxine, puis sont transformés en engrais ou en nourriture pour bétails.

Transmission :

Dans la majorité des cas, il s'agit d'une intoxication résultant de l'ingestion de graines (une à trois sont suffisantes pour tuer un enfant, trois à six le sont pour un adulte).

Néanmoins, dans le cadre d'une utilisation malveillante ou terroriste, d'autres voies que l'ingestion sont possibles : l'injection (parapluie bulgare) ou l'emploi de la toxine sous forme d'aérosol doivent être envisagés.

Symptômes :

En cas d'ingestion importante, les premiers symptômes peuvent apparaître quelques heures après : nausées, vomissements, douleurs intestinales, diarrhées... La victime est menacée de déshydratation, ainsi que d'insuffisance rénale et hépatique. Somnolence et perte des sens directionnels accompagnent alors ces atteintes. La mort peut survenir entre 36 h et 12 jours.

L'injection provoque des effets analogues avec une éventuelle nécrose au niveau du point d'entrée.

En cas d'inhalation, il se produit une irritation des voies aériennes, toux, encombrement bronchique, œdèmes pulmonaires... La situation évolue vers une détresse respiratoire et une hypoxémie (manque d'oxygène dans le sang) entraînant la mort en l'espace de deux ou trois jours.

Traitement :

Le traitement est uniquement symptomatique. À l'heure actuelle, il n'existe ni de médication particulière contre l'empoisonnement à la ricine ni de vaccin.

Des recherches sont en cours, tant dans le domaine de la vaccination que dans la découverte de substances actives pouvant contrer la toxine.

Dark Winter : simulation d'attaque terroriste.

Dark Winter, littéralement « hiver sombre » : c'est le nom de code d'un exercice de simulation d'attaque bioterroriste. Cet exercice s'est déroulé les 22 et 23 juin 2001 aux États-Unis. Il a été géré par le *John Hopkins Center for Civilian Biodefense Strategies*, en collaboration avec le *Center for Strategic and International Studies*, l'*Analytic Services Institute for Homeland Security*, et l'*Oklahoma National Memorial Institute for the Prevention of Terrorism*. L'objectif était d'évaluer les capacités et les carences d'une réponse coordonnée du gouvernement des États-Unis dans le cas d'un scénario où une organisation terroriste propagerait le virus de la variole, afin de déterminer les améliorations à mettre en place.

Le scénario commençait par trois attaques localisées dans des centres commerciaux d'Oklahoma City, entraînant l'infection de

3 000 personnes,¹²⁰ suivies par d'autres dans les villes de Philadelphie et d'Atlanta. Il simulait ensuite la propagation du virus de la variole à travers le pays via les transports aériens et terrestres, puis sa progression rapide au sein de la population, ainsi que l'effet de panique provoqué. Ce qui intéressait les organisateurs était d'évaluer la capacité des agences gouvernementales à gérer à la fois l'aspect médical et organisationnel, ainsi que la coordination entre les différentes agences.

Le virus de la variole fut choisi car il était historiquement et médicalement bien connu et documenté. Son taux de mortalité est de l'ordre de 30 % à 50 % et il n'existe pas de traitement efficace. La seule protection est la prévention par la vaccination. Or, celle-ci ayant été arrêtée dans les années 1980, il est fort probable que peu de personnes soient encore immunisées aujourd'hui. La population serait donc particulièrement sensible à ce virus. En outre, il a fait partie de l'arsenal de guerre biologique de certains pays, qui le conservent dans des laboratoires...

Les résultats de l'exercice ¹²¹ ont montré qu'une telle attaque provoquerait une rapide progression du virus entraînant un nombre très important de victimes, et l'incapacité des agences gouvernementales à limiter la progression du virus que ce soit par la vaccination ou l'isolement des populations. Les conséquences furent une perte de confiance des Américains envers les autorités, des mouvements de panique et de pillage, de fuites désordonnées des villes et de saturation des infrastructures hospitalières. Le gouvernement dut utiliser la méthode forte pour reprendre en main la situation.¹²² L'exercice montra également que les différentes

¹²⁰ Selon William Patrick, l'un des responsables scientifiques du programme offensif de guerre biologique, un gramme de variole est suffisant pour infecter 100 personnes par une attaque par aérosol. Voir : Henderson DA, Ingelsby TV, Bartlett JG, et al., *Smallpox as a biological weapon: medical and public health management*, Working Group on Civilian Biodefense, JAMA, 1999, pp. 281 et 2127-2137.

¹²¹ Dark Winter - About the Exercise,

http://www.upmchealthsecurity.org/our-work/events/2001_darkwinter/

¹²² O'Toole, Tara; Michael, Mair; Inglesby, Thomas V, *Shining Light on "Dark Winter"*, 2002, <http://cid.oxfordjournals.org/content/34/7/972.full#sec-8>, Clinical Infectious Diseases, 34 (7), 972-983.

agences gouvernementales (protection civile, forces militaires, service de santé public, gouvernements nationaux et locaux) avaient de très grandes difficultés à communiquer entre elles et à travailler ensemble. En outre, les responsables politiques n'avaient qu'une compréhension limitée de la nature du danger et restaient incapables de se coordonner avec le secteur privé (hôpitaux, pharmacies, ambulances, transports, etc.).

L'exercice révéla que les autorités politiques locales voulaient imposer des mesures d'endiguement et d'isolation des populations, la fermeture des frontières et l'arrêt du trafic routier, ferroviaire, aérien et des transports publics. En revanche, les autorités nationales voulaient un contrôle au niveau national avec une intervention rapide des forces armées (Garde Nationale) et des autorités de sécurité de l'État fédéral. Le nombre de vaccins disponibles fut estimé insuffisant, et des contradictions dans les priorités de distribution furent remarquées : certaines autorités voulaient réserver les vaccins en priorité aux forces de l'ordre et aux personnels soignants, d'autres à la population directement à proximité des cas contagieux. La simulation montra également que le système hospitalier serait rapidement submergé (aussi bien par des cas réels que des « faux positifs », c'est-à-dire des gens se croyant atteints mais ne l'étant pas) et que la contagion s'étendrait au personnel des hôpitaux et dispensaires, paralysant rapidement toute capacité de prodiguer efficacement des soins. Dans certains cas, une quarantaine fut imposée à certaines localités, mais celle-ci a également provoqué l'interruption du ravitaillement en médicaments, nourriture et autres denrées indispensables. Ces mesures draconiennes n'ont donc pas amélioré la situation car le sentiment de manque et le rationnement augmentent l'anxiété et la panique au sein de la population.

Au final, la simulation conclut que les autorités ne seraient arrivées ni à endiguer l'effet de panique par une communication médiatique efficace, ni à prendre les bonnes décisions pour endiguer la contagion. Cet exercice a cependant été considéré comme un succès car son objectif n'était pas tant sa « réussite »,

mais bien de faire prendre conscience aux autorités des risques posés par une pandémie et ainsi de leur permettre d'améliorer leurs mesures et leurs procédures. L'une des premières conséquences fut d'augmenter le nombre de doses de vaccin disponibles aux États-Unis, celles-ci passant de 12 millions en 2001 à 300 millions de doses en 2010 pour une population de 320 millions.

À titre de comparaison, selon un rapport du Sénat,¹²³ la France dispose de 72 millions de doses de vaccin antivariolique qui pourraient être utilisées en cas de menace. Ces dernières sont régulièrement testées par l'AFSSAPS¹²⁴ pour s'assurer de leur efficacité. La question de leur renouvellement se posera quand ces tests indiqueront une perte d'efficacité. Ces stocks pourront également faire l'objet d'un renouvellement si une nouvelle génération de vaccin, aussi efficace et provoquant moins d'effets secondaires, obtient une autorisation de mise sur le marché. En 2007, dans le cadre de la menace bioterroriste, les autorités françaises ont édité un guide intitulé « Guide Peste, Charbon, Tularémie », téléchargeable librement.¹²⁵

¹²³ JO du Sénat du 13/10/2005, page 2658.

¹²⁴ Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé, <http://ansm.sante.fr>

¹²⁵ http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_Peste_-_Charbon_-_Tularemie_PCT.pdf

4. Armes biologiques

*« Qui sème chichement, moissonnera chichement ;
qui sème largement, moissonnera largement. »*

– Saint Paul, Épîtres, Nouveau Testament

Nous avons vu précédemment les différentes catégories de menaces biologiques :

- Les bactéries :

Les maladies dont l'origine est bactérienne peuvent en général être soignées grâce aux antibiotiques. Toutefois, lors d'infections graves, le traitement adapté doit être administré dans les meilleurs délais. L'apparition de résistances (naturelles ou artificielles dans le cas d'organismes génétiquement modifiés à des fins militaires) complique et retarde les soins (le temps de trouver une nouvelle substance active sur la bactérie).

- Les virus :

Les virus sont des entités à mi-chemin entre l'inerte et le vivant. Ils ont le besoin absolu de pénétrer dans une cellule pour pouvoir se multiplier. Insensibles aux antibiotiques, capables de muter et d'acquérir des aptitudes supplémentaires, ils représentent à ce jour la plus grande menace de pandémie. La flambée de cas d'Ebola en Afrique de l'Ouest depuis 2014 est le dernier exemple en date.

- Les toxines :

Faciles à produire et à stocker, les toxines peuvent être employées à la manière de poisons. Elles ne provoquent pas de pandémie, mais leur redoutable « efficacité » pourrait causer la mort de milliers d'individus par l'utilisation de faibles quantités de

substances.

Ainsi, plusieurs facteurs rendent la menace biologique particulièrement pernicieuse et difficile à contrer :

- Les effets sont décalés dans le temps (temps de latence ou d'incubation) et permettent la contamination d'un nombre important de personnes avant que les premières mesures ne soient initiées.
- À la différence des agents chimiques ou radiologiques, il est très compliqué de disposer de systèmes d'alerte par de la détection en temps réel.
- L'identification (notamment dans le cas de nouveaux agents) entraîne des délais supplémentaires.
- Dans certains cas (la plupart des virus, des toxines comme la ricine...), il n'existe pas réellement de traitement efficace.
- La transmission interhumaine de certaines maladies peut conduire au chaos au niveau local et engendrer un risque de pandémie majeure digne des films catastrophes.

Au final, l'utilisation d'agents biologiques représente une menace particulièrement crédible et dont les conséquences peuvent s'avérer excessivement graves. Le monde du vivant est si vaste et si complexe que ce n'est qu'une question de temps avant que l'évolution naturelle (mutation, recombinaison, résistance...) de l'une de ces entités mène à une nouvelle pandémie. L'histoire récente (Ebola, H5N1, SRAS, MERS...) en apporte, d'ailleurs, la preuve irréfutable. À cela s'ajoute également la recherche scientifique et militaire qui peut conduire à la création de nouveaux agents aux capacités létales exacerbées.

Ceci est d'autant plus grave que :

1. Les accidents sont fréquents :
 - a. Envoi par erreur par le CDC au Ministère de l'Agriculture du virus H5N1 à la place d'échantillons de grippe banale (États-Unis, 2014).
 - b. 62 employés du CDC possiblement exposés à la maladie du charbon lors d'un transfert d'échantillons entre laboratoires (États-Unis, 2014).

- c. Découverte de plus de 350 échantillons dans un laboratoire abandonné, contenant les agents biologiques de la variole, de la dengue, de la fièvre Q... (États-Unis, 2014).
 - d. Le 30 mars 1979, une fuite de *Bacillus anthracis* (charbon) dans une usine de production d'armes bactériologiques de Sverdlovsk causa la mort de 105 personnes sur plusieurs mois.
 - e. Contamination dans l'État de Louisiane par une bactérie potentiellement mortelle (*Burkholderia-pseudomallei*) vraisemblablement « échappée » d'un centre de recherche (États-Unis, 2015).
2. Les actions malveillantes ou terroristes existent :
- a. Empoisonnement d'un restaurant avec des bactéries Salmonella (États-Unis, 1984).
 - b. Enveloppes piégées contenant le bacille de la maladie du charbon (États-Unis, 2001).
 - c. Lettres contenant de la ricine (États-Unis, 2013).¹²⁶

Si d'aventure la dissémination d'un agent militarisé venait à se produire, il est probable que l'humanité courrait au-devant de la plus terrifiante pandémie jamais rencontrée...

Quelques exemples de recherche en armes biologiques

Si des agents pathogènes sont relativement faciles à obtenir,¹²⁷ les armes bactériologiques ne sont pas de simples missiles qu'on peut charger et qu'on peut ensuite lancer à sa guise sur une cible. La culture la plus virulente dans un tube à essai ne sera jamais opérationnelle si elle n'est pas soumise à un processus complexe qui en fera un agent stable, prévisible, stockable et capable d'être disséminé avec précision et avec une grande certitude du résultat.

¹²⁶ http://www.lemonde.fr/ameriques/article/2013/04/17/un-senateur-americain-recoit-une-lettre-contenant-de-la-ricine_3160968_3222.html

¹²⁷ Il est facile d'obtenir des virus et des bactéries dans des milliers de banques biologiques à travers le monde. Le commerce transnational entre laboratoires et centres de recherche des pathogènes est assez libre. Par exemple, le virus Zika peut s'acheter sur Internet.

L'arme réelle, en un sens, c'est la technique de fabrication, encore plus difficile à mettre au point que les agents pathogènes proprement dits.

En URSS :

Biopreparat était la principale agence pour la recherche et le développement d'armes biologiques de l'Union soviétique. Cette agence, officiellement civile, mais dépendant en réalité de la 15^e direction de l'Armée Rouge, était la couverture d'un vaste réseau de laboratoires secrets, employant plus de 30 000 chercheurs dédiés à l'étude et à l'amélioration de pathogènes destinés à être utilisés lors de conflits.¹²⁸ Il existait plus de dix-huit laboratoires de recherche spécialisés et distincts ou de production à grande échelle, dont, notamment : l'institut scientifique et technique de microbiologie de Stepnogorsk (nord du Kazakhstan) ; l'institut de préparation biochimique de Leningrad – spécialisé dans la recherche sur le bacille de la peste ; le centre de recherche en virologie Vector – spécialisé dans la recherche sur la variole ; l'institut de recherche sur l'immunologie de Lyouboutchany ; l'institut de biochimie appliquée de Omoutninsk ; les usines de production de pathogènes de Kirov, de Zagorsk (spécialisées dans la production de variole), et de Berdsk ; ou encore le centre militaire N.19 à Sverdlovsk – spécialisé dans la recherche sur la maladie du charbon.

Sous des dénominations souvent anodines, cette organisation développa, entre 1970 et 1990, des souches militarisées de variole, de peste bubonique, de maladie du charbon, d'encéphalite équine, de tularémie, d'influenza, de brucellose, de morve. Cette dernière ¹²⁹ est soupçonnée avoir été utilisée entre 1982 et 1984 en Afghanistan contre les Moudjahidines. La militarisation du virus de Marbourg et de machupo était encore en développement en 1992, avant que les laboratoires ne passent sous le secret-défense de la

¹²⁸ Dont le « Laboratoire 12 » où fut développé la ricine utilisée par les services bulgares et leur célèbre « parapluie bulgare ».

¹²⁹ La morve (*Burkholderiamallei*) fut utilisée pendant la Première guerre mondiale par les Allemands contre la Roumanie afin de rendre malade les chevaux de l'armée roumaine.

nouvelle Russie. Des rumeurs ont émis l'hypothèse que Biopreparat aurait essayé de développer des hybrides entre l'encéphalite équine et la variole (*Veepox*), et entre l'Ebola et la variole (*Ebolapox*),¹³⁰ mais rien n'a pu le confirmer.

Aux États-Unis :

Suite aux recherches du Royaume-Uni et du Canada à partir de 1940 sur la production et la dissémination d'agents biologiques pathogènes, les États-Unis reprirent ces programmes dès 1942 avec la mise sur pied d'une unité secrète dirigée par George W. Merck, président de la grande firme pharmaceutique Merck & Co.

Ces efforts se poursuivirent durant la Guerre froide dans les centres de recherche basés à Fort Detrick, dans le Maryland, et à l'arsenal de Pine Bluff, dans l'Arkansas, où furent effectuées des recherches sur la morve, la brucellose, le choléra, la dysenterie, la peste, le typhus, etc. Il fut aussi décidé de développer des armes biologiques (bio-herbicides et myco-herbicides) et chimiques (défoliants et herbicides) destinées à détruire les récoltes (blé, riz...) des ennemis ou la végétation de certains théâtres d'opérations militaires.¹³¹ Des armes biologiques ont aussi été créées pour s'attaquer aux animaux, notamment élevages de bovins, porcins, ovins, mais aussi aux poissons. L'idée sous-jacente était que la destruction de l'agriculture d'un ennemi pourrait le forcer, de manière stratégique, à cesser la guerre. Les agents ainsi développés pouvaient être épandus par avion ou via des bombes à sous-munitions dans les régions agricoles et piscicoles ciblées. En 1969 et 1970, lorsque les États-Unis, sous l'administration Nixon, décidèrent officiellement de cesser leur programme de recherche biologique, la majorité de leur arsenal – qui ne fut pas affecté par ces mesures – était composé de ces entérotoxines et mycotoxines. Cuba affirme avoir subi de nombreuses attaques sur ses récoltes et son cheptel, notamment par la dispersion du thrips du palmier

¹³⁰ http://allnewspipeline.com/Ebola_Pox_Ultimate_Doomsday_Virus.php

¹³¹ En 1951 notamment, avec le développement d'agents « agricoles » destinés à détruire les récoltes de blé soviétique et les rizières de la Chine communiste.

(*thrips palmi*), un insecte porteur d'un virus (de type *Tospovirus*) s'attaquant aux cultures maraîchères.

Bien que les herbicides soient techniquement des armes chimiques, ils sont souvent développés lors des programmes d'armes biologiques.

Au cours des années 1940 et 1950, les forces armées des États-Unis et du Royaume-Uni ont collaboré pour le développement d'herbicides et de défoliants pouvant être utilisés au cours de conflits. Les Britanniques furent les premiers à les employer en Malaisie pour détruire les récoltes et le feuillage des zones d'opérations de la guérilla communiste. C'est à la suite de cette expérience que les États-Unis mirent en place leur propre programme qui conduisit à l'usage de l'« agent orange » pendant l'opération *Ranch Hand* ¹³² au Vietnam et au Laos, de 1961 à 1971.

Le programme de recherche biologique des États-Unis fut officiellement démantelé par l'administration Nixon entre 1969 et 1973, les installations détruites et les expertises et le personnel reconvertis à l'étude de la protection contre les agents biologiques au sein du *United States Army Medical Research and Materiel Command* (USAMRMC). Il est toutefois fort probable que les recherches sur des pathogènes offensifs continuent dans des laboratoires secrets, voire en collusion avec des entreprises privées.

En Afrique du Sud :

L'Afrique du Sud a mené un programme de recherches très dynamique à partir de la fin des années 1970 et jusqu'au à la fin du régime d'apartheid. Dirigé par le Dr. Wouter Basson, ce programme, connu sous le nom de *Project Coast* avait pour objectif de développer les capacités défensives et offensives du pays. La partie offensive incluait des recherches sur des gaz de combat et sur des pathogènes biologiques destinés à empoisonner les meneurs

¹³² L'agent orange est le nom donné par les médias à l'herbicide produit pour le département de la Défense des États-Unis par Monsanto et Dow Chemical. Ce produit était d'usage courant dans l'agriculture aussi bien aux États-Unis qu'en URSS, dans les années 1960, mais à des doses bien plus faibles.

des organisations terroristes liées à l'ANC (*African National Congress*), mais aussi pour éventuellement empoisonner et stériliser la population Noire. Pendant la guerre en Rhodésie, des bacilles de choléra furent disséminés dans les zones tenues par la guérilla communiste, et des spores de la maladie du charbon furent livrées aux forces armées rhodésiennes.¹³³ Les effets furent relativement limités : en 1979, 82 guérilleros succombèrent et des milliers d'autres tombèrent malades, sans que cela n'influence l'issue du conflit.

Les laboratoires et les centres de recherche.

La recherche sur des agents biologiques se fait dans des laboratoires spécialement équipés avec différents niveaux de sécurité, selon le danger des micro-organismes étudiés.

Il y a quatre niveaux de sécurité (trois en ex-URSS) allant du moins au plus sécurisé. Le niveau 4 est officiellement appelé « BSL4 », de l'anglais Biosafety Level 4 (désigné en français par le sigle NSB4, soit Niveau de Sécurité Biologique 4). Ce niveau correspond à une zone disposant de laboratoires à l'atmosphère pressurisée, de sas d'accès et de vestiaires successifs, d'un accès sécurisé pour le personnel et uniquement en tenue protectrice totalement étanche et pressurisée, de douches et de moyens de décontamination à la sortie, de moyens de confinement en cas de contamination, et enfin de moyens de neutralisation des bio-organismes... le tout pour éviter que ces agents pathogènes très dangereux ne puissent sortir de ces laboratoires et se propager.

De nombreux pays disposent de centres de recherche de niveau 4 officiels, et des nations comme les États-Unis, la Russie, la Chine, le Royaume-Uni, la France, avec une capacité avérée de développer des armes bactériologiques, font partie des 173 pays signataires de la Convention sur l'interdiction des armes biologiques (CABT)¹³³F134 qui interdit leur développement.

Certains pays sont soupçonnés d'effectuer des recherches (offensives ou défensives) en secret. Parmi ceux-ci figurent l'Iran, Israël, la Corée du Nord, la Corée du Sud, le Pakistan, Taïwan, l'Égypte, le Vietnam, le Laos...

D'autres pays encore, comme la Libye ou l'Afrique du Sud ont eu des programmes de recherche très actifs, mais ceux-ci ont été démantelés. Le cas de l'Irak de Saddam Hussein était un exemple de pays conduisant des

¹³³ <http://www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/plague/sa/>

¹³⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Biological_Weapons_Convention

recherches dans ce domaine, notamment avec le développement du *Bacillus anthracis* militarisé. Heureusement, l'Irak n'utilisa pas ces armes avant que les laboratoires soient démantelés et les stocks détruits au cours des années 1990 et 2000. Les principaux centres de recherche de niveau 4 connus sont :

Afrique du Sud :

- National Institute for Communicable Diseases - Special Pathogens Unit, Sandringham.

Allemagne :

- Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine, Hambourg ;
- Friedrich Loeffler Institute, Federal Research Institute for Animal Health, Riems Island, Greifswald ;
- Institute of Virology, Philipps University of Marburg, Marbourg ;
- Robert Koch Institute, Berlin;
- Institute of Microbiology of the Federal Armed Forces, Munich.,

Australie :

- Australian Animal Health Laboratory, Newcomb ;
- National High Security Laboratory/Victorian Infectious Disease Reference Laboratory (VIDRF), Glen Iris ;
- Virology Laboratory of Queensland Department of Health, Coopers Plains.

Canada :

- National Microbiology Laboratory, Winnipeg, Manitoba.

Chine :

- Wuhan Institute of Virology of the Chinese Academy of Sciences, Wuhan.

États-Unis :

- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Atlanta, Georgie ;
- Division of Consolidated Laboratory Services, Richmond, Virginia ;
- Galveston National Laboratory, Galveston, Texas ;
- Georgia State University, Atlanta, Georgie ;
- Integrated Research Facility, Bethesda, Maryland ;
- Middle-Atlantic Regional Center of Excellence for Biodefense and Emerging Infectious Diseases Research, Baltimore, Maryland ;
- National Bio and Agro-Defense Facility (NBA), Manhattan, Kansas ;
- National Biodefense Analysis and Countermeasures Center (NBACC), Frederick, Maryland ;
- National Emerging Infectious Disease Laboratory (NEIDL), Boston, Massachusetts ;
- National Institute of Allergy and Infectious Disease (NIAID), Rocky Mountain Laboratories, Hamilton, Montana ;
- Southwest Foundation for Biomedical Research, San Antonio, Texas ;

- US Army Medical Research Institute of Infectious Diseases (USAMRIID), Frederick, Maryland.

France :

- Laboratoire de la DGA (Direction Générale de l'Armement), Vert-le-petit, Essonne ;
- INSERM, P4 Jean Mérieux, Gerland, Lyon.

Gabon :

- Centre International de Recherches Médicales de Franceville (CIRMF), Franceville.

Inde :

- All India Institute of Medical Sciences, New Delhi, Delhi ;
- High Security Animal Disease Laboratory, Madhya Pradesh.

Italie :

- Ospedale universitario Luigi Sacco, Milan ;
- IRCCS Lazzaro Spallanzani, Rome.

Japon :

- Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN), Koyadai, Tsukuba-shi, Ibaraki ;
- National Institute for Infectious Diseases (NIID), Tokyo.

Pays-Bas :

- Netherlands National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven.

République Tchèque :

- Center of Biological Protection, Prague.

Royaume-Uni :

- Centre for Emergency Preparedness and Response, Defense Science and Technology Laboratory, Health Protection Agency, Salisbury, Wiltshire ;
- Health Protection Agency - Centre for Infections (HPA-CFI), Londres ;
- National Institute for Medical Research (NIMR), Londres.

Russie :

- State Research Center of Virology and Biotechnology VECTOR, Koltsovo, Novosibirsk ;
- Institute of Microbiology, Kirov ;
- Virological Center of the Institute of Microbiology, Serguiv Posad, Moscou.

Singapour :

- Defense Science Organization (DSO).

Suède :

- Swedish Institute for Infectious Disease Control, Solna.

Suisse :

- High Containment Laboratory DDPS, Berne ;

- Institute of Virology and Immunoprophylaxis, Mittelhausern ;
- Laboratoire de Spiez, Spiez.
- Taiwan :
- Kwen-yang Laboratory Center of Disease Control ;
- Preventive Medical Institute of ROC, Ministry of National Defense.

Modes de disséminations et de pénétrations

La plupart des agents biologiques peuvent être disséminés et se transmettre de différentes manières, notamment par :

- dispersion dans l'air (bombe aérosol, épandage aérien...) ;
- contamination de nourriture ou d'eau ;
- contamination d'objets (couvertures, vêtements...) ;
- infection d'animaux qui vont ensuite transmettre l'agent à des êtres humains directement (par contact ou ingestion) ou indirectement (via des puces, des moustiques...) ;
- contagion de personne à personne par voie aérienne (éternuements...) ou par transfert de fluides (contact avec les muqueuses, salive, transpiration, sang, plaies, rapports sexuels...).

Ainsi, plusieurs voies de pénétration dans l'organisme sont possibles, par :

- voie orale (ingestion...)
- voie respiratoire (inhalation...)
- voie cutanée/oculaire (plaies ou directement à travers les tissus...)

5. Pandémies

« *D'une chose légère peut naître un grand désastre.* »
– Léonard de Vinci, savant toscan (1452-1519)

« *La guerre biologique, c'est une sale affaire.* »
– Henry L. Stimson, Ministre de la Guerre,
lettre au Président Franklin D. Roosevelt, 1942

Les épidémies ont façonné les civilisations et les cultures humaines. Elles ont engendré un nombre incalculable de morts au cours de l'histoire, bien plus que toutes les guerres réunies ! En voici une liste non exhaustive :

DATE	NOM	CAUSE	NOMBRE DE MORTS
- 429-426	Peste d'Athènes	Une variante de typhoïde	75 à 100 000 morts en Grèce
165-180	Peste d'Antonin	Une sorte de variole	30 % du bassin méditerranéen
541-542	Peste de Justinien	Peste bubonique	40 % de la population européenne, moyen-orientale et méditerranéenne
1330-1350	Peste chinoise ? ¹³⁵	Peste ?	30 % de la population chinoise ?
1346-1352	Peste noire	Peste	30-70 % de la population européenne
1545-1548	Cocoliztli	Fièvre hémorragique	80 % de la population indigène d'Amérique Centrale
1576	Cocoliztli	Fièvre hémorragique	50 % de la population indigène d'Amérique Centrale

¹³⁵ Sussman G.D., *Was the Black Death in India and China?* Bulletin of the history of medicine, 2011, p. 85.

1629-1931	Peste italienne	Peste	280 000 morts en Italie
1663-1664	Peste d'Amsterdam	Peste	24 000
1665-1666	Grande peste de Londres	Peste	100 000
1668	Peste de 1668	Peste	100 000 en méditerranée et en France
1679	Grande peste de Vienne	Peste	76 000
1738	Peste de 1738	Peste	> 50 000 dans les Balkans
1770-1772	Peste russe	Peste	> 50 000 en Russie
1816-1826	Choléra	Choléra	> 100 000 en Europe et en Asie
1829-1851	Choléra	Choléra	>100'000 en Europe et en Asie
1847-1848	Typhus	Typhus	20 000 au Canada
1852-1860	Choléra de Russie (ou « troisième pandémie de choléra »)	Choléra	> 1 million en Russie
1889-1890	Influenza	Influenza	> 1 million dans le monde
1899-1923	Choléra	Choléra	> 800 000 dans le monde
1918-1920	Grippe espagnole	Influenza H1N1	30 à 75 millions dans le monde
1957-1958	Grippe asiatique	Influenza H2N2	2 millions en Asie
1968-1969	Grippe de Hong-Kong	Influenza H3N2	1 million en Asie
1980- ?	SIDA	HIV	30 millions dans le monde
2002-2003	Épidémie SARS	Pneumonie	349 en Chine (chiffre officiel)
2009	Grippe porcine	Influenza H1N1	14 000 dans le monde
2013-2015	Épidémie Ebola en Afrique de l'Ouest	Ebola	12 000 en Afrique de l'Ouest

Contrairement à la grippe saisonnière qui est considérée comme aléatoire et qui croît de manière rapide et exponentielle pour ensuite décliner quelques semaines ou quelques mois plus tard, certaines épidémies peuvent croître plus lentement mais rester présentes pour longtemps, comme dans le cas du SIDA. Dans le cas de maladies émergentes, comme pour Ebola ou une nouvelle souche d'Influenza, la propagation peut être très rapide et provoquer une véritable destruction sociale et économique.

Une épidémie a souvent un effet majeur sur les sociétés humaines. Par exemple, selon Hérodote, en 701 av. J.-C. l'une d'entre elles aurait décimé l'armée assyrienne assiégeant Jérusalem, la capitale du royaume de Juda. Cette maladie, que le récit biblique mentionne sous le terme d'« Ange de la mort », aurait permis au culte hébraïque, qui n'était alors qu'un petit culte parmi tant d'autres, d'asseoir sa crédibilité, de se consolider et de se pérenniser.

En plus d'un effet dévastateur sur le moral de la population, un nombre élevé de morts peut provoquer le ralentissement ou la paralysie des transports, du commerce, du tourisme, du ravitaillement des villes, des investissements, et donc réduire considérablement l'économie tout entière d'une société. Or, la continuité des échanges est essentielle pour permettre une lutte efficace et rapide contre l'épidémie : laboratoires, systèmes de santé, communication, transports et distribution sont tous dépendants de la présence de personnel qualifié. Lorsque la peur empêche les employés de se rendre à leur travail ou quand ils sont malades, voire décédés, c'est tout le système qui s'arrête.

Le coût total direct ou indirect pour l'économie d'une nation peut être très lourd et peser longuement sur le bon fonctionnement des activités humaines. En outre, on constate que les sociétés avec les niveaux de vie les plus bas et les économies les moins fortes sont également les plus durement touchées en cas d'épidémie. Ceci vient du manque de ressources disponibles (chercheurs et laboratoires, docteurs et infirmiers, services de sécurité) pour endiguer, isoler et combattre la maladie et soigner les malades. Enfin, de tels

événements peuvent avoir des effets majeurs sur la culture et les croyances des populations impactées. L'Histoire nous permet d'ailleurs d'étudier quelques-uns de ces cas d'épidémies, bien documentés par leurs contemporains ou par les historiens.

La Peste d'Athènes

Il ne s'agit pas d'une jeune fille grecque particulièrement mal élevée, mais bien de l'épidémie de peste survenue dans la capitale de l'Attique et meneuse de la Ligue de Délos, entre 429 et 426 av. J.-C., pendant le siège de la cité par les armées spartiates. L'évènement a été étudié et relaté par l'historien athénien Thucydide ¹³⁶ qui donna des précisions quant à l'impact de l'épidémie sur les comportements sociaux et religieux des habitants.

Il semble que le risque de contracter la maladie, et d'en mourir, était si grand que la population a cessé de se préoccuper des lois et de ses actions à long terme. Certains pauvres se sont retrouvés à hériter soudainement de fortunes appartenant à de riches parents et les ont dilapidées sans compter. La prise en charge des morts et les soins aux malades furent rapidement abandonnés car les médecins, les soignants et les fossoyeurs étant parmi les premiers atteints, ils n'étaient pas remplacés. En effet, personne ne voulait prendre le risque d'être contaminé en manipulant malades et cadavres. Malheureusement, ces derniers, en se décomposant, ont probablement contribué à ajouter d'autres maladies à l'épidémie de peste. En outre, beaucoup de malades furent abandonnés et sont morts par manque d'eau ou de nourriture. Les quelques personnes qui se retrouvaient immunisées (sans le savoir à l'époque) et qui continuaient à s'occuper des cadavres, les empilaient simplement en tas pour les laisser se décomposer ou, lorsque c'était possible, pour les brûler sur des bûchers. Cela était fortement contraire aux traditions et aux pratiques religieuses de l'époque, et les habitants d'Athènes se sentirent abandonnés des dieux. En outre, la maladie touchait de manière indiscriminée autant les

¹³⁶ Histoire de la Guerre du Péloponnèse, Thucydide.

personnes peu pieuses que les plus dévotes. Quant aux temples, remplis de réfugiés des campagnes, ils devenaient des sources d'infection majeures, y compris le temple d'Apollon, dieu de la médecine et des maladies. Les Athéniens en déduisirent que les dieux avaient pris parti pour Sparte.

Dans ses commentaires, Thucydide critique cette réaction qu'il considère comme de la superstition. Déjà à l'époque, la médecine avait correctement déduit qu'il s'agissait d'une contagion de cause naturelle, notamment par l'observation des oiseaux et animaux morts après avoir mangé des carcasses infectées. Quoi qu'il en fût, le moral des Athéniens dans la Guerre du Péloponnèse s'en trouva durablement atteint.

La Peste Noire

La Peste noire, dite « de 1348 », a touché le continent européen, l'Afrique du Nord et une partie de l'Asie, de 1346 à 1352, et a causé la mort de 30 à 70 % de la population selon les régions. Elle a eu un impact très important sur la culture, la religion et l'économie des Européens.

Voici un témoignage de l'époque, celui d'Agnolo di Tura, un marchand italien de Sienne, qui décrit ainsi l'horreur de la situation dans sa ville : *« À Sienne, la mort a commencé à frapper au mois de mai. Quelle chose cruelle et horrible ! Les victimes mouraient presque sur-le-champ. Elles mouraient par centaines, de nuit comme de jour. Aucune [cloche] ne sonnait, et personne ne pleurait parce que presque tous s'attendaient à mourir. [...] Des gens disaient et croyaient : « C'est la fin du monde [...]. Le père abandonnait son enfant, la femme, son mari, un frère, l'autre frère. Et moi, Agnolo di Tura dit le Gros, j'ai enterré mes cinq enfants de mes mains et bien d'autres ont fait comme moi. Personne ne pleurait, quel que soit son malheur, parce que tout le monde voyait la mort arriver. Il y avait tellement de morts que*

tous croyaient que c'était la fin du monde. »¹³⁷

L'ignorance des causes,¹³⁸ l'impuissance des médecins et la rapidité de la propagation de ce fléau provoquèrent une terreur sans nom et un bouleversement social considérable. Des villages entiers disparurent. Les familles furent décimées. Même si l'augmentation des décès fut suivie d'une recrudescence des mariages (célébrés à un âge plus jeune), puis des naissances, en 1400 l'Europe était deux fois moins peuplée qu'en 1300. Dans cet exemple, on peut remarquer des effets sociaux et économiques très intéressants :

- La fuite permit souvent à l'épidémie de s'étendre du fait de personnes infectées. Pendant quelques années, le nombre d'errants et de vagabonds augmenta, favorisant le développement du banditisme.
- Beaucoup de gens virent dans l'épidémie une manifestation de la colère divine et cherchèrent à l'apaiser, par exemple en organisant des pèlerinages. En 1350, plus d'un million de pèlerins se rendirent à Rome, la majorité périt en chemin. Des rites de pénitence collective comme les processions de flagellants se développèrent.
- Les inégalités sociales s'aggravèrent face à l'épidémie puisque les gens aisés purent organiser leur fuite ou se mettre à l'abri loin des grandes villes ou des foyers de contamination.
- Les antagonismes religieux furent exacerbés. Les Juifs, notamment, servirent de boucs émissaires car ils commerçaient fréquemment de ville en ville, et un rapprochement fut établi avec la progression de l'épidémie. On les accusa d'empoisonnement volontaire et des pogroms eurent lieu dans de nombreuses villes et régions d'Europe.
- En raison du nombre de morts, la quantité de terre agricole

¹³⁷ George Deaux, *The Black Death of 1347* (Weybright & Talley, New York, 1969).

¹³⁸ Il s'agissait du coccobacille *Yersinia Pestis*, une bactérie provoquant des pneumonies, des septicémies, des bubons, de la fièvre, des maux de tête, des vomissements et souvent la mort. Une théorie récente émet l'hypothèse que la Peste noire aurait été causée par une forme de virus de fièvre hémorragique, comme l'Ebola. Voir S. R. Duncan, S. Scott & C. J. Duncan, *Reappraisal of the Historical Selective Pressures for the CCR5-Delta32 mutation*, *Journal of Medical Genetics* 42, mars 2005.

disponible augmenta et son prix diminua, permettant aux paysans survivants d'en posséder plus et d'avoir moins à travailler sur les terres seigneuriales. L'élévation des frais d'embauche s'est alors ajoutée à la diminution du nombre des sujets disponibles. La nécessité de repeupler les exploitations progressivement désertées passa par une réduction des redevances et des services. Cela porta un coup très rude à la seigneurie rurale et au modèle féodal, déjà affaibli par la mobilité sociale accrue des populations européennes, et accéléra sa décomposition.

- Dans les villes, la réduction du nombre de travailleurs entraîna une hausse des salaires, et donc des prix des biens manufacturés. Néanmoins, ceci provoqua une forte période d'innovation afin de trouver des techniques et des outils permettant d'augmenter la productivité des ouvriers.
- Le passage d'une grande partie des terres cultivées en terres de pâturages augmenta la quantité de viande et donc de protéines disponibles pour la population, améliorant la santé générale.
- Les savants de l'époque, frustrés par les explications douteuses liées à l'astrologie ou la superstition, commencèrent à redécouvrir la science de la médecine et instaurèrent à travers le continent des écoles de médecine fondées sur l'observation, la déduction et la compréhension.
- Beaucoup de survivants, ayant en commun l'expérience d'une grande souffrance – vu le nombre massif de décès dans leur famille, cercle d'amis et relations proches – et voyant l'incapacité de l'Église et du clergé à apporter une explication compréhensible à leurs souffrances, commencèrent à douter de l'utilité d'une structure religieuse. Certains mouvements hérétiques furent initiés. D'aucuns pensèrent que si Dieu les avait abandonnés, eh bien eux abandonneraient Dieu ! D'autres, heureux d'être encore envie, s'adonnèrent à un hédonisme et à une débauche effrénée, comme l'a bien décrit Boccace dans son livre *Le Décaméron*, et que les artistes ont dépeint de manière allégorique dans leur « danse macabre ».
- Les prêtres, ayant le plus de contact avec les malades, en compagnie des médecins, furent les plus atteints et leur classe socioprofessionnelle fut l'une des plus dévastées.

Ainsi, beaucoup de croyants commencèrent à pratiquer leur foi hors des lieux de culte habituels – à leur domicile ou dans des chapelles privées.

- Une autre conséquence négative fut la réduction de la diversité génétique des Européens,¹³⁹ provoquant une sorte de goulet génétique.



« Danse Macabre », illustration de Michael Wolgemut, dans le *Liber Chronicarum* (la chronique de Nuremberg) de Hartmann Schedel, 1493

Au final, les populations européennes n'eurent d'autres choix que de développer de nouvelles pratiques et de favoriser le renouveau de la science et de l'innovation. Ces mesures portées par le besoin de survivre sont probablement à la base de la « Renaissance ». Sans doute constituent-elles aussi la matrice de ce

¹³⁹ Colin Barris, Black Death casts a genetic shadow over England, *New Scientist*, août 2007.

qui engendra un siècle et demi plus tard la Réforme, ainsi qu'une certaine forme de proto-capitalisme et de libre-échange de biens et d'idées, dont l'aboutissement sera appelé « les Lumières » et la « Révolution industrielle ». Paradoxalement, malgré un nombre de morts très important, l'Europe s'en trouva renforcée, plus innovante, plus dynamique et plus riche. Notre monde moderne découle en grande partie des effets de cette grande épidémie.

La Grippe Espagnole

La grippe de 1918, plus connue sous le nom de « grippe espagnole », s'est répandue de 1918 à 1920 et aurait fait jusqu'à 75 millions de victimes dans le monde, bien que le consensus soit de 30 millions de décès.

Elle serait l'épidémie la plus mortelle de l'histoire de l'Humanité pour une période de temps aussi courte, devançant même les 34 millions de morts estimés de la Peste noire. Son surnom de « grippe espagnole » vient du fait que seule l'Espagne, non impliquée dans la Première Guerre mondiale, a pu, en 1918, publier librement les informations relatives à cette épidémie. Même le roi d'Espagne, Alfonso XIII, tomba malade. Les journaux français parlaient donc de la « grippe espagnole » qui faisait des ravages « en Espagne » sans mentionner les cas français qui étaient tenus secrets pour ne pas faire savoir à l'ennemi allemand que l'armée était affaiblie.

Depuis les années 1970, diverses théories ont été proposées, imputant la grippe espagnole à des expérimentations militaires ou à un effet secondaire des grandes campagnes de vaccination de l'époque. Toutefois, selon les études génétiques ¹⁴⁰ établies grâce à des tissus prélevés sur des cadavres inuits et norvégiens conservés dans le sol gelé, l'hypothèse la plus vraisemblable incrimine une souche de virus influenza H1N1 ¹⁴¹ particulièrement virulente.

¹⁴⁰ Taubenberger JK, Reid AH, Lourens RM, Wang R, Jin G, Fanning TG, The 1918 flu virus is resurrected. Characterization of the 1918 influenza virus polymerase genes, *Nature*437, octobre 2005.

¹⁴¹ http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/12/1/05-0979_article

Celle-ci serait apparue en Chine et serait passée, a priori, du canard au cochon puis à l'homme, ou de l'oiseau à l'homme.

Depuis l'Asie, cette grippe aurait gagné les États-Unis, où le virus aurait muté pour devenir mortel pour 3 % à 20 % des malades, contre moins de 0,1 % pour la grippe saisonnière habituelle. Elle devint alors une pandémie en se répandant à travers l'Europe, puis dans le monde entier par ses colonies.

Officiellement, elle fit environ 210 000 morts en France,¹⁴² mais la censure de guerre minimisa très certainement fortement ces chiffres. Néanmoins, son « titre » de pandémie fut totalement justifié, puisque, durant l'hiver 1918-1919, 1 milliard de personnes, soit 50 % de la population mondiale de l'époque, furent sujets à cette grippe. Finalement, la maladie fit plus de victimes que la Première Guerre mondiale qui se terminait en cette même année 1918, et certains pays furent encore touchés en 1919 et 1920. La seule exception fut l'Australie qui ne fut que très peu touchée grâce à la mise en place de procédures de quarantaine très strictes.

La progression du virus fut foudroyante : des foyers d'infection furent localisés de part et d'autre des États-Unis en sept jours à peine, et dans différents pays et continents en moins de trois mois. La période d'incubation était également très courte, en général de deux à trois jours, suivie par trois à cinq jours de symptômes : fièvres, pneumonies et affaiblissement des défenses immunitaires qui permet l'apparition de complications pouvant devenir mortelles. Cette rapidité de propagation était liée non seulement au développement des transports par bateau et par rail, et plus particulièrement celui des troupes, mais également à la promiscuité dans les tranchées, les usines et les immeubles d'habitation urbains.

Lors de la dernière année de la guerre, cette maladie, particulièrement contagieuse, a eu des conséquences économiques, humaines et militaires majeures. Une note des Renseignements généraux français fait d'ailleurs remarquer qu'au Palais de Justice

¹⁴² http://www.1914-1918.be/grippe_espagnole.php

de Paris, « on parle beaucoup plus de la grippe, et des ravages qu'elle exerce, que de la guerre et de la paix ». Quant à ce qui est rapporté par les médecins, la situation est dramatique : « On compta bientôt les morts par milliers. À l'hôpital de Joigny, un homme par heure quitte ce monde. Lyon, qui manque de corbillards et de cercueils, est obligé – je l'ai vu, de mes propres yeux vu – de transporter les cadavres dans des linceuls improvisés, à même les charrettes, et d'enterrer la nuit. Des scènes identiques se déroulent à Paris, où, dans la dernière semaine d'octobre, meurent 300 personnes par jour et où les ensevelissements ont lieu très tard dans la soirée. En un mois, la grippe espagnole a causé, dans la capitale, plus de mal que les avions et les canons en quatre ans de guerre. »¹⁴³



**Victimes américaines de la grippe espagnole
dans l'hôpital de campagne N.45 de l'US Army,
Aix-les-Bains, France, 1918**

¹⁴³ Meyer (J.), Ducasse (A.), Perreux (G.), *Vie et mort des Français 1914-1918* (Hachette, Paris, 1960), p.357.

L'estimation basse ¹⁴⁴ du nombre de morts, pour 1918 uniquement, est de 257 363 au Japon, 1 257 082 en Espagne, 48 082 aux Pays-Bas, 390 000 en Italie, 225 330 en Allemagne, 100 000 en Hongrie, 2 458 en Autriche, 272 158 au Royaume-Uni, 59 000 au Portugal, 23 277 en Suisse, 34 374 en Suède, 675 000 aux États-Unis,¹⁴⁵ et entre 13 et 18,5 millions en Inde.¹⁴⁶ Tous les médecins et les gens qui vivaient à l'époque relatent que ce fut la maladie la plus terrible que le monde eût jamais subie.

Les victimes furent essentiellement de jeunes adultes.¹⁴⁷ C'était surprenant et incompréhensible à l'époque. En effet, cette partie de la population est habituellement plus résistante aux maladies. Ceci pouvait s'expliquer par le fait que cette tranche d'âge était plus exposée à la contagion du fait de sa présence accrue dans les tranchées ou dans les usines, là où se côtoient le plus grand nombre de personnes et, par conséquent, là où la multiplicité des contacts accroît le risque d'être contaminé. En fait, c'est le système immunitaire de ces jeunes adultes qui a réagi trop vigoureusement à ce nouveau virus. La sécrétion de cytokines ¹⁴⁸ est si brutale et si importante qu'au lieu de réguler l'inflammation, elle provoque des défaillances organiques parfois mortelles.

Toutefois, la très forte virulence du virus reste un mystère. Se peut-il que cette souche particulière de H1N1 ait subi une mutation juste avant 1918, la transformant en un tueur particulièrement efficace, puis qu'une autre mutation ait suivi juste après 1920, réduisant sa dangerosité dans ses formes successives ?¹⁴⁹ D'autres facteurs sont-ils impliqués ? Tous les décès ont-ils été provoqués par la même souche du virus ? D'autres maladies, comme la

¹⁴⁴ Johnson et Mueller, 2002, Updating the accounts: global mortality of the 1918-1920 "Spanish" influenza pandemic. tableau 4, p.113.

¹⁴⁵ <http://www.flu.gov/>

¹⁴⁶ K Davis, *The Population of India and Pakistan* (Princeton University Press, Princeton, 1951).

¹⁴⁷ <http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/12/1/05-0979-f2>

¹⁴⁸ Les cytokines sont des substances de signalisation cellulaire synthétisées par les cellules du système immunitaire et qui agissent à distance sur d'autres cellules pour en réguler l'activité et la fonction.

¹⁴⁹ AH Reid, JK Taubenberger, TG Fanning, Evidence of an absence: the genetic origins of the 1918 pandemic influenza virus, *Nat Rev Microbiol*, 2004.

pneumonie, ont-elles également profité de l'affaiblissement général ? Quel était l'hôte originel du virus ? Beaucoup de questions restent ouvertes. Au-delà du nombre colossal de morts, les conséquences sociales et économiques furent considérables :

- L'économie se mit à ralentir en raison de l'absentéisme.
- Aux États-Unis, les compagnies d'assurance-vie virent leurs demandes augmenter en moyenne de 745 %.
- Un grand nombre de petites et moyennes entreprises firent faillite ou disparurent avec la mort de leur personnel spécialisé ou indispensable.
- Certains historiens ¹⁵⁰ ont montré que l'effet de la grippe fut proportionnellement plus grand sur les populations des puissances centrales (Allemagne, Autriche-Hongrie) que sur celles de l'entente (France, Royaume-Uni...), contribuant ainsi à la victoire de ces dernières.
- La pénurie de médecins, déjà ressentie en raison du conflit mondial, empira à tel point que, dans de nombreux pays, le gouvernement demanda aux entreprises de donner un jour de congé payé à leurs employés afin qu'ils puissent prêter main forte aux hôpitaux. Des hôpitaux d'urgence et de fortune furent mis en place dans les écoles et les casernes. Les autorités sanitaires des pays touchés décidèrent d'organiser une coordination centralisée du personnel soignant, des médicaments et des fournitures médicales. La Croix Rouge Internationale devint incontournable dans ce rôle de coordination et de gestion.¹⁵¹
- Cette pandémie fit prendre conscience de la nature internationale de la menace d'épidémies et maladies, et de l'importance de mettre en place des normes d'hygiène obligatoires et un réseau de contrôle pour y faire face. Ainsi, l'une des clauses de la charte de la Société Des Nations (SDN) stipule la volonté de créer un Comité d'Hygiène international, qui deviendra plus tard l'OMS.
- La plupart des ministères de la Santé des États mirent en place, bien que trop tard, des lois très strictes pour éviter la

¹⁵⁰ Andrew Price-Smith, *Contagion and Chaos* (MIT Press, 2009).

¹⁵¹ A. Crosby, *America's Forgotten Pandemic: The Influenza of 1918* (Cambridge University Press; Cambridge, 1989).

contagion, comme par exemple l'obligation de porter des masques à gaz en public, la limitation de la durée des enterrements à quinze minutes, des certificats de santé pour les déplacements par rail, etc. Ainsi, les administrations publiques grossirent considérablement à cette époque, rendant acceptable l'idée d'États centralisés et coûteux, et donc de la nécessité de lourds impôts ¹⁵² pour les financer. La Grande Guerre et sa propagande, le nationalisme de l'époque et l'épidémie de grippe finirent par forcer la population à accepter aveuglement, et pour longtemps, l'autorité d'un État centralisé fort, coûteux, doté d'une administration pachydermique, souvent financé par la dette, et dont la matrice originelle peut se situer deux siècles plus tôt dans les Traités de Westphalie de 1648.

- La guerre et la grippe contribuèrent au prestige des scientifiques, notamment dans les sciences médicales où de nouvelles découvertes et développements virent le jour. La théorie des germes, la chirurgie, les vaccins, les antiseptiques et, dix ans plus tard, les antibiotiques firent à cette époque de grands bonds. Les États et la population trouvèrent foi dans le progrès et dans le fait que ces sciences pouvaient apporter des avantages importants à la population et à la compétition entre les nations.
- L'industrie médicale engendra des profits substantiels et embaucha un important nouveau personnel médical, majoritairement de sexe féminin.
- Fondamentalement et durablement, entre la guerre et l'épidémie de grippe, les populations européennes abandonnèrent à l'État un grand nombre d'idées de libertés individuelles et acceptèrent de se soumettre quasi-totalement et de subordonner leurs besoins personnels à ceux de la nation.
- Dans les années 1919, une sorte d'amnésie collective fit que cette épidémie fut « oubliée ». Le plus probable est que cette maladie est arrivée tellement rapidement, a tué si vite et a disparu tout aussi soudainement que ses dommages furent inconsciemment associés aux malheurs collectifs de la Grande Guerre. C'est elle qui « a pris sur elle », si l'on peut

¹⁵² Dont, notamment, la prolongation *sine die* de l'impôt sur le revenu, créé de manière « temporaire » pour financer la guerre.

dire. En outre, la propagande et la censure de guerre cachèrent cette maladie à la population pendant la plus grande partie de sa propagation, évitant ainsi toute amplification médiatique et réduisant la mémoire collective.

Épidémie Ebola en Afrique de l'Ouest 2013-2015

L'épidémie provoquée par le du virus Ebola en Afrique de l'Ouest débute en Guinée en décembre 2013, puis s'étend à la Sierre Leone et au Liberia. En 2014, le Mali, le Nigeria, le Sénégal sont touchés, mais dans une moindre mesure. Pour la première fois depuis que le virus Ebola est connu, une contamination a lieu hors d'Afrique, avec des cas en Espagne, en Italie, au Royaume-Uni et aux États-Unis.

Ebola est un virus qui provoque l'une des maladies les plus effrayantes qui existent. Il se transmet d'une personne à l'autre par contact direct avec le sang, la sueur, les selles, les vomissures, la salive, l'urine ou le mucus. Une personne atteinte du virus Ebola produit une quantité très importante de ces fluides et peut les propager de manière incontrôlable via ses hémorragies, ses vomissements, ses diarrhées remplies de sang. Quiconque touche ces fluides à mains nues ou en reçoit sur la peau court le risque d'être infecté.

Voici comment le journaliste Richard Preston, qui a étudié le virus,¹⁵³ décrit son effet: *« Quand un virus de ce type se multiplie chez la victime, il peut saturer le corps de particules virales, du cerveau à la peau. À ce stade, les scientifiques parlent d'une « amplification extrême ». Une seule goutte de sang peut alors contenir des millions de particules virales. Les sept protéines composant le virus Ebola parviennent à travailler ensemble comme une machine. L'infection progressant, de petits caillots de sang se forment dans les veines tandis que le sang s'épaissit et le débit ralentit. Les caillots commencent à coller aux parois des vaisseaux sanguins. On appelle cela le « pavage », car les caillots*

¹⁵³ Richard Preston, *The Hot Zone – The terrifying True Story of the Origins of the Ebola Virus*, 1994.

s'imbriquent les uns dans les autres comme une mosaïque couvrant les parois des vaisseaux sanguins. Les caillots deviennent alors de plus en plus nombreux, circulant dans le sang et les capillaires où ils restent coincés. Ils finissent par bloquer l'arrivée du sang dans divers organes, entraînant la nécrose de certaines parties du cerveau, du foie, des reins, des poumons, des intestins, des testicules, de la poitrine et de la peau. Les taches rouges qui marbrent la peau sont des pétéchie, c'est-à-dire des hémorragies sous-cutanées. Ebola attaque les tissus conjonctifs avec une férocité particulière : il se multiplie dans le collagène qui constitue la structure de la peau et maintient les organes en une seule pièce. Tandis qu'à l'intérieur du corps le collagène est transformé en bouillie, les sous-couches de la peau meurent et se liquéfient, formant sur la peau une multitude de bulles blanches et rouges dites maculopapulaires. L'aspect qui en résulte a été comparé à celui d'un gâteau de tapioca. Des déchirures se forment spontanément sur la peau et du sang hémorragique s'écoule des blessures. La bouche saigne, le sang coule autour des dents, l'hémorragie s'écoule par les glandes salivaires. La surface de la langue tourne au rouge vif, puis pèle et peut s'arracher au cours des vomissements. Même le cœur saigne. Le cerveau saigne. L'Ebola attaque la sclérotique, le globe oculaire se remplit de sang, ce qui entraîne la cécité. Le sang coule des yeux sur les joues et refuse de coaguler. Il peut se produire une hémiplegie, tout un côté du corps se paralysant... Ebola tue beaucoup de tissus tandis que son hôte est toujours en vie. Il déclenche une nécrose rampante qui s'étend à tous les organes internes. Le foie gonfle, tourne au jaune, se liquéfie avant de se rompre. Les reins engorgés de caillots de sang et de cellules mortes cessent de fonctionner, et l'urée intoxique le sang. La rate n'est plus qu'un unique caillot de sang de la taille d'une balle de tennis. Les testicules des hommes gonflent et tournent au bleu, leur semence est infectée et les mamelons peuvent saigner. Chez les femmes, les lèvres deviennent bleues et gonflent et les femmes souffrent d'hémorragies vaginales massives. Les fœtus des femmes enceintes sont infectés et sont expulsés spontanément... Les tremblements et convulsions des malades

projetent du sang partout ! La victime, mourante, subit une série de crises au cours desquelles elle fournit au virus de multiples possibilités de contaminer un nouvel hôte par projection du sang. La personne atteinte se retrouve littéralement remplie par une forme de vie qui tente de la transformer en elle-même, qui la liquéfie et la transforme en une sorte de monstruosité biologique. Après la mort, le cadavre se détériore très vite : les organes internes, déjà partiellement ou totalement morts depuis plusieurs jours, commencent à se décomposer et il se produit une sorte de désagrégation : la peau et les organes, déjà parsemés de zones mortes, surchauffés par la fièvre et endommagés par le choc, commencent à se liquéfier, et les humeurs qui s'écoulent du cadavre sont saturées de virus Ebola. »

On connaît cinq types de virus Ebola, en plus du virus Marbourg, leur proche cousin. Ces différents types de virus vivent dans leurs hôtes naturels qui sont probablement des espèces encore non identifiées de chauves-souris, de rats, de reptiles ou de singes des forêts et des savanes de l'Afrique équatoriale. À l'aide d'un microscope électronique, les particules d'Ebola apparaissent longues et ressemblent à un fil ou à un spaghetti cuit ; c'est l'une des particularités de cette famille de virus.¹⁵⁴

La première infection répertoriée a eu lieu en juillet 1976 à Maridi, au Sud-Soudan. Mais à l'époque, personne n'en entendit parler car la maladie régressa très rapidement. En effet, le personnel médical de l'hôpital de brousse qui avait accueilli les malades fut pris d'une telle panique face à l'état physique des victimes qu'il prit la fuite, ce qui rompit la chaîne de contagion. Néanmoins, 151 personnes trouvèrent la mort. Il s'agissait de la souche d'Ebola dite « Soudan », qui provoque le décès de 50 % des personnes contaminées. Un vrai tueur.

En septembre 1976, la souche Ebola dite « Zaïre » se révéla officiellement au monde dans l'hôpital de la mission de Yambuku, près de la rivière Ebola, dans le nord du Zaïre. Cet hôpital était

¹⁵⁴ Jackson-Ramshaw, *Journal of Virology*, février 2001.

dirigé par des religieuses belges et, malheureusement, les médecins rinçaient les aiguilles trop maculées de sang dans de l'eau chaude, ce qui est largement insuffisant pour tuer un tel virus. Celui-ci entra en action simultanément dans 55 villages de la région et tua d'abord les gens qui avaient reçu une injection, puis leurs familles, en particulier les femmes qui, en Afrique, accomplissent la toilette des morts avant l'enterrement. 280 personnes moururent. Pour cette souche d'Ebola, le taux de mortalité chez les humains infectés est de 90 %. Un véritable exterminateur !

D'autres épidémies d'Ebola eurent lieu au fil des ans, notamment en 1979 au Soudan (22 morts), en 1994 au Gabon (31 morts), en 1995 au Zaïre (254 morts), en 1996-97 au Gabon (66 morts), en 2000-01 en Ouganda (224 morts), en 2001-02 au Gabon (96 morts), en 2002-03 en RDC (157 morts), en 2004 au Soudan (7 morts), en 2007 en RDC (187 morts), en 2008-09 en Ouganda et en RDC (53 morts), en 2012 en Ouganda et en RDC (55 morts) et enfin en 2013-15 en Afrique de l'Ouest avec près de 12 000 morts.¹⁵⁵ Quiconque s'intéresse à ces statistiques ne pourra que remarquer l'augmentation en fréquence et en victimes de l'épidémie. Ebola serait-il sur le point de sortir définitivement de ses forêts et, grâce aux transports modernes si rapides, pourrait-il se propager dans le monde entier ?

C'est ce qui a failli se passer lors de l'épidémie d'Ebola en Afrique de l'Ouest. Celle-ci, causée par la souche Zaïre du virus, a été beaucoup plus meurtrière que les précédentes. Selon l'OMS, le « patient zéro » serait Emile Ouamouno, un enfant décédé en décembre 2013, dans la petite ville de Guéckédou, dans le sud-est de la Guinée. Cet enfant aurait été contaminé après avoir consommé de la viande de brousse infectée, peut-être importée d'Afrique équatoriale. Ensuite, l'enfant aurait contaminé sa sœur, sa mère, sa grand-mère et une amie venant de la Sierra Leone. Toutes vont décéder quelques semaines plus tard, en janvier 2014. Vers la fin de 2014, trois habitants de Guéckédou succombent. Puis quinze en

¹⁵⁵ À l'heure où nous écrivons, l'OMS a déclaré que ce nombre est une estimation basse.

janvier. Puis, en février, neuf nouvelles victimes sont à signaler ainsi que deux dans une ville proche. Fin février, c'est vingt-neuf décès supplémentaires dans la région et cinq dans la région voisine. Tous ces cas furent identifiés comme des cas de fièvre hémorragique mais le lien avec Ebola ne fut fait formellement qu'à la fin du mois de mars 2014.

La progression de l'épidémie se poursuivit, se propageant au Libéria, touchant Conakry, la capitale de la Guinée, peuplée de deux millions d'habitants. En avril, Monrovia, la capitale du Libéria, déclara ses premiers cas. En juillet, Freetown, la capitale de la Sierra Leone, eut également ses premiers cas de décès dus à Ebola. Partout, le nombre de personnes atteintes et le nombre de morts progressaient de manière exponentielle. Puis arrivèrent les premiers cas au Sénégal et au Nigeria, pays de plus de 170 millions d'habitants...

Au fur et à mesure de cette progression et des nouvelles alarmantes délivrées par les médias, *Médecins Sans Frontières* et l'OMS venus prêter main forte au personnel de santé local, plusieurs pays commencèrent à prendre des mesures pour contenir la maladie. La liste de ces mesures est très bien documentée ¹⁵⁶ :

- Le 24 mars 2014, l'ambassade de France au Libéria conseille aux Français de ne pas se rendre dans les zones touchées en Guinée et au nord du Libéria proches de la frontière entre les deux pays.
- Le 26 mars, la Mauritanie ferme tous les ponts et passages sur le fleuve Sénégal, qui sépare le pays du Sénégal. Ce dernier ferme ses frontières le 28 mars avec la Guinée.
- Au début du mois d'avril, le Maroc renforça la surveillance médicale sur toutes les arrivées en provenance d'Afrique de l'Ouest.
- Le 2 août, un missionnaire américain atteint par le virus est emmené du Libéria vers Atlanta aux États-Unis pour y être soigné. Le 12 août, c'est au tour d'un prêtre espagnol d'être évacué sur Madrid. D'autres évacuations de ce type eurent

¹⁵⁶ Voir notamment : <http://www.bbc.co.uk/timelines/z9gkj6f> et https://en.wikipedia.org/wiki/Ebola_virus_epidemic_in_West_Africa_timeline

lieu pendant la crise, vers l'Allemagne, la Norvège, la France, l'Italie, la Suisse... En août, le Qatar décide de refuser l'importation d'animaux, de nourriture et de viandes venant d'Afrique de l'Ouest, alors que le Sri Lanka refuse les voyageurs de cette région. L'Algérie, la Côte d'Ivoire et le Kenya prennent également des mesures de surveillance accrue. Le 21 août, c'est au tour de l'Afrique du Sud de refuser l'accès à son territoire à tout voyageur en provenance des pays touchés, et le Tchad annonce la fermeture de ses frontières avec le Nigeria afin d'éviter toute propagation.

- Toujours en août, la Sierra Leone et le Liberia déploient leur armée pour contenir la propagation de l'épidémie et essayer d'enrayer les mouvements de panique. La Russie et la Chine envoient des contingents substantiels de médecins et de matériel pour aider les pays de la région. Le 18 août, le Cameroun ferme ses 1 600 km de frontière avec le Nigeria.
- Le 6 septembre, le gouvernement de la Sierra Leone annonce le confinement à domicile de sa population, du 19 au 21 septembre, pour lutter contre l'épidémie qui ne cesse de progresser. *MSF* dénonce une aide internationale « lente, dérisoire et irresponsable ». Au début du mois de septembre, c'est au tour de Cuba d'envoyer une très importante délégation d'experts de santé. Le 26 septembre, l'ONU annonce l'envoi de matériel en Afrique de l'Ouest (5 hélicoptères, 470 véhicules tout terrain) afin d'atteindre les communautés les plus isolées.
- Le 14 octobre, les principaux dirigeants occidentaux qualifient le virus Ebola de « *plus grave urgence sanitaire de ces dernières années* ». Le 15 octobre, le responsable de la mission des Nations Unies pour la lutte contre Ebola (UNMEER) se montre pessimiste : « *L'épidémie va plus vite que nous et elle est en train de gagner la course. Si nous ne stoppons pas Ebola, nous aurons à affronter une situation sans précédent et pour laquelle nous n'avons pas prévu de plan.* ». Ce même jour, le président des États-Unis, Barack Obama, s'alarme de la propagation du virus Ebola et annule la majeure partie de ses déplacements pour se consacrer à la prévention contre le virus.
- Le 16 octobre, l'OMS annonce que quinze pays africains proches de la zone la plus touchée par le virus vont bénéficier

d'une aide accrue pour prévenir la propagation de l'épidémie. Le 17 octobre, la Communauté d'Afrique de l'Est annonce l'envoi dans la région de plus de 600 professionnels de santé, dont 41 médecins.

- Le 17 novembre, le Mali place 577 personnes sous surveillance sanitaire pour enrayer la propagation de l'épidémie. Début décembre 2014, les hôpitaux universitaires de la ville de Genève annoncent que les 34 premiers volontaires participant à un essai clinique du vaccin expérimental canadien contre le virus Ebola ont bien toléré l'injection.
- Le 29 janvier 2015, l'ONU annonce que l'épidémie « *ralentit mais n'est pas encore endiguée* ».
- Les 27 et 29 mars 2015, l'ensemble de la population sierraléonaise est confiné à domicile afin de lutter contre l'épidémie.
- De mars à mai 2015, le nombre de nouveaux cas diminue pour quasiment cesser dès juin 2015, malgré quelques cas sporadiques.

Deux pays ont su gérer le risque de contamination de façon particulièrement efficace, le Sénégal et le Nigeria :

- En mars 2014, le Sénégal a fermé ses frontières avec la Guinée. Malgré cette mesure, un cas d'Ebola fut déclaré dans un hôpital de Dakar. Le malade fut isolé et soigné. Il ne mourut pas. Il fut toutefois mis en quarantaine pendant plus de 21 jours, alors que le personnel qui le soignait, ainsi que 74 personnes qui auraient pu contracter la maladie de ce premier malade, furent surveillés de près. Ces mesures strictes fonctionnèrent et les autorités sénégalaises furent félicitées par l'OMS pour ce cas d'école de gestion de crise médicale.
- Le 20 juillet 2014, un premier cas de personne atteinte par Ebola fut identifié dans la ville de Lagos, une métropole de 21 millions d'habitants où une épidémie aurait pu être dévastatrice. Le gouvernement fit immédiatement isoler le malade, qui s'était déclaré spontanément aux autorités, ainsi que toutes les personnes ayant été en contact avec lui, notamment les infirmières. Après vingt cas déclarés dont huit décès et une longue période de confinement, le Nigeria fut déclaré « sûr » le 20 octobre 2014.

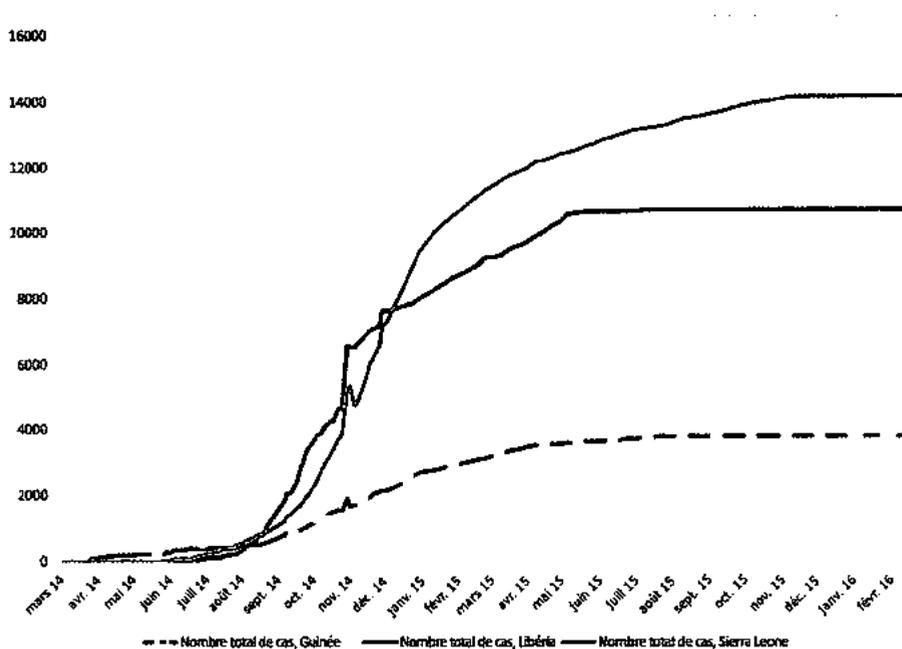


Figure 19 - La propagation d'Ebola en Afrique de l'Ouest en 2014-2015

Les pays européens ont initialement géré cette crise de manière plus risquée. En effet, aucune fermeture de frontière ni interdiction de vols ne furent exigées et seuls des contrôles aux aéroports sur les vols en provenance des pays à risque ¹⁵⁷ furent mis en place. Ces derniers auraient certes permis d'identifier une personne malade, mais pas une personne porteuse du virus et ne présentant pas encore les symptômes. En outre, ils ne pouvaient identifier une personne ayant voyagé via une escale dans un pays tiers. Un risque de propagation était bien réel, d'autant plus que des malades auraient pu être tentés de voyager, espérant trouver en Europe ou aux États-Unis des soins de meilleure qualité (ce qui aurait été inexact par ailleurs). Ces mesures étant considérées comme insuffisantes, il est heureux que l'épidémie ne se soit pas développée dans les centres urbains européens. Si l'Europe et l'Asie ont adopté, selon les responsables de l'OMS, une politique risquée,

¹⁵⁷ http://www.lemonde.fr/planete/article/2014/10/16/ebola-la-france-met-en-place-des-controles-sanitaires-dans-les-aeroports_4506872_3244.html

les États-Unis, où quatre cas furent déclarés et un décès à déplorer, ont encore plus tardé à mettre en place de telles mesures.

Bien périlleuse également fut la décision de certains pays de rapatrier dans leurs hôpitaux des malades atteints par Ebola. Ce fut le cas du Royaume-Uni, de l'Espagne, de la Norvège, des États-Unis, de la France, de l'Allemagne et de la Suisse. Ces malades auraient pu être soignés dans les hôpitaux africains, évitant le risque de contaminer le personnel soignant lors du voyage en avion spécialisé et lors du traitement dans les hôpitaux de destination. D'ailleurs, des infirmières espagnoles furent infectées en Espagne alors qu'elles apportaient des soins à l'un des malades. Avec un virus comme Ebola, transporter à travers le monde des malades hautement infectieux semble être un risque inconsidéré. Ces décisions ont-elles été prises pour tester en conditions réelles les équipes et les procédures mises en place par les gouvernements pour contrer ce type de menace, cela au mépris du danger pour les populations ?

Des erreurs graves de protocole furent identifiées dans les hôpitaux américains et européens lors de la prise en charge des malades. Celles-ci n'auraient jamais eu lieu avec le personnel opérant en Afrique, habitué à travailler avec des procédures précises et sûres, au vu de la dangerosité d'Ebola.

En Suisse, un médecin cubain qui avait contracté Ebola en Sierra Leone, début novembre 2014, fut transporté aux hôpitaux universitaires de Genève (HUG) pour y être soigné dans un bloc de soins de niveau 4. Selon Bertrand Levrat, directeur des HUG : « 200 personnes, professeurs, médecins, infirmières, aides-soignants, se sont relayés jour et nuit pendant 16 jours auprès du malade. Chaque personne qui entrait et ressortait de la chambre à pression négative était dotée d'un plan de soin, elle savait exactement ce qu'elle avait à faire. Elle y restait deux heures et demie tout au plus, le temps de concentration maximum. »¹⁵⁸ Le témoignage de l'un de ces soignants, le professeur Jérôme Pugin, chef du service des soins

¹⁵⁸ *Le Matin Dimanche*, 14 décembre 2014.

intensifs des HUG, révèle l'anxiété et le stress inhérents à travailler sur une telle maladie : « *Nos gestes étaient plus lents qu'à l'accoutumée en raison de nos habits. Il fait d'ailleurs très chaud sous la combinaison. On perd beaucoup d'eau et nos lunettes de ski sont vite embuées. On a décelé des améliorations possibles. Soigner un malade d'Ebola est une situation très anxiogène. Mais je n'ai jamais eu peur. Nos préparatifs avaient porté leurs fruits. Le plus complexe, c'est le déshabillage. Il dure 30 minutes et nécessite beaucoup de précision vu que nous avons été en contact avec le patient.* »¹⁵⁹ Le patient soigné à Genève survécut et aucun autre cas ne sera signalé.

Un vaccin, nommé VSV-SBOV, fut testé à partir de septembre 2014 et des études cliniques sont en cours depuis. Il est difficile de présager de l'efficacité d'un vaccin, et encore plus de savoir si celui-ci fonctionnera face à de nouvelles souches de virus.

Quels sont les effets sociaux et économiques de cette épidémie ?

- Bien qu'aucune restriction majeure sur les voyages depuis l'Europe ou les États-Unis n'eût été émise, le tourisme dans les pays affectés – et dans les pays voisins non affectés, dont le Sénégal, et même le Kenya et l'Afrique du Sud – a fortement baissé. De plus, les voyages d'affaires entre les pays africains furent fortement réduits à cause des mesures de confinement et de l'interdiction/restriction de certains vols.
- Le commerce, notamment les exportations de produits agricoles, a également décliné pour deux raisons principales : la réticence des fermiers à se rendre sur les marchés et l'absentéisme très élevé des ouvriers agricoles –40 % pour le Liberia et la Sierra Leone, 25 % pour la Guinée. Les secteurs économiques très fortement liés à l'export, comme l'extraction des diamants en Sierra Leone, ont été impactés, les mines se trouvant dans les régions les plus fortement touchées.
- Le coût global pour l'Afrique est estimé pour le continent entier à un point de PIB pour l'année 2014.

¹⁵⁹ Ibid.

- Une proportion élevée du personnel médical ¹⁶⁰ fut infectée en raison de la pénurie d'équipements de protection individuels (masques et gants) et de leur mauvaise utilisation, du nombre largement insuffisant de médecins et de leur surcharge de travail qui provoque une plus grande fatigue et permet donc plus facilement de commettre des erreurs.
- Dans certaines régions, la communication officielle a pu être mal comprise par la population, ou interprétée comme prolongeant un discours postcolonial, en désignant par exemple la consommation de viande de brousse comme source de contamination. De façon similaire, des autorités ou des ONG ont pu être perçues comme soutenant un « discours dominant » qui « porte en germe la stigmatisation de certaines communautés, victimes de mépris ou de préjugés culturels, que les messages officiels visant à prévenir la propagation de la maladie ne font que renforcer. » Ce discours invite les populations locales à s'éloigner de la forêt, qui est pourtant une ressource, notamment médicamenteuse. Les communautés locales savent aussi que les hôpitaux manquent d'infirmiers et médecins. C'est pourquoi, certains ont refusé d'y envoyer les membres de leur famille. En outre, de nombreux médecins ont été stigmatisés par la population comme étant des vecteurs possibles de la maladie.
- De nombreux pays d'Afrique ont coordonné leurs efforts d'aide et renforcé l'idée d'une collaboration et d'une solidarité intra- et supra-étatique dans la région dans les domaines de la santé et de l'économie.
- Les structures sociales locales de certaines régions les plus touchées ont été bouleversées, avec un nombre élevé d'orphelins et de villages vidés de leurs habitants.
- Après cette épidémie, l'économie des pays touchés reprend doucement, notamment dans les zones rurales. Toutefois, cette baisse d'activité a causé des situations de carence en

¹⁶⁰ Selon les services de santé de la Sierra Leone, le 11 août 2014, près de 10 % des victimes d'Ebola dans le pays — soit trente-deux personnes — sont des infirmières. Au total, plus de deux cent quarante membres du personnel de santé sont infectés par le virus Ebola, parmi lesquels au moins cent vingt sont morts en Afrique de l'Ouest, selon des chiffres de l'OMS du 26 août 2014.

produits alimentaires, ainsi qu'une augmentation du chômage dans ces pays aux économies et aux structures sociales déjà touchées par les guerres des années 1990 et 2000.

- Culturellement, il est encore trop tôt pour savoir si le passage du virus va remettre en cause les pratiques traditionnelles de préparation et d'enterrement des morts et faire en sorte que celles-ci soit faites par des professionnels et non des membres de la famille. L'importance de l'éducation des communautés rurales quant aux bonnes procédures relatives à l'accès rapide aux soins a été mise en exergue.

Enfin, il faut signaler que des rumeurs circulent, tant à l'origine du virus Ebola qu'à sa récente propagation en Afrique de l'Ouest. Les plus persistante d'entre elles sont qu'Ebola serait né dans des laboratoires de recherche américains lors d'expérimentation en Afrique ou qu'il s'agit d'une souche qui a muté spontanément et qui est devenue infectante pour le genre humain et les grands primates. Il n'est malheureusement pas sûr que l'on connaisse un jour la vérité à ce sujet. En ce qui concerne la flambée d'Ebola en 2014, voici quelques éléments qui peuvent paraître troublants, libre à chacun de se forger sa propre opinion :

- le virus Ebola qui a frappé l'Afrique de l'Ouest est a priori un mutant proche de la souche Zaïre (pourtant situé à une distance de 3 500 km) ;
- les États-Unis disposent de trois laboratoires de recherche de niveau 4 : un au Libéria, un en Sierra Leone et un en Guinée. Ces centres offrent une sécurité maximale permettant de travailler sur les agents biologiques les plus dangereux au monde, comme Ebola ;
- le Libéria et la Guinée n'ont pas signé la convention internationale sur les armes biologiques. Ils sont donc peu regardants sur les recherches effectuées dans les laboratoires établis sur leur sol ;

- le laboratoire ¹⁶¹ situé en Sierra Leone (également subventionné par les Fondations *Bill and Melinda Gates* et la *Fondation Soros*) a été fermé par les autorités. Il semblerait en effet que les patients qui y venaient pour un vaccin en soient ressortis avec Ebola... ;
- plutôt que de proposer des médecins et des personnels de santé, les États-Unis ont envoyé 3 000 soldats ;
- des biologistes, tels que Glenn Thomas ou Humarr Khan, ayant mené des recherches sur le sujet, sont aujourd'hui décédés...¹⁶²

Il n'est pas encore possible de savoir quel sera l'impact à long terme de cette épidémie sur la culture et les économies d'Afrique de l'Ouest. Aujourd'hui, la question suivante peut se poser : cette vague d'Ebola était-elle un simple avertissement ou une répétition générale de la prochaine pandémie ? Les virus attendent leur heure. Les organisations de santé fourbissent leurs armes. Qui sera le vainqueur lorsque la prochaine manche aura lieu ?

¹⁶¹ <https://birdflu666.wordpress.com/2014/07/08/us-bioweapons-lab-in-sierra-leone-at-the-epicentre-of-ebola-outbreak/#more-6323>

¹⁶² <http://www.wikistrike.com/2014/08/des-experts-d-un-laboratoire-d-armes-biologiques-qui-fabriquait-une-nouvelle-souche-du-virus-ebola-tues-dans-le-vol-mh17.html>

6. Scénarios

« Pour être un bon soldat, on doit aimer l'armée. Mais pour être un bon officier, on doit être prêt à ordonner la mort de ceux qu'on aime. C'est... très difficile à faire. Aucune autre profession ne l'exige. C'est une des raisons pour lesquelles les bons officiers sont si peu nombreux, bien qu'il y ait beaucoup d'hommes de valeur. »

– Robert E. Lee, général confédéré (1807-1870)

Virus inconnu

Fiction.

Dan acheva d'enfiler sa combinaison blanche avec des gestes qui reflétaient l'habitude. Il entra dans le sas, attendit quelques secondes que la porte se referme derrière lui, puis posa son badge sur la console qui contrôlait l'accès au laboratoire.

Le bruit caractéristique de succion se fit entendre lorsque la paroi vitrée s'écarta. D'un pas pressé, l'homme pénétra alors dans la pièce sécurisée.

Soudain, il s'arrêta net : Patricia était déjà là !

« Bonjour Patricia, dit-il d'une voix teintée d'agacement. Tu es bien matinale aujourd'hui. Tout va bien ?

– Salut Dan. Oui, ne t'inquiète pas. J'avais juste hâte de voir les résultats.

– Tu aurais pu m'attendre quand même ! »

La jeune femme se retourna.

« Et toi, que fais-tu là, une heure avant tout le monde ? Avais-tu l'intention de m'avertir ?

– Mais, c'est moi qui ai conduit tous les tests. C'est normal que je sois celui qui les découvre.

– Tu sais très bien que sans l'argent de Monsanto, ce laboratoire n'existerait même pas. Alors, tu la mets en veilleuse, sinon tu vas au-devant de gros soucis.

– Patricia ! Aurais-tu oublié que tu es incapable de réaliser ces études ? Tu as besoin de moi.

– Des biologistes, on en trouve un peu partout. En outre, la vérité est : non ! Je n'ai plus besoin de toi !

– Quoi ? Que veux-tu dire ?

– Les tests sont positifs ! J'ai ce que je suis venue chercher. »

Dan s'avança brusquement vers la boîte à gants.

« Laisse-moi voir, lâcha-t-il en écartant doucement mais sûrement sa collègue.

L'homme posa ses yeux sur l'objectif du microscope et, avec des gestes rapides, il affina la mise au point.

« Waouh ! Le champignon parasite a été stoppé net. En fait, on dirait même qu'il est mort.

– Je te le confirme : il l'est.

– Mais comment est-ce possible ? En si peu de temps ? Cela signifierait que notre agent a fait preuve d'une virulence hors du commun.

– C'est bien pour cette raison qu'il s'agit d'une découverte majeure. Imagine qu'en moins de trois jours, on puisse débarrasser n'importe quelle culture d'un champignon qui résistait à tous nos antifongiques. »

Le biologiste hocha la tête en silence, puis s'approcha d'une autre boîte à gant.

« Que donnent les tests immunologiques ?

– Rien de concluant pour le moment. Notre bactérie n'appartient pas à un groupe connu.

– Et l'analyse des antigènes de surface ?

– La paroi présente les lipides typiques du règne des archées. Les proportions concordent également.

– L'étude de l'ADN ?

– La phase une sera terminée dans une heure. »

Tout en consultant les fiches de résultats, Dan se gratta le menton. Après quelques minutes, il commença à se parler à lui-même, comme si la jeune femme n'existait plus.

« Nous devons lancer une analyse du génome plus poussée... et aussi rechercher toute trace de synthèse protéinique. Une culture

sur milieux sélectifs peut aussi se révéler intéressante... et puis une observation au microscope électronique à balayage me paraît...

– Stop ! S'exclama tout à coup Patricia. Tu pourras faire tout cela plus tard. Pour le moment, je n'ai pas de temps à perdre. J'ai un avion dans moins de trois heures. Il me faut l'échantillon maintenant.

– Pardon ?

– Monsanto organise sa conférence bisannuelle demain à New York. J'ai eu mon patron au téléphone, il tient absolument à ce que j'y présente les résultats.

– Les résultats ? Cela me paraît un peu prématuré ; quant à l'agent lui-même, c'est impossible. Tu n'auras jamais les autorisations de transport en temps voulu.

– Qui te parle d'autorisations ?

– As-tu perdu la tête ? Je ne te laisserai pas faire. C'est de l'inconscience pure et simple. On ne connaît rien de cette bactérie. Tu ne peux pas prendre l'avion en emportant un échantillon.

– Regarde-moi bien. Est-ce que je ressemble à un champignon ?

– Où veux-tu en venir ?

– Cette archée est une tueuse de champignons parasites des plantes. Je suis un être humain, je ne risque rien !

– Mais, personne n'en sait rien ! Tu extrapoles des résultats sans aucun... »

Patricia propulsa brusquement le plat de la main vers son collègue pour lui signifier d'arrêter. Elle sortit son téléphone mobile de sa poche d'un geste agacé, puis composa rapidement un numéro.

« Je me doutais bien que tu réagirais de la sorte. Ne bouge pas, je te passe mon patron, dit-elle en lui tendant l'appareil. »

Pendant les minutes qui suivirent, Dan hocha la tête, sans jamais pouvoir formuler une phrase complète. Patricia voyait les traits de l'homme se durcir, son visage se fermer au fur et à mesure de la conversation.

« Alors ? Demanda-t-elle quand son collègue eut raccroché.

– J'ai deux options, répondit Dan d'une voix nerveuse et les yeux à moitié dans le vide. Soit je m'obstine et, dans ce cas, je perds mon emploi avec effet immédiat, soit je te donne l'échantillon et je reste en poste avec un bonus d'un an de salaire et doublement du budget du laboratoire.

– Ça, je suis au courant. Ce qui m'intéresse, c'est ta décision.

– Je ne sais pas. C'est contraire aux règles les plus basiques de sécurité. C'est contraire à mes principes.

– Pense à ton épouse et à tes enfants. Ils sont dans la meilleure école d'Helsinki. Tu as une belle maison, tu reviens d'Honolulu avec ta famille... Tu veux perdre tout cela juste pour un simple échantillon ?

– Tu ne comprends donc pas : on ne sait pas véritablement ce qu'il contient. Il a passé 70 000 ans dans la glace et nous venons de le réactiver il y a à peine huit jours. »

Patricia alla se placer en face de son collègue et approcha son visage à quelques centimètres du sien.

« Écoute-moi bien Dan ! Peu m'importent tes sentiments ou tes principes. Je ne veux pas manquer mon avion, alors je vais prendre cet échantillon, avec ou sans ton accord.

– Je...

– Tais-toi, le coupa-t-elle sèchement. Je propose que tu ailles faire un tour à la salle de repos. Lorsque tu reviendras, je ne serai plus là. Comme cela, tu ne seras responsable de rien et ta conscience sera préservée.

– Hum...

– Ça ne sert à rien de discuter. Dépêche-toi ! Va prendre un café ! »

Dan repassa le sas comme dans un état second. Cette histoire ne lui plaisait pas du tout. Il se dirigea d'un pas lent vers la cafétéria, commanda un cappuccino à son arrivée, puis le but doucement, toujours perdu dans ses pensées. Réalisant que l'endroit n'allait pas tarder à se remplir, il se leva brusquement. Il n'avait pas le cœur à discuter. Il reprit donc la direction du laboratoire, espérant croiser Patricia sur le chemin. Pourquoi ? Il n'en savait rien. Peut-être qu'inconsciemment il voulait essayer une fois de plus de lui faire changer ses plans.

Toutefois, son souhait ne se réalisa pas car il ne rencontra pas la jeune femme. Quand il arriva sur place, le lieu était vide. En revanche, la carte postale d'Honolulu qu'il avait envoyée à l'équipe lors de ses dernières vacances était désormais collée sur la porte du sas. Dan afficha un sourire forcé. Peut-être que Patricia avait raison après tout.

Il s'équipa de nouveau, puis, pour la seconde fois de la journée, pénétra dans le laboratoire. Rapidement, il constata que l'échantillon gardé dans la chambre froide n'était plus là. Une boîte de transport avait également disparu. Il ne pouvait plus rien y faire désormais. En outre, Édouard, son assistant, allait bientôt arriver. Il décida alors de se mettre au travail et de taire la situation. Il avait du pain sur la planche, car sa priorité était maintenant de réaliser tous les tests qui lui semblaient appropriés sur la bactérie. Oubliant ses soucis, il se mit donc à l'œuvre...

Lorsque la nuit tomba, Dan n'avait pris qu'une courte pause pour se rendre à la cafétéria et y manger une part de pizza. Son assistant avait quitté les lieux une heure plus tôt et il se trouvait à nouveau seul. La fatigue et certainement le stress de la situation lui donnaient des maux de tête. Il soupira longuement, puis s'éloigna du microscope électronique. L'examen pourrait attendre un peu. Pour le moment, il avait besoin d'un petit répit. Il en profiterait pour se restaurer.

Il appliqua donc la procédure habituelle pour sortir du laboratoire et se dirigea une nouvelle fois vers la cafétéria. En entrant, il adressa un signe de la main au groupe qui conversait à haute voix près du comptoir, saisit son plateau et commanda une assiette de tagliatelles à la carbonara. Alors qu'il s'apprêtait à payer, Dan ne put s'empêcher de prêter attention à une discussion dont le ton montait.

« Puisque je te dis que Karl a été emmené d'urgence à l'hôpital cette nuit, annonça le plus grand des trois hommes.

– Ça fait deux jours qu'il ne se sentait pas bien, fit remarquer le deuxième. Hier, il m'a dit avoir des maux de tête et des courbatures terribles. Et je veux bien le croire, il était blanc comme un linge et avait le front couvert de sueur.

– Moi, je pense que c'est louche cette histoire, compléta le dernier. On n'emmène pas quelqu'un aux urgences pour de la fièvre.

– Je suis d'accord. Je te parie ma paye qu'il a choppé une saloperie lors de l'un de nos chantiers.

– Pourquoi dis-tu ça ?

– Tu te rappelles, y'a une dizaine de jours, lorsqu'on a fait le forage spécial pour le lab.

– Oui, et bien ?

– Karl a enlevé ses gants, puis il a posé ses mains sur la carotte de glace en s'exclamant : ça fait 70 000 ans que personne ne t'a touchée ma belle ! Je crois même qu'il en a mangé un morceau... »

Dan se raidit. S'agissait-il du forage dont provenait l'échantillon ? Son sang ne fit qu'un tour. Il saisit son téléphone portable et appela Erwan, son ami qui occupait le poste de médecin pour la compagnie. Après les salutations d'usage, il entra dans le vif du sujet.

« Tu es au courant pour Karl ?

– Oui, répondit Erwan. Je suis en train d'écrire le rapport.

– Et alors, ça donne quoi ?

– Il est mort d'un effondrement brutal de toutes ses fonctions vitales causé par un agent biologique d'origine inconnue.

– Quoi ? Il est mort ?

– Je pensais que c'était le but de ton appel.

– Mais, as-tu une idée du germe responsable ? Il était certainement contagieux. Il faut absolument alerter les gens avant qu'il ne soit trop tard.

– Je crains qu'il ne soit déjà trop tard. J'ai trois personnes présentant les mêmes symptômes...

– Justement, il faut lancer les mesures de confinement. Tu le sais ! Faut appliquer les procédures d'urgence et...

– Je fais partie de ces trois malades, le coupa Erwan. »

Dan resta sans voix pendant quelques secondes, avant de se reprendre.

« Mon Dieu ! C'est terrible.

– C'est également ce que je me suis dit, laissa faiblement échapper le médecin.

– As-tu des pistes ? Des résultats d'antibiogrammes ?

– Un antibiogramme ? Mais, on n'a pas retrouvé de bactéries !

– Pas de bactéries ? Quel est le responsable alors ?

– Ça me paraît plutôt viral. Mais, c'est toi le biologiste. À toi de me le dire ! »

Dan sentit son cœur battre la chamade. Il bredouilla quelques mots d'encouragement à son ami, raccrocha, puis se mit à courir en direction du laboratoire, abandonnant sur place son plateau.

Il s'équipa sans perdre une seconde, passa le sas et vérifia les derniers résultats. Après quelques minutes, il se dirigea vers le microscope électronique et observa la préparation. Rien d'anormal.

Le milieu ne contenait que l'archée, tueuse de champignons. Finalement, peut-être que la mort de Karl n'avait rien à voir avec l'échantillon issu du carottage

Pourtant, au fond de lui, il avait la sensation d'avoir manqué quelque chose. Il se pencha de nouveau sur le microscope... et, là, soudain, il vit ! Camouflée au sein même de la bactérie, se tenait tapie une minuscule forme, un assemblage de matériel génétique étranger à l'hôte. Cependant, Dan restait circonspect. Il n'était pas sûr d'avoir trouvé le responsable. La structure ressemblait à un virus, mais elle était beaucoup trop grosse pour que ce soit le cas.

Il décida alors d'examiner de manière plus approfondie l'échantillon qui avait tué le champignon parasite. Cette fois-ci, le message était clair. Le microscope électronique lui permit de voir des quantités très importantes de la précédente structure. En outre, cette dernière se retrouvait partout, aussi bien dans les archées elles-mêmes, que dans le milieu qui les entouraient...

Le biologiste resta songeur pendant de longues minutes. Petit à petit, une idée germa dans son esprit. Et si cet élément était bien un virus, mais d'un genre inconnu, différent de tout ce qui existe aujourd'hui ? Une entité aux capacités nouvelles et destructrices... Et si le réveil de l'archée avait réactivé cet agent en sommeil ?

Dan se mit à transpirer. Il avait joué les apprentis-sorciers et le résultat ne s'était pas fait attendre. Si son raisonnement se confirmait, la planète entière courait un immense risque. Considérant sa rapidité d'action et sa contagiosité, le biologiste comprit qu'il avait peut-être réveillé un monstre plus dangereux qu'Ebola.

Un départ d'épidémie semblait probable dans la compagnie, voire à Helsinki. En outre, une jeune femme était désormais en route vers l'une des villes les plus peuplées du continent américain avec, dans son sac, un agent biologique d'un autre temps, capable de provoquer la plus grande pandémie que le monde ait jamais connue.

Dan saisit son téléphone. Pendant des secondes qui lui parurent durer une éternité, il réfléchit. Finalement, il appela son épouse et lui donna des instructions bien précises : charger la voiture avec le matériel inscrit sur la liste disponible dans son bureau, emmener les enfants, ne parler à personne et rouler sans s'arrêter jusqu'à leur chalet à cent kilomètres au nord. Une fois sur place, elle devrait s'attacher à acquérir un maximum de denrées non périssables et à constituer des réserves en fioul...

Les faits.

Bien évidemment, le récit précédent est une fiction. Néanmoins, des événements récents montrent qu'un tel scénario n'est pas impossible. Plusieurs points militent en sa faveur :

D'une part, les accidents et les attaques terroristes impliquant des agents biologiques mortels sont bien plus fréquents qu'il n'y paraît. D'autre part, les laboratoires réalisant des recherches sur des micro-organismes foisonnent. Bien évidemment, la majeure partie des pays ayant signé la Convention d'interdiction des Armes Biologiques, ils ne sont pas autorisés à développer de tels arsenaux. Toutefois, aucun contrôle n'étant prévu, les gouvernements peu scrupuleux peuvent effectuer des travaux dans ce sens, sous couvert d'étudier ces pathogènes en vue de synthétiser des remèdes. En outre, certains scientifiques se sont mis en tête de « reconstruire » des agents ayant provoqué les plus grandes calamités du passé.

Ainsi, en 2011, une équipe a reconstitué le bacille de la peste, responsable de la mort en Europe d'une personne sur trois au Moyen-Âge. Les biologistes ont prélevé des morceaux sur des squelettes d'individus décédés de cette maladie il y a près de 700 ans. À l'aide des méthodes modernes, ils sont parvenus à assembler 99 % du génome de la bactérie *Yersinia pestis*. En outre, il n'est pas rare de voir les intérêts financiers de certaines multinationales prévaloir sur des facteurs comme la sécurité ou la santé des consommateurs.

Enfin, en 2014, des scientifiques ont ramené à la vie un virus géant pris dans la glace depuis environ 30 000 ans. Cet agent biologique, d'un genre complètement nouveau, constitue le plus gros virus connu à ce jour. Fort heureusement, il n'infecte que les amibes et reste inoffensif pour l'Homme et les animaux. Toutefois, et comme nous l'avons déjà vu, la Vie actuelle ne représenterait qu'un petit pourcentage de ce que la Terre a porté au cours de son existence... cela laisse un nombre considérable de menaces potentielles. Si des virus peuvent survivre 30 000 ans dans le froid, qui sait ce que les scientifiques vont réveiller la prochaine fois ? Dans le même ordre d'idée, qu'advierait-il si l'une de ces entités

biologiques resurgissait suite à la fonte des glaces ou à des forages pétroliers ? Si un agent aussi ancien venait à resurgir du passé, l'Humanité serait totalement vierge du point de vue immunitaire. Le résultat serait-il le même que pour les Indiens d'Amérique exposés à la variole ?

Analyse.

Les virus sont capables d'infecter à peu près tout ce qui vit sur Terre. Néanmoins, ils possèdent une certaine spécificité : par exemple, un agent ayant une affinité avec les plantes sera normalement inoffensif pour les animaux et réciproquement. Cette particularité provient du fait que ces entités biologiques doivent reconnaître des récepteurs sur les cellules afin de pénétrer dans celles-ci. Dans le cas contraire, ils restent à l'extérieur et ne peuvent donc pas infecter l'hôte. Cette sélectivité est plus ou moins poussée et, dans la plupart des cas, les virus ne provoquent des maladies que pour un type d'espèce donnée. Néanmoins, certains d'entre eux peuvent franchir cette barrière des espèces suite à des mutations ou des recombinaisons, comme la grippe aviaire qui peut toucher oiseaux, poulets, êtres humains et même cochons...

Dans le cas de la fiction, il apparaît donc peu probable que le virus géant infectant la bactérie puisse se montrer dangereux chez l'Homme. Toutefois, ce genre d'entités étant d'un type inconnu, rien n'est impossible.

Les premiers symptômes décrits pour le cas du patient numéro un correspondent à un état grippal et sont tout à fait représentatifs d'une infection virale. De même, un temps d'incubation et une évolution vers la mort en huit jours sont vraisemblables. Ceux-ci caractérisent néanmoins un virus d'une pathogénicité et d'une virulence extrême, comme dans le cas d'Ebola ou de la variole.

La grippe

Fiction.

Stéphanie conduisait de manière brusque. Elle accélérât fort dès qu'elle le pouvait, tentant à chaque fois de doubler un maximum de voitures en changeant de file intempestivement.

À la radio, les actualités ne cessaient de répéter la même chose : cette année, la grippe était différente. De forts symptômes apparaissaient de manière brutale, et le virus engendrait un taux de mortalité bien plus élevé qu'à l'ordinaire. En outre, il semblait avoir une affinité particulière vis-à-vis des jeunes. Pour ne rien arranger, il pouvait, a priori, se transmettre à l'Homme par les oiseaux. Quand on savait combien il y avait de pigeons à Paris, cela faisait froid dans le dos...

Soudain, Stéphanie lâcha un juron en arrivant à un croisement. D'énervement, elle tapa un grand coup sur le volant : la police avait bloqué la route qu'elle comptait emprunter. Elle serra la mâchoire, puis se mit à soupirer bruyamment. Elle connaissait bien Paris. Cela faisait maintenant plus de quinze ans qu'elle y vivait. Elle savait comment contourner le carrefour en passant par des petites rues du quartier Saint-Michel. Néanmoins, ce contretemps l'exaspérait.

L'appel de l'école, vingt minutes plus tôt, l'avait terrifiée. La directrice avait demandé aux parents de venir récupérer leurs enfants, quand l'un des élèves s'était présenté à l'infirmerie avec une température de 40 °C, des maux de tête et des courbatures.

Ne parvenant toujours pas à y croire, Stéphanie ferma un court instant les yeux et inspira profondément par le nez. Comment cela avait-il pu dégénérer si vite ? Le week-end dernier, tout allait bien, mais il y a trois jours, les premiers cas de grippe s'étaient déclarés en ville. Et ce matin, les autorités annonçaient qu'il était préférable d'éviter les transports en commun et les rassemblements de personnes, ainsi que de limiter les déplacements.

La jeune femme s'extirpa soudain de ses pensées. La file de voitures venait de s'arrêter. Il semblait qu'un conducteur tentait tant bien que mal de garer sa vieille Mercedes sur une place trop étroite...

Stéphanie sentit son cœur s'accélérer et son front se couvrir de sueur. Elle ne pouvait pas se permettre d'attendre sachant que sa

petite fille se trouvait dans une école où elle pouvait contracter une grippe mortelle d'un moment à l'autre. Imaginant le pire, elle commença à klaxonner, rapidement suivie par les autres automobilistes.

Après quelques minutes qui lui semblèrent une éternité, la circulation reprit enfin. Soulagée, elle roula de nouveau aussi vite qu'elle put et faillit même renverser un cycliste en traversant le dernier carrefour. Les mains tremblantes, elle regarda alors la rue en face d'elle qui menait à l'école. Trop encombrée et avec des véhicules garés dans tous les sens, il lui paraissait impossible d'y circuler.

Après quelques secondes d'hésitation, Stéphanie s'engagea sur la droite et, au bout d'une dizaine de mètres, elle s'arrêta sur la voie réservée au bus. Elle ferma sa Clio, puis, après un coup d'œil rapide de chaque côté de la route, elle traversa en courant.

Plus la jeune femme s'approchait de l'établissement scolaire, plus elle sentait la tension s'intensifier et provoquer un début de migraine. Autour d'elle, beaucoup de mamans se précipitaient vers l'école ou s'empressaient d'en sortir. Personne ne faisait attention aux autres ou plutôt tout le monde s'évitait...

Le cœur tambourinant dans sa poitrine, Stéphanie pénétra dans l'enceinte d'un pas rapide. Un unique panneau monté à la vavite indiquait la direction où les classes étaient regroupées.

Sans réellement s'en rendre compte, elle se mit à courir vers l'endroit où se trouvaient les CE2. Après une centaine de mètres, elle parvint au gymnase censé abriter sa petite fille. Les yeux sillonnant à toute vitesse l'assemblée, elle cria le nom de Caroline d'une voix forte.

Aucune réponse.

L'angoisse la saisit à la gorge. Elle recommença ses appels.

Soudain, une exclamation retentit et une tête blonde fendit la foule et se précipita dans ses bras.

« Maman, qu'est-ce qui se passe ? J'ai peur.

– Ce n'est rien ma chérie, répondit sa mère en lançant des regards inquiets autour d'elle. Viens, on rentre à la maison.

– Mais pourquoi tout le monde est rassemblé ici, à attendre sans rien faire ?

– Il y a des petits garçons ou des petites filles qui ont la grippe... alors, pour empêcher que toute la classe ne soit malade,

la directrice a demandé aux parents de venir chercher leurs enfants. »

Terminant sa phrase, Stéphanie saisit la main de Caroline et l'emmena en évitant de toucher qui que ce soit. Une fois hors du gymnase, toutes deux alternèrent marche et course jusqu'à ce qu'elles arrivent à la Clio. Là, la jeune femme poussa un cri de rage en constatant que son rétroviseur avait été arraché. Néanmoins, en percevant le désordre grandissant dans l'avenue, elle décida de ne pas s'attarder et de rentrer sans perdre de temps.

La circulation était désormais chaotique. Les conducteurs ne respectaient plus la signalisation, la peur se lisait sur les visages. Stéphanie jugea préférable de passer de nouveau par les petites routes. En l'espace de vingt minutes, elle parvint au pied de son appartement. Elle sortit rapidement du véhicule et pressa sa fille de faire de même avant de le verrouiller.

Alors qu'elle s'apprêtait à pousser la porte du hall d'entrée, une pensée inquiétante lui vint à l'esprit : ses réserves en nourriture étaient bien faibles. Pendant quelques secondes, elle resta indécise. Enfin, elle saisit Caroline par la main et se dirigea à grands pas vers la petite épicerie à 100 mètres de là. Au moment où elle allait pénétrer dans le magasin, la porte s'ouvrit sur une vieille femme qui toussait et postillonnait à n'en plus finir. D'un geste réflexe, Stéphanie poussa sa fille derrière elle et demeura comme paralysée face à la personne âgée. Sans s'en rendre vraiment compte, elle la laissa passer en la fixant avec effroi, puis retint la porte du pied. Figée dans cette position, elle chercha désespérément quel serait son prochain mouvement.

Réalisant tout à coup que les badauds la regardaient d'un air perplexe, elle se décida à pénétrer dans l'échoppe. Avançant prudemment, elle fut soulagée de constater qu'aucun autre client n'était présent. Sans perdre de temps, elle prit soin de prendre les aliments au fond des étagères, ceux qu'elle pensait être le moins susceptible d'avoir été touchés. Ainsi, elle rassembla des conserves, des pâtes et du riz. Le minimum, de quoi tenir quatre ou cinq jours.

Elle se força à sourire en arrivant au comptoir.

« Bonjour, René, comment allez-vous aujourd'hui ?

– Ça va, mais je dois admettre que les gens sont particulièrement tendus. En outre, j'ai déjà eu deux vols ce matin. Je crois que je vais fermer boutique dès ce soir.

– Oui... cette histoire de grippe mortelle.

– À ce sujet, il me reste un flacon de désinfectant, si cela vous intéresse... »

Stéphanie sentit son cœur faire un bond dans sa poitrine. Voilà la solution à ses problèmes... tout du moins temporairement.

« Quelle excellente idée ! Vous n'en auriez pas deux exemplaires par hasard ?

– Les deux derniers. C'est tout bon ; cela fera 57 euros pour l'ensemble.

– Tenez et gardez la monnaie. Bonne journée, ajouta la jeune femme en se dirigeant vers la sortie. »

À peine fut-elle à l'extérieur qu'elle s'empressa d'ouvrir un flacon et de badigeonner ses mains et celles de sa fille avec le produit antiseptique. Elle astiqua aussi les poignées des sacs plastiques, puis fila vers son immeuble. Une fois gravis les trois étages, elle pénétra dans les trois-pièces et verrouilla la porte derrière elle.

Enfin, elle se sentait en sécurité ! Sa fille, Caroline, était là désormais. Et toutes deux avaient de quoi manger pour plus d'une semaine, en tenant compte des réserves déjà présentes dans l'appartement. Cela lui laissait le temps de voir venir...

Soudain, des cris de détresse en provenance de la rue retentirent à ses oreilles. Stéphanie se précipita à la fenêtre et constata qu'une de ses voisines avait été agressée. À la vue du sac qui traînait à ses pieds, elle semblait s'être fait dérober ses courses...

Une boule d'angoisse lui comprima la poitrine. C'était incompréhensible ; son quartier était réputé sûr et sans encombres. Comment quelqu'un pouvait-il être agressé et détroussé en plein jour et en pleine rue ?

La jeune femme pensa alors à sa sécurité physique. Elle savait que lorsque les gens étaient effrayés, ils pouvaient réagir de manière très violente. De même, si le chaos s'installait durablement, des groupes d'individus peu scrupuleux n'hésiteraient pas à dépouiller les simples citoyens, juste pour l'appât du gain ou encore pour se procurer eau et nourriture...

La sonnerie de son téléphone mobile la fit soudain sursauter. C'était Clément, son mari. Elle décrocha et commença à lui parler. Lentement, le ton de sa voix monta et la détresse s'empara d'elle. Une fois l'appel terminé, elle s'assit sur le tabouret et s'adossa

contre le mur en pleurant doucement. Clément ne pouvait pas rentrer. Son vol était annulé jusqu'à nouvel ordre. Il était bloqué à Alger...

Combien de temps allait-elle demeurer seule avec sa fille ? Combien de jours pourrait-elle rester caché sans avoir besoin de sortir pour trouver à manger ? Qu'advierait-il si des malfaiteurs pénétraient chez elle ?

D'un geste brusque de la tête, Stéphanie tenta de chasser ses idées noires, puis elle se leva doucement. En passant devant la chambre de Caroline, elle esquissa un mince sourire en la regardant feuilleter son livre préféré, puis elle se dirigea vers le hall d'entrée de son appartement. Elle retrouva la bombinette au poivre qu'elle avait achetée lors des premiers déplacements de Clément et la serra fort dans sa main.

Dieu que cela était peu...

Inquiète, elle retourna à la fenêtre. De nombreuses questions se pressaient dans son esprit. Des interrogations simples et basiques, auxquelles elle ne parvenait toutefois pas à répondre : Allait-elle garder la lumière allumée le soir ? Si l'appartement restait noir, cela pourrait éventuellement attirer des cambrioleurs. Dans le cas contraire, des malfaiteurs sauraient qu'il y a du monde et donc de l'argent et des ressources... Et que ferait-elle en cas de coupure d'électricité ? Qu'advierait-il de ses quelques denrées encore dans le réfrigérateur ? Et si la crise durait ? Il lui faudrait bien sortir à un moment ou un autre...

Les faits.

La précédente histoire est bien entendu une fiction. Néanmoins, en 2009, la situation a bien failli dégénérer : un nouveau virus, celui de la grippe A (de sous-type H1N1), a manqué de provoquer une panique mondiale. Cet agent avait, en effet, une particularité qui effrayait la communauté scientifique : en plus de son affinité vis-à-vis de l'espèce humaine, il possédait des parties issues des virus de la grippe aviaire et de celle du porc. En théorie, la maladie pouvait donc se répandre et se transmettre entre et parmi les trois groupes suivant : les humains, les oiseaux et les cochons.

Cette grippe a rapidement contaminé l'ensemble de la planète, et le 11 juin 2009, l'OMS l'a déclarée première pandémie du

XXI^e siècle.

Bien que d'ampleur considérable, cette grippe de type A (H1N1) se propage comme toutes les autres :

- par voie aérienne : lorsqu'une personne tousse, éternue ou postillonne, elle met un grand nombre de virus en suspension dans l'air qui pourront être inspirés par des individus à proximité ;
- par contact avec des personnes infectées : lorsque l'on embrasse ou serre la main, etc. ;
- par contact indirect : en touchant des objets contaminés par des personnes malades, par exemple une poignée de porte, une main-courante d'escalator, des billets de banque...

Fort heureusement, la mortalité de cet agent biologique n'a pas été aussi élevée qu'anticipée. Bien qu'il soit difficile de l'évaluer, elle apparaît être de l'ordre de 0,2 cas mortels pour 1 000 personnes infectées, soit un taux inférieur à celui des gripes saisonnières habituelles (1 pour 1 000). Néanmoins, une étude du *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) de 2012 revoit les chiffres à la hausse et estime qu'environ 280 000 individus dans le monde ont succombé à ce virus lors des douze premiers mois de la pandémie (ce qui ramène son taux de mortalité à celui d'une grippe saisonnière). La différence majeure est que dans le cas de la grippe A H1N1 les populations jeunes ont été bien plus impactées, tandis qu'avec la grippe saisonnière, les personnes âgées de plus de 65 ans sont les principales victimes.

Cette menace a toutefois provoqué une prise de conscience générale. Elle a contraint beaucoup de gouvernements à engager des mesures exceptionnelles, telles que l'achat de stock d'antiviraux (Tamiflu...) ou des campagnes de vaccinations massives. Ces décisions, lancées sous le signe de l'urgence, ont fait l'objet de lourdes controverses.

Néanmoins, il est à noter que cette première pandémie, ressentie comme un électrochoc, a engendré au moins un effet positif : au cours des années qui suivirent, les gouvernements ont tiré des enseignements de cet épisode et ont adapté ou créé des

plans de prévention et de lutte afin de mieux s'y préparer et réagir.

Pour la France, un document en accès libre peut être téléchargé.¹⁶³

Analyse.

Dans le cas de cette fiction, l'accent est mis sur l'aspect psychologique et non pas sur les symptômes cliniques. En effet, l'histoire décrit un ensemble de réactions que pourrait développer un citoyen lambda au début d'une telle crise. Ainsi, il est possible de relever :

- **Une émotion forte : la peur.**

Devant l'inconnu ou quelque chose que l'on ne maîtrise pas, ce sentiment affecte nombre d'individus. Les réactions deviennent alors plus instinctives et généralement plus violentes, voire irrationnelles. Les phénomènes de groupe ou la simple vision de personnes malades (ou supposées malades) ne font qu'amplifier et attiser les craintes.

- **Un comportement : l'isolement.**

Il découle en partie de l'émotion précédemment décrite. Les gens non préparés vont avoir tendance à s'éloigner des autres et à s'enfermer chez eux ou dans un quelconque refuge. Ils n'en sortiront que par extrême nécessité ou lorsqu'ils penseront que la situation a évolué positivement.

Il est également intéressant de remarquer le point suivant : chez la très grande majorité des gens ayant une famille, tout un chacun va essayer de protéger les siens en priorité. Ceci est d'autant plus vrai pour des parents envers leurs enfants. Ainsi, comme décrit dans le scénario précédent, il ne serait pas surprenant de voir des élèves regroupés dans une école, même si cela paraît contraire à la logique dans le cas d'une maladie transmissible par contact ou par voies aériennes. En effet, les professeurs étant des parents comme les autres, certains d'entre eux auront très certainement pris la

¹⁶³ http://www.risques.gouv.fr/sites/default/files/upload/sdgsnplan_pandemiegrippale_octobre_2011.pdf

route pour récupérer leur propre progéniture, ne laissant plus assez de personnel dans l'établissement pour en assurer sa marche habituelle.

De même, si en temps normal les institutions fonctionnent correctement, que le calme règne et que l'accès aux denrées et aux services est aisé, cette situation peut changer radicalement. Par exemple, en cas de crise majeure, les transports en commun peuvent être abandonnés, les banques fermées, les supermarchés et les stations-service non approvisionnés voire pillés. Si la crise perdure, le taux de vols, d'agressions et de meurtres augmente alors considérablement. La plupart du temps, il s'agira d'individus isolés ou de groupes qui profiteront du chaos ambiant pour s'emparer des biens d'autrui (dans un but de survie ou de simple gain) ou pour s'assurer le contrôle d'une zone.

**Interview du Professeur François Chappuis,
chef du service de Médecine tropicale et humanitaire,
Hôpitaux Universitaires de Genève.**

Les tentatives d'éradication des maladies au cours de l'Histoire ont parfois eu du succès, comme pour le cas de la variole. Mais avec l'émergence de nouvelles maladies et les risques accrus dus à la globalisation, comment peut-on se préparer à des pandémies ?

Ici aux HUG, nous suivons de manière quotidienne l'évolution d'agents infectieux dans le monde. C'est une tâche normale dans un département hospitalier comme le nôtre, car nous devons non seulement conseiller les voyageurs qui partent dans des pays ou des zones où ces épidémies surviennent et éventuellement leur proposer des moyens de prévention s'il y en a, mais aussi être très attentifs à ceux qui reviennent de telles zones. Nous sommes toujours en alerte. Si l'on a à faire à une maladie potentiellement contagieuse de type Ebola – qui est relativement peu contagieuse mais d'une extrême gravité – ou de type grippe aviaire ou de type MERS-CoV, nous collaborons avec le service de contrôle et prévention des infections qui émet des recommandations écrites aux différents services potentiellement exposés, c'est-à-dire les urgences adultes et pédiatriques, les services ambulatoires, etc. On distribue donc à ces services une notice d'informations mentionnant ce qu'il faut faire, le type de pro-

tection à prendre pour le personnel et le type d'investigation qu'il faut lancer si telle ou telle personne revient de telle région avec tel ou tel symptôme. Par exemple, si on suspecte un MERS-CoV chez une personne venant du Moyen-Orient, il faut placer la personne en isolement respiratoire, effectuer un prélèvement de la sphère respiratoire et une analyse moléculaire pour détecter le virus. Pour Ebola, tous les patients revenant des zones touchées et qui avaient de la fièvre et d'autres symptômes typiques ont été systématiquement dépistés, mais il n'y a eu aucun cas, à part le médecin cubain rapatrié d'Afrique de manière très organisée et en toute sécurité.

Pourtant, nous avons eu beaucoup de personnes revenant de Guinée, de la Sierra Leone ou du Liberia, arrivant aux urgences ou dans notre service.

On devait être prêts en permanence, 24h sur 24, pour pouvoir très rapidement placer le patient suspect en observation, enfiler l'équipement de protection adéquat pour analyser le patient et déterminer son statut. Nous le faisons rigoureusement, même si le risque était faible, et ce jusqu'à ce qu'on écarte un diagnostic de contagion.

Ces maladies sont connues et nous pouvons nous préparer à lutter efficacement contre elles.

Ce n'est pas comme pour la dengue – une maladie d'Asie du Sud-Est – qui n'est pas contagieuse et qui n'est pas encore transmissible en Suisse car les moustiques ne sont pas présents en quantité suffisante, et donc qui ne nécessite pas – ici en Suisse – de précautions particulières.

Une situation plus délicate serait, par exemple, la grippe aviaire qui émerge de manière sporadique depuis une dizaine d'années. Si quelqu'un rentrait après avoir séjourné en Égypte avec de la fièvre et des symptômes respiratoires, il n'est pas certain que le médecin de premier recours pense à la grippe aviaire et demande au patient s'il a été en contact avec des oiseaux ou de la volaille.

Lorsqu'une nouvelle maladie émerge, comment met-on en place de telles mesures, y compris avec les autres services liés à la santé – ambulances, médecins – ou à la sécurité – police, pompiers, douanes, etc. ?

J'ai décrit les procédures d'information et de transfert d'information que prend l'hôpital. Pour tout ce qui est en dehors, c'est la responsabilité du médecin cantonal d'informer les hôpitaux privés, les services d'urgence, les compagnies d'ambulance, etc., des mesures à prendre. Pendant la crise d'Ebola, les recommandations ont été émises au niveau fédéral,¹⁶⁴

¹⁶⁴ La Suisse est une confédération de cantons, régie par un État fédéral chargé de quelques prérogatives et centralisant certaines informations. Pour la santé, l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP) assume la responsabilité des domaines touchant à la santé publique ainsi que la mise en œuvre de la politique sanitaire, et ce, de concert avec les cantons.

transmises au niveau cantonal et, de là, aux différents acteurs de la santé sur le territoire, mais aussi à des ONG impliquées sur le terrain, comme *Médecins Sans Frontières* (MSF). Ceci pour permettre que si un membre de leur personnel, a priori plus à risque d'être en contact avec la maladie, devait être atteint, il soit identifié et traité efficacement.

MSF, avec qui nous travaillons de manière très proche pour la prise en charge médicale de leur personnel, parfois exposé à des maladies tropicales contagieuses, nous a demandés très tôt dans l'épidémie Ebola en 2014, d'avoir des doses du traitement expérimental Zmapp.¹⁶⁵ Nous avons été le premier hôpital en Europe à disposer de ce médicament.

D'un point de vue médical, avoir transporté par avion un malade d'Ebola depuis un pays africain vers l'Europe et vers les États-Unis n'était-ce pas prendre un risque ?

Ebola n'est pas très contagieux, par rapport à la rougeole ou la grippe. L'étendue du désastre de l'épidémie Ebola l'année passée est due à un énorme retard dans la réponse à cette épidémie. Malgré les signaux d'alerte donnés par MSF en avril 2014 et même avant, les instances internationales n'ont pas réagi assez rapidement. Sans doute pensaient-elles que l'expérience de MSF à traiter et à contenir cette épidémie allait suffire. Ce qui ne fut pas le cas. Cette insuffisance, combinée aux déficits de santé inhérents à ces pays d'Afrique de l'Ouest sortant de longues périodes de conflits et de crises économiques, a rendu cette crise particulièrement aiguë.

À l'inverse, certains rapports ont loué l'excellence et le professionnalisme des services de santé du Sénégal ou encore du Nigéria qui ont su contenir l'épidémie. Il est donc possible de traiter et contenir ces épidémies.

En Europe et en Amérique du Nord, du fait des capacités de protection des personnes, de la rigueur des systèmes hospitaliers, des moyens de contrôle de l'infection et de la bonne gestion du risque, celui-ci était extrêmement minimal. Rapatrier les patients n'est donc pas un grand risque et augmente les chances de survie du patient, et ce pour deux raisons : le niveau de soins généraux pour maintenir les fonctions vitales est plus performant dans un hôpital occidental, et l'accès à des traitements expérimentaux pourrait permettre une amélioration de la survie, bien que cela n'ait pas été formellement démontré. Pour autant qu'on accueille des patients au compte-gouttes...

Par ce qu'il n'y pas beaucoup de place ?

Parce qu'il n'y a pas beaucoup de place et parce que le traitement de ce patient a drainé énormément de ressources. Il aurait été difficile d'en avoir un deuxième bénéficiant du même niveau de soins. Et cela aurait été même difficile d'en accueillir un deuxième juste après. En effet, nous

¹⁶⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/ZMapp>

avons dû allouer du personnel d'autres services qui est allé renforcer l'équipe de soins intensifs pour ne pas compromettre le niveau de soins des autres patients. Cela, malgré le très bon niveau de préparation et de formation mis en place depuis les années 2000 suite aux alertes de fièvre de Lassa.¹⁶⁶

Dans votre imaginaire scientifique, quel serait le pire scénario ?

Ce serait une maladie de type grippe aviaire qui deviendrait très contagieuse par voie aérienne de personne à personne. Un tel type de maladie aurait un potentiel de pandémie similaire à celui de la grippe, associé à une virulence très grande, avoisinant les 50 % de mortalité de la grippe aviaire. Si un tel virus mutait pour devenir contagieux par voie aérienne et s'il gardait sa virulence – ce n'est pas dit qu'une mutation garde la virulence, il y a des cas de virus dont la virulence baisse avec les mutations – on pourrait avoir une pandémie désastreuse au niveau mondial. On pourrait se dire la même chose pour Ebola ou pour MERS-CoV, mais c'est moins probable du point de vue virologique.

Un retour de maladies telles que la variole serait très ennuyeux, car on n'a plus l'habitude de procéder à cette vaccination très particulière, mais les doses de vaccins sont là pour l'ensemble de la population et donc on saurait la contenir dans un délai assez court.

En cas de pandémie, quelles seraient les mesures que les autorités peuvent mettre en place pour limiter la contagion ?

De manière générale, la communication et la transparence de l'information sont une clé. Les rumeurs vont vite et peuvent provoquer des réactions non appropriées. Après, tout dépend de l'agent infectieux et de son mode de contagion, car les mesures ne sont pas les mêmes : Ebola n'est pas la même chose qu'un virus respiratoire. Toutes les structures de santé d'accueil de première ligne doivent être formées et équipées très rapidement. Les mesures de quarantaine qui étaient préconisées dans le temps ne sont plus acceptables et en pratique difficile à respecter. On est passé depuis à des stratégies de formation et d'information qui assurent la capacité des structures hospitalières à prendre en charge les patients. C'est très important pour la psychologie de la population de savoir que le système hospitalier va prendre en charge les malades.

Si toutefois le nombre de malades devait dépasser certains seuils de capacité de prise en charge dans le système hospitalier, celui-ci devra s'adapter. S'il devait y avoir des centaines de cas graves dans un canton comme Genève, on serait clairement débordés, mais on s'adapterait en

¹⁶⁶ La fièvre de Lassa est une fièvre hémorragique virale aiguë d'une durée d'une à quatre semaines qui sévit en Afrique occidentale.

installant des camps avec des tentes, en utilisant les infrastructures hospitalières privées, en proposant des soins à domicile, etc., en coordination avec l'armée et la protection civile qui ont des plans en cas de catastrophe.

Que peut faire un citoyen pour se préparer et ainsi limiter les risques pour lui-même et pour les autres ?

Soyons apaisants et rassurants : les gens doivent avoir confiance dans le système de santé. Vous me direz que c'est normal venant de la part d'un médecin !

Les décisions, prises par l'OFSP ou par les autorités cantonales, que j'ai pu voir me semblent raisonnables et adéquates. Donc, ne cédon pas à la panique. Quant aux recommandations spécifiques pour se protéger soi-même ou sa famille, elles dépendent du type de virus et du mode de contagion. On sait que les mesures d'auto-quarantaine sont peu efficaces, mais on peut se prévenir de transmissions aériennes, par exemple, avec des mesures simples comme le port de masques de protection respiratoire. Dans cet exemple, puisqu'on ne sait pas si les autorités auront suffisamment de stocks disponibles pour toute la population, il pourrait être utile d'avoir quelques masques. Personnellement, je n'ai strictement rien à la maison, ni pour moi, ni pour mes enfants.

Pouvons-nous faire quelque chose pour renforcer notre système immunitaire ?

Je conseillerai d'être à jour dans ses vaccins, je pense notamment à la rougeole, car des cas de décès arrivent encore.

Ensuite, être bien dans la vie, faire du sport, bien se nourrir, avoir des pratiques d'hygiène correctes, etc., donne plus de chances de survivre à une maladie que si on est en mauvaise santé.

Ces maladies émergentes risquent-elles d'être plus fréquentes dans un monde où la population s'accroît, où la déforestation des zones tropicales et équatoriales et la destruction de micro-écosystèmes mettent des humains en contact avec des organismes tels que des virus jusqu'alors isolés ?

La surexploitation des ressources nous expose de plus en plus et de plus en plus fréquemment à de nouveaux agents infectieux le plus souvent viraux, parfois bactériens et plus rarement parasitaires. Du fait de l'urbanisation et du développement du transport des personnes, y compris dans ces régions, le risque de dissémination va s'accroître au niveau régional et international. Et puis, il y a l'effet des variations ou des changements de climat, comme plus ou moins de pluie, plus ou moins de température, qui peuvent parfois permettre à un agent de se répandre sur une plus vaste zone ou jusqu'à une altitude plus élevée ... mais parfois aussi l'inverse ! Il se peut même qu'un changement d'environnement détruise l'écosystème réservoir d'une maladie et celle-ci avec. L'urbanisation, par exemple, ré-

duit considérablement la propagation de la malaria. Par contre, les moustiques *aedes aegypti*, vecteurs du chikungunya ou de la dengue adorent ça ! C'est très complexe.

Il y a deux types d'émergence. Il y a l'émergence d'un agent connu qui a été transporté dans une nouvelle région où il peut se développer, comme le chikungunya ou le virus du Nil occidental en Amérique. Là, c'est très difficile de le contrer, car une fois les moustiques de type *aedes* installés, la lutte est très complexe et la prévention n'a jamais été possible de manière efficace. Puis, il y a le cas d'un agent infectieux situé dans un réservoir animal sauvage, qui, à cause de changements d'environnement écologique, émerge au niveau humain. Là, la solution n'est pas uniquement médicale, mais multisectorielle et globale, comme le suggèrent les dix-sept thématiques des Objectifs de Développement Durable (*Sustainable Development Goals*) de l'ONU.¹⁶⁷ Sans cette approche multisectorielle globale et sans une volonté politique forte au niveau mondial, on continuera à observer ces prochaines années et ces prochaines décennies de plus en plus de ces situations d'épidémies et de maladies émergentes.

Le 1^{er} février 2016, l'OMS a déclaré une « urgence de santé publique de portée internationale » à propos du virus Zika. S'il y a des mots qui, dans la même phrase, peuvent générer de l'anxiété, c'est bien « virus », « urgence » et « internationale » ! Quel est votre avis sur cette « alerte » ? Psychose médiatique ou nouvelle maladie émergente ?

Seul l'avenir nous donnera la réponse – si c'est une psychose médiatique ou pas – en fonction de la réponse scientifique à deux questions fondamentales : 1) Quelle est la proportion des femmes enceintes infectées avec une infection congénitale (et avec quelles conséquences cliniques) ? 2) Quelle est la proportion des microcéphalies rapportées au Brésil qui sont effectivement dues à Zika ? Bien que découverte en 1947, c'est une maladie émergente sur un mode épidémique (depuis Yap en 2007) et surtout émergente dans nos consciences...

¹⁶⁷<http://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/>

Les risques Chimiques

*« Je ne comprends pas la réticence à utiliser les gaz. Je suis fermement en faveur de l'utilisation de gaz toxiques sur les tribus non civilisées. Les objections du ministère de l'Inde face à l'emploi des gaz contre les indigènes sont déraisonnables. L'effet moral sera bon et nous diffuserons une terreur vivace. Le gaz est une arme plus miséricordieuse que les explosifs de forte puissance, et contraint l'ennemi à accepter une décision en causant moins de pertes que tout autre agent de la guerre. En quoi serait-il injuste qu'un artilleur britannique tire un obus qui fera éternuer ledit indigène ?
Vraiment, c'est trop bête. »*

– Lettre envoyée à la Royal Air Force
en 1919 par Winston Churchill,
Homme d'État britannique (1874–1965)

« Il ne fait aucun doute que la menace de terrorisme chimique est passée d'une abstraction à une dure réalité. »
– Sergei Lavrov, ministre russe
des Affaires Etrangères, 1^{er} mars 2016

1. Historique des toxiques de guerre

« Je ne les attaquerai pas avec des armes chimiques juste un jour, je les attaquerai avec des armes chimiques pendant quinze jours. »

Référence à l'attaque du village Kurde d'Halabja (5 000 morts) par Ali Hassan al-Majid dit « Ali le chimique », ministre de la Défense Irakien (1941-2010)

Les temps anciens

Il peut paraître exagéré de dire que, de tout temps, l'Homme a fait usage d'armes chimiques. Pourtant, l'Histoire regorge de multiples exemples de ce type d'utilisations, s'étendant de l'antiquité à nos jours.

Par exemple, il est possible de remonter jusqu'en 428 av. J.-C., au cours de la guerre du Péloponnèse, lorsque l'Athénien Démosthène fit brûler de la poix ¹⁶⁸ additionnée de soufre pour créer des fumées toxiques. Celles-ci, poussées par le vent, empoisonnèrent ses ennemis spartiates retranchés dans la ville de Sphactérie. En 187 av. J.-C., les Romains formèrent un nuage suffocant en utilisant leur cavalerie pour soulever des cendres caustiques lors du siège d'Ambrasie.

Plus tard, en l'an 256 apr. J.-C., c'est au tour de la ville romaine de Doura Europos de subir une attaque chimique. De récentes fouilles ont en effet montré que les assaillants avaient usé de gaz toxiques (vraisemblablement à base de soufre) pour asphyxier des légionnaires qui œuvraient dans les tunnels pour

¹⁶⁸ Matière collante et inflammable, produite à partir de résines végétales ou de goudrons.

contrer les sapeurs. À une époque où l'inexplicable était synonyme d'intervention divine, la mort mystérieuse et sans blessures apparentes des combattants fut très certainement à l'origine des plus folles rumeurs...

Bien qu'il existe probablement de nombreux autres exemples d'utilisations d'armes chimiques au cours de l'antiquité, il est fort possible que peu d'entre eux aient été rapportées. En effet, déjà à cette époque, ce genre d'attaque était considéré comme immorale, notamment parmi les intellectuels et les penseurs grecs.

Quelques siècles plus tard, apparaissent des matières incendiaires particulières qui peuvent être classées dans la catégorie des armes chimiques. Ainsi, le feu grégeois, inventé en 673, est une substance très inflammable, qui brûle même dans l'eau et forme des fumées toxiques. Il a permis à l'Empire byzantin de repousser les attaques turques pendant plus de cinq cents ans, jusqu'à ce que les Turcs s'en emparent et l'utilisent à leur profit.

À partir du XIV^e siècle, le feu grégeois est toutefois remplacé peu à peu par la poudre noire et les armes à feu. Il tombe alors en désuétude et sa formule est perdue pendant plusieurs centaines d'années. Aujourd'hui, les historiens et les chimistes en proposent différentes compositions, selon les sources étudiées. Le mélange suivant en est un exemple : *Poix, naphte, soufre, salpêtre, huile et chaux vive*. Dans certains cas, de la limaille de fer, de l'arsenic sulfuré ou encore des sels d'ammoniac auraient pu être ajoutés.

Après la découverte de la poudre noire (mélange intime de soufre, de salpêtre et de charbon de bois), de nouvelles armes chimiques furent inventées, comme les bombes à l'arsenic, employées par les défenseurs de Belgrade contre les Turcs en 1456.

De même, au cours de la guerre de Trente Ans (et plus particulièrement entre 1635 et 1648), le « pot puant », constitué de matières fécales, de térébenthine, de soufre et d'une plante à forte odeur d'œuf pourri (*Asa foetida*), se trouve utilisé en abondance.

À partir du XVIII^e siècle, les avancées techniques permettent de créer des dispositifs plus perfectionnés. Aussi, d'autres engins explosifs aux propriétés toxiques font leur apparition dans nombre

de traités militaires. Ces bombes ou grenades, contenant par exemple du mercure, du plomb, de l'antimoine, voire des poisons biologiques (plantes vénéneuses, venins...), auront toutefois une utilisation anecdotique. Il faut ensuite attendre le XX^e siècle et l'avènement de la chimie moderne pour constater des évolutions majeures de ces armes non conventionnelles...

La Première Guerre mondiale

L'utilisation massive d'armes chimiques commence certainement au cours de la Première Guerre mondiale : le 22 avril 1915, à 10 km au nord de la ville d'Ypres (Belgique), les troupes allemandes positionnent en face des Alliés 6 000 cylindres en acier renfermant près de 170 tonnes de chlore. En fin d'après-midi, l'ouverture de tous les contenants entraîne une libération du composé volatil en 5 à 10 minutes. Le gaz, plus lourd que l'air, forme ainsi un nuage toxique qui, poussé par le vent, s'épand sur les lignes alliées, se concentre dans les tranchées et s'insinue dans les moindres recoins. Les troupes françaises et canadiennes qui défendaient la zone se retrouvent sans protection face à cette terrible menace : les vapeurs se transforment en acide chlorhydrique au contact des yeux, des poumons et des voies respiratoires. D'atroces souffrances commencent alors pour les défenseurs, mettant 15 000 soldats hors de combat et provoquant la mort de 5 000 d'entre eux.¹⁶⁹ Un mois plus tard, environ, le 31 mai, une attaque avec un mélange chlore-phosgène contenu dans 12 000 bouteilles entraîne le décès de plus de 1 000 combattants sur le front russe. Il s'ensuit dès lors une course à l'armement chimique, et chaque camp n'hésite plus à employer ce type d'arsenal. En voici quelques exemples :

- en mars 1916, à Verdun, les Français tirent des obus au phosgène (gaz encore plus mortel que le chlore) ;
- le 22 juin 1916, toujours à Verdun, les Allemands utilisèrent à leur tour des obus chargés de phosgène ;

¹⁶⁹ Ce nombre de morts considérable peut varier selon les sources. En outre, il est possible que ce chiffre ait été manipulé à la hausse pour des raisons de propagande.

- en juillet 1916, lors de l'offensive de la Somme, les Français font, cette fois, usage d'obus à l'acide cyanhydrique...

Les attaques chimiques se succédant, les différents camps élaborent des protections de plus en plus performantes. Initialement constitués de simples morceaux de cotons ou d'éponges humides, voire de chiffons imprégnés d'urine, les équipements évoluent et, rapidement, les premiers masques font leur apparition. Ces derniers sont mis progressivement en service à partir de 1915 et protègent de manière efficace contre les gaz utilisés en combat (chlore, phosgène, acide cyanhydrique...).

La course à l'armement n'est cependant pas terminée pour autant. Ainsi, dans la nuit du 12 au 13 juillet 1917, un nouveau type d'agent chimique est employé par l'artillerie allemande à Ypres. Il s'agit d'obus chargés d'ypérite, ou « gaz moutarde », produit qui tire son nom de la ville précitée. Ce composé est bien plus persistant que ceux utilisés jusqu'à présent. Il engendre à la fois une atmosphère toxique et une contamination de la zone. Les vêtements et les équipements sont également traversés par l'ypérite, et ce dernier provoque, quelques heures après le contact, des brûlures et des dommages sévères dans les poumons et sur la peau. La mort peut survenir pour des quantités de l'ordre de quelques grammes, mais sa principale action est de mettre hors d'état les hommes de troupe.

L'Allemagne produira 12 000 tonnes de ce composé et, à la fin de la guerre, toutes les nations engagées dans le conflit auront leur propre stock. Au final, entre 1915 et 1918, près de 83 000 combattants auront péri suite aux dommages causés par des armes chimiques : 56 000 Russes, 9 000 Allemands, 8 000 Français, 8 100 Britanniques et 1 500 Américains. À ces chiffres, il faut ajouter approximativement un million de combattants blessés par ces armes non conventionnelles.

L'ère moderne

La Grande Guerre de 14-18 a beaucoup marqué les esprits du fait de l'utilisation massive d'armes chimiques. Le nombre de munitions

produites et employées a été considérable. C'est pourquoi, aujourd'hui, il arrive encore qu'un agriculteur ou un promeneur trouve par accident un obus chargé d'ypérite datant de cette période.

Malgré les effets dévastateurs causés par ces armes non conventionnelles, leur mise en œuvre n'a pas cessé dans les années qui ont suivi. Ainsi, après 1920, il est probable que les Espagnols aient utilisé sporadiquement de l'ypérite au Maroc. Au cours de la même période, il apparaît plausible que des armes chimiques aient été employées lors de la guerre civile russe, quel que soit le camp. En 1936, l'Italie fait usage de gaz moutarde ¹⁷⁰ (notamment par des épandages aériens), provoquant la mort de plusieurs milliers de combattants éthiopiens. Plus tard, entre 1937 et 1943, c'est au tour des Japonais d'utiliser contre les Chinois des munitions chargées d'ypérite, de lewisite ou encore de phosgène. C'est également au cours de ces années que sont inventés les premiers neurotoxiques, c'est-à-dire les plus puissants toxiques chimiques : tabun en 1936 et sarin en 1938.

Il est intéressant de noter que lors de la Seconde Guerre mondiale, bien que la plupart des belligérants disposent de larges stocks d'armes chimiques ¹⁷¹ (y compris des neurotoxiques), ceux-ci ne furent pas employés (exception faite des Japonais en Chine¹⁷² et, selon l'hypothèse émise par le chercheur russe en armements biologiques Kanatjan Alibekov,¹⁷³ des Soviétiques, en 1942, qui auraient utilisé un agent biologique de catégorie A, le *Francisella tularensis*, contre les forces allemandes avançant sur Stalingrad). Au regard des quantités en jeu, il est probable que la menace de leur utilisation a eu un effet de dissuasion suffisamment important.

Après 1945, les stocks ne furent pas détruits et certains,

¹⁷⁰ Autre nom de l'ypérite.

¹⁷¹ Les Allemands, par exemple, ont produit et stocké jusqu' à 78 000 tonnes de munitions chimiques. Les Américains, 146 000 tonnes.

¹⁷² Notamment via l'Unité 731, qui effectua entre 1932 et 1945 de nombreuses expériences sur des prisonniers et largua de nombreuses bombes sur le territoire chinois, causant entre 300 000 et 480 000 victimes.

¹⁷³ Kanatjan Alibekov (Ken Alibek), *La guerre des germes* (Presses de la Cité, 2000).

comme ceux de l'Allemagne, furent déplacés en Russie. Dans le même ordre d'idée, nombre de scientifiques du troisième Reich se virent offrir un emploi aux États-Unis. En outre, le début de la Guerre froide dans les années 1950 entre les Américains et les Soviétiques conduisit à une course folle à l'armement, tant chimique que biologique ou nucléaire. Depuis cette époque, plusieurs cas d'emploi d'armes chimiques ont été relatés :

- Lors de la guerre du Yémen (1963–1967), les forces égyptiennes firent usage de phosgène et d'ypérite.
- Au cours de la guerre du Vietnam (1963–1970), les Américains utilisèrent environ 50 000 tonnes d'herbicides et de défoliants, tels que les tristement « célèbres » agents pourpres ou agents orange.
- Lors de la guerre Iran-Irak (1980-1988), le régime de Saddam Hussein procéda à des attaques chimiques sur les forces ennemies. Des atteintes aux populations civiles kurdes furent également relatées comme, par exemple, à Halabja, où l'emploi de plusieurs composés (a priori un mélange de tabun, sarin, et d'ypérite) engendra la mort d'au moins 5 000 personnes.

Plus récemment, des événements chimiques de types « terroristes » ont fait leur apparition :

- La secte Aum Shirin Kyo perpétra deux attentats au gaz sarin. Le premier, à Matsumoto (juin 1994), fit 7 morts et 600 blessés. Le second, dans le métro de Tokyo (mars 1995), entraîna le décès de 12 personnes et provoqua l'intoxication d'environ 5 000 habitants et intervenants.
- En 2006 et 2007, des attentats-suicides avec véhicules furent réalisés en Irak (principalement à Bagdad et Ramadi) en combinant des explosifs classiques avec des conteneurs de chlore. Ceux-ci ne causèrent vraisemblablement aucun mort, mais firent de nombreux blessés et engendrèrent une crainte dans la population.
- Des attaques au chlore et au sarin ont également été commises et se répètent sporadiquement en Syrie depuis 2013. Au regard de la nature du conflit et des pressions politiques, il reste cependant difficile de déterminer avec certitude leur

origine (rebelles, régime, entité extérieure ?).¹⁷⁴ Il paraît plus prudent d'éviter les conclusions hâtives : tout le monde a encore en tête l'histoire des soi-disant armes de destruction massive détenues par l'Irak et ayant conduit à son invasion et son occupation par des forces occidentales¹⁷⁵... Toutefois, Paul Brennan, le directeur de la CIA, a déclaré le 12 février 2016 que l'organisation ISIS/DAECH possède des armes chimiques (chlore, sarin, gaz moutarde et des produits corrosifs tels que le vinyletrichloresilane¹⁷⁶) dérobées dans les stocks syriens et en aurait utilisé dans les combats dans ce pays et en Irak, et pourrait en outre en avoir transporté clandestinement en Europe.

Les toxiques industriels

Comme nous venons de le voir, nombre d'attaques chimiques ont été perpétrées dans le passé. Toutefois, de nos jours, du fait de l'industrialisation grandissante de notre société, de *nouvelles menaces* se font jour. L'individu lambda est désormais sujet à un risque quasi-permanent. Celui-ci peut s'exprimer par la manipulation quotidienne de produits chimiques banals (comme certains produits d'entretien), mais aussi, à une tout autre échelle, par des accidents majeurs ou des actions malveillantes graves impliquant

¹⁷⁴ Un rapport des services de renseignements britanniques a établi que le sarin utilisé dans l'attaque de la Ghouta (Syrie) ne provenait pas des stocks de Bachar el-Assad. De son côté, le célèbre journaliste d'investigation Seymour Hersh, lauréat du Prix Pulitzer, a dévoilé qu'un accord secret, en 2012, a été passé entre l'administration Obama et les dirigeants turc, saoudien et qatari, en vue de monter une attaque au gaz sarin et d'en accuser Assad afin que les États-Unis puissent envahir la Syrie et renverser le dirigeant syrien (*The London Review of Books*, vol. 35, n°24, 19 décembre 2013, pp. 9-12, et vol. 36, n°8, 17 avril 2014, pp. 21-24).

¹⁷⁵ Barry Lando, ancien journaliste de la chaîne américaine CBS, a déclaré dans le quotidien *Le Monde* du 17 octobre 2005 que « les armes chimiques irakiennes étaient fournies principalement par des sociétés françaises, belges et allemandes, dont les ingénieurs et chimistes savaient exactement ce que Saddam préparait et que les États-Unis avaient précédemment fourni à Saddam des images satellite lui permettant d'attaquer les troupes irakiennes avec des armes chimiques. »

¹⁷⁶ <http://fr.sputniknews.com/international/20160225/1022064724/daech-armes-chimiques-corrosives.html>

des *toxiques industriels*.

Au regard de la quantité et de la diversité des composés chimiques que l'on peut rencontrer dans un pays développé (industrie, hôpitaux, laboratoires, centrales nucléaires, transport de matières dangereuses...), il apparaît évident que ce risque est omniprésent. Par ailleurs, un tel risque n'a rien à envier à celui engendré par les armes chimiques utilisées par le passé (vapeurs toxiques au cours de l'antiquité, obus chargés de gaz mortels, bombes au napalm, agent orange...). Il peut comporter des effets :

- mécaniques (dus à l'explosion de conteneurs sous pression ou de mélanges de produits incompatibles...);
- thermiques (dus à l'inflammation d'un nuage de vapeur, de feux et incendies...);
- toxiques et/ou corrosifs (par inhalation, empoisonnement, contact...).

Ce risque, appelé « technologique », n'est pas forcément limité à un seul de ces effets. Dans certains cas, il peut en cumuler plusieurs, que ce soit de manière simultanée ou successive. Par exemple, une explosion qui engendre habituellement un effet de souffle provoqué par la surpression, ainsi que des blessures par projections ou éclats, peut également conduire à des brûlures,¹⁷⁷ initier un incendie et provoquer des intoxications dues aux fumées dangereuses...

Malheureusement, l'histoire prouve que les accidents technologiques majeurs ne sont pas aussi rares que l'on veut bien le laisser croire. Par le passé, ils ont déjà engendré la mort de milliers de personnes. Ceci est d'autant plus remarquable que ces terribles incidents peuvent se produire sans qu'il y ait de menaces particulières et à des moments inappropriés, par exemple lors que les gens dorment ou sont rassemblés. En voici quelques exemples :

¹⁷⁷ Certaines explosions de type mécanique, par exemple, ne provoquent pas de brûlures.

- En juillet 1976, à Seveso (Italie), 2 kg ¹⁷⁸ de dioxine (2,3,7,8 tétrachlorodibenzo-para-dioxine) s'échappent de l'usine chimique d'Icmesa et se répandent dans l'atmosphère. Aucun décès direct n'est à déclarer, environ 200 personnes sont intoxiquées, mais l'impact sur la faune, la flore et l'environnement est énorme (mort de plus de 3 000 animaux domestiques, 70 000 têtes de bétail abattues, 250 000 m³ de sols contaminés, 15 000 personnes évacuées...).
- En juillet 1978, à Los Alfaques (Espagne), l'explosion d'une citerne sous pression contenant du propylène fait 216 morts et de nombreux blessés, dont certains gravement brûlés.
- En novembre 1979, à Mississauga (Canada), un train transportant des matières dangereuses déraile. Plusieurs wagons renfermant du propane explosent et d'autres répandent leur cargaison (soude caustique) sur le sol ; l'un d'entre eux est à l'origine d'une fuite de chlore (gaz mortel plus lourd que l'air). Celle-ci durera plus de quatre jours et entraînera l'évacuation de 240 000 riverains.
- En décembre 1984, à Bhopal (Inde), la fuite accidentelle de 35 à 40 tonnes de gaz toxique (isocyanate de méthyle) en pleine nuit conduit à 3 800 décès dans les heures qui suivent, 6 500 à 10 000 après 10 ans ¹⁷⁹ et 25 000 après 25 ans. 350 000 personnes sont plus ou moins intoxiquées, dont nombre d'entre elles restent handicapées à vie.
- En mai 1988, à Henderson (États-Unis), l'explosion de 4 000 à 4 500 tonnes de perchlorate d'ammonium fait 2 morts et près de 400 blessés et engendre un tremblement de terre de 3,5 sur l'échelle de Richter.
- En mars 1989, à Jonava (Lituanie), une cuve contenant de l'ammoniaque monte en pression et explose. Les vapeurs générées s'enflamment et le feu gagne le stock d'engrais (55 000 tonnes) de l'usine de fertilisant. Des fumées toxiques sont produites pendant trois jours et contaminent une zone de 400 km². L'accident fait 7 morts, 57 blessés et entraîne le déplacement de 32 000 personnes.

¹⁷⁸ Valeur variant selon les sources.

¹⁷⁹ Ces chiffres prennent en compte les personnes décédées des effets secondaires et des maladies engendrées par l'exposition au gaz.

- En mars 1992, à Dakar (Sénégal), l'explosion d'un camion chargé de 22 tonnes d'ammoniaque liquide fait près de 150 morts et plus de 1 000 intoxiqués.
- En juin 1996, à Schönebeck (Allemagne), un train transportant du chlorure de vinyle déraile. L'un des wagons explose et le feu se propage aux autres chargements. Des fumées noires et toxiques (acide chlorhydrique, phosgène, dioxines...) sont générées et les fuites liquides s'infiltrent dans le sol. Les riverains sont confinés chez eux pendant plusieurs jours. 65 personnes sont blessées et un nombre d'aberrations chromosomiques et de mutations génétiques plus élevé que la normale sont constatées dans les années qui suivent.
- En septembre 2001, à Toulouse (France), l'explosion de 300 à 400 tonnes de nitrate d'ammonium à l'usine d'AZF provoque la mort de 31 personnes et en blesse 2 500 autres. En outre, les fumées sont toxiques et contiennent des vapeurs nitreuses (provenant de la combustion du nitrate d'ammonium) ou d'ammoniac (dû à la rupture de cuves renfermant ce produit). Fort heureusement, le nuage toxique passe au-dessus de la ville et n'a que très peu d'impact sur la population.
- En février 2004, à Neishabour (Iran), un train comportant 17 wagons de soufre, 6 d'essence, 7 d'engrais et 10 de coton se renverse. L'incendie qui suit entraîne l'explosion du chargement, la mort de 289 personnes et rase deux villages à proximité.
- En avril 2004, à Chongqing (Chine), une fuite de chlore dans une usine de produits chimiques dure plusieurs jours. 9 personnes décèdent et 150 000 sont évacuées.
- En mars 2004, à Yöngch'ön (Corée du Nord), la collision entre deux trains conduit à l'explosion d'un wagon d'essence et de deux de nitrates d'ammonium : 161 morts, 1 300 blessés, 2 000 appartements et 129 bâtiments publics détruits (40 % de la ville).
- En mars 2005, dans la région de Jiangsu (Chine), l'accident d'un camion-citerne contenant 35 tonnes de chlore entraîne la mort de 27 personnes, l'intoxication de 400 autres et l'évacuation de 3 000 familles.

- En mai 2008, un séisme majeur provoque la mort d'environ 80 000 personnes en Chine. Deux usines chimiques s'effondrent et 80 tonnes d'ammoniac s'échappent, causant le trépas de quelques 600 riverains présents dans la ville de Shifang.
- En octobre 2010, à Kolontar (Hongrie), un bassin de boues rouges (toxiques et caustiques) issues d'une usine de production d'aluminium se rompt : 10 morts et 286 brûlés « chimiques ». Près de 300 habitations sont également détruites.
- En septembre 2012, à Gumi (Corée du Sud), l'ouverture accidentelle d'une vanne dans une usine de cosmétiques provoque un déversement d'acide fluorhydrique (composé très toxique et corrosif). Les vapeurs qui se forment entraînent la mort de 5 personnes, l'hospitalisation de 18 autres ainsi que des nausées, éruptions cutanées et douleurs pulmonaires chez plus de 4 000 riverains. La zone dans un rayon de 20 km est polluée et doit être décontaminée.
- En avril 2013, au nord de la ville de Waco (États-Unis), un incendie d'origine indéterminée provoque l'explosion d'un dépôt d'engrais azoté, tuant 15 personnes et en blessant plus de 200.
- En août 2013, à Matias Romero (Mexique), la fuite d'un pipeline d'ammoniaque entraîne l'évacuation de 1 500 personnes et engendre 9 morts et 40 intoxiqués.
- En août 2015, dans le port de TianJin, l'explosion de stocks de produits chimiques entraîne la mort d'environ 200 personnes et en blesse plus de 700. La présence, entre autres, de 700 tonnes de cyanure de sodium laisse également planer une lourde menace environnementale. Les pompiers mettront plusieurs jours pour éteindre les divers incendies.

Les quelques exemples ci-dessus ne représentent qu'un faible échantillon des faits réels. En outre, ils ne prennent pas en compte les innombrables accidents dus à l'industrie pétrochimique (fuites et explosions de gaz ou pétrole...).

De plus, dans certains cas, les effets peuvent se montrer moins « spectaculaires », mais être cependant très pernicious, comme en 2006, en Côte d'Ivoire : le *Probo Koala*, un navire pétrolier sous pavillon panaméen, appartenant à une société

grecque (Trafigura), doté d'un équipage russe et loué par une compagnie helvético-néerlandaise, déverse près de 600 tonnes de déchets toxiques, suite à des « opérations de nettoyage ». Le mélange (pétrole, hydrogène sulfuré, phénol, soude caustique...) est répandu par camions entiers en divers endroits d'Abidjan où, outre les odeurs nauséabondes, il provoque une pollution majeure, affectant la santé des habitants. Pendant une semaine complète, la population souffre de maux variés sans en comprendre l'origine. Au final et selon les chiffres officiels, 17 personnes meurent et entre 40 000 et 75 000 sont intoxiquées.

Bien qu'elle ne reconnût pas les faits, la société Trafigura fut condamnée par le tribunal international des Pays-Bas. Toutefois, en 2007, les poursuites sont abandonnées en échange d'une indemnisation de 185 millions d'euros, dont seul un quart est destiné aux victimes (le reste allant au gouvernement et à diverses entités !)

Dans la suite de cet ouvrage, les risques concernant les explosions et le feu/incendie ne seront pas développés, ce qui permet ainsi de se concentrer sur la partie toxique.

2. La menace chimique

« Je considère la nature comme un vaste laboratoire chimique dans lequel toutes sortes de compositions et de décompositions se forment. »

– Antoine-Laurent de Lavoisier,
Chimiste français (1743-1794)

L'Histoire montre que la menace est réelle et bien présente. Néanmoins, tout n'est pas négatif. En effet, des traités internationaux, comme la Convention d'Interdiction des Armes Chimiques,¹⁸⁰ ont mis un frein sévère à la course à l'armement chimique et ont progressivement interdit l'utilisation des armes non conventionnelles, même en temps de guerre. À ce jour, sur les 197 nations reconnues (y compris la Palestine et le Vatican), seules quatre n'ont pas signé ces accords (Angola, Corée du Nord, Égypte et Soudan du Sud) ; deux autres les ont signés mais ne les ont pas ratifiés (Israël et Birmanie). En outre, la réglementation pour les produits chimiques civils et les sites industriels (Seveso, transport de matières dangereuses, REACH¹⁸¹...) évolue en permanence et tend à intégrer les enseignements des erreurs passées.

Aussi, de nos jours, le risque d'être ciblé par des toxiques chimiques de guerre, comme le sarin ou l'ypérite, est vraisemblablement assez limité, notamment dans les États occidentaux. Bien évidemment, dans un pays en conflit armé ou à proximité de nations en guerre, ce risque devient plus important. La principale

¹⁸⁰ Signée à Paris en 1993, cette convention, ratifiée par les États-Unis et la Russie en 1997, interdit l'utilisation, la mise au point, la fabrication, l'acquisition, le stockage et le transfert des armes chimiques et exige le démantèlement des usines de production.

¹⁸¹ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/REACH,30375.html>

menace d'emploi reste cependant une action terroriste. En ce qui concerne les toxiques industriels, l'accident demeure possible. Bien que les normes aient été durcies et que de nombreux dispositifs soient désormais installés pour en réduire les conséquences, le risque zéro n'existe pas. En outre, la probabilité d'affecter la population existe si l'on considère un acte de malveillance ou terroriste... Pour commencer, essayons donc de comprendre comment un toxique chimique peut agir sur un individu.

Voies de pénétration

L'action d'un toxique en général, et plus particulièrement chimique, dépend de nombreux facteurs, comme la dose reçue, la dangerosité propre au produit, l'état de santé de la cible... Néanmoins, pour que ce composé puisse agir, il lui faut avant tout se trouver en contact ou entrer dans l'organisme. Ainsi, on considère qu'il existe *quatre grandes voies de pénétration* des toxiques chimiques :

1- Voie respiratoire (par inhalation)

Il s'agit de la voie d'entrée la plus fréquente. Les toxiques sous de nombreuses formes (gaz, vapeur, aérosols, certaines fumées) peuvent provoquer des dégâts sur l'ensemble de l'appareil respiratoire. En revanche, les poussières de taille supérieure à un micromètre ne pénétreront pas jusqu'aux alvéoles pulmonaires.

2- Voie orale (par ingestion)

Les phénomènes d'ingestion sont couramment assimilés aux accidents domestiques dans lesquels le sujet absorbe le toxique par la bouche (ex. : boire de l'eau de javel...). Il ne faut cependant pas oublier les cas où, par exemple, les mains contaminées de la personne peuvent également entraîner une intoxication par voie orale (ex. : porter ses mains à la bouche, manger un sandwich...).

3- Voie cutanée

Deux phénomènes peuvent entrer en jeu :

→ Perméation transcutanée : En fonction de leur état (solide, liquide, gazeux) et de leurs propriétés physico-chimiques, certains toxiques ont la capacité de traverser une

peau saine et pénétrer plus profondément dans l'organisme. Cette aptitude varie bien évidemment en fonction de l'épaisseur de la couche cornée, du nombre de follicules pileux, etc.

→ Pénétration par les blessures de la peau (gerçures, coupures, piqûres accidentelles...). Les brûlures fragilisent également la barrière constituée par le derme.

4- Voie oculaire

Les projections et/ou les vapeurs peuvent provoquer des lésions localisées graves (perte temporaire ou définitive de la vue). De même, la pénétration du toxique dans l'organisme en passant par l'œil peut entraîner des effets généraux (normalement plus modérés que par les autres voies).

Remarque : La voie oculaire est parfois rattachée à la voie cutanée.

Types d'intoxication

En fonction de la dose reçue et du produit en cause, *différents types d'intoxication* peuvent survenir :

→ Aiguë ou suraiguë (en général fortes doses)

Cas d'une exposition de courte durée (inférieure à 24 heures) où l'absorption de la substance entraîne rapidement des signes d'intoxication (pouvant aller jusqu'à la mort).

→ Subaiguë (en général faibles doses)

Cas d'une exposition répétée sur plusieurs jours ou plusieurs mois et qui entraîne l'apparition de symptômes.

→ Chronique (en général très faibles doses)

L'exposition au toxique est répétée pendant un temps important (ex. : tout ou partie de la vie d'un individu). Les effets peuvent apparaître après plusieurs années (même si le sujet n'est plus en contact avec le toxique).

Principaux effets

Les troubles provoqués par les toxiques chimiques peuvent aller de la simple sensation de picotements au niveau des yeux ou de la gorge à l'apparition d'effets irréversibles pouvant entraîner la mort. Trois grandes catégories d'atteintes sont généralement considérées :

1/ Les atteintes du système respiratoire :

Les mécanismes mis en œuvre sont très variables, mais ils peuvent tous conduire au même résultat : la mort par asphyxie.

- **Gaz anoxiants**

Ces gaz ne sont pas, à proprement parler, des toxiques, mais ils peuvent provoquer une anoxie par effet de substitution de l'oxygène de l'air. Ex. : azote, dioxyde de carbone, hydrogène...

- **Gaz narcotiques**

Ils peuvent provoquer un effet de narcose (sommeil) évoluant vers un coma profond et une détresse respiratoire. Ex. : vernis, éther, trichloréthylène...

- **Gaz toxiques cellulaires**

Véritables toxiques, ils peuvent altérer le fonctionnement des cellules de certains tissus et organes cibles et conduire à leur asphyxie en agissant sur le transport de l'oxygène (ex. : monoxyde de carbone, arsenic...) ou sur l'utilisation de l'oxygène (ex. : acide cyanhydrique, sulfure d'hydrogène...).

- **Gaz suffocants**

Le plus souvent corrosifs ou caustiques, ces toxiques entraînent une irritation de la trachée et des bronches et peuvent entraîner des lésions du tissu pulmonaire (œdèmes). Ex. : chlore, phosgène, isocyanate de méthyle, ammoniac...

2/ Les atteintes du système nerveux :

Les principaux responsables de ce type de troubles sont les insecticides et les neurotoxiques organophosphorés (NOP), classés comme toxiques de guerre (qui sont en fait des dérivés des insecticides). Ils agissent par inhibition des cholinestérases tissulaires. La sévérité des troubles et leur rapidité d'apparition dépendent de la dose absorbée et de la voie de pénétration. Les effets peuvent survenir de quelques secondes à plusieurs heures après le contact avec l'agent.

Effets mineurs	Effets majeurs
<ul style="list-style-type: none"> - troubles de la vision - céphalées - nausées - vomissements 	<ul style="list-style-type: none"> - hypersécrétions (salivaires, bronchiques...) - mictions involontaires - tremblements et convulsions - perte de conscience - paralysie du système respiratoire - MORT

3/ Les atteintes générales :

Ce type de troubles peut affecter la peau, les yeux, les voies respiratoires, le tube digestif, la moelle osseuse, le système nerveux central... Certains toxiques, comme les vésicants (ypérite, lewisite...) vont provoquer ce genre d'atteintes en agissant par contact sous forme liquide (ils peuvent traverser de nombreuses matières telles que le bois, le cuir, le latex, etc., avant de toucher la peau) ou sous forme vapeur. Les symptômes sont variables en fonction du mode de pénétration du toxique et de la dose absorbée. Les effets peuvent être retardés et n'apparaître que 24 heures plus tard (principalement pour les ypérites).

Organes ou tissus atteints	Effets mineurs	Effets majeurs
Yeux	Picotements, rougeurs, conjonctivite...	Photophobie, œdème, cécité...
Peau	Brûlures, érythèmes...	Vésications, phlyctènes, nécrose...
Voies respiratoires	Inflammation des muqueuses, toux, brûlures...	Œdèmes pulmonaires, hémorragies alvéolaires...

Le toxique provoquera par la suite des effets gastro-intestinaux (nausées, vomissements...), hématopoïétiques (chute des leucocytes...), neurologiques (myosis, tremblement...), etc.

Listes et classifications des toxiques chimiques

La quantité de composés chimiques existants est telle que de nombreuses classifications/listes ont vu le jour. Il est par exemple possible de ranger les différents agents en fonction de leurs caractéristiques chimiques, de leurs effets (vésicant, suffocant...), de leur origine (militaire, civile), de leur disponibilité...

Classification selon les effets

Les toxiques classés en fonction de leurs effets entrent dans deux catégories :

Les toxiques létaux.

- **Les vésicants** sont des composés agressifs qui vont provoquer des brûlures chimiques, des boursouflures, cloques et autres vésicules sur la peau, les muqueuses et les yeux.
- **Les suffocants** sont des gaz toxiques et corrosifs qui portent atteinte aux voies respiratoires, pouvant entraîner un œdème pulmonaire et la mort par asphyxie.
- **Les toxiques généraux** sont des composés qui peuvent entraîner la mort par asphyxie par différents mécanismes, tels que l'empoisonnement des cellules qui deviennent incapables d'utiliser l'oxygène (toxiques cellulaires) ou encore la destruction des globules rouges du sang (toxiques sanguins) ...
- **Les neurotoxiques** sont des composés extrêmement toxiques qui agissent, comme leur nom l'indique, sur le système nerveux. De très faibles quantités suffisent à entraîner la mort. Il s'agit des :
 - **agents de type G** (tabun [GA], sarin [GB], cyclohexylesarin [GF], soman [GD]) qui, à température ambiante, sont à l'état liquide et émettent des vapeurs beaucoup plus denses que l'air.
 - **agents de type V** (VX ou A4) qui sont des composés huileux à faible volatilité. Ils pénètrent essentiellement dans l'organisme en traversant la peau. Le danger vapeur

est faible, sauf en cas de grandes chaleurs ou si l'on vient respirer à proximité immédiate.

Toxiques létaux			
Vésicants	Suffocants	Toxiques généraux	Neurotoxiques
Ypérite soufrée (HD)	Chlore (<i>Cl₂</i>)	Acide cyanhydrique (AC)	Tabun (GA)
Ypérite azotée (HN)	Ammoniac (<i>NH₃</i>)	Chlorure de cyanogène (CK)	Sarin (GB)
Lewisite (L)	Phosgène (PG)	Arsine (SA)	Soman (GD)
	Diphosgène (DP)	Phosphine (<i>PH₃</i>)	VX ou A4

Remarque : Les lettres entre parenthèses représentent soit le code OTAN, soit la formule chimique du composé (italique).

Les toxiques non létaux.

- Les agents neutralisants sont des substances qui provoquent une *incapacité physique* (irritation de la peau, des yeux, des voies respiratoires, vomissements...) temporaire et réversible.
- Les agents incapacitants sont des substances qui provoquent une *incapacité psychique* (trouble du comportement, délire, hallucinations...) temporaire et réversible.

Toxiques non létaux	
Agents neutralisants	Agents incapacitants
CS (substance lacrymogène)	Benzilate de quinuclidinyle (BZ)
Oxime de phosgène (irritant cutané)	LSD
Adamansite (vomitif)	Cannabis ¹⁸²

¹⁸² Les effets neurologiques du cannabis, notamment sur le développement du cortex lors de l'adolescence, sont extrêmement néfastes : <http://sante-medecine.journaldesfemmes.com/faq/7730-cannabis-et-effets-neurologiques>

Liste des toxiques industriels d'importance opérationnelle

Parmi plus de 4 000 toxiques industriels chimiques (TIC's) les plus courants, 21 ont été définis par un groupe trinational (Canada, États-Unis et Royaume-Uni) comme toxiques d'importance opérationnelle, en fonction de :

- la probabilité de rencontrer le produit sur un théâtre d'opérations ;
- la pression de vapeur (danger vapeur) ;
- la toxicité de la substance.

Liste des 21 toxiques d'importance opérationnelle :

1. Chlore	12. Acide sulfurique
2. Formaldéhyde	13. Ammoniac
3. Phosgène	14. Dioxyde de soufre
4. Arsine	15. Oxyde d'éthylène
5. Trichlorure de bore	16. Acide fluorhydrique
6. Trifluorure de bore	17. Trichlorure de phosphore
7. Disulfure de carbone	18. Acide nitrique
8. Diborane (B ₂ H ₆)	19. Bromure d'hydrogène
9. Fluor	20. Acide chlorhydrique
10. Acide cyanhydrique	21. Hexafluorure de tungstène (WF ₆)
11. Sulfure d'hydrogène	

Classification selon la Convention de Paris sur l'Interdiction des Armes Chimiques (CIAC)

(13 janvier 1993, entrée en vigueur le 29 avril 1997)

<u>Produits chimiques et toxines du tableau 1</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Liste des produits chimiques et de leurs précurseurs sans application industrielle civile - Synthèse autorisée uniquement à des fins de recherche médicale ou pharmaceutique et pour des études de protection de personne - Production annuelle limitée à <u>une tonne par pays</u> - Exportation interdite vers les pays n'ayant pas ratifié la CIAC 		
Subdivision A	<u>Agents de guerre chimique</u> Ces produits présentent une forte toxicité ou un important pouvoir incapacitant (neurotoxiques, vésicants)	<ul style="list-style-type: none"> - Sarin - Tabun - Soman - VX - Ypérite au soufre - Ypérite à l'azote - Saxitoxines - Ricine
Subdivision B	Précurseurs au stade technologique final de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> - Difluorure de méthylphosphonyle (DF) - Chloro-sarin - Chloro-soman
<u>Produits chimiques du tableau 2</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Toxiques et précurseurs utilisés en secteur civil en quantités limitées - Produits pouvant être utilisés comme agressifs chimiques de guerre - Installations industrielles soumises à déclaration si leur production annuelle dépasse un certain tonnage 		
Subdivision A et A*	Composés chimiques sans intérêt commercial et pouvant être utilisés à des fins militaires.	<ul style="list-style-type: none"> - Amiton (ou Tetram) - PFIB (pentafluoro-2-trifluorométhylpropène) - Benzylate de quinuclidinyle (BZ)
Subdivision B	Précurseurs du tableau 1 et de la subdivision A du tableau 2.	<ul style="list-style-type: none"> - Trichlorures d'arsenic - Quinuclidine <u>Appellations commerciales :</u> - Amgard - Flovan CGN - Glyezin A - Antiblaze V490 - Aflammit

Produits chimiques du tableau 3

- Produits largement utilisés par l'industrie chimique, mais dont certains pourraient être employés à des fins militaires
- Installations produisant plus de 30 tonnes par an d'une substance du tableau 3

<p align="center">Subdivision A</p>	<p align="center">Anciens agents de guerre chimique aujourd'hui fabriqués en grandes quantités industrielles à des fins non interdites par la CIAC</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Phosgène</i> - <i>Chlorure de cyanogène</i> - <i>Cyanure d'hydrogène</i> - <i>Chloropicrine</i>
<p align="center">Subdivision B</p>	<p align="center">Précurseurs de la synthèse de produits du tableau 1 ou de la partie B du tableau 2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Oxychlorure de phosphore</i> - <i>Trichlorure de phosphore</i> - <i>Pentachlorure de phosphore</i> - <i>Phosphite de triméthyle</i> - <i>Phosphite de triéthyle</i> - <i>Phosphite de diméthyle</i> - <i>Phosphite de diéthyle</i> - <i>Monochlorure de soufre</i> - <i>Dichlorure de soufre</i> - <i>Chlorure de thionyle</i> - <i>Ethyldiéthanolamine</i> - <i>Méthyldiéthanolamine</i> - <i>Triéthanolamine</i>

3. Conclusion

« Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau. »

– Anaxagore, philosophe grec (500–428 av. J.-C.)

La menace chimique est certainement la plus banale de toutes. Quotidiennement, des millions de personnes emploient des produits d'entretien corrosifs ou potentiellement toxiques. Nombre d'enfants ¹⁸³ et même d'adultes en sont d'ailleurs victimes chaque année. Toutefois, lorsque l'on aborde cette menace sous l'angle de l'accident majeur (site Seveso, transport de matières dangereuses) ou d'une action terroriste impliquant des toxiques industriels ou de guerre, la dimension est tout autre : les conséquences peuvent être dramatiques, que ce soit en termes du nombre de victimes ou de l'impact sur l'environnement.

Il est intéressant de noter que contrairement aux menaces biologiques ¹⁸⁴ et radiologiques,¹⁸⁵ un incident chimique est susceptible de provoquer rapidement des symptômes. Par exemple, un agent infectieux nécessitera de quelques jours à quelques semaines pour que la maladie se déclare ; l'exposition ou la contamination par des éléments radiologiques engendrera des effets observables différés dans le temps ; en revanche, l'exposition à un gaz irritant ou un liquide corrosif entraînera une réaction immédiate du sujet.

Cette caractéristique et le fait qu'une substance chimique est

¹⁸³ L'intoxication par absorption de médicaments, produits ménagers ou cosmétiques est la seconde cause d'accidents chez les enfants en France (après les traumatismes, mais devant les brûlures).

¹⁸⁴ À l'exception des toxines

¹⁸⁵ À l'exception d'une dose massive qui peut engendrer des effets.

la plupart du temps visible (contrairement à un agent biologique ou à des radiations) vont généralement permettre à une victime potentielle de se rendre compte qu'un phénomène anormal est en cours. Ainsi, un accident chimique peut souvent être détecté par :

- l'observation de mouvements de foule et de panique, de personnes présentant des symptômes, de cadavres d'animaux, de fuites de liquides, de vapeurs blanches ou de couleurs ;
- l'odorat (la plupart des composés ont une odeur caractéristique. Néanmoins, certains produits sont inodores et d'autres sont tellement toxiques que lorsqu'un individu les sent, il a déjà reçu une dose qui risque de lui être fatale...) ;
- les sensations (picotements, démangeaisons, irritations de la peau, des poumons, des yeux sont autant de signaux d'alarme que le corps prend en compte instinctivement).

Ces éléments se trouvent rarement ou de manière différée lors d'incidents de nature biologique ou radiologique. L'avantage qui en découle est que, dans la plupart des cas qui mettent en jeu un incident chimique, les individus ont la possibilité de réagir... en espérant qu'il ne soit pas trop tard et que leurs choix soient adaptés ! La partie « Évènement NRBC : Comment réagir et se protéger », plus loin dans cet ouvrage, donne des détails sur ce sujet.

!!! Attention !!!

Certains gaz, comme le monoxyde de carbone, sont invisibles et inodores, mais rapidement létaux. D'autres, comme l'hydrogène sulfuré, sont si toxiques qu'une simple bouffée peut mener au coma, puis à la mort. Enfin, certains produits, comme l'ypérite, ne provoquent les premiers symptômes (pouvant entraîner le décès) qu'après un délai de plusieurs dizaines de minutes.

Interview de Serge Walter,¹⁸⁶ professeur en sécurité chimique à l'École nationale supérieure de chimie de Mulhouse et responsable pédagogique du mastère spécialisé CGE en gestion des risques et menaces NRBCE.

Quels sont selon vous les risques chimiques encourus par la population ? Un deuxième Bhopal est-il envisageable aujourd'hui ? Un deuxième TianJin est-il possible en France ?

Dans le cas de Bhopal, l'accident est dû à une suite de dysfonctionnements prévisibles compte tenu de l'état d'entretien de l'installation. Les gaz toxiques auraient pu facilement être détruits à l'émission par leur combustion à la torchère, qui était la dernière barrière à leur émission consécutive à l'emballement d'une réaction de dégradation par hydrolyse en milieu aqueux d'un milieu réactionnel contenant de l'isocyanate de méthyle. Or, la torchère, par manque d'entretien technique, n'a jamais été en mesure de mettre à feu le système d'ignition des gaz toxiques émis. Plusieurs dispositifs de sécurité avaient été prévus pour empêcher les gaz potentiellement toxiques de mener à une situation telle qu'ils dussent être rejetés par la torchère. Mais même dans cette situation ultime, leur combustion à la torchère aurait eu raison de leur toxicité. Mais l'ignorance des opérateurs (entraînant l'incompréhension des événements en cours lors de la phase préliminaire menant au développement de la situation accidentelle), l'absence d'entretien de l'ensemble des installations laissées quasiment à l'abandon tout en continuant d'être exploitées et l'incurie de la direction de l'établissement relativement aux impératifs de sécurité de l'installation ont eu raison du fonctionnement correct de la totalité de ces dispositifs pourtant largement redondants. Le fonctionnement d'un seul d'entre eux eut suffi à empêcher la catastrophe de se produire.

En second lieu, les conditions météorologiques amenant les vapeurs relâchées par la torchère à stagner dans une zone habitée de manière très dense (ceci se passait en Inde) ont été un facteur extrêmement aggravant de cette situation dramatique.

Dans le cas de TianJin, bien qu'il soit difficile de connaître avec précision l'origine et le déroulement de l'amplification du sinistre, il est clair que trois facteurs aggravants majeurs ont contribué au développement des événements vers une situation extrêmement grave. Il s'agit notamment du manque de formation des premiers intervenants sur le site, de leur ignorance de la nature des produits stockés sur le site de l'incendie primaire sur lequel les autorités les ont envoyés en intervention, et surtout

¹⁸⁶ Le Pr. Water développe deux ouvrages sur ces thèmes : *À l'Aube de la Lumière* et *Le Développement Durable... autrement*.

le gigantisme des installations de stockage portuaires sans dimensionnement correct des barrières de protection habituelles destinées à empêcher la propagation du sinistre par effet domino.

Ces deux événements ont chacun une localisation multiple : géographique, temporelle, culturelle et politique. Ces facteurs de localisation sont eux-mêmes reliés à des aspects sociétaux, techniques et économiques.

Ces localisations constituent pour les décrire des facteurs totalement indépendants et très importants dans la genèse de ces catastrophes : ils génèrent des conditions qui engendrent des situations multi variables dont l'évolution relève du comportement des systèmes chaotiques.

Il est important de comprendre ce que cela peut avoir comme conséquences sur la genèse de grands accidents : avec jusqu'à un maximum de trois variables indépendantes agissant sur un système et *suffisantes* pour décrire son comportement, le système reste orientable et son évolution reste prédictible avec certitude. Mais l'apparition d'une variable supplémentaire (la quatrième) génère dans l'espace descriptif du comportement la perte de l'orientabilité : l'espace initialement droit ou gauche devient un espace contenant deux sous-espaces droits et deux sous-espaces gauches faisant coexister des affirmations opposées toutes deux vraies en fonction de la position de l'observateur, la transition s'opérant lorsque l'observateur traverse le plan défini par la variable observée et une autre variable de commande du système.

Ceci peut paraître abstrait tant que l'on n'a pas travaillé avec de tels systèmes complexes. Il n'est pas facile d'admettre que l'on puisse avoir deux réponses opposées à une même question et qu'elles puissent être justes toutes les deux. Pourtant, c'est un fait tellement juste dans les espaces complexes qu'il s'applique avec une rigueur absolue au calcul des trajectoires balistiques d'engins spatiaux pour lequel on ne peut faire de prédictions que dans le cadre d'un modèle à trois corps. Quand on a plus que trois corps à prendre en compte dans un vol vers Jupiter par exemple (comme la Terre, la Lune, le Soleil et Jupiter, mais aussi Mars et Saturne, voire d'autres corps célestes), on prend toujours les trois les plus importants sur un élément de trajectoire. Une fois ce bout de trajectoire déterminé, on le recalcule en intégrant dans ce premier calcul les perturbations induites par les corps d'importance moindre. Si on a de la chance, les calculs itérés convergent et la trajectoire est prévisible. Sinon, en cas de divergence, la trajectoire devient chaotique et imprévisible.

Cela peut paraître très pessimiste dans le cadre de la prévision d'événements accidentels graves, qui relèvent dans leur grande majorité de systèmes à plus de trois variables de commande. Par chance, après la compréhension pessimiste engendrée par la découverte des systèmes chaotiques au milieu des années 80, il a pu être montré à la fin des années 90 que si l'on était en mesure de déceler de façon précoce une déviation de la trajectoire idéale induite par des causes relevant des systèmes chaotiques,

une correction de trajectoire d'autant plus minime que sa mise en œuvre était précoce permettait de ramener le système sur sa trajectoire idéale qu'il croisait ainsi plus ou moins périodiquement avec des écarts suffisamment faibles pour que l'on puisse considérer que la poursuite de cette trajectoire était ainsi corrigée de façon quasi-idéale. (C'est d'ailleurs en appliquant ce procédé que l'on conduit un véhicule automobile, ce qui est un bon exemple du cas général où l'on sait faire les choses avant de comprendre pourquoi il faut opérer ainsi. L'aviation est un autre exemple de ce genre où l'on a su faire voler des corps plus lourds que l'air alors que la physique montrait encore – à tort bien sûr ! – que cela était physiquement impossible... et pourtant, tous les physiciens avaient déjà dû voir que les oiseaux pouvaient voler...).

Mais si la correction de trajectoire n'est pas faite de façon suffisamment précoce, les moyens nécessaires à la correction peuvent devenir tellement prohibitifs qu'elle devient impossible dans le cadre des moyens disponibles pour effectuer la correction de trajectoire requise. La conclusion de ces remarques est par conséquent que si l'on reste vigilant et que l'on remédie aux dérives éventuelles suffisamment tôt, il est possible de piloter le système global avec suffisamment de précision pour éviter les accidents majeurs. Et si on laisse une dérive trop importante s'installer, il existe toujours un point au-delà duquel on ne peut plus éviter la catastrophe majeure. Ce phénomène avait déjà été démontré par N. Semenov en 1928¹⁸⁷ mais est resté longtemps ignoré. C'est un accident dramatique en 1976 faisant 16 morts trois jours avant Noël dans une industrie chimique bâloise en Suisse qui devait le sortir des oubliettes, permettant de réduire le nombre d'accidents chimiques à moins de 3 % de leur fréquence initiale en moins de dix ans.

Pour ce qui est du risque d'accidents chimiques majeurs en France susceptibles d'impacter de façon grave la population, il est *actuellement* relativement faible, mais non nul.

L'accident de Toulouse en 2001, dont je n'aborderai pas les causes ici, est un exemple d'accident de grande envergure qui s'est produit dans notre pays le 21 septembre 2001. Il a fait relativement peu de victimes (une trentaine de décédés) par suite d'un phénomène assez courant associé aux accidents « thermiques » dus à une combustion, un incendie ou une explosion : une forte proportion de produits dégagés par ces phénomènes est à l'état de gaz chauds, qui en raison de leur température élevée, vont rapidement s'élever au-dessus des zones habitées et donc présenter un risque amoindri au niveau du sol pour les populations avoisinantes.

L'accident le plus grave de ce type a eu lieu en 1921 en Allemagne, à la BASF à Ludwigshafen, faisant plus de 500 victimes par explosion de 3 000 tonnes environ de nitrate d'ammonium. Tout comme à Toulouse où

¹⁸⁷ N. N. SEMENOV, *Zur Theorie des Verbrennungsprozesses*, Zeitschrift-fürPhysik, 48, 571-82, 1928.

300 tonnes, soit dix fois moins, ont été concernées par l'explosion, seulement 10 % du produit ont explosé, la réaction de décomposition du nitrate d'ammonium s'arrêtant spontanément dès que le produit perd son confinement après la dispersion qu'il subit par l'explosion des premiers 10 % de matière concernés.

Le 6 août 1947, l'explosion du cargo *Ocean Liberty* dans la rade de Brest ¹⁸⁸, avec 3 200 tonnes de nitrate d'ammonium à bord, a fait 33 morts et plus de 1 000 blessés lourds.

Les accidents les plus graves de ce type sont très rares. Leur gravité dépend de la présence de zones habitées à proximité de l'épicentre du sinistre, mais aussi de conditions (vent, cours d'eau, réseau de distribution de matières alimentaires, circuits de communication tels que rues, tunnels de transport souterrains, etc.) susceptibles de diriger les substances dangereuses vers les zones à forte densité de population.

On ne peut donc exclure totalement en France la survenue d'un accident majeur d'origine chimique, certaines industries devant stocker pour des raisons technico-économiques des quantités importantes de matières inflammables (carburants liquides, liquéfiés ou gazeux notamment, mais aussi gaz et liquides organiques ou minéraux inflammables ou explosifs), toxiques, voire mortelles, (ammoniac, chlore, phosgène...) ou explosives (nitrate d'ammonium en particulier, qui, dans ses applications notamment agricoles, requiert des tonnages importants) afin de pouvoir répondre en permanence à la demande industrielle pour laquelle ces produits sont à la base même de leur maintien d'activité.

Un autre aspect à prendre en compte est le transit par voie ferrée à travers des zones à forte densité de population (périphérie de villes, vallée du Rhône, etc.) de matières transportées dangereuses. Les masses transportées par voie ferrée, même si les déraillements sont rares, rendent néanmoins de telles situations dangereuses et peuvent mettre en grande difficulté les opérations d'intervention des forces de secours. Le transport fluvial peut également présenter des dangers majeurs en raison des quantités susceptibles d'être véhiculées par une seule barge ou péniche, dont les possibilités de collision ne sont pas totalement à exclure. Le danger de telles situations concerne autant le milieu fluvial proprement dit que les abords de la voie fluviale, notamment ceux qui sont situés sous le vent par rapport à la source victime d'un accident ou d'un acte malveillant.

Pour conclure clairement, je dirais que nous ne sommes aucunement à l'abri d'un accident chimique majeur en France, qu'il soit lié à une défaillance survenue au sein d'une entreprise chimique de grande taille ou qu'il soit le résultat d'un accident relatif à un transport de matières dangereuses. Le transport routier met en œuvre des quantités unitaires plus faibles que le rail et a fortiori que le transport fluvial. Un accident fluvial aurait en outre des conséquences sévères de nature environnementale en

¹⁸⁸ Référence à l'explosion du cargo *Ocean Liberty* en 1947.

aval du lieu de l'accident. Quant au transport routier, l'incendie d'un camion de TMD (Transport de Matières Dangereuses) pourrait rapidement dégénérer en un problème majeur sur un parking routier où les véhicules de transport sont souvent garés trop près l'un de l'autre pour empêcher le transfert par effet domino de l'incendie de l'un sur ses voisins immédiats. Il est toutefois peu probable que des conditions voisines de celles de Bhopal puissent être réunies *actuellement* en France, dans la mesure où de nombreuses réglementations permettent d'éviter que ne s'installe dans les installations classées l'incurie relative à la sécurité qui est à l'origine de la gravité de l'accident de Bhopal ou de celui de TianJin.

Le mot « *actuellement* » est extrêmement important : dans un monde où la finance tient lieu de raisonnement, l'espace de manœuvre n'est pas large, et sous prétexte d'« *économies* » au sens large du terme, on tend progressivement à remplacer la rigueur du savoir et de l'intelligence par l'économie comptable, le nivellement des compétences par le bas, et la sécurité par la réglementation. La réglementation est issue de critères ponctuels et de retours d'expérience du passé, avec des objectifs ponctuels. La sécurité est le fruit de l'*anticipation* du comportement de systèmes globaux prenant en compte *l'ensemble du système* dans une vision d'avenir à long terme.

Quels sont les dispositifs de prévention et de réponse à un incident de nature NRBC mis en place par les États, les villes et le monde de l'industrie ?

Les dispositifs de prévention mis en place sont extrêmement différents d'une région du monde à l'autre. C'est sans doute là qu'il faut chercher la raison pour laquelle les risques sont sans doute plus faibles dans les pays européens, et notamment dans ceux de l'ouest de l'Europe, que dans d'autres régions du globe.

Cela n'est pas uniquement dû à des raisons liées au développement technique, mais aussi à des questions géographiques, liées à la dimension du pays, à sa densité de population, à la distribution territoriale de la densité des populations concernées.

Ainsi, en Europe de l'Ouest, la densité de population étant très forte, il en va de même pour la densité des dispositifs de secours (sapeurs-pompiers, police ou gendarmerie, médecins et dispositifs hospitaliers, moyens d'accès routiers et aéroportés, etc.). Cette structure permet d'avoir des réseaux denses de moyens de secours répartis, avec des *temps extrêmement courts de concentration de moyens* en cas de sinistre important. En France par exemple, dans le département du Haut-Rhin, tout point du département peut être joint par les secours de première intervention en moins d'une demi-heure. De plus, tout renfort technique départemental spécifique peut être dépêché sur le site en moins d'une heure, même pour les sites les plus mal desservis en moyens d'accès. Les moyens régionaux et nationaux peuvent être mis en place dans des délais extrêmement brefs,

compris entre une heure et trois heures environ pour l'essentiel, grâce à des services de coordination nationaux tels que le COGIC (Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle de Crise) et bien d'autres en veille permanente 24h/24.

En plus de ces mesures, des inspections périodiques des installations par la DREAL (organisme français de surveillance et de contrôle) permettent d'attirer l'attention des entreprises sur les points de sécurité à améliorer, de les conseiller et le cas échéant pour des manquements graves, de les contraindre à corriger certains défauts de sécurité.

Dans des États tels que les États-Unis d'Amérique ou le Canada, malgré des moyens techniques très performants, la superficie par habitant à couvrir par des moyens de secours est immense, et les distances d'accès sont de ce fait souvent très grandes (près de dix fois plus qu'en Europe de l'Ouest). Ceci est vrai aussi pour les États de l'ancienne Union soviétique, amis avec un environnement technologique et une approche technique de même niveau mais de conception différente : l'approche américaine est celle d'une technologie très pointue, mais souvent plus fragile que celle des pays de l'Est, ces derniers privilégiant des techniques éprouvées et fiables, très robustes faces à des sollicitations imprévues, peu coûteuses à l'exploitation et à l'entretien.

Quant à des pays comme l'Inde ou la Chine, leur grand problème est la densité de leur population ainsi que la dispersion de leur niveau technologique : au sein de l'Inde comme de la Chine, on trouve des populations extrêmement instruites et cultivées dans certaines villes ou régions, d'autres d'une pauvreté extrême, qu'elle soit monétaire ou culturelle, avec, de ce fait, des moyens extrêmement réduits pour faire face à une crise technologique imprévue. Crise d'autant plus probable dans de telles régions que la culture technologique des populations étant très réduite, la mise en œuvre des procédés fait souvent appel à des personnels trop peu formés aux dangers de leur métier, menant progressivement vers une dérive laissant place à la dégradation progressive des barrières de sécurité prévues pour éviter les catastrophes technologiques (ce qui a été le cas de Bhopal) ou encore à une formation insuffisante des primo-intervenants des équipes de secours engagées sur les risques technologiques notamment chimiques, comme cela a été le cas à TianJin, où l'on a eu un arrosage à l'eau de stocks de sodium et la méconnaissance du danger représenté par le dégagement d'acide cyanhydrique mortel par contact conjoint de l'eau et du gaz carbonique (provenant de l'incendie) avec des cyanures notamment alcalins. Quant aux pays africains, les moyens de secours sont tous simplement sous-dimensionnés face aux risques technologiques et les services de secours ne pourront de toute façon que protéger des zones limitées face à l'immensité du territoire à couvrir et à l'ampleur de certaines exploitations minières, gazières ou pétrolières.

L'Europe est donc, face à cela, une région *encore* privilégiée du globe. Toutefois, un danger majeur guette ces pays : les gouvernements actuels,

quels qu'ils soient en Europe, sont plus ou moins dépourvus de conseillers scientifiques et techniques formés en connaissances transversales, qui sont les seuls capables de prendre des décisions raisonnées face à des systèmes multi variables.

Pire, une ignorance généralisée de ce que sont les conditions requises pour qu'une grandeur soit mesurable ont progressivement laissé une erreur fondamentale envahir les esprits des dirigeants de tous les pays : partout, on estime le développement à l'aune monétaire. Or, une mesure ne peut mesurer qu'une grandeur unique (*monodimensionnelle*). La monnaie seule en comporte au moins trois : la masse monétaire disponible (bilan comptable), le flux monétaire qui est une grandeur dérivée de la précédente, et la pertinence de l'action que ce flux commande.

Et tous nos États en sont réduits à des confusions extrêmement graves entre la masse monétaire et la richesse qui sont des grandeurs indépendantes. La monnaie ne vaut rien, elle n'est qu'un moyen d'échange, tout comme en chimie il serait insensé de confondre le catalyseur (la monnaie qui permet les échanges) avec le produit formé dans un réacteur (un bien social) qui est la vraie richesse, utile, que l'on cherche (ou plutôt, *que l'on devrait chercher*) à produire.

Partout en Europe, il n'est question que d'équilibrer des budgets. Quelle erreur ! C'est le budget qui doit être adapté aux actions nécessaires, en aucun cas les actions réduites aux limites du budget. L'argent est une grandeur virtuelle créée par l'homme, et pour l'avoir pris comme variable de commande de son système en lui attribuant une propriété réelle au lieu d'une propriété virtuelle effective, nous sommes en train de laisser l'ignorance scientifique des économistes tuer à une vitesse exponentielle la richesse que l'humanité a mis des décennies, des siècles et des millénaires à construire. Dans cet aveuglement monétaire (et en aucun cas économique), on en arrive à licencier des personnes afin de gonfler artificiellement le bilan financier d'un exercice, dans le seul but de faire grimper la valeur des actions représentant l'entreprise. Cette richesse virtuelle que l'on offre aux actionnaires détourne totalement l'entreprise de son but originel, qui est de produire des biens utiles au fonctionnement global de la société (par ce mot, j'entends bien la société humaine, pas l'entreprise). Quant à l'entreprise, elle perd de ce fait certains de ses membres qui ont tous un savoir-faire propre qui constitue la vraie richesse de l'entreprise, qui est son unicité dans son approche technique d'un problème complexe.

Prenons quelques exemples. J'ai eu l'occasion dans ma vie de me pencher, lors de la naissance de la télévision en couleur, sur les approches de Philips et de Siemens : ces deux entreprises, par rapport au traitement de la luminosité et du contraste, deux approches fondamentalement différentes. Philips proposa deux commandes, l'une en charge de la luminosité globale de l'image (réglage du gris moyen entre le noir total et le blanc maximum), l'autre en charge du contraste (écart entre le noir maximum et le blanc maximum autour du gris moyen). À l'opposé de cette solution,

Siemens avait choisi de remplacer ces deux commandes par deux commandes totalement différentes, mais permettant d'obtenir un réglage équivalent, l'une réglant le niveau de noir, l'autre le niveau de blanc : la luminosité globale s'ajustait en déplaçant ces commandes dans le même sens, le contraste en les déplaçant dans un sens opposé l'une de l'autre. Le temps passant, les tubes à vides ont été remplacés par les transistors, puis les circuits intégrés, mais la technologie des appareils fabriqués par ces deux entreprises resta la même pendant les trois à quatre décennies de la télévision à tube cathodique : un savoir-faire spécifique était implanté dans chacune des entreprises relativement à la philosophie de conception des systèmes qu'elles développaient, et cette philosophie se transmettait de génération en génération par transmission du savoir-faire d'ancien employé à nouvel « apprenti ». Il en était de même de la génération de la très haute tension (THT, 24 000 V) requise pour les tubes cathodiques, que Philips régulait en consommant par une tétrode en court-circuit régulé l'excès de courant non consommé par le tube cathodique pour des images peu lumineuses (en générant au passage des rayons X sur la tétrode), alors que Siemens régulait l'alimentation basse tension du transformateur générateur de la THT, évitant ainsi la génération de rayons X sur la tétrode, cela au prix d'un système de régulation plus difficile à concevoir et à gérer dans son vieillissement.

Ces différences sont tout à fait analogues à celles existant entre un avion conventionnel dont la dérive assure la commande en direction par une commande verticale sur l'empennage, et la commande en profondeur par une commande horizontale (analogue aux niveaux du noir et du blanc ci-dessus), alors qu'un *Fouga Magister*, ancien avion de la Patrouille de France, assure ces deux commandes par un empennage en V (analogue au contrôle par luminosité et contraste ci-dessus).

Ces exemples montrent la pérennité d'une philosophie technique au sein d'une entreprise et l'importance qu'elle peut avoir dans la maîtrise des avantages et des inconvénients des produits issus de celle-ci. Rien n'est pire que la tendance actuelle consistant à tout uniformiser, et à faire disparaître tout ce qui n'est utile que dans des cas précis mais trop peu nombreux *pour être rentable sur le plan comptable*.

Le critère décisionnel permettant de savoir si une chose doit être faite ou non *ne doit pas être un critère comptable, mais un critère d'utilité sociale*. Il ne faut pas prendre une décision en fonction de sa rentabilité monétaire, mais en fonction de sa nécessité sociale. Et c'est parce que l'on a oublié que l'argent était une création humaine, destiné à atteindre un objectif qui était la facilitation des échanges de biens, qu'il est devenu un bien mauvais maître que l'on laisse décider à notre place. En l'érigeant au rang de critère unique de mesure d'un système multidimensionnel, on a oublié que ce seul aspect le rendait non-mesurable, et la Terre entière regarde impuissante comment des économistes autoproclamés et cupides, avides d'un pouvoir matériel et profondément ignorants de la dynamique

des systèmes complexes, nous plongeant dans une décadence programmée et une crise économique sans pareille dont nous n'avons encore vu que la partie émergée de l'iceberg.

Et c'est ainsi que demain, prenant racine dans les économies budgétaires que tous les États essayent de faire dans tous les domaines (enseignement, formation, techniques, moyens de secours et d'intervention, système hospitalier et environnement médical), des accidents comme ceux de Bhopal et de Tianjin, encore peu probables actuellement, risquent également à court ou à moyen terme de menacer gravement nos pays occidentaux.

Le système éducatif est-il adapté à la menace ou aux risques ?

Cette question est très vaste et nécessite l'examen de nombreux aspects. En premier lieu se pose la question de la définition de la (ou des) menace(s) et du (ou des) risque(s). En second lieu se pose la question de la définition du système éducatif. Dans ce système, il faut bien distinguer les deux notions que constituent le savoir et l'éducation. Elles représentent des grandeurs orthogonales (au sens mathématique de ce terme) dans la mesure où l'on peut parfaitement disposer de l'une à un niveau très élevé sans disposer aucunement de l'autre. Autrement dit, l'amélioration de l'une ne présume en rien de l'amélioration de l'autre. Et il est plus que regrettable que ce qu'en France on appelle l'Éducation Nationale soit une institution dont le seul objectif est en définitive l'enseignement d'un savoir. Cet état de choses s'est installé progressivement dans notre pays par le biais d'un flou sémantique entre la notion d'éducation et d'enseignement. Alors que les instituteurs du début du vingtième siècle avaient encore un rôle d'éducateurs très important à jouer, ce rôle leur a été progressivement retiré pour être transféré aux parents. Ces parents se retrouvent aujourd'hui dans bien des cas dans l'incapacité de l'assumer, n'ayant eux-mêmes plus eu de réelle éducation pour des raisons historiques postérieures à 1968.

Pour être bien compris dans les lignes qui suivent, il importe en premier lieu de redéfinir ces deux notions dans leur contexte sémantique.

L'éducation a un rôle essentiellement sociétal : elle a un rôle important à jouer dans le développement comportemental de l'enfant. En donnant à l'enfant sa conscience d'appartenir à des groupes (individu, fratrie, famille, classe à l'école, commune, région, nation, ethnie, humanité ...), elle doit développer chez lui les notions de facultés (des plus élémentaires aux plus élaborées : perception, action, réflexion, interprétation, contextualisation, conceptualisation...), les notions de limites (physiques : corps, affect, mental, mais aussi sociétales, réglementaires et légales), les notions de devoir (contribution physique, relationnelle et intellectuelle au groupe d'appartenance), de liberté, dont les limites imposées par le devoir, et d'in-

tégration autant dans un environnement local (avec ses règles et ses coutumes assurant un fonctionnement harmonieux dans leur domaine d'application spatio-temporel) qu'à une échelle beaucoup plus large dans un système planétaire unique et commun à tous, qui devra prendre en compte la gestion de ressources, certes importantes de la planète, mais limitées et renouvelables à des vitesses propres à chaque ressource.

L'éducation correspond donc à un aspect primordial du système éducatif ayant pour objectif de développer chez l'individu, depuis son enfance, une conscience de la collectivité et de son rôle au sein de celle-ci. La transmission de l'éducation devrait incomber essentiellement aux parents qui, en la transmettant de génération en génération, inculquent ainsi à leurs enfants des bases subliminales de ce que sera leur culture propre, définissant à terme leur comportement sociétal. L'éducation a donc un rôle de développement et de contrôle comportemental des enfants grandissant dans la société qui est la leur et qui les porte depuis leur fragilité infantile jusqu'à leur rôle d'adulte *responsable*, consistant à assurer à terme le développement et la pérennisation de l'humanité sur la planète, avec toute la richesse de sa diversité culturelle pouvant s'exprimer dans le respect de chacun par chacun.

Et c'est dans ce cadre que se place un facteur limitant important qui est le respect de la vie à tous ses niveaux. Actuellement, on a implanté dans les esprits que le savoir acquis était supérieur à l'éducation que nos ancêtres possédaient. Par le développement de l'ignorance que l'on cache sous le masque d'une science et d'une technicité que l'on essaie vainement de faire passer pour toutes-puissantes alors qu'elles ne relèvent que du scientisme qui se limite aux apparences superficielles d'une connaissance scientifique plus que partielle et superficielle, on a peu à peu détrôné l'éducation au profit d'une culture matérialiste qui réduit la vaine mesure du non mesurable à l'aune monétaire de l'argent et du profit.

Parallèlement, on a voulu imposer un message sous-entendant que la liberté est un droit universel total et sans limites, que l'on peut incrémenter par l'instruction matérielle génératrice de richesse monétaire et donc du pouvoir de possession matérielle et de contrainte sur autrui par la privation de richesse monétaire. Hélas, ces simulacres de vérités qui s'insinuent dans les esprits par le rabâchage permanent des médias actuels du cours de la bourse, de la puissance économique des grands groupes, de la dette publique, de la croissance mesurée par des indicateurs monétaires, et du bon choix de décisions politiques fondées sur la seule rentabilité financière, sont absolument indémonstrables parce qu'ils sont fondamentalement faux. Ils n'intègrent aucune donnée sur la mesurabilité des grandeurs, ni sur la dynamique des systèmes complexes. En ignorant des choses fondamentales et en s'appuyant sur des erreurs, de tels axiomes ne peuvent que nous plonger dans la régression et la décadence.

Et toute tentative de démonstration scientifique dans ce sens ne serait qu'une preuve de l'ignorance de la part de son auteur. En effet, dès la présence simultanée de quatre (ou davantage) facteurs indépendants, un système complexe perd son orientabilité droite ou gauche et, de fait, toute assertion devient simultanément vraie et fausse à la fois en fonction du sous-espace dans lequel travaille l'observateur (un tétraèdre tétra-rectangle génère deux sous-espaces constitués de trièdres droits et deux sous-espaces constitués de trièdres gauches dont aucun n'est équivalent à aucun autre, chacun menant à des conclusions différentes, toutes vraies à l'intérieur du trièdre considéré, et différentes ou fausses dans les autres).

Ces notions sont très difficiles à gérer par nos esprits habituellement confrontés à la représentation tridimensionnelle de notre espace physique, menant, grâce à son caractère tridimensionnel et par conséquent orientable, à des certitudes mutuellement exclusives entre l'existence de conclusions justes (en général recherchées par la science) s'opposant à des conclusions fausses (admises comme telles par les mêmes scientifiques).

Pourtant, la vie est pleine d'exemples où des phénomènes opposés sont non contradictoires, mais uniquement valables dans un contexte qu'il est important de préciser et de délimiter, sous peine d'arriver à des conclusions dénuées de sens (au sens étymologique de ce terme, où parler de sens dans un univers non orientable est à proprement parler un non-sens dont beaucoup de nos décideurs sont inconscients par ignorance). Ainsi, en parcourant une droite (une géodésique) sur la Terre (univers de Riemann), on décrit un cercle lorsque l'on a fait le tour de la planète en pensant avoir parcouru une droite. Et un Néozélandais ne marche pas sur la tête bien que son corps soit orienté à l'opposé du nôtre sur la planète.

Ensuite, l'enseignement a un rôle fondamentalement différent : il n'a pas pour rôle de réguler un comportement au sein d'une société, mais d'apporter à un individu des savoirs qui lui permettront d'atteindre des objectifs. Alors que l'éducation incombe essentiellement aux parents, l'enseignement est du ressort du corps enseignant au sens le plus large du terme, allant de l'école primaire, voire maternelle, en passant par le lycée, puis les universités et la recherche, mais aussi par le contact avec des « sachant » que sont les professionnels expérimentés, qui transmettent leur savoir et leur savoir-faire aux plus jeunes qui apprennent à leur contact à prendre leur relève. Ces apprentissages doivent se faire à tous les niveaux et sont extrêmement importants dans la mesure où le système scolaire (appelé souvent à tort « système éducatif » ou « Education Nationale » alors que son rôle est d'enseigner et non d'éduquer, les objectifs de ces deux actions étant fondamentalement différents) doit apporter non seulement un savoir mais surtout un savoir-faire.

Un savoir relie des faits dans des sous-espaces simples (définis par un maximum simultané de trois variables), les autres variables ne pouvant être que des variables à échelle réduite devant les variables de commande principales (toujours au maximum de trois si l'on ne veut pas ouvrir la

porte du comportement chaotique au système que l'on s'apprête à contrôler). Dans ces systèmes simples, une démonstration mathématique est possible, et le vrai s'oppose au faux, ce qui permet d'acquérir des certitudes et de faire des démonstrations. Dans les systèmes plus complexes, décrits par un nombre limité de variables mais supérieur à trois, apparaît une nouvelle logique qui ne permet plus la certitude avec le juste qui s'oppose au faux ni la démonstration qui est un corollaire de cette dualité, mais des aspects qui peuvent être concourants, orthogonaux ou opposés. Toute démonstration devient impossible. Il reste possible d'y poursuivre une trajectoire contrôlée à condition de surveiller de près en permanence son écart par rapport à la trajectoire souhaitée. À condition de connaître en tout point la trajectoire, en fonction des moyens de correction disponibles, l'écart maximal tolérable par rapport à la trajectoire souhaitée permettant encore de ramener la dérive observée à croiser la trajectoire souhaitée (c'est ainsi que l'on conduit une voiture sur une route par exemple), on peut maîtriser l'aspect chaotique du comportement à multi variables. Au-delà de ces limites « rattrapables », on perd le contrôle du système, dont les caractéristiques reprennent celles d'une évolution chaotique déterministe. Enfin, pour un nombre très grand de variables, le système redevient déterministe et donc prévisible par une compensation mutuelle globale des dérives aléatoires individuelles des composantes. De tels systèmes sont décrits par des sciences comme la thermodynamique, l'écoulement des fluides, etc., qui donnent des certitudes sur un comportement global alors que les comportements individuels y sont totalement aléatoires.

Dans les systèmes complexes, le savoir ne peut en aucun cas mener à des certitudes, mais seulement à la compréhension d'aspects locaux, dont toutes les variables non essentielles doivent être fixées pour n'en laisser qu'un maximum de trois qui donneront au système un caractère prévisible. Très souvent, les observateurs font ces choix en oubliant, volontairement ou inconsciemment, les éléments essentiels permettant une description correcte du système avec ses contradictions internes parce que toute autre hypothèse les générerait dans leurs conclusions qui développeraient alors des paradoxes internes. La certitude qu'ils peuvent développer à partir des systèmes simplifiés est à la source de conflits avec d'autres observateurs qui, avec des simplifications similaires mais différentes, arrivent à d'autres conclusions et acquièrent ainsi la certitude d'être dans le vrai (ce qui est exclu dans le paradigme habituel de la logique duale exclusive où le juste et le faux s'opposent), ce qui est juste depuis leur point de vue local mais complètement absurde dans une description holistique du système observé où tous les aspects décrits sont justes à la fois, même dans leurs contradictions apparentes, mais seulement dans des domaines limités que l'observateur doit avoir déterminés au préalable s'il veut pouvoir utiliser son savoir correctement à partir de son point de vue.

Cette prise de conscience est absolument indispensable si l'on veut savoir si le système éducatif est adapté aux menaces ou aux risques. La menace et le risque constituent des aspects d'un système extrêmement complexe qui n'a que des approches locales et très partielles (si ce n'est partiales).

D'un point de vue strictement holistique, il meurt chaque seconde sur la planète environ six personnes, ce qui dans l'absolu représente une mitrailleuse alimentée en permanence tirant nuit et jour six coups par seconde et dont chaque balle atteint mortellement son but, ce qui se traduit par $6 \times 24 \times 3\,600$, soit environ 520 000 morts par jour. Vu sous un autre angle, cela garantirait un niveau de population constant si le rythme des naissances était strictement égal à celui des décès. Comme malheureusement (si l'on peut dire !), il naît chaque jour plus de bébés (ce terme très affectueux est choisi ici volontairement pour renforcer le paradoxe) qu'il n'y a de morts sur la planète, la population mondiale s'accroît en permanence, ce qui fait peser sur notre monde limité une menace majeure... On pourrait donc dire de façon juste que le fait que 520 000 personnes meurent chaque jour est un vrai bonheur... Et que des terroristes qui abattent deux cents personnes contribuent au développement durable, tout comme les accidents de la route qui font chaque jour en France treize victimes (en ne comptant que celles qui décèdent dans les 24 heures qui suivent l'accident...).

En somme, un attentat même grave tue moins qu'un accident d'avion de ligne et on peut se poser dans ce contexte la question de savoir s'il ne vaudrait pas mieux mettre dans la prévention des accidents d'aviation toute l'énergie que l'on met dans la prévention du terrorisme, un crash d'Airbus 380 pouvant tuer d'un coup près de mille personnes en fonction de son taux de remplissage.

Cet exemple montre comment l'analyse de systèmes complexes peut mener à des hérésies si l'on n'extrait pas des sous-ensembles de données de leur contexte global. Cela est dû au caractère non mesurable des grandeurs multidimensionnelles, à l'absence d'unité de mesure pour toutes les grandeurs de nature subjective et à l'absence de relation d'ordre entre les grandeurs descriptives utilisées dont de nombreuses sont orthogonales entre elles au sens mathématique de ce terme, c'est-à-dire caractérisées par l'absence d'effet de la variation de l'une sur la magnitude mesurable de l'autre.

Tout ce préambule pour vous faire comprendre la relativité de ma réponse : le système éducatif est actuellement très loin de prendre en compte l'ampleur du risque.

Il est bon de parler d'éducation, car si celle-ci était faite correctement (auprès des enfants dès leur bas âge), le problème que nous nous posons n'existerait même pas. J'ai quant à moi eu la chance d'avoir des parents qui me posaient clairement mes limites. Et une fessée méritée ne m'a jamais traumatisé. Je suis à présent chercheur dans une université, et donne

des armes par mes cours aux intervenants pompiers, policiers, gendarmes, médecins urgentistes, industriels, militaires qui, au péril de leur vie, combattent avec un courage admirable pour la sécurité de la société civile, des gens manquant totalement d'éducation qui n'ont plus ni foi, ni loi, ni limites. Des leaders qui n'ont pour seul objectif que le pouvoir et la possession sous toutes leurs formes les asservissent à leur insu, par manque d'éducation, par des enseignements faux qu'ils leur assènent sous l'illusion d'une vérité divine tout en doublant cet enseignement d'un savoir suffisant pour qu'ils deviennent extrêmement dangereux pour la population civile.

Nous n'en sommes pas encore tout à fait au stade des missiles sol-air tournés contre l'aviation civile, mais cela ne durera plus. Quant aux armes nucléaires, si nous restons les bras ballants, inévitablement ces gens sans foi ni loi prendront une ville symbole comme cible un jour. La question n'est pas de savoir si oui ou non, mais de savoir quand et où. La dispersion terroriste est telle sur la planète qu'elle constitue une hydre insaisissable qu'il sera extrêmement difficile sinon impossible de combattre militairement avec efficacité, telle une septicémie qui aurait dispersé ses gènes malfaisants dans l'intégralité de l'organisme. Peut-être n'est-il pas trop tard pour l'instant, la gangrène ne s'est pas encore installée partout, mais elle progresse vite, très vite, trop vite, et nul ne connaît le point de non-retour de cette situation.

Le problème de la lutte actuelle, c'est qu'elle combat les feuilles au lieu de prendre le problème à la racine. Les parents actuels de nos enfants, qui sont des enfants issus de parents de mai 68, ont, hélas, pour nombre d'entre eux, subi les conséquences délétères de la maxime « Il est interdit d'interdire » qui est née en ces temps-là. Ces parents, qui s'imaginent à tort que la liberté est de pouvoir n'importe quoi sur quiconque, feraient bien mieux de lire Montaigne dans sa définition de la Liberté : « *La Liberté, c'est de pouvoir toute chose sur soi-même* ». Le dernier vrai président que j'ai connu était Charles de Gaulle, qui nous avait donné après-guerre (je suis né en 53, mon frère en 45) l'exemple de ce que devait être un chef d'État : quelqu'un qui a des projets pour une nation, non à échéance des prochaines élections, mais à échéance de 50 ans, voire un siècle. Cela fut le cas pour le processus de paix avec l'Allemagne au cours duquel Konrad Adenauer, tout aussi grand que de Gaulle, a scellé l'impossible avec lui : faire la paix après les atrocités du dernier conflit mondial, ce qui mettait ainsi un point final aux conflits permanents qui opposaient sans cesse jusqu'alors les populations de part et d'autre du Rhin. Avec cela, il a lancé le programme nucléaire, le programme spatial, le programme de construction des voies de communication routières et ferroviaires et bien d'autres choses sociales et sociétales dont nous profitons encore actuellement et qui continuent à donner à ce petit pays qu'est la France une aura qui rayonne encore (un peu ?) sur le monde entier.

Il nous a aussi fixé les bornes de notre liberté, pour nous assurer une liberté totale : alors que beaucoup de choses étaient interdites pour le bon fonctionnement de la société, tout était possible et nous allions loin, très loin, dans la culture de l'effort et du respect de la liberté d'autrui. La liberté est le fruit du devoir accompli et non le contraire. Dans cette illusion de liberté où les parents n'ont plus le droit de corriger leurs enfants, où tout donne l'illusion d'être permis, nous sommes enfermés totalement dans un carcan réglementaire tellement contraignant qu'il étouffe complètement tous ceux qui pourraient encore faire quelque chose pour sortir notre pays des marais fétides dans lesquels il s'enfonce et perd son âme. Même une chatte gifle son bébé quand il mord trop fortement ses tétons. Un enfant de moins de sept ans possède l'essentiel de ses moyens cognitifs dans son corps physique. Et une fessée n'a pas besoin d'être forte après une transgression pour être claire pour l'enfant. Mais une longue explication théorique sur ce qu'il faudrait faire ou ne pas faire ne le touche absolument pas, parce que sa cognition par l'intellect ne peut se développer chez lui qu'à partir du moment où il dispose d'un arsenal sémantique suffisamment développé pour établir des liens entre des notions abstraites (car intellectuelles) et ses facultés de cognition corporelles liées à ses sens physiques dont il dispose dès sa naissance.

Nous avons ainsi développé des générations qui parlent de droits sans comprendre que les droits sont *uniquement* la conséquence de devoirs accomplis. Et, comme résultat, le respect d'autrui est passé dans les oubliettes, et l'on exige à présent de nos chefs d'État et de nos gouvernements associés qu'ils offrent en pâture à des élèves, qui ne savent plus ce que travailler veut dire, des leurres comme un baccalauréat qui, raboté qu'il est à 80 % de la gaussienne qui le représente, est donné au 80^{ème} sur cent, ce qui dispense ipso facto les bons de travailler puisqu'ils pourront obtenir cet examen sans le moindre effort... Et quand ils arrivent dans notre École de Chimie, si enviée quand j'y suis entré pour la réputation de qualité qu'avaient ses ingénieurs-chimistes dont j'ai encore le bonheur et la fierté de faire partie, ils ont à la sortie de notre école un niveau de connaissances qui ne nous aurait même pas permis d'y entrer. Dans ce pays, je ne peux plus faire mon métier, qui consistait à garantir que nos ingénieurs sortants fassent progresser notre société : les bons sont englués dans la médiocrité des autres et on fait subir à nos jeunes champions techniques un outrage que l'on ne ferait jamais subir à des champions sportifs. Les sportifs, avant d'aller en compétition, sont sévèrement sélectionnés et entraînés à fond dans des équipes où l'on réunit les meilleurs. Dans nos écoles, sous le prétexte fallacieux d'une illusion d'égalité, on n'a plus le droit de faire des classes de niveau. Quelle erreur : les bons ne sont plus poussés aux limites de leurs capacités, les moins forts, qui pourraient faire d'excellents artisans, sont perdus dans des études beaucoup trop théoriques qui font pourrir leur dons et capacités manuels, au lieu de les valoriser pour leur donner l'image lumineuse d'eux-mêmes qu'ils méritent,

souvent en tant que peintres, menuisiers, musiciens, tailleurs, boulangers ou autres, métiers où ils pourraient exceller sans connaissances théoriques et apporter toute leur richesse folle à notre pays. Au lieu de cela, on les coince sur des bancs d'école de plus en plus longtemps, souvent jusqu'à 24 ans, soit plus du quart de leur vie (dans les prévisions les plus optimistes de durée de vie).

Quoi d'étonnant alors qu'ils recherchent un idéal chez des gens qui leur promettent un paradis accessible à travers une ceinture d'explosif ou par la destruction de cette société qui ne leur offre comme vision d'avenir que le néant d'un monde où l'argent, que de toute façon ils n'auront pas, est le seul moteur de décision dans un but plus ou moins clair d'exercice d'un pouvoir dont il donne encore l'illusion...

Avec tout cela, le système éducatif est donc très loin de répondre à la menace ou aux risques. Tout au plus, des palliatifs sont-ils en train de se mettre en place au niveau de la formation des intervenants en situation de crise. Mais cela combat des conséquences, non les causes profondes de la menace et des risques, qui prennent tous deux leur source dans l'ignorance. Quand comprendra-t-on que nos enfants, comme les sportifs de haut niveau, doivent être sélectionnés en fonction de leurs compétences et de leurs passions, pour pouvoir faire d'eux ce dont ils pourront être fiers en se regardant dans une glace, des adultes qui pourront dire autour d'eux : voilà ce que j'ai fait, voilà comment je contribue à faire marcher dans mon domaine la société qui me porte ; j'ai donné le meilleur de moi-même et dans mon domaine personne ne peut prétendre faire mieux que moi ...

Lorsque nous nous serons fixé cela comme objectif, rendre fier de lui chacun de nos concitoyens, tous nos problèmes s'estomperont, qu'ils soient sociétaux, raciaux, religieux ou de quelque autre nature. J'ai grandi dans un environnement multiracial et multiconfessionnel d'une petite ville au nord de Mulhouse en Alsace où cohabitaient dans un plein respect mutuel des gens de toutes origines sociales, nationales, ethniques, culturelles et confessionnelles, qui travaillaient dans les secteurs florissants de l'époque qu'étaient le textile et l'industrie minière de la potasse. Mais tous parlaient le français qu'ils apprenaient rapidement en s'établissant chez nous, beaucoup allant jusqu'à parler le dialecte alsacien local, tout en gardant, mais uniquement au sein de leur groupe d'origine, des habitudes qui leur permettaient de conserver leurs racines. Néanmoins, dans la société globale, ils se fondaient en respectant l'usage local qui permettait une intégration totale sans contrainte pour les anciens autochtones qui les accueillaient avec bienveillance et profitaient tous de la richesse multiculturelle qu'ils apportaient. Nos problèmes sociétaux actuels sont issus d'un excès de liberté qui tue la liberté, et d'un manque de contraintes qui n'engendre que la décrépitude générée par la faiblesse grandissante de notre

société fondée sur l'absence de contrainte qui n'est que le germe de la faiblesse : un explosif n'a de force que lorsqu'il est enfermé... Ceci est un aspect de la physique à méditer...

Alors, en conclusion de ce chapitre, je peux dire que le système éducatif est actuellement, à mon sens, complètement inadapté à la menace et au risque, non seulement parce qu'il est incapable d'y remédier, mais parce qu'il les engendre à la source même que sont l'éducation et l'enseignement de base.

Seuls certains palliatifs sont adaptés pour les traitements d'urgence, mais si l'on ne remédie pas au fond, à la source même, ces palliatifs, aussi puissants soient-ils (armées, unités d'élite, moyens technologiques, formations d'adultes de haut niveau, etc.), ne pourront pas à terme endiguer le tsunami que nos gouvernements mondiaux nous préparent partout par leur faiblesse et/ou leur corruption. Offrir aux populations de toutes origines un vrai avenir dont elles pourront être fières pour l'avoir construit elles-mêmes à la sueur de leur front est le seul moyen de résoudre les problèmes inextricables (dont l'immigration) qui secouent le monde actuel.

Les populations sont-elles suffisamment préparées ?

Ce point sera beaucoup plus bref à traiter que le précédent, car il en découle : si on résout le point précédent, cette question devient caduque.

Toutefois, pour le présent où les aspects précédents ne sont absolument pas résolus, il faut garder en mémoire deux aspects contradictoires : préparer les populations, c'est admettre implicitement qu'elles courent un risque. Or, beaucoup de gens sont incapables, pour des raisons psychologiques, de rester maîtres d'eux-mêmes lorsqu'ils se savent soumis à un risque ou à une menace importante. La panique que cette tension suscite chez ces personnes peut dans certains cas les rendre complètement inaptes à suivre un comportement logique et cohérent, et ceci est encore plus vrai dans un groupe soumis à un stress important lors de la manifestation d'un danger imminent.

La position actuelle des services publics de protection et d'intervention consiste plutôt à mieux porter l'effort de préparation sur les services de protection et d'intervention et à rassurer la foule sur l'efficacité des capacités d'intervention des pouvoirs publics plutôt que de lui confier la responsabilité d'une partie de l'intervention, notamment par le biais d'initiatives de protection individuelle.

Sur ce plan, la Suisse confie plus de responsabilités à ses citoyens que ne le fait la France. Il me semble que les deux choix se défendent, et nous manquons de recul pour savoir si dans un cas générique, l'une des solutions s'avère meilleure que l'autre. L'avenir nous donnera des retours d'expérience. La gestion des foules est très délicate et relève de systèmes chaotiques. Un rien (le comportement d'un seul individu meneur) peut faire basculer une foule vers un comportement incontrôlable tout comme vers un comportement civique raisonné.

Je dirais que mon sentiment est que l'on ne peut pas faire beaucoup mieux que ce qui est fait actuellement dans le contexte de notre société présente.

4. Scénarios

*« Et maintenant ? Nous enterrons les morts
et soignons les vivants. »*

– Sebastião José de Carvalho e Melo, premier
marquis de Pombal, après le tremblement de
terre de Lisbonne, 1755

Gaz toxique

Fiction.

Un large croissant de lune brillait haut dans le ciel, éclairant l'immobile et plate campagne de sa lueur blafarde.

Sur la route menant à la ville, Greg conduisait sa Mégane à vive allure. Depuis cinq ans qu'il travaillait à l'usine de fabrication de PVC, il connaissait le chemin par cœur. Il était trois heures du matin et il venait juste de terminer son poste. Il n'avait qu'une hâte : rentrer chez lui.

S'arrêtant à la première intersection, il attendit en tapant des doigts sur le volant que le feu passe au vert. Bien que pressé, il restait prudent. À cette heure, quelques voitures circulaient encore, principalement des fêtards qui sortaient de boîte de nuit. La ville n'était certes pas une grande métropole, mais ses 50 000 habitants faisaient d'elle la principale attraction de la campagne environnante.

Ayant repris sa route, Greg traversa ensuite avec précaution le pont qui enjambait une rivière au cours paresseux. Les nappes de brouillard qui dérivait lentement pouvaient cacher un éventuel véhicule ou un cycliste. Il serait vraiment dommage d'avoir un accident ou de renverser quelqu'un juste pour gagner quelques secondes.

Une fois le pont franchi, il quitta l'artère principale et s'engagea dans la rue qui montait en pente douce vers son quartier. Après deux minutes, il arriva à destination et gara sa voiture devant la petite maison de brique qu'il avait achetée deux ans plus tôt.

Passant la porte sans faire de bruit, il fila directement vers la cuisine, ouvrit le frigidaire et se servit un jus de fruit. Instinctivement, il saisit sa tablette et s'installa confortablement sur son fauteuil. Il savait que son épouse ne serait pas contente, mais c'était le week-end. Il avait bien mérité ce petit moment de détente.

Après quelques minutes à surfer sur les sites d'information, il commença une partie de son jeu favori. Une heure s'écoula ainsi rapidement sans qu'il la voie passer. Néanmoins, la fatigue l'accablant de plus en plus, il décida finalement de monter se coucher.

Tandis qu'il rangeait son verre dans le lave-vaisselle, il fut surpris par une odeur désagréable et piquante. L'esprit à moitié endormi, il lui fallut un certain moment avant de réaliser qu'il la connaissait. Ce fut alors comme un coup de fouet : il s'agissait de chlore !

Spontanément, il plaça son nez au-dessus de l'évier, puis ouvrit le placard situé dessous. Rien ! Pas de mélange de produits de nettoyage ou autre... Sans perdre de temps, il chercha la source de l'irritante odeur. Il ne lui fallut qu'une dizaine de secondes pour comprendre qu'elle venait de l'extérieur. Comment était-ce possible ?

Soudain, un frisson lui remonta le long de la colonne vertébrale. Se pourrait-il qu'une fuite se soit produite à l'usine de PVC ? Décidé à en avoir le cœur net, il ouvrit la porte et avança d'un pas. Aussitôt, le gaz corrosif le saisit à la gorge. Retournant en arrière, il referma derrière lui et resta quelques instants à tousser et à reprendre son souffle.

Immédiatement, ses pensées se tournèrent vers sa femme et ses deux petits garçons qui dormaient à l'étage. Comment les sortir de ce piège mortel ? Tous les sens en ébullition, il se mit à monter l'escalier menant aux chambres. S'approchant ensuite de son épouse, il la réveilla sans attendre.

« Désolé de te tirer de ton sommeil à cette heure, mais nous avons un gros problème !

– Hein ? De quoi parles-tu ? L'interrogea Lysa, encore à demi-endormie.

– L'air est chargé de chlore à l'extérieur. Certainement une fuite à l'usine de PVC.

– Et alors ? C'est grave ? »

Alors qu'il allait répondre, Greg fut pris d'une quinte de toux. Il réussit à allumer la lampe de chevet, puis se tourna de nouveau vers son épouse.

« C'est grave ? Bien sûr que c'est grave ! Il s'agit d'un gaz mortel ! Des dizaines de milliers de personnes ont péri lors de la Première Guerre mondiale suite à l'utilisation de chlore comme arme chimique ! En outre, il...

– Holà ! Le coupa Lysa. C'est bon, j'ai compris ! Que devons-nous faire ?

– Je ne sais pas encore...

– Eh bien, réfléchis ! Je vais réveiller les enfants, dit-elle en se levant. »

Immuable, Greg la regarda partir. Son esprit semblait fonctionner à toute vitesse et pourtant il était incapable de prendre une décision. Son corps restait tétanisé.

Tout à coup, les sirènes de la ville retentirent. Il se raidit, puis sortit à son tour de la chambre. D'un pas décidé, il se dirigea vers la pièce du bas

L'odeur de chlore était un peu plus forte qu'avant.

Instinctivement, il tira sur son T-shirt pour le placer devant sa bouche, puis fila jusqu'à la fenêtre. De là, il verrait une bonne partie de la ville.

Immédiatement, il repéra sa voiture juste à quelques mètres de l'entrée. Il pourrait sans aucun doute l'atteindre en retenant sa respiration. Ensuite, en passant par derrière, il lui faudrait moins de dix minutes pour quitter l'agglomération et rejoindre l'autoroute. Ça valait le coup de tenter sa chance !

Soudain, il remarqua que la plupart des maisons s'illuminaient. La ville s'éveillait bien malgré elle, d'aucuns réveillés par les sirènes, d'autres par les effets du gaz acide. En outre, la lumière dansante des phares qui commençaient à emplir les rues prouvait que les habitants fuyaient en utilisant leurs véhicules.

Alors qu'il s'apprêtait à quitter son poste d'observation, il aperçut sa voisine sortir de chez elle, avec son petit chien dans les bras. En arrivant au niveau de la porte de son garage, la dame, âgée d'une soixantaine d'années, fut prise d'une forte quinte de toux et

laissa échapper son animal de compagnie. Elle commença à suivre le chihuahua, mais celui-ci s'enfuit à toute vitesse. Désespérée, la femme décida finalement de retourner vers sa voiture. Sans doute la douleur qu'elle ressentait dans les poumons et les yeux lui rappela l'urgence de la situation.

Ne cessant de tousser, elle parvint avec peine à son véhicule et s'y installa tant bien que mal. Lors de sa marche arrière, elle arracha un rétroviseur dans le mur du garage et enfonça son pare-chocs en reculant dans le lampadaire de l'autre côté de la rue.

Greg était sidéré. La pauvre femme avait toutes les difficultés du monde à conduire. Le stress, la douleur ou encore ses yeux irrités étaient très certainement à l'origine de ce comportement irréaliste.

Soudain, l'homme se surprit à crier : « Non ! »

Sa voisine venait de prendre la direction de la rivière. Sans vraiment s'en rendre compte, l'homme avait perçu la brume verdâtre plus épaisse dans cette partie de la ville.

Ce fut comme un électrochoc.

En un instant, les cours suivis à l'usine évoquant les dangers des différents gaz lui revinrent en tête. Il se rappela que le chlore était plus lourd que l'air, que le respirer pouvait provoquer la mort dans d'atroces souffrances... même plusieurs jours après l'exposition.

Il comprit que sa pauvre voisine, dans l'hypothèse où elle parviendrait à quitter la ville, ne survivrait pas.

Tout à coup, sa poitrine se serra. De nouveau, il pensait aux siens.

Pour fuir de sa maison, il devrait traverser la moitié de l'agglomération, mais déjà les nombreux phares montraient que le flux de véhicules s'intensifiait. Cela prendrait du temps pour sortir. Trop de temps ! Sans compter les probables accidents qui risquaient de bloquer complètement la circulation...

Un bruit dans son dos le tira soudain de ses pensées : Lysa descendait les escaliers avec ses deux garçons.

Tout s'éclaircissait désormais dans l'esprit de Greg. Sans perdre la moindre seconde, il se précipita vers eux.

« Remontez à l'étage, cria-t-il.

– Pourquoi ? S'inquiéta Lysa. Nous devons partir. C'est trop dangereux de rester.

– Non, au contraire, prendre la route risquerait de tous nous tuer. »

La femme se figea un instant, les yeux fixés sur son mari.

« Monte dans la chambre, je te dis, insista Greg d'une voix forte. Nous devons mettre de l'adhésif partout où l'air extérieur peut s'infiltrer. »

Lysa était désespérée. Elle ne comprenait pas pourquoi la famille devait demeurer sur place et ne pas fuir le danger mortel qui la menaçait. Elle était persuadée que s'enfermer dans la maison allait tous leur être fatal.

« Nous ne pouvons pas rester ici, hurla-t-elle.

– Tout va bien se passer, répondit l'homme en poussant gentiment mais fermement son épouse et ses deux petits garçons vers le haut. »

Lysa se laissa faire sans résister. Pourtant, au fond d'elle, elle se sentait prête à craquer et à courir vers la voiture. Sans doute, Greg ressentit sa peur panique.

« Je te répète que ça va aller. On va mettre les enfants dans mon bureau. La pièce est grande et sans contact avec l'extérieur. Ensuite, nous poserons de l'adhésif autour des fenêtres et des portes. D'accord ?

– D'accord, répondit Lysa qui semblait reprendre doucement le dessus.

– Allez, mets-leur un dessin animé pendant que je commence. Regarde-les, ils sont effrayés. »

Il ne fallut que quelques instants à Lysa pour démarrer « L'âge de glace » sur la tablette. Rapidement, elle rejoignit son mari et l'aida à terminer d'isoler la maison. Après cinq minutes, Greg souffla de soulagement.

« Ça me paraît bien, lança-t-il. Retourne avec les enfants. Surtout, garde la porte fermée et tente de bien la calfeutrer.

– Et toi ?

– Je vais boucher les aérations de la salle de bain. Je n'en ai pas pour longtemps.

Lorsque Lysa pénétra dans le bureau, ses petits garçons se jetèrent dans ses bras.

– Maman, j'ai peur, dit le plus grand, aussitôt imité par le second.

– Ce n'est rien, mes chéris. Imaginez que nous faisons un jeu ensemble. Toute la famille va rester dans la pièce et le premier qui sort a perdu. D'accord ?

– Papa joue aussi ?

– Oui, on commence dès qu'il revient. En attendant, regardez votre vidéo... »

Lysa plaça de l'adhésif autour de la porte et vint s'asseoir près du bureau. À cet instant seulement, elle réalisa que sa gorge était en feu. Au moins, se reconforta-t-elle, l'air semblait respirable dans la pièce. Les minutes passèrent ainsi, vides et interminables, sans qu'aucun signe de Greg ne trouble le calme ambiant.

Que faisait donc son mari ? L'inquiétude commença à la gagner. Il aurait déjà dû être de retour. Impuissante, elle se leva et fit les cent pas dans le bureau, jetant régulièrement des regards anxieux vers la porte. Cela faisait dix minutes maintenant.

L'angoisse devenait insupportable. Elle se sentait oppressée. Que ferait-elle s'il ne revenait plus ? Peut-être était-il tombé et devait-elle se porter à son secours ? Mais, si c'était plus grave ? Si les gaz avaient eu raison de lui et avaient envahi la maison... Sortir de la pièce permettrait au chlore de pénétrer et les tuerait tous les trois.

Ses doigts ne cessant de bouger nerveusement, Lysa se mit à prier mentalement. Elle ne parvenait pas à arrêter son choix... Au moins, elle et ses enfants restaient à l'abri dans le bureau... mais pour combien de temps ?

Soudain, Lysa s'immobilisa. Elle avait cru percevoir un bruit. Non. Rien ! Excepté la vidéo sur la tablette, le silence se faisait pesant. Finalement, après deux ou trois minutes, elle décida qu'il était temps de jeter un œil dans le couloir. Au moment où elle allait entrouvrir la porte et passer la tête pour crier le nom de Greg, elle entendit des bruits de pas dans les escaliers. Elle laissa échapper un long soupir de soulagement lorsque son mari pénétra dans le bureau. À peine la porte refermée, elle se jeta dans ses bras.

« Mon dieu, tu sens le chlore, lui dit-elle en s'écartant.

– Oui, le gaz s'accumule petit à petit au rez-de-chaussée.

– Que faisais-tu pendant tout ce temps ? J'étais morte d'inquiétude.

– J'ai confiné les pièces du bas et j'ai rapporté deux ou trois trucs à boire et à manger. On ne sait pas combien de temps on va devoir rester isolés. Et, j'ai pris la radio aussi. »

La jeune femme saisit la baguette de pain, les fruits et les trois bouteilles d'eau et guida son mari vers le siège.

« Tu as l'air épuisé.

– Oui, souffla-t-il entre deux quintes de toux. J'ai du mal à respirer.

– Tes yeux sont rougis et pleins de larmes !

– Ce n'est rien, ça va passer, répondit-il tout en grimaçant de douleur.

– Pourquoi fais-tu cette tête alors ? Rétorqua-t-elle d'une voix chargée d'angoisse.

– C'est ma gorge. Elle me brûle. Les poumons aussi...

– OK, arrête de parler dans ce cas. Tiens ! Bois un coup d'eau. »

Lysa regarda Greg, cherchant inconsciemment à évaluer les dégâts. Il paraissait épuisé, comme s'il avait fait un marathon. Se contentant de lui caresser la nuque, elle demeura dans le silence pendant quelques minutes. Toutefois, son esprit ne cessait de se poser quantité de questions. Aussi, elle ne put se retenir plus longtemps.

« Qu'allons-nous faire maintenant ?

– Attendre, laissa échapper Greg d'une voix rauque.

– Combien de temps ?

– Je n'en sais rien. Mais c'est pour cette raison que j'ai rapporté la radio.

– Quel canal devons-nous écouter ?

– Aucune idée. Par chance, on a internet ici. Ça ne devrait donc pas être difficile de trouver des informations. »

Joignant le geste à la parole, il alluma son ordinateur et patienta un instant, attendant que celui-ci soit prêt à fonctionner. Rapidement, il lança quelques recherches, puis après cinq minutes il tomba sur un site gouvernemental qui contenait plusieurs articles sur les risques technologiques. Tout était là. Les alarmes émises par les sirènes, les plans d'intervention et, surtout, les conduites à tenir en cas d'accident industriel...

Il se pencha en arrière sur son siège et souffla de soulagement. Il avait vu juste. Rester confiné semblait être le bon choix. Brusquement, une quinte de toux le fit grimacer de douleur. Il avait vraiment l'impression d'avoir été brûlé de l'intérieur.

Se rappelant qu'un paquet de pastilles pour la gorge se trouvait dans le tiroir, il en avala une en espérant que cela l'apaiserait, au moins pendant quelque temps. Greg saisit ensuite la radio et rechercha la station en question. Lorsqu'il tomba dessus, le commentateur parlait de l'usine de PCV.

« ... l'explosion d'une cuve de chlore. L'origine de cet accident n'est pas encore connue, mais les premiers éléments laissent penser à un court-circuit et à un début d'incendie. Par ailleurs, les autorités annoncent que la situation est désormais sous contrôle. La priorité est bien évidemment donnée à l'intervention et la Cellule d'Intervention Chimique des sapeurs-pompiers est sur place. Il est rappelé que les riverains doivent demeurer chez eux et se confiner du mieux qu'ils le peuvent. Restez à l'écoute, nous vous informerons de toute évolution de la situation... »

Greg se tourna lentement et regarda son épouse et ses deux garçons. Malgré la douleur qui se faisait de plus en plus intense dans sa poitrine, il trouva la force de sourire. Sa famille allait vivre... quant à lui, il n'en savait rien. Les jours à venir seraient décisifs.

« Tiens, je te laisse la place, dit-il doucement à Lysa. Essaie d'écrire un mail à tes parents et aux miens.

– Pas de soucis, je m'en occupe, répondit-elle en regardant son mari s'asseoir dans le fauteuil. Tu as l'air mal en point, tu sais ?

– Oui, mais ce n'est rien, mentit-il. Dès que les autorités donneront le feu vert pour cesser le confinement, on... »

Une nouvelle quinte de toux le coupa dans son élan.

« On filera chez tes parents... reprit-il. Ils pourront garder les enfants pendant que j'irai à l'hôpital.

– Mais, ils habitent à plus d'une heure de chez nous.

– Peut-être, mais au moins le centre hospitalier sera fonctionnel là-bas. Et puis, en passant par les routes secondaires, on ne sera pas obligé de traverser la ville. Je n'ose imaginer le chaos qui doit y régner... »

Il s'arrêta une dizaine de secondes pour reprendre son souffle, puis continua d'une voix basse et rauque.

« Sans compter les véhicules accidentés et les morts visibles sur le chemin et qui pourraient traumatiser les enfants... »

Lysa regarda une fois de plus son mari. Elle avait un mauvais pressentiment. Elle craignait au fond d'elle-même que l'intoxication de Greg soit bien plus grave qu'il n'y paraissait. Les larmes

aux yeux, elle se tourna vers l'ordinateur. Dès qu'elle aurait envoyé ses mails, elle rechercherait des informations sur le chlore et sur les hôpitaux les plus proches...

Les faits.

Des accidents conduisant à des fuites de gaz toxiques sont relativement fréquents dans l'industrie. Même si ceux-ci ne sont généralement pas de l'ampleur décrite ci-dessus, il n'est pas rare que les populations adjacentes soient confinées pendant plusieurs heures, voire plusieurs jours. Les incendies dans un dépôt de produits chimiques peuvent également entraîner des conséquences similaires.

En réalité, la fiction que nous venons de lire se rapproche de l'un des cas les plus dramatiques de notre histoire : celui de Bhopal, où des dizaines de milliers de personnes ont péri. En voici, un court résumé :

Bhopal 1984.

Dans la nuit du 2 au 3 décembre 1984, un incident se déclare dans une usine de fabrication de pesticides appartenant à *Union Carbide Corporation (UCC)*, en périphérie de la ville de Bhopal.

Vers 22 h 30, suite à des opérations de lavages, près de 3 000 litres d'eau pénètrent dans le réservoir contenant plus de 40 000 litres d'isocyanate de méthyle. Il s'ensuit alors une élévation progressive et constante de la pression dans la cuve. À ce moment, plusieurs dispositifs et systèmes de sûreté sont hors d'usage en raison d'économies sur la maintenance. Rapidement, de faibles émanations irritent le personnel de l'usine qui, pourtant, ne porte pas attention à l'incident.

Vers minuit, la pression dans la cuve atteint la limite autorisée... et celle-ci continue de grimper. Une demi-heure plus tard, elle a doublé. Peu de temps après, la soupape de sécurité explose et il se produit alors une fuite importante d'isocyanate de méthyle.

Les consignes étant de ne pas réveiller les responsables durant la nuit et encore moins de prévenir quelque autorité que ce soit, l'alerte n'est donc lancée que tardivement, vers une heure du matin dans l'usine, vers trois heures à Bhopal !

Entre temps et pendant une période approximative de deux heures, 30 à 40 tonnes de gaz hautement toxique se sont répandues dans l'atmosphère. Les émanations plus lourdes que l'air (densité de 1,42) sont poussées vers la ville de Bhopal, dont la périphérie n'est distante que de 5 km.

La population (environ 800 000 personnes) se retrouve réveillée par les premiers symptômes : picotements, brûlures au niveau des yeux et des voies respiratoires... Rapidement, le chaos et la panique s'emparent de la ville. Les habitants ne comprennent pas ce qu'il se passe. Affolés, ils courent dans les rues, favorisant encore plus l'entrée de gaz mortel dans leurs poumons. Effrayés, ils tentent d'échapper à la mort et à cet ennemi invisible qui terrasse les différents membres de leur famille les uns après les autres et fauchent leurs amis ou de simples inconnus par dizaines... les personnes les plus faibles tombent en quelques minutes... le gaz rend aveugle, ce qui ajoute à l'hystérie collective... les cadavres d'enfants jonchent les rues...

Au petit matin, ce sont environ 3 800 corps sans vie qui recouvrent le sol de la ville. Pourtant, le bilan est loin d'être terminé. Dans les trois jours qui suivent, le nombre de décès est porté à 6 500. Près de 10 ans plus tard, il est de 10 000 morts et, 25 ans plus tard, de 25 000 !

Malheureusement, la tragédie ne s'arrête pas là. Les descendants des victimes de Bhopal sont sujets à de terribles maux : les mutations génétiques et les problèmes d'infertilité deviennent récurrents, le taux de malformation à la naissance est sept fois supérieur au reste de l'Inde ; la mortalité infantile a augmenté de 300 % depuis l'accident...

Comme si cela ne suffisait pas, la zone est désormais contaminée. Les composés toxiques continuent de s'infiltrer dans le sol et les nappes phréatiques. L'eau est encore bue par des dizaines de milliers de personnes... Par endroits, des taux de mercure 6 millions de fois supérieurs aux normes ont été relevés... À ce jour, personne ne veut endosser ni la responsabilité ni la charge financière d'un projet de dépollution.

Analyse.

L'exemple précédent est extrême. Les quantités de chlore nécessaires pour aboutir à des concentrations létales dans une ville de 50 000 habitants seraient considérables. Un accident entraînant de telles conséquences est peu plausible dans les pays de l'Europe occidentale, du fait de la redondance des multiples systèmes de sûreté. Néanmoins, la possibilité d'une action terroriste visant à créer le chaos et un nombre élevé de victimes reste envisageable.

Ce scénario a surtout pour but de montrer que, dans la

plupart des cas, le confinement est la meilleure des réactions à adopter. Bien que la fuite soit un réflexe qui vient à l'esprit de tout en chacun, elle apparaît déraisonnable dans les conditions décrites dans la fiction. En fuyant, la dose de gaz inhalé serait très certainement bien plus importante que celle reçue par les riverains qui choisiraient de demeurer chez eux et d'isoler leur habitation. Ainsi, il est probable que Lysa s'inquiète plus que de raison. Greg ressentira des douleurs au niveau des voies respiratoires et nécessitera sans doute des soins, mais ses jours ne sont probablement pas en danger.

Un autre élément joue en faveur du confinement. En effet, la nature chimique de l'incident exacerbe les peurs des personnes impliquées. Peut-être est-ce l'inconscient qui s'imagine les effets des gaz de la Première Guerre mondiale ou le simple fait que le danger ne soit pas réellement visible. Quoi qu'il en soit, la panique est maximale. Celle-ci peut entraîner des accidents de la circulation pouvant bloquer l'itinéraire de fuite et conduire à des comportements irrationnels et souvent violents des individus présents. Se retrouver en famille au milieu d'un tel chaos peut se relever encore plus périlleux que le danger que l'on cherche à fuir...

Néanmoins, les choses ne sont pas toujours aussi simples et de nombreux facteurs peuvent avoir une influence sur le confinement. En premier lieu, les constructions disponibles dans les pays européens ou d'Amérique du Nord sont d'une tout autre facture que dans les pays en voie de développement (cas de l'Inde en 1984). Il est beaucoup plus aisé de calfeutrer des maisons ou des appartements qui sont, à la base, bien cloisonnés que de faire de même avec une masure qui, la plupart du temps, ne dispose pas de fenêtres à toutes ses ouvertures. Le climat est également un élément déterminant, car les habitations sujettes à des conditions atmosphériques rigoureuses seront mieux isolées de l'extérieur.

La période pendant laquelle se déroule l'incident chimique a aussi son importance. En été, les gens ont tendance à dormir les fenêtres ouvertes. Pendant la saison froide, c'est généralement le contraire. Le jour, le vent est habituellement plus fort que pendant

la nuit et tend donc à disperser plus rapidement le nuage toxique. En poussant la réflexion un peu plus loin, une inversion de la température, par exemple, peut constituer un « plafond » qui empêchera le gaz de monter plus haut dans l'atmosphère...

Enfin, les caractéristiques de la substance elle-même sont importantes. Si le gaz est plus léger que l'air, il se dissipera facilement. En revanche, plus il est lourd, plus il aura tendance à combler les trous. Dans ce cas, évidemment, il est plus judicieux de s'enfermer à l'étage plutôt qu'à la cave...

Pour conclure, il est à noter que, dans la majeure partie des pays dits « développés », le système d'alerte est généralement efficace (utilisation des sirènes, haut-parleurs sur véhicules des forces de l'ordre ou des pompiers...). En outre, dans les zones à risque, les consignes et conduites à tenir sont distribuées à la population.

Guerre chimique

Fiction.

Le colonel Cialdini scruta sa montre avec attention. Le moment approchait. Tournant lentement sur lui-même, il regarda le sombre paysage à peine éclairé par le quartier de lune encore haut dans le ciel. Ce jour-là, il n'y avait pas de vent, ni brouillard, ce qui était rare en Lombardie.

Malgré sa combinaison NRBC, il sentait que l'air était frais. Sans doute était-il resté trop longtemps sans bouger. Levant la tête, il respira profondément, faisant siffler sa cartouche filtrante. Dans quelques heures, ce serait l'aube, et la lueur naissante du soleil de novembre illuminerait peu à peu la plaine, déchirant le voile d'obscurité.

C'était étrange de contempler une ville sans lumière. Il ne parvenait pas à s'y faire. Pourtant, depuis le début de la Crise du Millénaire, comme les médias l'appelaient, et la guerre qui avait suivi, c'était devenu chose courante. Seuls les phares tamisés des rares voitures encore capables de circuler brisaient la noirceur de la nuit, laissant entrevoir un ballet d'ombres affairées autour d'eux.

Une nouvelle fois, l'homme souffla, puis se dirigea vers son véhicule blindé de commandement. À peine à l'intérieur, il retira son masque et ouvrit le haut de sa tenue. D'un rapide coup d'œil, il constata que les données transmises par les unités de reconnaissance et par les drones continuaient d'affluer. De partout, la carte électronique scintillait.

Commandant du 9^e régiment d'artillerie « Rovigo » de l'armée italienne, le colonel Cialdini avait déployé ses trois batteries de quatre obusiers blindés M109L en arc de cercle, dans un terrain vague, dans la banlieue nord de Milan. Chaque canon avait une cadence maximale de six obus de 155 mm par minute et une portée de 18 kilomètres.

Soudain, la radio crépita. La compagnie d'infanterie du capitaine Rossi, affectée à la protection du site, venait au rapport. La veille, avec ses hommes, il avait fouillé toutes les maisons à proximité et sécurisé la zone.

Lorsque l'opérateur lui annonça que tout était normal, le colonel hochait simplement la tête d'un air pensif. Il ne pouvait permettre que le moindre tireur embusqué s'approche, et encore moins une équipe antichars ennemie, armée de ses redoutables lance-roquettes RPG-29... Non, il ne pouvait en aucun cas courir ce risque... pas avec le chargement qu'il transportait.

En examinant la carte électronique, l'officier effectua mentalement quelques calculs. Semblant satisfait, il ouvrit alors sa thermos et se servit un café tout en jetant un regard par le hublot.

Ses hommes, équipés de combinaisons NRBC, manipulaient avec précaution de lourds obus renfermant le plus mortel des agents, le VX. Ces munitions chimiques provenaient des immenses stocks que l'armée US avait abandonnés sur place, près d'Aviano, lors de son retrait d'Europe.

Le colonel Cialdini serra les dents. Sans ces tenues protectrices, s'il y avait une fuite sur un obus défectueux ou si une mauvaise manœuvre provoquait un accident, ce serait la fin de son unité. Pourtant, malgré l'inconfort de leur combinaison, la difficulté à respirer, la buée dans leur masque et la dangerosité de l'opération, pas un de ses soldats ne se plaignait. Tous comprenaient parfaitement la gravité de la situation.

Dix ans auparavant, les populations européennes avaient bien tenté de ne pas s'impliquer dans la guerre opposant les États-Unis

à la Chine et la Russie, mais les dirigeants du vieux continent ne l'avaient pas entendu de cette oreille...

Aujourd'hui, toutes les grandes puissances d'antan s'étaient effondrées. Il n'y avait pas eu de gagnants, seulement des perdants. Le chaos régnait désormais sans partage sur toutes les nations du globe. Les populations ne vivaient plus, elles se contentaient de survivre. Les rares forces encore actives, vestiges d'un ordre ou d'une quelconque autorité, essayaient de se rassembler pour faire front. Son unité faisait partie de celles-ci. Regroupées autour d'un gouvernement de fortune, elles faisaient de leur mieux pour sauver ce qui pouvait encore l'être. Elles s'employaient à restaurer la paix par tous les moyens, y compris les plus fourbes, comme il s'apprétaient à le faire...

L'homme secoua la tête. Dieu qu'il aurait aimé que tout ceci ne soit qu'un cauchemar ! Un sourire pincé sur les lèvres, il regarda une seconde fois sa montre, puis posa ses mains contre l'acier froid du blindé. De fines gouttes de sueur perlaient sur son front. Le moment approchait.

Malgré le dégoût que lui inspirait la méthode employée, il savait au fond de lui qu'il n'avait pas le choix. Le nouveau gouvernement reposait sur des bases si frêles qu'il ne pouvait se permettre le moindre échec, ni même de perdre les vies précieuses de ses soldats.

En vérité, les obus chargés de VX seraient très utiles pour se débarrasser définitivement des insurgés du quartier de Sesto San Giovanni, appelé depuis les années 2020 « Sestostan ». Enfin, « insurgés » était un grand mot. Il s'agissait plutôt de regroupements de terroristes ou autres extrémistes, uniquement motivés par la recherche du pouvoir. Ils appliquaient leurs propres règles et contrôlaient les populations par la peur, en commettant crimes et horreurs sur la place publique.

L'état-major n'avait pas les moyens d'envoyer des unités d'infanterie dans cet enfer urbain. Trop coûteux en temps et en vies. L'exemple français dans les banlieues de Paris était encore frais dans les mémoires. Des mois de combats, des centaines de morts dans chaque camp pour un résultat décevant.

Plus tôt, en juillet, le nouveau gouvernement italien avait lancé l'opération « Recovery ». La reprise de Turin s'était faite dans un bain de sang. Maintenant, c'était au tour de Milan.

L'officier supérieur soupira. Le 9^e régiment d'artillerie allait passer à l'action. Il bombarderait le bastion tenu par l'ennemi avec des obus chimiques, tandis que l'infanterie encerclerait le quartier. Le VX ferait son office, il n'avait aucun doute sur cela.

Il s'agissait d'une guerre sans merci contre les groupes terroristes. Pas de place pour une quelconque négociation. Désormais, il fallait éliminer les insurgés, radicalement.

Une dernière fois, le colonel Cialdini reprit ses calculs et vérifia les coordonnées. Il savait que la cadence de ses hommes ne serait pas optimale : trois tirs par minute en moyenne pour chaque obusier, soit un total de 36 obus par minute. C'était toutefois plus que suffisant pour la forteresse ennemie et le voisinage.

Sentant l'anxiété le gagner, il regarda de nouveau sa montre. H moins cinq minutes.

Dehors, les officiers lançaient les derniers ordres. Les hommes tenaient déjà leur position. Tout était prêt pour un déluge de mort.

Le colonel se racla la gorge, puis saisit sa radio. Dans un instant, il allait déclencher une pluie funeste sur le bastion ennemi. Dans un instant, il allait enfreindre tous ses principes, violer les Accords de Genève et la Convention d'Interdiction des Armes Chimiques...

La grande aiguille de sa montre bascula et vint se poser devant le chiffre 12. La montre indiquait 6 h précises. L'officier commandant le régiment appuya sur le contacteur de sa radio, puis lança son ordre préparatoire. Enfin, d'une voix calme et froide, il déclencha le tir.

Dans un vacarme assourdissant, les unités d'artillerie entrèrent en action. Leur grondement régulier rythma le temps pendant les 30 minutes qui suivirent. Puis, ce fut le silence.

Le colonel déglutit difficilement. C'était fait ! Il venait d'employer des armes chimiques sur le bastion terroriste, sur son propre territoire, en Italie...

Il savait qu'en ce moment même des combattants ennemis se roulaient par terre, incapables de coordonner le moindre de leur mouvement, les membres tremblants et la bouche déversant de la salive à n'en plus finir... Le neurotoxique ne pardonnerait pas et seule la mort mettrait un terme à leurs souffrances...

Une longue expiration. Une de plus.

L'homme savait également que, désormais, son nom serait lié à l'attaque de ce matin. Comment les gens l'appelleraient-ils ? Le sauveur ou le bourreau ?

Pendant l'heure qui suivit, il ne parla que très peu, se contentant de donner des ordres courts et succincts, perdu dans ses pensées. Plus d'un millier d'obus venait d'être tiré. Les simulations prévoyaient 95 % de perte chez l'ennemi. Qu'en serait-il dans la réalité ?

Commença alors la longue attente. Les forces gouvernementales n'avaient qu'à patienter avant de donner l'assaut. Les vapeurs et les gouttelettes de VX allaient faire le travail à leur place. Les malheureux en contact avec le neurotoxique allaient tomber comme des mouches. Pour ceux qui n'avaient reçu que de faibles doses ou qui pensaient être protégés par leurs vêtements et leurs chaussures, il faudrait quelques dizaines de minutes de plus, le temps que le toxique de guerre traverse le caoutchouc ou tout autre matériau. Néanmoins, le résultat serait le même. Quand les victimes se rendraient compte des premiers symptômes, il serait déjà trop tard.

Tempérant tant bien que mal son impatience, le colonel attendit dans le véhicule de commandement les informations des unités d'observation et de combat. Vers 15 heures, des tirs sporadiques d'armes automatiques brisèrent le silence. Les troupes de reconnaissances investirent la forteresse ennemie et tout le quartier adjacent, soit une zone d'environ deux kilomètres de diamètre.

Enfin, en début de soirée, les premiers rapports tombèrent, d'abord succincts, puis plus précis. Il ne restait que quelques rares poches de résistance au sein même du bastion des insurgés. Les forces gouvernementales avaient repris le contrôle du quartier.

L'objectif était atteint. Le colonel Cialdini ne savait pas s'il devait s'en réjouir ou en pleurer. D'un point de vue militaire, l'opération était un franc succès. D'un point de vue humain, il comprenait que nombre d'innocents avaient été sacrifiés.

Deux jours plus tard, les rapports complets tombèrent. Le nombre officiel de victimes s'élevait à 7 832. Sans doute bien plus. Environ la moitié de celles-ci venaient de la population locale maintenue en esclavage ou supportant les forces « insurgées ». Jamais il ne connaîtrait les proportions de chacune d'entre elles. Quant aux groupes armés, ils étaient purement et simplement

anéantis. Aucun des chefs des différents clans n'avait survécu au neurotoxique.

Dans les jours qui suivraient, les troupes gouvernementales effectueraient des reconnaissances plus poussées. Il faudrait fouiller les caves, les greniers et les égouts pour s'assurer qu'il n'y avait pas de survivants ou de combattants ayant échappé au gaz. Ensuite, commencerait la lourde tâche de décontamination, à moins que cette partie de la ville ne soit simplement abandonnée. De toute manière, ce serait le rôle d'une autre unité, des spécialistes du génie de la République Sociale italienne.

Soudain, un bruit de moteurs sortit le colonel de ses pensées. Des camions-citernes venaient ravitailler le 9^e régiment en fioul, denrée des plus précieuses dans la période actuelle. Instinctivement, il comprit que le gouvernement avait pris connaissance du succès militaire de l'opération.

Avec un goût amer dans la bouche, il quitta son poste de commandement et avança vers l'officier d'état-major qui venait d'arriver. Les nouveaux ordres étaient là, il le savait. Son unité allait se remettre en route pour une mission similaire. Il restait tant d'enclaves aux mains « d'insurgés » ! Quelle serait la prochaine ville ciblée ? Tout le nord de l'Italie avait besoin d'être sécurisé. Par la suite, il faudrait certainement pousser vers le Sud pour prêter main forte aux républiques de Naples, de Lecce, voire de Sicile...

Les faits

Bien évidemment, ce récit censé se dérouler dans un futur plus ou moins lointain et apocalyptique relève de la fiction. Néanmoins, la question suivante peut se poser : dans un monde en pleine déliquescence exigeant des autorités qu'elles rétablissent l'ordre par tous les moyens, ces dernières emploieraient-elles des armes non-conventionnelles, comme les obus chimiques, les agents biologiques ou encore la bombe atomique ?

L'Histoire ne regorge-t-elle pas d'exemples en tout genre ?

Rien que du point de vue chimique, les Grecs n'ont-ils pas utilisé des fumées toxiques à Sphactérie et les Romains à Ambrasia ? Les Français et les Allemands, du phosgène, du gaz moutarde et bien d'autres toxiques pendant la Première Guerre mondiale ? Les Égyptiens du gaz moutarde et du phosgène lors de

la guerre du Yémen ? Les États-Unis, l'agent orange au Vietnam et la bombe atomique contre le Japon ? L'Irak, les gaz moutarde et sarin contre l'Iran et les populations kurdes ?

Les exemples foisonnent. Depuis la nuit des temps, les guerres ont entraîné la mort de centaines de millions de personnes. On a tué à l'épée, à l'arc, au fusil, à l'artillerie, avec des bombardements, militaires comme civils...

Des règles et des conventions ¹⁸⁹ ont vu le jour dans le but de rendre ces conflits « propres ». Parfois, on a même inventé de nouvelles dénominations, comme les « frappes chirurgicales », pour créer l'illusion que la guerre n'était pas un massacre. Mais, en réalité, quelle différence y a-t-il vraiment entre occire des gens en les transperçant ou en les déchiquetant plutôt qu'en les asphyxiant ? La mort est au rendez-vous dans tous les cas, mais c'est principalement la composante psychologique qui entre en jeu.

Lorsque l'on sait que la plupart des conflits sont accompagnés d'atrocités telles que viols, meurtres, génocides, camps de concentration... Que ferait un futur vaincu s'il n'avait plus rien à perdre ? Comment réagirait-il s'il avait le choix entre une mort certaine et l'espoir d'anéantir son ennemi en utilisant des armes « interdites » ?

En outre, même si nombre d'États se montrent respectueux des différentes conventions, certaines nations, groupes terroristes, ou encore leaders sans scrupules, se moquent de ces traités. Le principal frein à l'emploi de ces substances est la peur de sanctions immédiates, comme une intervention militaire de la Communauté internationale. Si, en revanche, les puissants étaient occupés à se chamailler entre eux, il ne serait pas impossible que certains en profitent pour « régler » des conflits internes ou avec leur voisin en employant des armes non-conventionnelles.

Il est également intéressant de noter que l'utilisation d'agents chimiques ne conduit pas à des faits d'armes héroïques. Il

¹⁸⁹ Dès 1925, le Protocole concernant la prohibition d'emploi à la guerre de gaz asphyxiants, toxiques ou similaires et de moyens bactériologiques (aussi appelé Protocole de Genève) est signé. Il entrera en vigueur en 1928.

n'y a pas réellement de combats. Pour ceux qui ne sont pas protégés, la fin est inéluctable : forts ou faibles périront dans d'atroces souffrances, décimés par un ennemi invisible. La réalité est ainsi quelque peu différente des mises en scène d'Hollywood présentant des attaques chimiques spectaculaires et accumulant tous les stéréotypes du genre : des dictateurs sanguinaires ou des terroristes sans pitié ; des missiles remplis de gaz redoutables et aux noms exotiques, provoquant de terribles explosions ; des déploiements impressionnants de l'armée débarquant en sauveur ; des décisions courageuses de la part d'hommes politiques charismatiques ; de vaillants groupes de survivants essayant de quitter la ville, vaille que vaille, malgré leurs blessures et leurs drames personnels poignants...

La réalité est plus prosaïque : les agents chimiques sont conçus pour immobiliser, ralentir, blesser ou tuer rapidement l'ennemi. Après le passage des plus mortels d'entre eux, il ne règne plus que le silence, puisqu'ils éliminent toute vie animale au sens large du terme... C'est pourquoi ils appartiennent à la catégorie des armes de destruction massive : utilisés dans des conditions idéales, ils peuvent affecter des milliers d'individus en l'espace de quelques minutes.

Il faut admettre que l'Homme a investi beaucoup de temps et d'argent dans des programmes de recherche pour arriver à ce résultat. Ainsi, les armes chimiques modernes n'ont cessé d'être améliorées. Les plus récentes d'entre elles possèdent une létalité bien supérieure à celles utilisées auparavant, même lors de la Première Guerre mondiale. De ce fait, une quantité bien plus faible de produits est nécessaire pour obtenir des effets identiques, voire plus rapides ou plus mortels. Par exemple, quelques gouttes de VX, déposées sur la peau, peuvent tuer un individu en moins d'une minute.

Sur un champ de bataille moderne, les armes chimiques peuvent être employées à l'aide de différents vecteurs. Il peut s'agir d'épandages par avions, de simples roquettes ou de puissants missiles balistiques dont l'ogive a été chargée d'agents chimiques,

de bombardements aériens ou, encore, comme c'est le cas dans cette fiction, de tirs d'artillerie.

La manipulation de telles armes et munitions nécessite, bien évidemment, des personnels spécialisés. Ceux-ci sont équipés de tenues de protection NRBC qui les ralentissent et rendent leurs tâches plus épuisantes. Si des opérations de ce type devaient se produire, les soldats auraient à acheminer les armes chimiques depuis des entrepôts spéciaux jusqu'aux champs de bataille ou, tout au moins, jusqu'aux vecteurs de lancement (avions, missiles, pièces d'artillerie, etc.).

Ces manipulations, potentiellement très dangereuses, pourraient engendrer des conséquences désastreuses en cas d'erreurs ou d'accidents. Elles nécessitent donc une préparation longue et réfléchie. Aussi, décider d'utiliser de telles munitions signifie disposer d'un soutien logistique adapté et de personnels entraînés et équipés.

De nos jours, les soldats des armées modernes sont dotés de masques à gaz perfectionnés et de tenues de protection complète. Dès qu'une menace chimique est pressentie, des unités spécialisées peuvent également être déployées. Ces dernières possèdent des matériels supplémentaires, comme des chaînes de décontamination, des moyens de détection, des équipes de reconnaissance NRBC, etc. En outre, certains véhicules militaires sont équipés de systèmes de filtration et disposent d'une surpression à l'intérieur de l'habitacle empêchant l'air et les éventuels toxiques de pénétrer. L'équipage et les soldats transportés sont donc à l'abri. Cette protection est très efficace, mais reste coûteuse et encombrante.

D'un point de vue militaire (on exclut le simple massacre de populations civiles), l'usage d'armes chimiques s'entendrait principalement pour les types d'actions suivants :

1. Des attaques sur des positions ciblées donnant un avantage tactique à court ou moyen terme en fonction de la persistance de l'agent. Par exemple, en paralysant un centre de communication, en rendant inopérant un aéroport, etc.

2. Des attaques sur des troupes non équipées ou non préparées. Ce type d'action serait d'une rare efficacité et engendrerait un sentiment d'effroi parmi les survivants.
3. Pour protéger un site crucial ou favoriser un retrait stratégique. Il s'agit, cette fois, de contaminer volontairement une zone avec des agents persistants. L'ennemi ne pourrait poursuivre son offensive, si ce n'est en s'équipant avec des tenues de protection NRBC, qui rendraient sa tâche plus difficile. Il devrait, en outre, prévoir des chaînes de décontamination sous peine de perdre une partie de ses combattants et de ses matériels.

Dans le cas d'une opération comme celle décrite dans le scénario, une attaque sur des forces « rebelles » mélangées à la population civile aurait des conséquences dramatiques. En effet, les civils ne disposent d'aucun moyen de protection. Les agents chimiques de guerre peuvent traverser les vêtements, la semelle des chaussures et même la plupart des matériaux comme le bois ou le caoutchouc. En outre, le citoyen lambda n'étant pas formé pour réagir à ce type de menace, le résultat serait un véritable massacre.

Remarque : Lors de la première Guerre du Golfe en 1991, la population israélienne craignait une attaque au gaz sarin qui pouvait théoriquement être chargé dans les têtes des missiles *Scud* irakiens. Les autorités israéliennes savaient que le risque était improbable et que l'agent susceptible d'être employé pouvait traverser la peau et tuer malgré la protection respiratoire. Néanmoins, elles ont distribué des masques à gaz. Cette action eut pour effet de rassurer la population et de maintenir son moral élevé, élément clé à ne pas négliger en cas de conflit.

Analyse :

Dans le scénario de fiction précédent, le monde est tombé dans le chaos le plus total. Les forces régulières tentent de reprendre la main et de rétablir un semblant de structure étatique. La situation est si catastrophique que le nouveau gouvernement se doit de frapper vite et fort, tout en s'assurant un minimum de pertes.

Dans ce contexte de guerre civile, il est fort probable que les

différentes fractions, ethnies ou groupe religieux pouvant se constituer, se portent réciproquement une haine farouche (et parfois justifiée). Si l'on écarte l'aspect moral, l'utilisation d'armes chimiques remplit donc les critères recherchés que sont *efficacité* et *rapidité*. Une bataille de rues, très chère en vie humaine, peut ainsi être évitée. En revanche, le coût parmi la population risque d'être élevé. Parvenir à de telles extrémités nécessiterait assurément de réunir un ensemble de conditions, comme celles citées précédemment, à savoir :

- ⇒ un contexte international chaotique ;
- ⇒ l'absence de gouvernement officiel ;
- ⇒ la volonté d'agir par tous les moyens ;
- ⇒ des groupes ciblés, connus pour leurs excès et commettant des atrocités.

Dans cette fiction, le produit employé est le VX. Il s'agit de l'un des plus puissants toxiques créés par l'Homme pour tuer ses semblables. Une seule goutte sur la peau entraîne la mort dans d'affreuses souffrances. De même, l'inhalation de quelques vapeurs conduit à un résultat identique. Le VX est un composé présent sous forme liquide dans les conditions normales de pression et de température. Il entre en ébullition autour de 300 degrés Celsius. Le nombre de victimes évoqué dans le récit est, bien évidemment, sujet à discussion. Tant de paramètres entrent en compte qu'il est difficile de produire une estimation fiable, notamment lorsque toutes les données ne sont pas connues. Voici une liste non exhaustive de facteurs influant sur l'efficacité d'une attaque chimique :

- ⇒ le nombre de personnes susceptibles d'être affectées ;
- ⇒ la qualité des populations cibles (civils, militaires) et leurs éventuels moyens de protection ;
- ⇒ la configuration des lieux (vallées, sommet, etc.) ;
- ⇒ la nature de la zone ciblée (bâtiments, grottes, forts...) ;
- ⇒ la surface ciblée ;
- ⇒ les conditions climatiques (température, direction et force du vent, pluie, etc.) ;

- ⇒ la quantité d'agents chimiques déversée (fonction du nombre d'obus et de leur contenu) ;
- ⇒ la capacité des victimes potentielles à fuir.

Dans notre scénario, les obus contiennent du VX. Ils ne sont donc pas trop chargés en explosif afin de ne pas détruire l'agent chimique qu'ils transportent et qu'ils vont délivrer. Lorsque le projectile touche son but, l'explosion libère le VX sous forme de millions de gouttelettes. L'onde de choc, quant à elle, pulvérise les fenêtres, les portes, voire certains murs en fonction de la distance de l'impact. La chaleur dégagée va également transformer une partie du toxique de guerre en vapeur. Ainsi, la cible visée se retrouve avec du VX sous forme de vapeurs et de fines gouttelettes dispersées aux alentours, au milieu de bâtiments dont toutes les ouvertures sont brisées. Un vent faible et une température relativement basse auront pour conséquence de maintenir la zone contaminée sur une longue période (selon la quantité de VX déversée et les conditions climatiques, celle-ci peut dépasser un mois).

Comme le VX est capable de traverser la plupart des matériaux courants, ce n'est qu'une question de temps avant que les rescapés contraints à toucher des éléments contaminés ne soient à leur tour affectés. En outre, les résidus liquides de VX passant lentement sous forme vapeur, ils entretiennent en permanence une atmosphère mortelle. Les militaires qui constituent le cordon formant le périmètre sont, bien entendu, équipés de masques et de combinaisons de protection NRBC. Dans le cas de la fiction ci-dessus, leur mission, qui consiste à boucler la zone lors de l'attaque chimique, est triple. Il s'agit, en effet, de :

- ⇒ s'assurer qu'aucun ennemi n'en réchappe ;
- ⇒ prévenir toute diffusion de la contamination vers les populations alliées présentes à proximité, en limitant la fuite d'individus potentiellement contaminés ;
- ⇒ prendre en charge les éventuels individus « alliés » ou non-combattants qui tentent de s'extraire de la zone.

La reprise du terrain se fait par des troupes équipées et entraînées. Si aucun caractère d'urgence ne se fait sentir, le simple maintien du périmètre permet au toxique de continuer son action létale sur les cibles. Chacun imagine bien que laisser/contenir des personnes (et notamment des civils) dans une aire mortelle est contre nature et que la situation doit vraiment être plus que critique pour en arriver à de telles extrémités.

Enfin, la décontamination d'une zone en milieu urbain souillée par du VX nécessiterait des moyens colossaux. Il est plus que probable que, dans le cas de ce scénario, le quartier sera laissé à l'abandon pendant des mois, voire des années. Personne ne peut, en effet, affirmer quand le secteur sera « propre ». Sous une pierre, dans une cave, il pourrait par exemple rester quelques milligrammes de VX...

Évènement NRBC : comment réagir et se protéger

« La chance arrive aux esprits préparés. »
– Louis Pasteur, chimiste français (1822-1895)

1. Connaître le danger

« Beaucoup de réflexion et non beaucoup de connaissances, voilà à quoi il faut tendre. »

– Démocrite, philosophe grec (460-370 av. J.-C.)

Les risques naturels tels que les inondations, incendies, tremblements de terre ou autres, ont toujours existé. Depuis plusieurs siècles maintenant, se sont ajoutés les accidents technologiques. Ces derniers provoquent d'ailleurs régulièrement des morts par dizaines, par centaines, voire par milliers. La société d'aujourd'hui n'est donc pas vierge de ce genre de menace. Les villes, les industries, les gouvernements ont tous pris des mesures pour prévenir et réduire les conséquences de telles catastrophes pouvant parfois affecter une large partie de la population.

Néanmoins, s'il apparaît évident que certaines administrations ou unités opérationnelles connaissent bien les consignes édictées, il n'en est pas toujours de même pour le public. Par exemple, si les sirènes se mettaient à fonctionner en agglomération, combien de personnes en comprendraient la signification ? Feraient-elles la différence entre une véritable alerte et le simple essai mensuel du premier mercredi du mois ? Et, si tel est le cas, sauraient-elles réagir de la bonne manière ?

Dans les pays développés, les contraintes réglementaires évoluent régulièrement pour apporter un maximum de sécurité aux citoyens. Dans le cas des installations fixes (usines, centrales nucléaires, laboratoires...), il existe des systèmes de prévention et de réponse efficaces, que ce soit aussi bien au niveau de l'industriel (plan d'opération interne, etc.) que du gouvernement (plans particuliers d'intervention et gouvernementaux). Ces développements

sont de la première importance et intègrent le déclenchement et la propagation de l'alerte, les conduites à tenir pour la population, ainsi que l'organisation des moyens de secours et d'intervention. Par conséquent, pour les habitants de zones sensibles (à proximité d'établissements classés Seveso), la priorité est de savoir par quelles voies serait diffusée l'alerte, ainsi que les consignes spécifiques à appliquer.

La situation est plus délicate lors qu'il s'agit d'un accident de nature NRBC se produisant dans un lieu usuellement non exposé à des risques particuliers. En effet, la population ne se sentant pas menacée, elle ne porte généralement que peu d'intérêt aux différentes mesures de prévention et de protection existantes. Pourtant, un accident technologique peut survenir presque partout en France. Par exemple, un nuage de couleur inhabituel peut se répandre et obscurcir le ciel. Bien qu'il puisse parfois s'agir de phénomènes naturels, les causes sont le plus souvent des incendies ou des explosions dans l'industrie (pétrole, stock de produits chimiques, plastiques, peintures...). Bien entendu, les fumées qui en découlent sont toxiques. Il est donc primordial de suivre leur évolution et notamment la façon dont elles seront dispersées par les éléments naturels.

Autre exemple, un véhicule de transport de matières dangereuses peut se retourner et déverser son contenu sur la chaussée, voire le laisser s'écouler dans les égouts ou la rivière. En fonction du chargement (produits chimiques, agents infectieux ou substances radioactives...), les conséquences seront différentes.

Afin de réagir de manière appropriée, voire de mettre en œuvre une protection efficace, il est indispensable pour la population de savoir, dans les meilleurs délais, qu'elle est menacée, mais également de connaître la nature des dangers et des risques encourus.

Bien que des plans et mesures existent sur tout le territoire, il est cependant intéressant de noter que certaines situations peuvent échapper au contrôle des autorités en raison de leur complexité ou de leur ampleur.

Dans le cas d'un accident dans une centrale nucléaire, l'alerte sera très certainement déclenchée après un laps de temps relativement bref, et l'évènement sera fortement médiatisé. Mais, quelles en seraient les conséquences ?

Tout dépend de l'origine de l'incident et de sa dimension !

Il peut s'agir d'un simple incendie mineur ou d'une fuite non radioactive ou, a contrario, d'un emballement du réacteur conduisant à un scénario de type Fukushima. Ce dernier exemple montre d'ailleurs comment les responsables du site, puis les autorités, ont tenté de minimiser les conséquences jusqu'à ce qu'il devienne trop évident que l'évènement leur échappait. Lors des semaines qui ont suivi cet accident majeur, les experts se sont trouvés confrontés à des situations qu'ils ne maîtrisaient pas : leurs choix ont parfois été malheureux, les mesures de protection/ évacuation des riverains ont tardé...

À leur décharge, la complexité et la succession d'évènements inattendus ont rendu l'évolution de la situation très difficile à prédire. Déterminer avec précision les conséquences pour la population et l'environnement était devenu un véritable défi. Ceci est particulièrement vrai dans le cas d'une contamination radiologique. En effet, les radiations sont invisibles, insipides, sans odeur. Des logiciels de simulations intégrant les données météorologiques et les estimations des fuites tentent bien de proposer une modélisation de la situation, mais rien ne vaut la détection en temps réel sur le terrain avec des équipements spécialisés ou des capteurs fixes.

En outre, les dégâts générés par la contamination radiologique sont généralement retardés et la population ne peut savoir si elle est en danger ou non. Excepté l'ingestion de fortes doses de radioactivité (tout de même possible avec d'infimes quantités de matières) qui provoque nausées et vomissements ¹⁹⁰ dans les heures suivant l'absorption, des doses plus faibles vont

¹⁹⁰ Sans aborder le fait qu'il est difficile pour un médecin de diagnostiquer un syndrome d'irradiation, alors qu'intoxications alimentaires et gripes intestinales sont monnaies courantes.

engendrer des dommages perceptibles plusieurs jours ou semaines plus tard. Les très faibles doses, quant à elles, ne font qu'augmenter la probabilité de développer un cancer des années plus tard.

La question suivante se pose donc : jusqu'à quel point la population peut-elle avoir confiance dans les informations délivrées ?

Le cas de Tchernobyl, dont le nuage s'est arrêté à la frontière française, est éloquent. Si un tel accident se reproduisait, en Ukraine par exemple, ou si une explosion atomique avait lieu dans un pays proche, qu'en serait-il des retombées radioactives ? Pourriez-vous sortir de chez vous ? Oseriez-vous manger vos légumes ?

Ainsi, certaines personnes prendront l'initiative de se doter de matériel de protection, voire de détection. Cette solution, qui peut s'avérer intéressante, nécessite toutefois un certain budget, une bonne connaissance des équipements et une compréhension notable du risque. Elle sera traitée plus loin dans le chapitre « Matériels de détection ».

Alerte et diffusion de l'information

L'alerte et la diffusion des informations par les autorités sont les éléments primordiaux à prendre en compte quant à la manière de réagir.

Le premier réflexe à avoir est de se calfeutrer chez soi (ou dans l'endroit le plus proche et le mieux adapté) et d'allumer sa radio ¹⁹¹ pour obtenir tous les renseignements nécessaires et les consignes à appliquer.

Dans le cas d'un accident majeur de nature nucléaire, une catastrophe industrielle ou un acte de terrorisme grave, les sirènes du réseau national d'alerte (4 500 en France) vont émettre un signal aisément reconnaissable. Il s'agit d'un son modulé (montant et

¹⁹¹ Par exemple : France Inter, France Info, France Bleu, RSR, RTBF, etc. D'autres radios locales peuvent également diffuser les messages des autorités, telles que NRJ, Virgin Radio, etc.

descendant), composé de trois séquences d'une minute, séparées par un silence de cinq secondes. Pour écouter le signal, rendez-vous sur <http://www.iff-rme.fr/sons>. En fin d'alerte, les sirènes émettent un son continu de 30 secondes.

Le signal d'alerte ou la diffusion d'information peut également se faire par le biais de haut-parleurs montés sur véhicules et armés par des sapeurs-pompiers ou par les forces de police et de gendarmerie. Une fois l'alerte déclenchée, les informations seront à rechercher prioritairement à la radio. La télévision et internet viendront en second plan. En Suisse, un plan similaire est prévu ¹⁹² par l'Office Fédéral de la Protection de la Population (OFPP) en cas de catastrophes, avec un réseau de 5 000 sirènes,¹⁹³ et la diffusion de l'annonce sur les radios et télévisions, ainsi que via les centrales d'intervention des polices cantonales.

Identifier le risque.

Le meilleur moyen pour identifier le risque et connaître les conduites à tenir est d'allumer la radio. Les autorités fourniront des informations et consignes précises. Néanmoins, dans le but de comprendre, chaque individu peut réaliser sa propre analyse en répondant aux questions suivantes :

1. **QUOI ?** De quoi s'agit-il ?
 - ⇒ Quelle est la nature du risque ?
 - Nucléaire
 - Radiologique
 - Biologique
 - Chimique
 - ⇒ Quels sont les risques proprement dits ?
 - Irradiation/Contamination
 - Explosion/Atmosphère explosive
 - Incendie

¹⁹² <http://www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/internet/bs/fr/home/themen/alarmierung.html>

¹⁹³ <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-60485.html>

- Toxique
 - Corrosif
 - Infectieux
- ⇒ Quelles sont les substances en cause ?
- ⇒ Sous quelle forme ?
2. **COMBIEN ?** Volume, nombre...
- Volume de la fuite
 - Volume du stockage
3. **OÙ ?**
- Localisation
 - Distance
 - Effet domino ?
4. **QUAND ?**
- À quelle heure ?
 - Il y a combien de temps ?
5. **COMMENT ?**
- Accident ?
 - Attaque ?
 - Malveillance ?
6. **CONCLUSION**
- Qu'est-ce que je risque ?
 - Voie d'exposition (inhalation, contact, exposition à distance, etc.) ?
 - Comment dois-je réagir ?

Exemple : Alors que vous travaillez dans votre jardin, les sirènes émettent le signal d'alerte. Si vous habitez dans une zone disposant de consignes particulières, vous appliquez ces dernières. Dans le cas contraire, vous et votre famille devez rentrer chez vous et vous calfeutrer dans votre domicile. En allumant la radio, vous comprenez qu'un accident technologique vient de se produire : un camion contenant 18 tonnes d'ammoniaque s'est renversé, à 11 h 30, près de la place de la République. Une fuite engendrant un nuage toxique est signalée. Les consignes pour la population sont de se confiner dans le bâtiment le plus proche. *Tout en continuant à écouter* ces informations, vous vérifiez que la maison est bien

isolée de l'extérieur. Dans un second temps, vous pouvez vous connecter à internet ou utiliser une base de données sur votre tablette ou votre téléphone pour avoir des renseignements complémentaires. Rapidement, vous découvrez que l'ammoniac est transporté sous sa forme liquide, l'ammoniaque, mais que celle-ci passe à la forme gazeuse en cas de fuite. Il en résulte un nuage toxique, à la forte odeur caractéristique, qui peut s'enflammer dans une certaine plage de concentration (en présence d'un élément déclencheur comme une étincelle...). Ainsi, il est aisé de répondre au questionnaire précédent :

1. Quoi ?

- Nature du risque : Chimique
- Risques proprement dits : Toxique/Atmosphère explosive
- Substance en cause : Ammoniac
- Sous quelle forme : Vapeurs toxiques

2. Combien ?

- Taille de la fuite inconnue
- Camion de 18 tonnes

3. Où ?

- Place de la République
- Située à 5 km environ à vol d'oiseau
- Pas de structure à risque à proximité (pas d'effet domino)

4. Quand ?

- À 11 h 30
- Il y a 20 mn.

5. Comment ?

- Accident de la circulation

6. Conclusion

- Vous comprenez désormais la situation et restez serein quant à la conduite à tenir. Le risque principal est d'être intoxiqué en respirant (inhalation) un produit dangereux mélangé à l'air. Il suffit de rester à l'abri pendant que le nuage passe. Si vous avez des équipements électriques à l'extérieur (décorations de Noël, etc.), coupez

le courant afin d'éviter une éventuelle inflammation des gaz. Restez informé par l'intermédiaire de la radio dans l'attente du signal de fin d'alerte (qui sera également donné par les sirènes).

Question à M. Pierre Brennenstuhl, directeur adjoint de l'Hôpital Universitaire de Genève (HUG), chargé du secteur organisation et économie des soins, et président de la cellule de crise lors de la crise Ebola de 2014.

Comment s'organise l'HUG en cas de crise ?

Nous avons un plan catastrophe, similaire au « plan blanc » qui existe en France, qui prévoit la mobilisation de personnel et de moyens en cas de crises, qui sont en général « accidentologiques », liées à un nombre important de blessés qui arrivent sur l'hôpital. S'il s'agit de cas infectieux, nous avons des plans spécifiques, notamment pour les crises prévisibles, comme ce fut le cas pour l'épidémie Ebola en 2014. Là, par exemple, une cellule de crise, réunissant les principaux spécialistes, prépare l'hôpital afin d'être en conformité pour s'organiser en fonction du problème à résoudre.

Pour le cas de l'épidémie Ebola en Afrique de l'Ouest, dès le début de la crise en février 2014 et en contact avec les médecins sur le terrain, nous avons mis en place une cellule pré-épidémique. Nous nous sommes préparés et avons regardé les endroits susceptibles d'accueillir des éventuels malades infectieux en vue de leur hospitalisation, mais aussi comment faire sans consultation ambulatoire et en sécurité.

Ensuite, nous avons préparé le plan de formation et le matériel de protection pour les soignants, et coordonné l'arrivée potentielle d'un patient avec les autorités aéroportuaires pour sa prise en charge sur le tarmac et son acheminement jusqu'à l'hôpital par une ambulance spéciale dédiée à ces crises. Ces éléments sont prévus et sont adaptés au type de crise.

La difficulté, c'est la capacité d'accueil. Une ou deux places sont gérables de manière optimale, c'est-à-dire avec isolement, sas d'accès, portes asservies, salles à pression négative pour éviter qu'une particule d'air ne puisse sortir – pour éviter une dissémination aérienne, même si ce n'est pas un risque pour Ebola.

Si nous étions en face d'un nombre important de patients, nous serions obligés de faire ce qu'on appelle un « cohortage », c'est-à-dire regrouper tous les malades dans un même lieu. En général, on sacrifie dans un hôpital un étage ou un demi-étage pour en faire une zone d'isolement. Naturellement, cela nous mettrait dans une situation extrêmement compliquée, car le personnel travaillerait dans des situations plus risquées.

Idéalement, on pourrait construire une structure appropriée pour accueillir des situations à haut coefficient de risque de contagion pour le personnel, mais il faudrait un budget supplémentaire de 5 à 10 millions de francs suisses. De plus, le personnel devrait être dédié pour une période donnée car on ne peut pas voir ce personnel soignant, potentiellement exposé, se balader ensuite dans les différents autres services, avec les risques que cela comporte. J'ajoute que ce sont des patients qui consomment beaucoup de ressources humaines. Par exemple, pour chaque patient, il faut en général quatre personnes.

Une place de soins Ebola nous a contraints à supprimer dix places de soins intensifs. Nous n'avons pas la capacité, comme dans les grands hôpitaux ou les hôpitaux militaires des grands pays comme la France, la Grande Bretagne ou les États-Unis, d'avoir des infrastructures plus importantes avec des centaines de m² dédiés, avec des douches utilisant de l'eau chlorée pour la désinfection des tenues de protection, avec des vestiaires spéciaux, des sas de rétention et de désinfection pour l'eau. À Genève, on a fait avec nos moyens, sans locaux spéciaux.

2. Conduite à tenir

« La meilleure voie est celle qui conduit aux actions justes. »

– Hésiode, poète grec, VIII^e siècle av. J.-C.

Le confinement.

Lorsqu'une alerte NRBC est diffusée (par l'intermédiaire des sirènes par exemple), *la rapidité d'action est déterminante* afin d'éviter qu'un évènement grave se transforme en catastrophe pour vous ou vos proches.

⇒ **Le premier réflexe est de se mettre à l'abri**

Pour être en sécurité, il faut appliquer des règles de confinement simples :

1. **Réfugiez-vous (ou demeurez) dans le bâtiment le plus proche**
Un véhicule ne constitue pas un lieu de protection efficace.
2. **Fermez et verrouillez les portes et les fenêtres**
Fermez également les volets, dans la mesure où cette action ne met pas en danger l'occupant (ex. des volets roulants, etc.).
3. **Obstruez soigneusement toutes les ouvertures**
Un local bien clos ralentit fortement la pénétration d'éventuels toxiques. Voir la partie sur le kit d'équipements ci-dessous.
Placez du ruban adhésif assez large le long des huisseries et colmatez les fenêtres pour rendre votre intérieur étanche. Remplissez d'eau le lavabo pour éviter toute remontée de gaz par les canalisations et faites-le dans toutes les pièces avec un point d'eau.
4. **Éloignez-vous des portes et des fenêtres**
En cas de risque d'explosion, recevoir des morceaux de verre dans les yeux compromettrait fortement votre capacité à gérer l'évènement en cours.

5. Arrêtez les climatisations, les ventilations et les hottes de cuisine
Dans certains immeubles, ces dispositifs sont centralisés et donc hors de votre contrôle. Il faut dans ce cas obstruer ces aérations, voire isoler les pièces y permettant l'accès en fermant les portes et, éventuellement, en appliquant de l'adhésif pour parfaire l'étanchéité.
6. Évitez de trop consommer l'oxygène de l'air
Il est recommandé de NE PAS :
 - bouger inutilement ;
 - allumer des bougies ou préparer un repas chauffé au gaz ;
 - fumer, d'autant plus que les émanations resteront à l'intérieur ;
 - réunir et maintenir toute la famille dans un lieu trop petit (comme les toilettes). Choisissez de préférence une pièce.
7. Évitez toute flamme ou étincelle
Particulièrement à l'extérieur (décorations de Noël, lampe anti-insectes, etc.). Si un nuage de gaz inflammable circule autour de votre domicile, il serait dommage de provoquer une explosion.
8. Gardez le silence pour bien entendre les messages de la sûreté
Certains messages peuvent être diffusés par des haut-parleurs montés sur des véhicules gouvernementaux (sapeurs-pompiers, sécurité civile, police, gendarmerie) ou d'industriels (EDF, etc.). Ces informations peuvent être très importantes comme, par exemple, lorsqu'une évacuation est recommandée.
9. N'utilisez pas vos téléphones fixes ou mobiles
Il faut éviter d'encombrer les lignes afin que les services de secours et équipes d'intervention puissent travailler dans les meilleures conditions.
10. Respectez les consignes diffusées par les autorités
Des messages réguliers sont diffusés à la radio. Vous serez ainsi informé de la nature du danger, de l'évolution de la situation et des éventuelles consignes complémentaires à mettre en œuvre. Il est préférable de disposer d'une radio à piles (possibilité de coupure de courant).
11. N'allez pas chercher vos enfants à l'école
Récupérer ses proches peut apparaître comme une priorité. Néanmoins, il s'agit dans la plupart des cas d'une erreur. Vous risquez de vous retrouver en danger, voire de mourir en route et donc de ne jamais atteindre vos enfants. L'alerte étant généralement donnée au début d'un incident, la situation a de

fortes chances d'empirer au fil du temps. Le retour depuis l'école sera encore plus dangereux et vous mettrez en péril non seulement votre vie, mais également celle de vos proches. En outre, il existe dans chaque établissement scolaire un « plan particulier de mise en sûreté face aux risques majeurs ». Les enseignants sont formés à réagir en cas d'alerte ; des conduites à tenir sont préétablies ainsi que le choix des locaux destinés au confinement.

12. Préparez-vous à l'évacuation

Il existe des situations où le confinement est insuffisant. Le Préfet peut demander et organiser une évacuation dans les cas où certains événements, tels qu'un incendie, une explosion, etc. peuvent ne guère vous laisser le choix.

Remarque : La zone idéale de confinement doit comporter un volume minimal de 3 m³ par personne. Elle doit être de préférence située loin des ouvertures fragiles (comme les fenêtres), ne pas présenter de parties difficiles à obstruer, tout en permettant un accès facile à un chemin d'évacuation si nécessaire. L'ensemble constitué d'un couloir reliant un bureau aux toilettes est, par exemple, un choix intéressant. Dans le cas où les occupants disposent d'un kit de survie ou d'un sac d'évacuation, ce dernier doit être disponible dans la zone de confinement.

L'évacuation.

Il existe des situations où le confinement n'est pas suffisant et la meilleure alternative reste la fuite. Dans ce contexte, le terme *d'évacuation* est généralement utilisé. Certaines catastrophes naturelles (incendies, inondations...) ou encore des guerres peuvent pousser des familles entières à quitter leur lieu d'habitation. Dans le cas d'un effondrement économique total, il n'est pas impossible que des événements violents ou la simple nécessité de trouver à manger vous amènent également à abandonner votre domicile.

Du point de vue NRBC, un accident nucléaire, une pandémie ou un incident chimique majeur peuvent aussi vous conduire à rechercher un abri plus sûr.

Comme nous l'avons déjà vu, l'Histoire comporte de nombreux exemples où la population a dû « s'enfuir ». Parfois, il s'agissait juste d'un quartier, comme en 2005, dans la région de Jiangsu (Chine), lorsque l'accident d'un camion-citerne contenant 35 tonnes de chlore entraîna l'évacuation temporaire de 3 000 familles. D'autres fois, ce fut l'exode définitif de dizaines de milliers de personnes, comme le 27 avril 1986, lorsque les habitants de Pripiat, agglomération toute proche de la centrale nucléaire de Tchernobyl, n'ont disposé que de quelques heures pour fuir. En certaines occasions, l'urgence de la situation ne permet aucune préparation, comme le 3 décembre 1984, quand la population de Bhopal essaya désespérément d'échapper au nuage mortel qui se répandait en ville...

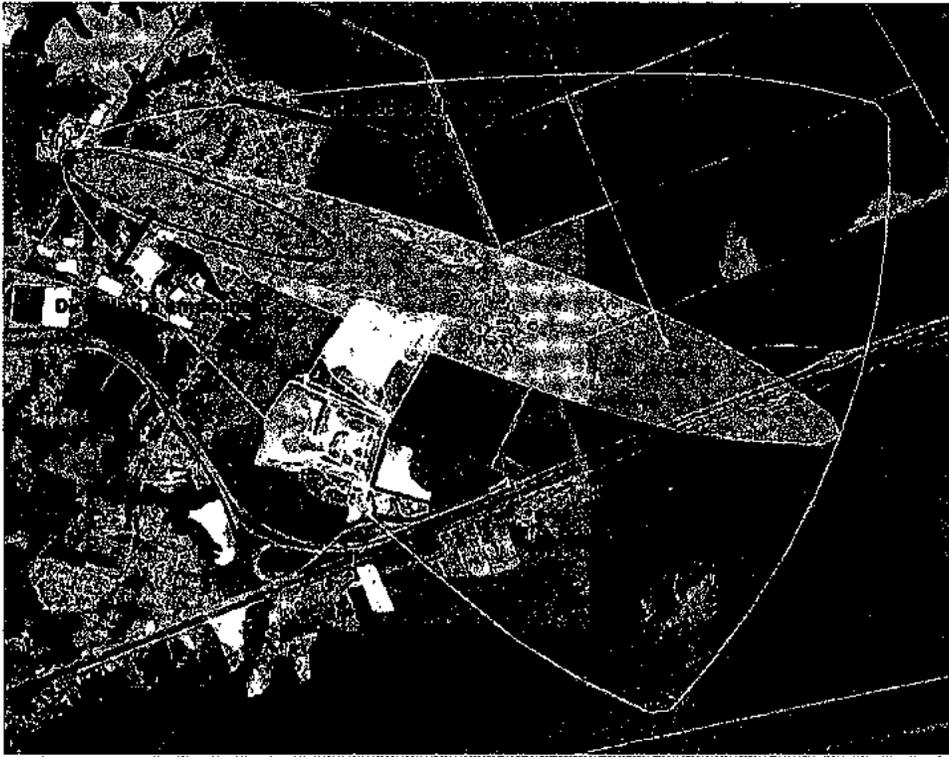
Ainsi, dans le meilleur des cas, vous aurez quelques heures, voire un ou deux jours, pour préparer vos affaires. Néanmoins, sachant qu'une évacuation n'est nécessaire que lors de conditions gravement défavorables et inattendues, il est préférable d'envisager qu'elle se fera sous le signe de l'URGENCE ! (Si vous disposez de plus de temps, tant mieux.) Dans ces conditions, et particulièrement lorsque votre existence est en danger, vous n'aurez pas le temps de faire vos valises et de penser à tout ce que vous devez emporter. Vous risquez donc de perdre la plupart de vos possessions chèrement acquises. Même si cela vous brise le cœur, il est important de ne pas oublier vos priorités : sauver votre vie et celle de vos proches !

Cependant, partir à l'improviste ne signifie pas partir sans préparation. En effet, quitter votre domicile à 3 heures du matin en pyjama et vous mettre en route pieds nus vers un abri incertain n'est pas forcément une idée particulièrement brillante ! Ainsi, une bonne préparation d'évacuation nécessite de :

1. savoir où aller ;
2. avoir mis en place des procédures opérationnelles ;
3. disposer d'un minimum de matériel. Cette partie est traitée dans le paragraphe « Sac d'évacuation ».

1. Où aller ?

Lors d'un incident NRBC, il est possible que le danger se présente sous forme d'un nuage toxique ou de contamination. Si vous devez quitter la zone de toute urgence, il faut le faire de manière à éviter de pénétrer dans ces secteurs dangereux. Si vous y trouvez déjà, le choix le plus judicieux est de partir selon une direction perpendiculaire au vent et opposée au lieu de l'incident. **NE JAMAIS** remonter face au vent, sauf si vous êtes absolument sûr que le danger est derrière vous.



Modélisation obtenue grâce au logiciel Cameo-Aloha : la direction de fuite doit être perpendiculaire au sens du vent.

Savoir où aller implique d'avoir réfléchi au préalable aux types de scénarios envisageables et, pour chaque cas, avoir défini une stratégie adaptée. En outre, il est préférable de disposer d'un ou plusieurs points de chute. Ceux-ci peuvent être hiérarchisés en différents niveaux :

- Point de rassemblement d'urgence (si la famille est séparée, les consignes sont de rejoindre telle ou telle position).
- Points de repli temporaire ou intermédiaire (disposés sur l'itinéraire du refuge « permanent », ils permettent de passer la nuit, de boire et de se restaurer...)
- Point de repli « permanent » (refuge) ou de long terme (maison de vacances, famille, amis, etc.)

Idéalement, tous ces endroits sont à définir à l'avance. Certains peuvent même nécessiter une certaine préparation. Ainsi, le point de repli, qu'il soit intermédiaire ou principal, qu'il soit à vous ou chez des amis ou votre famille, peut être aménagé avec des « caisses de survie » contenant des ressources et du matériel dont vous pourriez avoir besoin. Selon le lieu où il se trouve, l'équipement peut être très sommaire (une simple carte, un couteau, un briquet, etc.) ou au contraire très complet : eau potable, filtres, batterie de cuisine, aliments, couvertures, vêtements, lampes, briquets, piles, essence, matériaux de chauffage, médicaments essentiels, trousse de premiers secours, produits d'hygiène, armes et munitions, copies de documents officiels (passeports, actes de naissance, actes de propriété) ... Plusieurs de ces caisses de survie peuvent coexister en différents endroits, selon vos moyens et vos stratégies. Ainsi, en cas d'évacuation :

- elles vous éviteront de vous charger lourdement ;
- elles vous permettront de ne rien oublier de primordial ;
- elles vous feront gagner un temps précieux.

Finalement, cette stratégie de décentralisation d'une partie de votre matériel vous donnera la possibilité de vous déplacer plus rapidement, de vous ravitailler sur votre parcours et de trouver à destination les moyens requis pour vous enraciner à nouveau. Une fois vos points de repli déterminés, il vous faut considérer deux types d'éléments indispensables au succès de votre évacuation, à savoir :

- les différents itinéraires (cartes routières et topographiques, boussoles, etc.) ;

- les moyens de transport envisagés (à pied, en vélo, en voiture, etc.).

En effet, il est primordial de garder en tête que si vous êtes obligé d'évacuer votre domicile, c'est que la situation n'est plus normale. Votre environnement peut donc changer et parfois devenir hostile. Un nuage toxique, une zone contaminée par de la radioactivité, une épidémie foudroyante sont autant d'exemples qui peuvent vous contraindre à éviter certains lieux. En fonction du danger, il faudra prendre en considération la direction du vent, la fermeture d'axes routiers, la présence de foule, etc. De même, les évènements naturels, comme les conditions climatiques (neige, inondations...) sont des éléments à ne pas négliger afin de ne pas se retrouver bloqué par un chemin rendu impraticable ou un secteur devenu trop risqué. Pour toutes ces raisons, il est important, lors de votre préparation, de prévoir plusieurs itinéraires possibles. Pour effectuer vos choix, vous devez prendre en compte les éléments suivants :

- la praticabilité ;
- la rapidité ;
- la discrétion ;
- la possibilité de « varianter » (c'est-à-dire de pouvoir repartir par un autre chemin si vous vous retrouvez bloqué).

Afin de bien évaluer les critères précédents, il est nécessaire d'identifier dans un rayon minimum de 10 km des lieux remarquables pouvant être utiles ou devant être évités, tels que :

- des éléments géographiques : cours ou points d'eau, lacs, forêts, cols, etc. ;
- des structures humaines : pharmacies, hôpitaux, stations-service, postes de police, tunnels, ponts, etc.

La connaissance de la région autour de votre résidence principale s'avère donc indispensable pour mener à bien ce dossier. L'étude des cartes routières et topographiques est un passage obligé, mais rien ne remplace la vision du terrain. Profitez-en pour

faire des balades en famille ou explorer en VTT les zones intéressantes. Non seulement vous garderez la forme, mais en plus vous n'aurez pas de mauvaises surprises si un jour vous devez appliquer votre plan d'évacuation.

2. Procédures opérationnelles.

Les procédures opérationnelles permettent de mettre en place une organisation réfléchie, définissant les rôles de chacun au sein d'un groupe ou d'une famille : qui fait quoi dans une situation générale ou particulière. Ces instructions doivent être clairement énoncées, de préférence écrites noir sur blanc dans un lieu aisément accessible et, bien évidemment, comprises par tous les participants.

Le but est donc de répartir à l'avance les tâches pour chaque individu, notamment durant une situation de crise. Il apparaît clair que, pendant une évacuation, avoir un rôle préétabli aide à garder son calme. Ainsi, chaque membre du groupe, quels que soit son âge, son sexe, ou ses capacités physiques ou intellectuelles, doit se voir affecter une fonction.

Appliquer ce genre de mesures, surtout au sein des familles nombreuses, permet de maintenir une cohésion psychologique et d'éviter de céder à la panique, à l'hystérie ou à la colère. En outre, le leader ne perd pas de temps et peut se consacrer à ses priorités en sachant que les autres tâches sont en cours d'exécution. En effet, vous devez garder à l'esprit que, très souvent, la réalité diffère de la théorie. Ainsi, dans une situation de crise, le stress ou la peur peuvent changer le comportement des gens. Certains peuvent devenir hystériques, d'autres peuvent aller se terrer dans un coin et d'autres encore rester paralysés.

La meilleure méthode pour réduire ces éventuels écarts de conduite est l'entraînement et la pratique. Si vous avez des enfants, organisez régulièrement des exercices sous forme de jeu. Par exemple, si vous partez faire un pique-nique, lancez une procédure d'évacuation imaginaire. Chronométrez le tout et récompensez l'équipe afin de l'encourager. Notez les points faibles et essayez de faire mieux la prochaine fois. La liste suivante donne quelques

exemples de tâches à répartir en cas d'évacuation :

- Identifier le lieu de regroupement (leader)
- Choisir l'itinéraire (leader)
- Déterminer l'heure de départ (leader)
- Prendre le sac d'évacuation
- Préparer les éventuels moyens de locomotion
- Aller chercher les enfants
- Couper l'arrivée d'eau et de gaz
- S'occuper des animaux
- Récupérer divers outils
- Fermer les fenêtres et les portes...

Certaines tâches peuvent être lancées aussitôt la mise en alerte. D'autres, comme la préparation des véhicules, dépendront de l'itinéraire à emprunter. C'est pourquoi, dès que le leader a établi ses choix (destination, parcours, heure de départ...), il doit réunir tout le monde et expliquer en quelques mots la « mission » du groupe. C'est également l'occasion de répéter les consignes : que faire si l'on est séparé des autres membres de l'équipe, comportement en cas d'attaque, etc. Ces procédures, qui doivent rester simples, permettent de faire la différence entre une évacuation ordonnée, gage de réussite, et celle chaotique, qui risquera de vous entraîner dans une situation inconfortable ou difficile, pouvant rapidement devenir périlleuse, voire mortelle.

3. **Procédures militaires.**

Depuis l'Antiquité, les militaires ont développé des systèmes d'ordres leur permettant de ne rien oublier et de gagner du temps dans la préparation d'une mission ou en cours d'action. Les trois ordres qui suivent peuvent être adaptés et utilisés dans le cadre de l'évacuation d'un groupe ou de votre famille. Vous pouvez les noter sur un petit calepin ou les apprendre par cœur. Libre à vous, mais essayez de vous entraîner régulièrement dans différentes situations.

⇒ **L'ordre préparatoire.**

C'est la première chose à faire si l'évacuation est envisagée. Il

est fondé sur le moyen mnémotechnique : **PATRAC-DR** (être malade en argot).

P – PERSONNEL : désignation des participants

A – ARMEMENT : si disponible (hache, fusil de chasse, bombe lacrymogène...)

T – TENUE : effets particuliers à emporter

R – RADIO : prendre les téléphones portables et *talkies-walkies*

A – ALIMENTATION : généralement dans le sac d'évacuation

C – CAMOUFLAGE : en fonction de la mission future, prévoir des effets discrets ou très colorés

D – DIVERS : couper le gaz, fermer les portes...

R – RASSEMBLEMENT : telle heure ou dans un délai de... à tel endroit

⇒ L'ordre initial.

Il exprime la mission du groupe et attribue à chacun son rôle.

Moyen mnémotechnique = **SMEP**

S – SITUATION : que se passe-t-il ?

M – MISSION : que devons-nous faire ?

E – EXÉCUTION :

A – Articulation

Mi – Mission de chacun au sein du groupe

C – Conduite à tenir en cas d'accident

A – Appui extérieur

L – Liaisons (à vue, *talkies walkies*...)

P – PLACE DU CHEF : afin que tout le monde sache où il se trouve.

⇒ L'ordre de déplacement.

Cet ordre peut être donné plusieurs fois au cours de l'évacuation, particulièrement lors de passage à risques. Moyen mnémotechnique = **DPIF**

D – DIRECTION : générale et lointaine. Pas forcément visible sur le terrain

P – POINT À ATTEINDRE : point précis et visible sur le terrain

- I – ITINÉRAIRE : itinéraire à suivre obligatoirement
 F – FORMATION : en colonne, en ligne, intervalles...

Remarque : Les ordres de types militaires ont été développés pour temps de paix et de guerre. Transposés dans le monde civil, ils prennent toute leur valeur dans les situations de crise. En cas d'utilisation de ces moyens mnémotechniques, le chef du groupe devra employer un vocabulaire adapté à son public. On ne parle pas à des anciens militaires de la même manière qu'à des enfants (Quoique ! Certaines fois, on n'en est pas loin...).

Réagir en cas de contamination ou d'intoxication

Le déshabillage/décontamination

La décontamination est la suppression complète ou partielle de contamination par un procédé délibéré de nature physique, chimique ou biologique. Elle englobe de nombreuses techniques qui varient selon le support à décontaminer (individus, matériels, bâtiments...) et le type d'agent NRBC rencontré. Cette tâche est donc difficile et il serait possible d'écrire un livre entier sur sa mise en pratique. Néanmoins, des règles basiques et une simple dose de bon sens permettent d'arriver à un résultat satisfaisant dans la grande majorité des cas.

Comme nous l'avons déjà vu, la contamination peut être externe ou interne. Les techniques de décontamination exposées ci-dessous concernent la première option. Pour la seconde, l'ingestion de substances médicamenteuses est nécessaire (voir paragraphe « Contre-mesures médicales »). La première question à se poser est la suivante : le sujet (moi-même ou un autre) est-il contaminé ?

Cela dépend bien évidemment des zones traversées et du type de produit en cause. En effet, on considère généralement que les agents non persistants (comme la plupart des gaz) n'engendrent pas de contamination. Ainsi, si vous passez brièvement et en retenant votre respiration devant une bouteille de chlore qui fuit, vous ne serez ni contaminé ni intoxiqué. Certes, vos vêtements

sentiront un peu le chlore, mais rien de bien grave. Changez-vous et accrochez vos habits à un fil à linge à l'extérieur (s'il n'y a pas de risque de contamination dans l'environnement) ou mettez-les dans la machine à laver. Si en revanche, il s'agit d'agents biologiques (dans des postillons, de la salive, du sang...), de produits chimiques persistants (comme certains acides, le VX...), de poussières radioactives ou autres, il devient obligatoire de se décontaminer.

Remarque : La plupart du temps, vous ne saurez pas si vous avez effectivement été en contact avec le toxique et donc été contaminé. Dans ce cas, il est préférable d'appliquer le principe de précaution et de procéder à la décontamination.

Le processus de décontamination des personnes peut s'envisager selon deux étapes principales qui peuvent être réalisées seul ou avec l'aide d'un partenaire :

1. Le déshabillage.
2. La décontamination proprement dite.

Le déshabillage :

Le principe général est de retirer vos vêtements contaminés en évitant de remettre en suspension les poussières ou de répandre les liquides que vous avez sur vous :

⇒ Évitez les gestes brusques

Les vêtements agissent comme une protection imparfaite. La plupart du temps, il y aura plus de contamination à leur surface que sur leur face interne. En vous déshabillant, il faut donc éviter que les contaminants déposés sur vos habits ne retombent sur vos sous-vêtements ou pire, sur votre peau.

- ⇒ Déshabillez-vous du haut vers le bas
- ⇒ Retirez vos vêtements en respectant la séquence suivante :
 - Si vous avez une capuche, tirez-la en arrière
 - Ouvrez lentement votre veste
 - Tirez si besoin sur vos manches afin de dégager vos épaules

- Tendez vos bras vers le bas et l'arrière et laissez votre veste glisser au sol ou mettez-la dans une poubelle prévue à cet effet
- Recommencer cette étape avec votre chemise, etc.
- Avancez d'un pas
- Ouvrez votre pantalon, laissez-le tomber au sol ou mettez-le dans une poubelle prévue à cet effet
- Avancez d'un pas
- Retirez vos chaussures, laissez-les au sol ou mettez-les dans une poubelle prévue à cet effet
- Avancez d'un pas
- Retirez vos gants en les retournant sur eux-mêmes afin de garder la contamination enfermée
- Retirez votre masque si vous en portez un

Remarque :

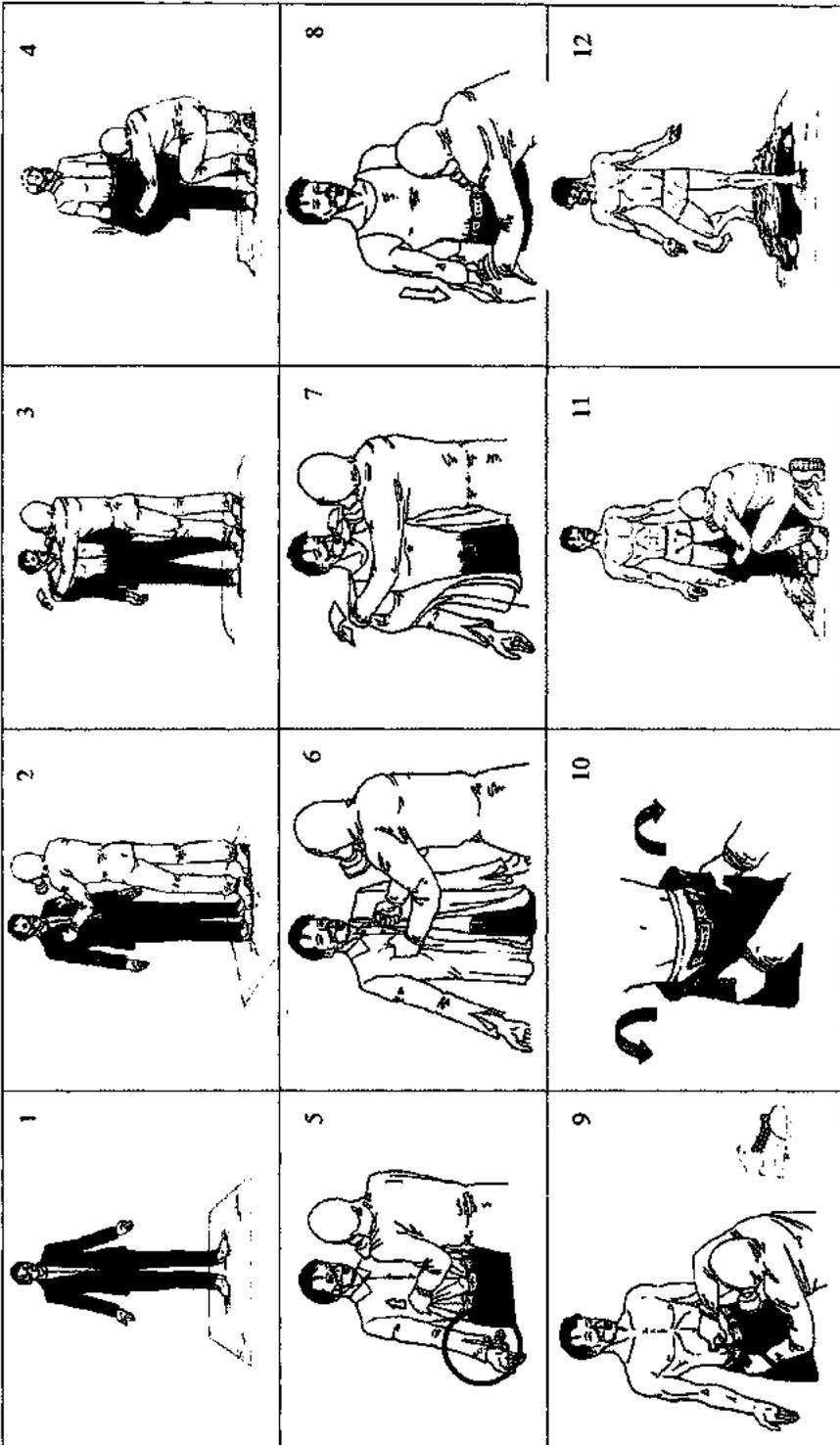
1. Le fait d'avancer d'un pas à chaque étape permet de vous retrouver en zone « propre ». Ceci est primordial lors du retrait du pantalon : ne restez pas à patauger dans la contamination tombée de vos affaires.
2. Si un partenaire vous aide, utilisez de préférence la technique « peau de lapin » pour ôter vos habits, c'est-à-dire roulez doucement vos vêtements avec leur face externe à l'intérieur. De cette façon, seule la partie interne de vos affaires est en contact avec votre corps.
3. Si une personne, sans protection particulière, se présente pour être déshabillée/décontaminée, mettez-lui un masque « papier » type FFP 1, 2 ou 3 (voir paragraphe « Équipements de protection »). Cela l'empêchera de respirer la contamination susceptible d'être mise en suspension dans l'air.
4. Si les chaussures empêchent le retrait du pantalon, fusionner les deux étapes : descendre le pantalon, puis l'ôter en enlevant les chaussures en même temps.
5. Le découpage de certains vêtements peut parfois être effectué pour faciliter l'opération.
6. Le retrait du masque est préférablement réalisé en dernier. Pour ce faire, une fois les gants retirés, passez vos doigts sous l'élastique (si vous portiez une capuche) ou directement

entre vos joues et le masque lui-même. Ne touchez en aucun cas la partie extérieure contaminée. Si votre masque est difficile à enlever selon cette technique, vous devez inverser la séquence. Gardez vos gants et saisissez l'appareil de protection respiratoire par l'extérieur. Retenez votre respiration et tournez la tête à l'opposé le temps de vous débarrasser du masque, puis des gants.

Le tableau page suivante, disponible dans la circulaire 800/SGDSN/PSE/PPS du 18 février 2011, donne un exemple de procédure valide de déshabillage d'une personne contaminée, réalisé par une personne équipée de protection NRBC.

Si l'opération de déshabillage doit être effectuée de manière récurrente (entrée et sortie de votre refuge par exemple), il faut alors prendre le soin d'organiser un lieu dédié, car celui-ci va rapidement se retrouver contaminé.

- Il est donc essentiel de disposer de deux passages différents :
 - l'un pour l'entrée des personnes dans l'abri et nécessitant un déshabillage.
 - l'autre pour l'entrée de personnes non contaminées ET pour la sortie du refuge.
- Il sera également indispensable d'installer des poubelles pour recevoir les effets contaminés. Ces dernières devront pouvoir être fermées de manière étanche par la suite (ex. : sacs-poubelle épais pour éviter tout déchirement).



La décontamination.

Il est important de considérer deux cas principaux :

- ⇒ *La décontamination des personnes non protégées* : Si vous avez été en contact avec des agents contaminants, notamment au niveau de votre peau, il est indispensable d'être décontaminé. Le déshabillage est normalement conseillé comme étape préalable (sauf si la contamination est apparente et localisée, auquel cas il faut tenter de la retirer en premier lieu). On préconise d'utiliser du savon et du shampoing doux sur le corps.
- ⇒ *La décontamination des personnes protégées et des matériels* : Si vous portez des vêtements de protection : procédez à la décontamination avant le déshabillage. Si vous désirez décontaminer du matériel, vous pouvez en général utiliser des produits plus « puissants » que ceux employés pour décontaminer la peau. Il est préférable d'employer la solution d'eau de javel (qui est plus « puissante » contre les agents B et C). Les concentrations de cette solution d'eau de javel sont données un peu plus bas dans le texte. Les professionnels peuvent utiliser de la solution de BX 24© ou la poudre Cascad© en cas de contamination biologique ou chimique et du BX40© en cas de contamination radiologique.

Remarque :

- Si les phases de déshabillage ou de décontamination sont réalisées à l'aide d'un partenaire, il est préférable que ce dernier soit équipé d'un masque, de gants et de vêtements de protection (voir le paragraphe concernant les équipements de protection).
- Votre équipier doit éviter de se contaminer à son tour en touchant ou manipulant les parties susceptibles de présenter des agents NRBC. Si besoin, au-dessus de ses gants, il peut mettre une paire de gants jetables. Cette dernière sera jetée à la fin de l'opération.
- Les produits employés pour la décontamination peuvent varier selon l'agent en cause et en fonction de leur utilisation à même la peau ou sur des vêtements de protection. Par exemple, de l'eau savonneuse sur le corps et le visage pour des poussières radioactives, de l'eau de javel diluée sur des

matériels pour des bactéries, des virus ou des substances chimiques...

Principales phases d'une décontamination de personnes non équipées/non protégées :

- Si une zone contaminée est localisée (ex. tache sur le bras), utilisez de préférence et prioritairement une éponge (qui sera immédiatement jetée) ou des lingettes (imprégnées d'eau de javel diluée) afin de retirer un maximum de contamination avant de continuer.
- Lavez les mains au savon de Marseille liquide (ou avec de l'eau de javel diluée).
- Lavez les cheveux avec un shampoing doux en penchant la tête en arrière afin que l'eau ne ruisselle pas sur le visage.
- Lavez le visage en utilisant de l'eau savonneuse. Dans la mesure du possible, une fois le visage « propre », rincez abondamment les yeux à l'eau.
- Lavez le reste du corps à l'eau savonneuse en allant du haut vers le bas.
- Pour les effets personnels (bijoux, lunettes) : laissez-les tremper dans un seau contenant de l'eau de javel diluée (cas d'agents chimiques ou biologiques), puis rincez-les abondamment.
- Avancez pour quitter la zone de décontamination, séchez-vous et enfiler des vêtements propres. (Pour chaque personne de votre famille, disposer d'un change emballé et mis sous vide est idéal. Le lot peut varier selon l'endroit où vous vous trouvez et les conditions climatiques. En général, un survêtement ou de vieux habits font parfaitement l'affaire.)
- Aspergez la zone avec de l'eau de javel diluée une fois la décontamination terminée.

Remarques :

- Ne pas chercher à trop frotter afin de ne pas abîmer la peau.
- Pour les objets contaminés par des substances radioactives ou des toxiques de guerre (VX, ypérite...), il est préférable de les abandonner, car le risque qu'ils comportent encore des traces d'éléments dangereux est trop important.

- Le déshabillage et la décontamination décrits précédemment sont à utiliser en cas d'urgence ou lorsque les services compétents ne sont pas disponibles.
- Il est évident que des chaînes de décontamination spécialisées et du personnel entraîné parviendront à une prise en charge bien meilleure.
- Après avoir été en contact avec des toxiques et été décontaminé, vous devez vous rendre dans un centre médical ou hospitalier afin de confirmer/infirmier la présence de contamination ou de recevoir un éventuel traitement.

Cas particulier des personnes blessées.

Seuls les principes généraux sont exprimés ci-dessous. En effet, l'incroyable variété d'agents NRBC et la grande diversité de blessures ou d'intoxications possibles peuvent donner lieu à des cas aussi complexes que différents. C'est pourquoi, quand la situation le permet, il faut faire appel à des professionnels du monde médical ou des secours.

Si la blessure du sujet compromet sa survie (et que rester sur place ne conduit pas à une mort certaine et rapide), il est nécessaire de prodiguer des soins immédiatement et sans devoir ni décontaminer ni bouger le sujet. Idéalement, vous devez être vous-même protégé contre le risque environnant. Par exemple, votre ami a une hémorragie sévère à la cuisse. Bien que vous trouvant dans une zone contaminée, il faut avant tout retirer les éventuels débris dans la plaie, puis la nettoyer brièvement avec des compresses imbibées de désinfectant. Enfin et sans attendre, posez un pansement hémostatique. Il est préférable de voir votre camarade vivant, mais contaminé, que mort, mais décontaminé !

Si la blessure n'est pas considérée comme urgence absolue (par exemple, un individu faiblement intoxiqué), emmenez-le dans une zone « propre » et procédez à un déshabillage/décontamination avant de lui apporter les soins.

Décontamination de personnes équipées et de matériels

Pour les militaires, les agents de la force publique et des

services de secours, il existe des solutions à usages professionnels aussi bien pour la décontamination d'urgence du personnel (gants poudreux, RSDL©...) que pour la décontamination des matériels (poudre Cascad ©, solution de BX 24©...).

Pour un particulier, la meilleure solution reste l'eau de javel diluée, qui est à la fois économique et relativement polyvalente.

Évitez les berlingots d'eau de javel concentrée (36°chl. ou 9,6 %) qui ne se conservent que pendant deux à trois mois et optez pour les bouteilles à 2,6 % de chlore actif (9°chl) qui ont une péremption généralement comprise entre un et trois ans. Il existe également des comprimés ou des tablettes de sodium de l'acide dichloroisocyanurique dihydraté (NaDCC) à dissoudre dans de l'eau. Ils se conservent pendant 3 ans dans un endroit sec et ventilé.

Pour obtenir une solution décontaminante multi-usages, vous devez avoir au minimum 0,8 % de chlore actif. Vous pouvez effectuer le mélange selon les indications du tableau suivant :

Pour les berlingots (250 ml à 36° ou 9.6 %)

Nombre de berlingots	Volume d'eau à ajouter (litres)	Volume total (litres)
1	2,75	3
2	5.5	6
3	8,25	9

Pour les bouteilles (1 litre à 9 chl ou 2,6 %)

Volume d'eau de javel (litres)	Volume eau à ajouter (litres)	Volume total (litres)
1	2	3
2	4	6
3	6	9

Pour les comprimés ou tablettes à dissoudre :

1 gramme de NaDCC libère 0,3 g de chlore actif. Il faut donc lire les concentrations en NaDCC indiquées sur l'emballage, voire les demander au fabricant.

Exemples de comprimés effervescents	Nombres de comprimés	Volume d'eau (litres)
Klorsept 17® (1,67g de NaDCC)	16	1
Klorsept 87® (8,68g de NaDCC)	3	1

Remarque : Cette solution d'eau de javel peut également être utilisée pour la décontamination des mains. Pour les matériels, laissez tremper pendant une demi-heure.

Contre-mesures médicales.

Lorsque l'agent NRBC a engendré des dégâts ou est susceptible d'intoxiquer ou de provoquer une maladie, il est nécessaire de procéder à des contre-mesures médicales. La meilleure solution est de se rendre auprès d'un médecin ou dans un hôpital. Si vous n'en avez pas la possibilité, les informations suivantes, données à titre indicatif, peuvent vous aider.

⇒ *Cas de personnes intoxiquées par des substances radioactives.*

Il peut s'agir de matières radioactives qui ont traversé la peau, sont passées par une blessure ou ont tout simplement été respirées ou ingérées. Dans ces conditions, il est important d'administrer le traitement sans délai. L'idée est de rejeter, généralement par les urines, un maximum de ces contaminants internes le plus rapidement possible. Les produits suivants peuvent être utilisés pour favoriser l'élimination de radioéléments bien spécifiques :

- Le DPTA pour l'américium, le plutonium, le thorium, le cobalt et le fer.
- Le bleu de Prusse (Radiogardase®) pour le césium et le thallium.
- Les comprimés d'iode stable, quant à eux, sont employés de manière préventive pour éviter que l'iode radioactif ne se fixe dans le corps (glande thyroïde).

Remarque : Dans la plupart des cas, il est également recommandé

de boire pour favoriser l'élimination par voie urinaire.

Les comprimés d'iode

Un accident nucléaire peut parfois s'accompagner d'une émission massive d'iode radioactif. Ce radionucléide peut alors pénétrer dans le corps par différentes voies (respiratoires, peau, absorption d'aliments contaminés...) et aller se fixer sur la glande thyroïde. Cet organe, qui a un rôle régulateur, est très important dans notre organisme. L'accumulation d'iode radioactif à son niveau augmente le risque de cancer et d'autres affections. Les fœtus, les bébés, les jeunes enfants sont les sujets les plus sensibles.

Lors d'un incident nucléaire, il peut être utile d'ingérer des comprimés d'iode stable (*à titre préventif*) afin de saturer la thyroïde. Ainsi, l'éventuel iode radioactif qui pénétrera dans le corps par la suite ne pourra pas se fixer et sera éliminé rapidement hors de l'organisme. En France, La prise de comprimés d'iode n'est conseillée que sur l'ordre du préfet.

Posologie du comprimé d'iode, sous forme d'iodure de potassium de 130 mg :

- Pour les adultes, les femmes enceintes et les enfants de plus de 12 ans : un comprimé à dissoudre dans un verre.
- Pour les enfants de 3 à 12 ans : un demi-comprimé.
- Pour les enfants de 0 à 3 ans : un quart de comprimé.
- Ce comprimé peut être renouvelé si besoin les jours suivants.

Remarque : Il est conseillé de ne pas avaler les comprimés seuls, mais, de préférence, de les dissoudre dans un grand verre d'eau tiède. Le goût n'étant pas très agréable, vous pouvez également utiliser du lait ou du jus de fruit. Les comprimés ne se dissolvent pas facilement. Cassez-les d'abord en petits morceaux et mélangez dans le verre.

⇒ Cas de personnes intoxiquées/infectées par des agents biologiques.

Le traitement des victimes d'agents biologiques repose sur les mesures non spécifiques de réanimation médicale et sur des moyens thérapeutiques propres à l'agent en cause lorsqu'il est identifié. La prise en charge doit se faire auprès de professionnels de santé. Si vous n'avez d'autres choix, les quelques conseils ci-dessous peuvent vous aider en attendant une assistance extérieure.

- Isolez les personnes malades afin de réduire les risques de contagion.
- Protégez-vous lors des visites au « patient », notamment grâce à des masques et des gants jetables.

Pour des soins spécifiques, il est important de connaître l'agent biologique responsable. En cas d'épidémie, le nom de la bactérie ou du virus aura probablement fait les gros titres des journaux. En revanche, si vous avez consommé de la nourriture contaminée ou touché des poudres inconnues, les choses se compliquent. Les contre-mesures médicales suivantes sont données à titre indicatif, car l'avis d'un médecin est nécessaire pour choisir le médicament le plus approprié :

- Antibiotiques contre bactéries. Les fluoroquinolones et doxycyclines (des antibiotiques à large spectre agissant sur de nombreux germes) peuvent constituer une option intéressante lorsque l'agent bactérien est inconnu.
- Antiviraux contre les virus. Ces substances, peu nombreuses et de faible efficacité, sont généralement actives contre un nombre limité d'agents. Exemple : la Ribavirine contre les virus de Lassa, de Crimée-Congo, mais pas contre Ebola ou le virus de Marbourg ; le Tamiflu contre la grippe.
- Sérums/antidotes contre les toxines. Ils sont d'ordinaire dirigés contre un agent bien particulier. Par exemple, un sérum contenant des anticorps spécifiques à la toxine botulique existe. Il doit cependant être administré dans les meilleurs délais (avant que la toxine ne se fixe) pour éviter que la victime ne présente des symptômes graves.

Cas de la vaccination.

Bien que de nombreuses controverses circulent quant à la vaccination, il s'agit certainement du moyen de protection le plus efficace, mais il doit être utilisé à titre préventif. Le principe est de préparer vos défenses immunitaires afin de contrer le véritable agent s'il devait vous infecter. Le souci majeur est qu'il n'existe pas de vaccins contre toutes les maladies (et même si cela était possible, il serait stupide de tous les appliquer). La peste, la maladie du

charbon, la tularémie sont autant d'exemples pour lesquels la vaccination est peu efficace. Dans d'autres cas, comme pour la variole, un vaccin existe.¹⁹⁴ Cependant, ce dernier n'est pas anodin et le nombre d'effets indésirables (pouvant parfois conduire à la mort) est *relativement* important.

⇒ **Cas de personnes intoxiquées par des substances chimiques.**

Le principal traitement est symptomatique, par exemple en empêchant toute défaillance ventilatoire, cardio-vasculaire, neurologique ou métabolique. Il existe cependant quelques moyens spécifiques à certains agents chimiques.

- Contre les neurotoxiques :
 - La seringue bi-compartiments Ineurope© est utilisée pour contrer l'action de neurotoxiques. Elle contient un mélange d'atropine, de contrathion et de diazépam. Elle n'est pas en vente libre. S'en servir sur des sujets sains provoque des effets secondaires importants.
 - La pyridostigmine. Ce médicament doit être utilisé *en préventif*. Il préserve en fait une partie des cholinestérasas, apportant ainsi une protection limitée contre certains agents neurotoxiques (mais sans effet contre le sarin et le VX).
 - L'huperzine, issue d'une plante (mousse) originaire d'Asie, agirait comme la pyridostigmine *en préventif*.
- Contre les vésicants :
 - Il est primordial d'effectuer une décontamination la plus complète possible au préalable.
 - Il n'existe pas de traitement spécifique contre l'ypérite. En revanche, un antidote est disponible dans les armées contre la lewisite : le British Anti-Lewisite (BAL ©) – non commercialisé en France. En cas d'atteinte de la peau, le plus simple est d'agir comme pour

¹⁹⁴ La vaccination contre la variole n'est plus obligatoire en France depuis 1979 et a même été suspendue après 1984. Les rappels ne sont plus réalisés après cette date.

le cas d'une brûlure thermique. Appliquer des lotions ou pommades calmantes (ex. : Biafine©) sur les parties rougies. Donner des analgésiques (ex. : Paracétamol©). Éviter l'infection secondaire des brûlures (pansement avec des gaz gras stériles, nettoyages réguliers avec des solutions antiseptiques, utilisation de pommade type Flammazine©).

- Contre les agents suffocants :
 - Il n'existe pas d'antidote.
 - Après avoir évacué la personne de la zone dangereuse, le traitement repose principalement sur la réanimation respiratoire et la correction des troubles circulatoires.

- Contre les cyanures et leurs dérivés :
 - Dans le cas d'une intoxication par des gaz (cyanure d'hydrogène par exemple), il faut évacuer la personne de la zone dangereuse de toute urgence.
 - Le bouche-à-bouche est contre-indiqué (risque d'intoxication du sauveteur).
 - Mettre la victime sous masque à oxygène ; administrer du Valium© en cas de convulsions ; injecter de l'adrénaline si défaillance cardio-vasculaire.
 - L'hydroxocobalamine (Cyanokit©) est l'antidote de choix contre les intoxications aux cyanures. Il n'a que très peu d'effets secondaires (y compris chez le sujet non intoxiqué) et apporte une amélioration de l'état de la victime très rapidement.

Remarque : Le cyanure d'hydrogène n'est pas forcément issu d'un acte de terrorisme ou d'une fuite dans une entreprise à risque. Il peut simplement être produit lors d'incendies mettant en cause des matières plastiques telles que les polyacrylonitriles, polystyrènes, polyuréthanes...

Autorisation d'utilisation d'un antidote des neurotoxiques.

Voici ce que dit l'« Arrêté du 14 novembre 2015 autorisant l'utilisation de sulfate d'atropine, solution injectable 40 mg/20 ml PCA antidote des neurotoxiques organophosphorés : Considérant que le risque d'attentats terroristes et le risque d'exposition aux neurotoxiques organophosphorés constituent des menaces sanitaires graves qui appellent des mesures d'urgence, le sulfate d'atropine en solution injectable, fabriqué par la Pharmacie Centrale des Armées, peut être acquis, stocké, distribué, prescrit, dispensé et administré pour la prise en charge des personnes exposées à des neurotoxiques, par les professionnels de santé intervenant dans le cadre des services d'aide médicale urgente. » En d'autres termes, un « antidote » habituellement réservé aux militaires intoxiqués par des agents chimiques de guerre de type neurotoxique vient d'être autorisé sur le sol français pour les civils en cas d'urgence.

Traverser une zone toxique ou contaminée.

Dans l'hypothèse où vous vous retrouveriez à devoir traverser une zone contaminée ou toxique, les quelques conseils suivants peuvent s'appliquer afin de vous éviter des complications :

Lors d'une contamination.

Le phénomène de contamination peut se rencontrer quel que soit l'agent (radiologique, biologique ou chimique). Par exemple, si ce dernier se présente sous forme de poudre, de particules en suspension ou encore de liquide épandu, la zone est contaminée. Toute personne y pénétrant aura de fortes chances d'être contaminée à son tour. Cela n'est pas sans conséquence, car outre des effets sur vous-même vous pouvez sans le vouloir ou savoir :

- contaminer vos proches (principalement par contact) ;
- rapporter ces substances nocives chez vous et ainsi contaminer votre lieu de vie, vos objets, etc. ;
- incorporer l'agent (par ingestion, par inhalation, à travers la peau, par l'intermédiaire d'une blessure...) et aboutir à une

contamination interne (ou développer une infection dans le cas d'un virus ou d'une bactérie).

Afin de prévenir ce genre de complications, il y a plusieurs règles à appliquer, notamment :

- Toucher le moins de choses possibles dans la zone. L'idéal est de rester debout (éviter de s'allonger, de s'asseoir, de poser un genou à terre) et de ne pas utiliser ses mains pour interagir avec l'environnement.
- Tenter de vous protéger les voies aériennes et si possible le corps. Le but premier est de laisser les particules nocives à l'extérieur de votre organisme. Si vous n'avez aucun équipement, mettez un mouchoir ou un morceau de tissu devant votre nez et votre bouche (voir « kit de protection NRBC »).
- Vous devez procéder à une phase de déshabillage/décontamination dès que possible au sortir de la zone dangereuse. Fiez-vous, toutefois, à votre bon sens et évaluez les priorités : inutile de retirer tous ses vêtements en plein hiver et sans refuge à proximité. Dans la majeure partie des cas, la contamination externe peut attendre.
- Une autre difficulté est que, sans moyen de détection, il sera délicat d'identifier les limites de la zone contaminée. Dans ces circonstances, il est souhaitable de connaître la nature de l'agent en cause. En effet, dans le cas de poussières, par exemple, les vents dominants vous donneront une indication sur la façon de sortir au plus vite de la zone dangereuse (partir perpendiculairement).
- Essayez de rejoindre les services médicaux et de secours qui, lors d'un tel incident, auront établi des chaînes de décontamination et autres capacités utiles.

Remarque : L'exemple de contamination la plus étendue et la plus durable est celui de la contamination radioactive. Celle-ci peut survenir suite à un problème majeur dans une centrale nucléaire ou encore après l'explosion d'une bombe atomique (retombées radioactives). Si la zone est contaminée par des toxiques de guerre, vous devez faire tout votre possible pour l'éviter ou la contourner. Si vous n'avez vraiment pas le choix, évacuez au plus vite en appliquant au plus près les consignes ci-dessus, à la différence que

le retrait de vos vêtements contaminés devient l'une de vos priorités, une fois hors du site dangereux.

En présence d'agents radioactifs.

Si les éléments radioactifs se présentent sous forme de contamination, les conseils du paragraphe précédent s'appliquent également. Dans le cas où, au contraire, il s'agit d'une source scellée qui irradie des rayonnements gamma, plusieurs modes de protection sont envisageables afin de limiter la quantité de radiation reçue par votre organisme. Il existe trois moyens principaux, tous très logiques, pour se protéger contre ce risque :

a. Protection par le temps.

Imaginez un instant que vous vous trouviez près d'un grand feu et que vous vous en approchez. À partir d'une certaine distance, vous commencerez à être brûlé et plus vous resterez longtemps, plus la blessure sera grave. Avec une source scellée irradiante, c'est un peu la même chose, à la différence que vous ne sentirez rien (enfin sur le moment, jusqu'à ce que les symptômes arrivent des heures, des jours ou des semaines plus tard). Si la source radioactive est suffisamment puissante, vous serez affecté à distance, sans avoir besoin de toucher l'objet. Le principe est donc simple : *moins vous passez de temps à proximité de la source, moins vous recevez de doses.*

b. Protection par la distance.

La relation qui lie le débit de dose est inversement proportionnelle au carré de la distance. Ce qui signifie que le débit va diminuer très rapidement à mesure que l'éloignement s'accroît.

$$(Distance\ 1)^2 \times Débit\ 1 = (Distance\ 2)^2 \times Débit\ 2$$

Avec débit 1 (ou 2) = débit mesuré à la distance 1 (ou 2).

Ainsi, si vous connaissez la distance et que vous pouvez mesurer un débit de dose, il devient aisé d'extrapoler. Par exemple, si vous êtes à un mètre, vous recevez un certain débit de dose. Si vous vous placez :

- à 2 m, la distance est augmentée d'un facteur 2 et le débit de dose est réduit par 4.
- à 4 m, la distance est augmentée d'un facteur 4 et le débit de dose est réduit par 16.
- à 10 m, la distance est augmentée d'un facteur 10 et le débit de dose est réduit par 100.

L'éloignement apporte donc une protection très efficace.

c. Protection par les écrans.

Si nous reprenons l'exemple du feu, le simple fait de vous cacher derrière un mur coupe instantanément la chaleur que vous recevez par rayonnement. Dans le cas d'une source radioactive, le principe est similaire, mais les rayons gamma ne seront généralement pas arrêtés, seulement atténués ! En outre, avec les radiations, tous les écrans ne se valent pas. Les parois de plomb sont très efficaces. La pierre et le béton offrent une protection satisfaisante. Les éléments plus légers, comme le plastique ou encore le bois sont, en revanche, moins actifs pour contrer les rayonnements gamma. Au final, si vous vous retrouvez en présence d'une source irradiante, utilisez les murs ou abris pour vous protéger. Certes, vous ne sentirez pas de différence, pourtant celle-ci existe bel et bien.

Remarque : Il existe également d'autres moyens pour se protéger, mais ceux-ci ne peuvent s'appliquer que dans quelques cas bien précis. Il s'agit de réduire l'activité de la source, principalement en laissant passer le temps ou en diminuant la quantité de matière radioactive présente.

Action du temps : Si vous connaissez l'isotope radioactif, il peut être intéressant de patienter. Par exemple, l'iode 131 a une période de huit jours. C'est-à-dire que, naturellement, son activité est divisée de moitié au bout de cette durée. Si vous savez qu'un endroit est contaminé avec cet isotope, il vous suffit d'attendre :

- 8 jours pour voir le niveau de radioactivité diminué par 2 ;
- 16 jours pour voir le niveau de radioactivité diminué par 4 ;
- 24 jours pour voir le niveau de radioactivité diminué par 8 ;
etc.

Diminuer la quantité de matières radioactives : s'il s'agit d'un gaz (comme le radon), il suffit d'aérer quelques minutes la pièce (ou la cave...) pour que celui-ci s'échappe dans l'atmosphère et que sa concentration dans votre local devienne bien plus faible.

Remarque : Attention à la nuance : il est impossible de modifier l'activité proprement dite d'un isotope/élément radioactif. Ce dernier aura toujours la même vitesse de décroissance, quelle que soit sa forme. Par exemple, brûler un objet ou le tremper dans de l'acide concentré pourra éventuellement détruire celui-ci, mais sera sans effet sur la radioactivité elle-même. Ainsi, un article constitué d'un matériau ionisant peut voir son apparence physique changer, comme être transformé en fumée, devenir de la cendre, voire se retrouver sous forme liquide, mais la quantité de radioactivité présente reste la même !

Cas d'agents biologiques.

Les mesures d'hygiène simples, comme se laver les mains régulièrement, sont primordiales. Si vous êtes amené à bouger beaucoup (métro, centres commerciaux...), il peut être particulièrement utile de disposer d'un gel désinfectant. Bien que ce dernier ne soit pas efficace contre 100 % des microbes et ne remplace pas le lavage des mains au savon, il a l'avantage de pouvoir être utilisé à peu près partout. En plus de ces mesures d'hygiène, de simples conseils de bon sens s'appliquent également :

- évitez tout contact avec des personnes malades ou des inconnus ;
- ne touchez pas les animaux morts ;
- abstenez-vous de porter vos mains à votre bouche ;
- évitez les lieux à forte densité de population – centres commerciaux, marchés, transports en commun, salles de cinéma, écoles, etc. ;
- dans la mesure du possible, restez chez vous en vous isolant de tout contact.

- Si vous savez qu'une épidémie est en cours et que vous devez circuler au milieu d'autres individus, le port d'un masque filtrant type FFP¹⁹⁵ (Pièces Faciales Filtrantes) et des mesures d'hygiène de base peuvent réduire significativement les probabilités de contracter la maladie.

Cas d'agents chimiques.

Certains agents chimiques peuvent être à l'origine d'une contamination. Des toxiques de guerre, comme le VX ou l'ypérite, des produits industriels, tels que des acides, peuvent se présenter sous forme liquide pendant plusieurs jours, voire des mois. Si vous êtes contaminé par de tels éléments, vous devrez appliquer les conseils du paragraphe vu supra : « Cas de la contamination ». Dans le cas où les toxiques chimiques se retrouvent sous forme de gaz, comme le chlore, l'ammoniac, etc., la priorité va à la protection respiratoire sans perdre de temps. Le reste du corps sera protégé dans un second temps si nécessaire. En outre, vos actions dépendent des circonstances :

- Si vous vous retrouvez piégé dans un nuage de chlore, mettez un masque de protection ou un mouchoir humide sur votre bouche et votre nez, puis quittez les lieux immédiatement. Inutile de perdre du temps en zone dangereuse à revêtir une éventuelle tenue de protection pour le corps. Cherchez une direction perpendiculaire au sens du vent, choisissez les itinéraires hauts, plutôt que les fossés. En effet, la plupart des gaz toxiques sont plus lourds que l'air et auront tendance à rester au niveau du sol. Ceux qui sont plus légers, quant à eux, vont monter et se diluer rapidement dans l'atmosphère.
- Si vous êtes dans votre base autonome durable et que vous devez sortir tout en sachant que le milieu extérieur est contaminé, il est nécessaire de mettre un masque et une tenue de protection au préalable, puis d'effectuer un déshabillage/décontamination au retour.

Remarque : En cas de fuite ou de déversement, les phénomènes de

¹⁹⁵ Voir la partie « Kits et équipements de protection ».

contamination et de toxicité par vapeurs ou gaz se rencontrent fréquemment simultanément. C'est-à-dire que vous pouvez vous retrouver confronté à des liquides qui se répandent sur le sol, coulent dans les rivières... et, parallèlement, à des vapeurs toxiques qui se dégagent dans l'atmosphère.

Rappel : Les toxiques de guerre peuvent pénétrer la peau et traverser les vêtements normaux.

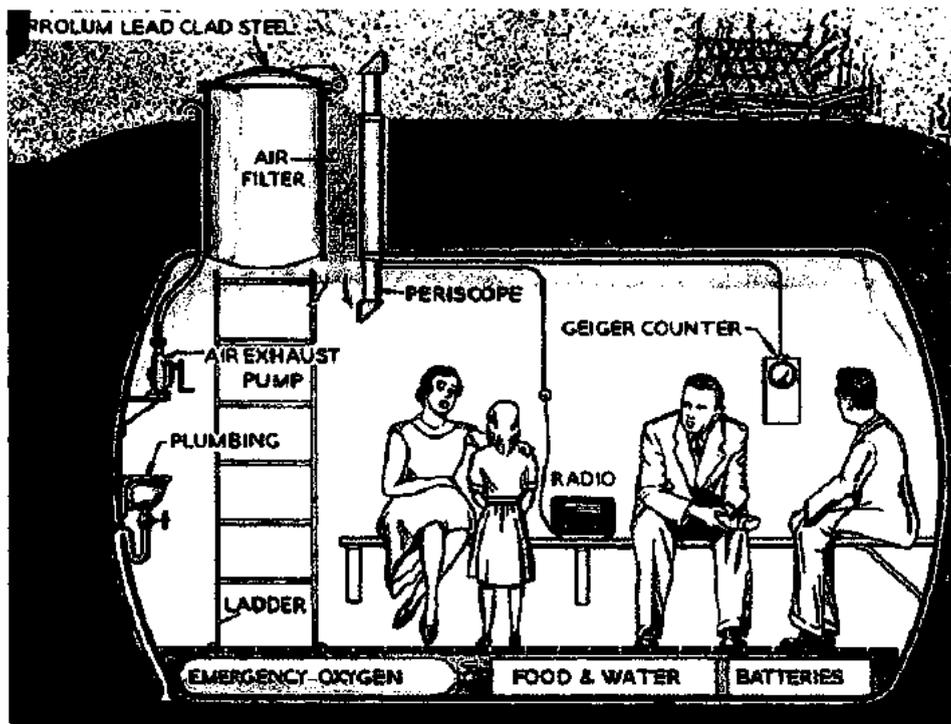
3. Les abris antiatomiques

« Ce que vous allez voir est un cauchemar. Ce n'est pas prophétique, ça ne va pas forcément arriver, il est souhaitable que ça n'arrive jamais. Mais en cet endroit et en ce moment, ça arrive. »

Narration introductive de l'épisode « The Shelter », de la série TV « The Twilight Zone », 1961

Les abris antiatomiques (ou antinucléaires) sont souvent stigmatisés ou moqués comme étant des constructions représentant la paranoïa de leur propriétaire ou des États craignant une guerre nucléaire qui n'arrivera jamais.

De plus, les mythes de la non-survivabilité poussent de nombreuses personnes à s'imaginer que toute préparation, et notamment la possession de ce genre de refuge, ne « sert à rien » si un conflit ou un accident nucléaire venait à se produire. Il est, assurément, assez facile de faire croire à des populations qui ne comprennent pas ce type de risque que toute vie est impossible après une explosion nucléaire. Pourtant, les exemples de Tchernobyl et Fukushima, qui ont chacun déversé plus de radioactivité dans l'environnement que n'importe quelle bombe atomique, montrent que, même si des zones ont été évacuées, notre monde reste parfaitement habitable. En résumé, dans le cas d'une explosion nucléaire, si vous survivez aux effets thermiques et mécaniques, vous avez de bonnes chances de vous en tirer en respectant des conduites à tenir simples et logiques. Bien évidemment, disposer d'un abri, ou même d'un kit de survie élémentaire, facilite énormément les choses.



**Image idéalisée d'un abri antiatomique aux USA,
dans les années 1960**

Un abri antiatomique peut être défini comme un espace cloisonné spécialement conçu pour protéger ses occupants des effets d'une explosion atomique, c'est-à-dire du souffle, de l'énorme chaleur dégagée et des radiations émises.

L'héritage de la Guerre froide

Pendant la Guerre froide entre les États-Unis et l'URSS, quantité de constructions furent réalisées à travers le monde, en respectant les mesures préconisées par les départements de défense civile. Toujours à cette même époque, de nombreuses campagnes de prévention et de multiples aménagements furent également mis en œuvre.

Ainsi, le programme civil *National Emergency Alarm Repeater* (N.E.A.R.) fut développé aux États-Unis en 1956 pour

supplémenter les systèmes d'alerte par des sirènes et des annonces radiophoniques. Il fut néanmoins arrêté en 1967, jugé non viable en raison des effets des impulsions électromagnétiques (IEM) qui auraient brouillé ou endommagé les communications. En 1961, le président des États-Unis, J.F. Kennedy, appela dans la revue grand public *Life* les Américains à se préparer, à construire et à utiliser des abris.¹⁹⁶ Cette même année, le magazine *Forbes*¹⁹⁷ publia un article dans lequel des personnalités comme Nelson Rockefeller, Edward Teller, Herman Kahn et Chet Holifield proposaient d'édifier un grand nombre de refuges à travers tout le pays pour protéger des millions de leurs compatriotes en cas de guerre nucléaire.

Dans le cadre des programmes de « continuité du gouvernement », certains États planifièrent également des abris de taille gigantesque. L'objectif était le maintien des capacités de commandement des forces armées et de gestion du pays en cas d'attaques ciblées contre les centres de commandement militaire et les instances politiques. Ces systèmes de redondance pour la continuation des gouvernements et des armées existent toujours pour la plupart et sont constitués d'immenses bunkers, permettant parfois de maintenir des dizaines de milliers de personnes en état de travailler pendant des mois entiers. En voici quelques exemples :

- Aux États-Unis : dans les Appalaches, dans les Ozark, dans les montagnes Rocheuses... ; centres de commandement (Projet Greek Island, NORAD, COOP et Site R). L'un de ces abris, très médiatisé – et même représenté dans certains films (*War Games*, *Stargate*, etc.) – est le centre de commandement de Cheyenne Mountain, aux USA, creusé sous 600 mètres de granit.
- En Russie : mont Yamantau et mont Kosvinsky.
- En Chine : Project 131 et similaires.

¹⁹⁶ *Life magazine*, septembre 1961.

¹⁹⁷ *Forbes magazine*, novembre 1961.



**Entrée de la base militaire de l'US Air Force de
*Cheyenne Mountain***

Quasiment toutes les grandes puissances ont créé de tels bunkers. Par exemple, la France dispose de centres de commandement comme le COFAS (Centre d'Opération des Forces Aériennes Stratégiques) près de Lyon. Le Canada a développé pendant les années 1960 un réseau de bunkers, appelé *Diefenbunkers*, du nom du Premier ministre, John Diefenbaker, qui a autorisé leur réalisation.

Outre la construction de ces abris réservés aux instances militaires et politiques, les États ont également cherché à protéger leur population. Ainsi, dans le cadre de la politique de défense civile, une multitude de transports souterrains (métros, trains), tunnels, ainsi que des bâtiments disposant de vastes caves ou parkings ont été adaptés dans l'éventualité d'une catastrophe nucléaire. En URSS, les équipements publics tels que le métro furent aménagés et quantité de refuges construits tout au long de la Guerre froide.

La Suisse décida, au cours de cette même période, d'étendre les plans de protection de ses forces armées à la population civile. Un grand nombre d'abris collectifs (dans les écoles, les hôpitaux,

etc.) furent ainsi réalisés dans les centres urbains. Ces derniers, conçus pour résister à une explosion de 12 mégatonnes à une distance de 700 m de l'épicentre, furent rendus obligatoires dans tout nouvel immeuble et maison individuelle. Au total, la Suisse dispose de plus de 300 000 abris, censés être équipés de lits, de nourriture¹⁹⁸ et d'eau pour plusieurs semaines, mais aussi de toilettes chimiques, de filtres à air et d'une sortie de secours. Cependant, depuis la fin de la Guerre froide, un grand nombre d'abris individuels ont été détournés de leur fonction originelle et servent désormais de lieux de stockages, de caves à vin, etc. D'autres pays, comme Singapour, la Finlande, la Norvège et la Suède ont également mis en place des lois obligeant la construction d'abris antiatomiques dans de multiples immeubles publics et privés.

Quant aux programmes de préparation de la population, tous les pays industrialisés en ont réalisé plusieurs. Le plus ambitieux fut celui de l'administration fédérale de la défense civile des États-Unis qui produisit, à la fin des années 1950, un programme d'information et de préparation du public à la guerre nucléaire. La production de matériel fut intense : 30 brochures, 3 films, 11 messages publicitaires destinés à la radio et à la télévision, 69 articles pour magazines et 91 communiqués officiels, pour un total de 36 millions de brochures imprimées et distribuées, dont 25 millions de la taille d'une carte de crédit décrivant les mesures de base à suivre en cas d'alerte. Une bande dessinée destinée aux enfants, intitulée *Operation Survival*, fut conçue et imprimée à 4 millions d'exemplaires. En plus de ces publications, les *Boy Scouts of America* distribuèrent en une journée d'action, le 11 octobre 1958, un livret de sensibilisation à 40 millions de ménages.

Un détail intéressant dans tous ces documents est à relever : la raison pour laquelle les brochures et films d'éducation pour le public mentionnaient une durée d'abri de deux semaines n'était pas liée aux retombées radioactives effectives, mais au temps moyen estimé au-delà duquel la promiscuité de la vie dans un abri

¹⁹⁸ <http://www.lematin.ch/suisse/Ce-qu-il-faut-en-cas-de-catastrophe/story/31967461>

commencerait à causer des problèmes de comportement, tels qu'angoisse, anxiété, paranoïa, agressivité et déprime !

Selon l'Académie Nationale des Sciences, dans un rapport de 1962 intitulé *Behavioral Science and Civil Defense*, il était estimé que le public n'allait pas répondre correctement aux conseils du gouvernement. En effet, lors de trois exercices d'alerte conduits l'année précédente, il fut remarqué qu'une grande partie de la population était si liée à ses habitudes, à ses rituels quotidiens et aux normes sociales, qu'au lieu de s'abriter et de suivre les consignes, elle poursuivait ses activités immédiates. Le même rapport concluait qu'une partie significative de la population ne pourrait accepter psychologiquement un monde post-guerre nucléaire et finirait par devenir alcoolique ou droguée, par développer des problèmes de santé mentale, ou se clochardiser.¹⁹⁹ On retiendra également le bon mot de Lloyd Omdhal, gouverneur du Dakota du Nord, qui commenta tous ces programmes par une phrase : « *Notre principale stratégie en cas d'attaque ennemie peut se résumer en un mot : cours !* ».

Quant au nombre de victimes estimé, le Département de la Défense des États-Unis réalisa en 1967 une étude simulant en détail deux scénarios de guerre nucléaire entre l'URSS et les USA.

L'un de ces scénarios, du nom de code BETA I, imaginait des tensions autour de Berlin-Ouest en 1972, provoquant une escalade du conflit se terminant par une attaque nucléaire de l'URSS sur les États-Unis, qui auraient riposté. Les pertes étaient alors estimées à 20-30 millions de morts pour les USA et 30-50 millions pour l'URSS.

L'autre scénario, du nom de code BETA II, simulait une attaque surprise des USA contre l'URSS en 1972, suite à un scénario de tensions autour de Cuba. Cette fois-ci, l'Union soviétique subissait entre 100 et 120 millions de pertes, alors que les US n'en subissaient « que » de 5 à 10 millions.

¹⁹⁹ Finalement, c'est ce qui est arrivé à une partie de la population sans guerre nucléaire !

Les développements récents

Après la chute de l'URSS, la plupart des programmes civils ont été délaissés, notamment aux États-Unis. Ce phénomène s'est amplifié vers la fin des années 1990, et une grande partie de ces plans ont été complètement oubliés... En plus de l'abandon des infrastructures, très peu d'exercices pratiques ont été mis en œuvre, et pratiquement aucune formation de la population n'a plus été conduite.

Les événements du 11 septembre 2001 ont agi comme un puissant contrecoup. Les autorités américaines ont soudainement réalisé que certains États ou groupes terroristes pouvaient disposer des moyens et de la volonté pour frapper leurs ennemis, y compris avec des armes nucléaires. Le gouvernement américain créa ainsi un nouveau ministère, nommé *Department of Homeland Security*, destiné à protéger le pays contre les menaces terroristes. Parmi ses missions :

- la surveillance, le contrôle renforcé et la saisie de matériaux nucléaires ;
- l'arrestation de terroristes envisageant ou préparant un événement de type nucléaire ;
- le maintien de la continuité du gouvernement – permettre au gouvernement de survivre et d'opérer en cas d'attaque nucléaire.

Il est intéressant de remarquer que, cette fois-ci, la protection des populations n'a pas été prévue, que ce soit en nombre d'abris disponibles ou de programmes de formation. Ceci est d'autant plus regrettable que les programmes d'éducation du public décrits ci-dessus auraient été aisés à reprendre après quelques améliorations et mises à jour.

Ces dernières années, la Russie a modernisé ses anciens refuges et a entrepris d'en construire de nouveaux. À la différence de la première puissance du monde, ce gouvernement a choisi de bâtir des abris également pour sa population : 5 000 d'entre eux ont

été édifîés en 2012, rien que dans la ville de Moscou.²⁰⁰ Cette préparation dénote-t-elle une simple prévoyance ou des craintes substantielles face à une géopolitique internationale incertaine et turbulente ?

Le 22 décembre 2015, quelque temps après l'annonce par les États-Unis de leur déploiement de vingt nouvelles bombes nucléaires en Allemagne, des archives furent (opportunément ?) déclassifiées. Elles montraient que le Strategic Air Command (SAC) avait préparé en juin 1956 un plan d'attaque contre l'URSS intitulé « *Strategic Air Command' Atomic Weapons Requirements Study for 1959* »²⁰¹. Ce document de 800 pages prévoyait avec beaucoup de précision l'utilisation de près de 10 000 bombes atomiques sur autant de cibles en URSS, en Europe de l'Est et en Chine. Des villes comme Moscou, Leningrad, Berlin-Est, Varsovie, Pékin, auraient été purement et simplement rasées. Moscou, par exemple, aurait été la cible de près de 180 bombes ! Ce plan fut présenté en 1962 par le général Curtis E. Le May, commandant de l'état-major des Armées, au président John Fitzgerald Kennedy, lui assurant de sa conviction qu'une guerre avec l'URSS était inévitable et qu'il fallait lancer une attaque nucléaire massive et sans avertissement – une véritable extermination ! Fort heureusement, le président Kennedy refusa.²⁰²

Enfin, il est intéressant de remarquer que, depuis de nombreuses années déjà, la littérature, la télévision, le cinéma, les jeux-vidéo et même la chanson se sont rapidement emparés de ces thèmes. Citons les romans *On the Beach* (1959) de Nevil Shute, *Farnham's Freehold* (1964) de Robert A. Heilein, *Pulling Through* (1983) de Dean Ing, *A Canticle for Leibowitz* (1960) de Walter M. Miller, *Earth* (1990) de David Brin, ou encore la série de livres *Metro 2033* (2005) de Dmitry Glukhovskiy. En 1961, la célèbre série TV Américaine *The Twilight Zone* (diffusée en France sous le titre

²⁰⁰ <http://endoftheamericandream.com/archives/russia-has-constructed-massive-underground-shelters-in-anticipation-of-nuclear-war>

²⁰¹ <http://nsarchive.gwu.edu/nukevault/ebb538-Cold-War-Nuclear-Target-List-Declassified-First-Ever/>

²⁰² Ernest R. May, Philip D. Zelikow, *The Kennedy Tapes: Inside the White House during the Cuban Missile Crisis*, 1997.

La 4^e dimension) contenait un épisode intitulé *The Shelter* montrant que le choix des occupants d'un abri antiatomique pouvait entraîner de graves problèmes avec le voisinage. Le cinéma a réalisé un très grand nombre de films. Parmi les plus connus et les plus intéressants, notons *I live in fear* (1955) d'Akira Kurosawa, *Dr Folamour* (1964) de Stanley Kubrick, *A boy and his dog* (1975) de L. Q. Jones, *The Day After* (1983), de Nicholas Meyer, *Akira* (1988) de Katsuhiro Otomo, *The Postman* (1997) de Kevin Costner, *La somme de toutes les peurs* (2002) de Phil Alden Robinson, ou encore la série des films *Mad Max* (1979-2015) de George Miller.

4. L'abri improvisé

*« I find shelter in this way
Under cover, hide away
Can you hear when I say
I have never felt this way. »²⁰³*

– Birdy, chanteuse britannique, Shelter (2011)

Il n'est pas toujours possible de vivre dans un endroit disposant d'un abri antiatomique, ni d'avoir les moyens ou les autorisations nécessaires pour en faire construire un. Toutefois, il est possible d'aménager des abris improvisés chez soi, ou dans des constructions publiques. Ces abris peuvent être assez efficaces si on prend en compte quelques notions de base et un minimum de préparation.

L'idéal est de s'abriter le plus loin possible de la source des rayons gamma et d'intercaler entre elle et vous un maximum de matière, que ce soient des constructions d'origine humaine ou de simples éléments naturels. Comme nous l'avons déjà vu, plus le matériau employé est dense et plus l'écran est épais, plus la protection est élevée. L'épaisseur des matériaux nécessaires pour atténuer les rayons gamma varie également selon l'énergie de ces derniers. Par exemple, pour des valeurs inférieures à 200 keV (kilo-électron volts), quelques millimètres de plomb suffisent pour arrêter 90 % du rayonnement. En revanche, pour des énergies supérieures, comme celles rencontrées en cas d'explosion atomique, il faut des écrans plus épais : 8 cm d'acier ; 30 cm de béton ; 40 cm de terre ; 60 cm d'eau ; 100 cm de bois, etc.

Un abri peut donc être aménagé, rapidement et simplement,

²⁰³ « Je trouve un abri de cette manière, incognito (pour) me cacher, pouvez-vous entendre ce que je dis, je ne me suis jamais sentie comme ça. »

dans la cave d'une maison, d'un immeuble ou d'un bâtiment public. Un abri improvisé peut être une tranchée creusée dans la terre et recouverte. Les tunnels ferroviaires ou de métro sont aussi de bons endroits, tout comme les parkings souterrains des grands immeubles. Dans la figure ci-dessous, tirée d'une brochure américaine des années 1960, quatre exemples sont donnés, qui représentent quatre degrés de protection : aucune protection à l'extérieur, peu de protection dans une maison, une assez bonne protection à la cave et une très bonne protection dans une cave spécifiquement aménagée.

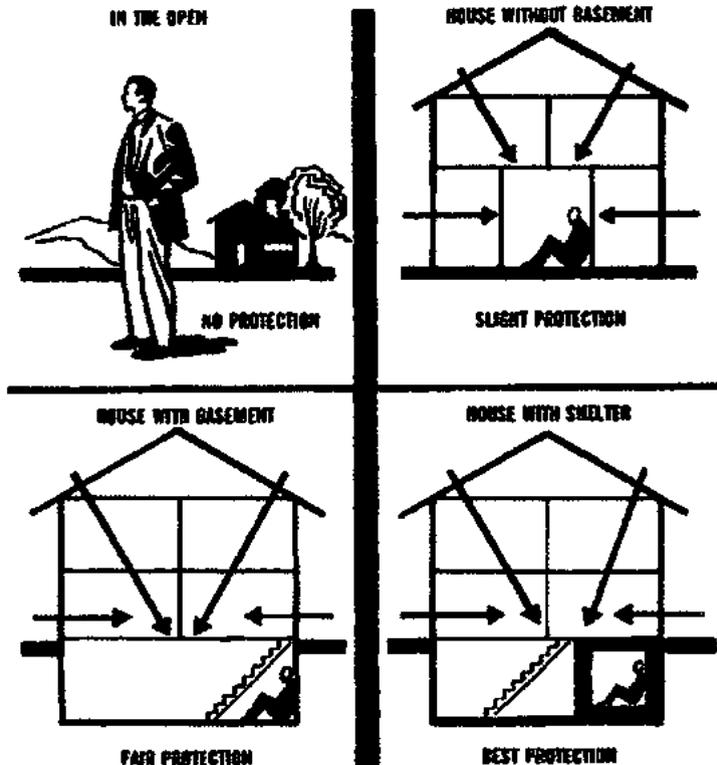


Image tirée d'une brochure américaine des années 1960

Pour créer de la masse, on peut donc empiler livres, meubles, sacs de sable, briques, planches en bois, bidons et bouteilles remplies d'eau. Un abri sous-terrain peut ainsi réduire votre exposition aux radiations d'un facteur 100 à 200. Ainsi, si à l'extérieur vous étiez supposé recevoir une dose de 5 sieverts (5 000

millisieverts), ce qui aurait probablement été fatal, à l'intérieur d'un abri bien aménagé dans une cave, vous ne recevriez plus que 50 millisieverts, voire moins.

Dans tous les cas, restez loin des fenêtres car celles-ci peuvent se briser à cause du souffle. Positionnez une barrière à l'aide de meubles ou d'autres objets entre vous et les fenêtres. Si vous ne pouvez faire autrement, protégez-vous des éclats de verre à l'aide de vêtements, de couvertures. Si vous avez le temps, il peut valoir la peine d'installer devant les fenêtres des plaques de bois de la bonne dimension.

Réfléchissez donc à quel serait le meilleur abri pour vous dans votre ville, sur votre lieu de travail, sur le parcours des trajets que vous effectuez régulièrement, si un événement de type nucléaire devait se produire ? Est-ce un tunnel ? Une station de métro ? Un parking souterrain ? Une cave ? Est-ce que cet endroit est facilement et rapidement joignable à pieds (le trafic risquant d'être rapidement paralysé) ?

Remarque : L'un des auteurs de cet ouvrage, Piero San Giorgio, vit en Suisse avec sa famille et réside en partie dans une ferme de montagne. Là, pas d'abri antiatomique, mais une cave est aménagée en cellier et peut servir d'abri – le danger le plus probable n'est, à cet endroit, pas l'attaque nucléaire, mais l'avalanche. Piero habite aussi quelques jours par semaine dans un petit appartement en plein centre-ville de Genève, ville qui n'est pas proche d'une base militaire, ni d'autres cibles probables en cas de guerre nucléaire. Cependant, étant l'un des sièges des Nations-Unies, on ne peut exclure la possibilité d'une frappe. Si cela devait arriver, lui et les autres habitants de l'immeuble peuvent s'abriter dans les caves de l'immeuble. Celles-ci ayant été construites au tournant du XIX^e siècle, elles ne sont pas formellement des abris antiatomiques, mais sont entourées de murs épais de pierre. En outre, la cave est partiellement enterrée. Quant aux parents de Piero, ils habitent en Suisse, dans une maison individuelle construite en 1981, et donc ayant l'obligation de disposer d'un abri antiatomique. Cet abri, complètement enterré, est toujours utilisable. Impressionnant avec

ses 60 cm de béton armé et sa porte en acier de 30 cm, il sert de remise pour des conserves, de la nourriture et, surtout, sert de cave à vin. Il possède toujours le filtre à air anti-poussières, le sceau/toilettes chimiques et la sortie de secours donnant 3 mètres plus loin dans le jardin, permettant de sortir suffisamment loin de la maison, si celle-ci venait à s'écrouler.

Attention !

Un abri dans une cave ou un endroit enterré est utile en cas d'évènement nucléaire, mais pas en cas d'attaque ou d'accident chimique.²⁰⁴ Comme nous l'avons vu, la plupart des gaz chimiques étant plus lourds que l'air, ils ont tendance à s'infiltrer dans les caves et les lieux souterrains.

Les équipements nécessaires dans un abri.

Quel que soit le type d'abri que vous avez prévu et aménagé, il est souhaitable de l'équiper de quelques outils et matériels permettant de tenir le temps nécessaire.

Le plus important : l'eau

Essentielle au bon fonctionnement de nos organes et tissus, l'eau est le principal constituant du corps humain et représente entre 60 et 70 % de notre poids total. L'espérance de vie sans eau est en moyenne de trois jours. Sachant que l'être humain élimine environ 2,5 litres d'eau par jour, il est donc important de prévoir, au minimum, entre 2 et 3 litres d'eau par jour et par personne. Pour deux semaines, cela représente entre 28 et 42 litres ! Garder un stock important de bouteilles d'eau dans votre abri est donc essentiel. Idéalement, il faudrait avoir pour deux semaines d'eau pour chaque personne. De plus, si l'alerte est donnée à l'avance, vous pouvez également remplir, en prévision, tous les récipients que vous pouvez : bouteilles, casseroles, baignoires, éviers, bassines,

²⁰⁴ Hormis s'il est doté d'un système de filtration NRBC de l'air.

etc. – car vous ne savez pas si l'eau sera toujours disponible après l'évènement ou si elle sera contaminée. Il existe dans le commerce un grand choix de récipients bon marché et solides qui peuvent être rapidement remplis (bidons en plastique de 5 ou 10 litres, jerrycans, etc.) mais aussi de quoi purifier l'eau (filtres, etc.). Il est facile de les remplir régulièrement et de les garder dans l'endroit qui peut servir d'abri tout en ayant dans ce même endroit quelques pilules de purification qui peuvent être utilisées avant de boire l'eau.

Ne sous-estimez pas vos besoins en eau !²⁰⁵

Nourriture

La nourriture est beaucoup moins importante que l'eau. Bien que l'on puisse survivre plusieurs semaines sans nourriture, il est souhaitable de prévoir un minimum de nourriture dans votre abri. Pensez aussi aux considérations psychologiques : se nourrir peut calmer l'angoisse, inévitable dans de tels moments – le chocolat sera particulièrement bien indiqué. Pour l'essentiel de la nourriture que vous pouvez garder dans un abri, il sera préférable qu'elle soit non périssable ou de longue conservation : boîtes de conserves, aliments de survie en rations, pots de confiture ou de beurre de cacahuète, barres de céréales, fruits secs, etc. Pour simplifier la préparation et limiter les outils nécessaires, de la nourriture qui peut se manger telle quelle, sans besoin de cuisson ou de préparation, est préférable. Si toutefois vous souhaitez plus de confort, un réchaud à gaz avec quelques bombonnes supplémentaires, des briquets, des allumettes, des casseroles adaptées et des couverts seront à prévoir. N'oubliez pas l'ouvre-boîte : il est arrivé à plus d'une personne ayant préparé un bon stock de boîtes de conserves de se retrouver dans une situation sans moyens de les ouvrir (il y a toujours un moyen, mais c'est moins élégant !). Enfin, pensez à régulièrement vérifier la date de péremption de vos provisions et, le cas échéant, faites une rotation de stocks.

²⁰⁵ Pour plus de détails, voir Piero San Giorgio et Vol West, *Rues Barbares – survivre en ville* (Le Retour aux Sources, Paris, 2012).

Information et communication

Avoir une radio sera très utile pour écouter les nouvelles, les bulletins d'informations et les éventuels rapports, notamment sur les retombées, mais également si, finalement, il ne s'agissait que d'une fausse alerte. Il faut prévoir quelques piles de rechange ou choisir une radio à manivelle qui se charge manuellement. Il peut être utile d'avoir un carnet de notes avec un crayon, un marker et un stylo afin de prendre des notes, écrire un message, ou tenir un journal. Ce n'est pas indispensable, mais disposer de quoi « passer le temps » sous forme de lecture, de jeu de cartes, de quoi distraire les enfants pourra s'avérer très utile.

Hygiène

L'hygiène devient rapidement très importante dans un endroit clos.

Pour les selles et l'urine, rien de tel que des toilettes chimiques, qui dissolvent les matières organiques et qui existent sous forme portable. On peut également improviser des toilettes à l'aide d'un bidon muni d'une lunette et dans lequel on place des petits sacs-poubelle de 5 ou 10 litres que l'on refermera après usage et que l'on placera dans un sac-poubelle plus grand afin d'éviter au maximum les odeurs. Il faut donc prévoir un assez bon nombre de sacs-poubelle de petite taille (au moins 2-3 par personne et par jour) et de grande taille (une dizaine suffira). Pour l'hygiène personnelle, avoir une boîte de lingettes humides, des tampons pour les femmes, du papier-toilette, une brosse-à-dents, du dentifrice, du savon, encore des sacs-poubelle, etc. Ce sont des petits objets permettant un meilleur confort, bien que non strictement indispensables sur une petite durée de temps. Dans les pays chauds, du papier attrape-mouches et du produit anti-moustiques pourront permettre un « plus » au niveau confort.

Kit médical

Vous pouvez garder dans votre abri un petit kit médical vous permettant de désinfecter et de soigner coupures, petites blessures,

brûlures, maux de tête, etc. De plus, un kit plus élaboré peut être inclus dans votre sac d'évacuation (voir pages 422-431). Si vous souffrez de maladies chroniques nécessitant des médicaments particuliers, il est bon d'en posséder quelques boîtes en réserve dans votre abri.

Particularités concernant le traitement des brûlures

Il se peut que vous ayez subi, ou que des personnes dans votre abri aient subi des brûlures à cause de l'intense chaleur de l'explosion. Il faudra les traiter avec ce que vous avez sur place : un kit de premiers soins, spécialement équipé pour celles-ci, sera très utile. On distingue trois degrés de gravité de brûlures :

- Les brûlures de premier degré ou superficielles qui sont les moins graves et les plus répandues. Seul l'épiderme est touché. Elles ont pour conséquence l'apparition de rougeurs. La région brûlée devient plus sensible, comme lors d'un coup de soleil. Ces brûlures ne nécessitent aucun soin spécial car la peau garde sa capacité de régénération.
- Les brûlures de deuxième degré ou profondes qui endommagent l'épiderme et, de manière moins prononcée, le derme. Ces brûlures entraînent l'apparition de cloques sur les zones touchées. La peau peut aussi se régénérer d'elle-même à condition que la personne touchée prenne soin d'éviter toute infection.
- Les brûlures de troisième degré : ce sont les plus graves. Elles détruisent toute la peau (derme et épiderme). La peau endommagée prend alors une coloration blanche, brune ou noire. Les régions touchées de la peau deviennent insensibles, sèches et sujettes aux infections. Dans ce cas, il n'y a aucune possibilité de régénération de la peau d'elle-même, car toutes les cellules cutanées sont détruites. Si la lésion est très étendue, une greffe de peau sera probablement indispensable.

Le traitement de base d'une brûlure consiste à arroser celle-ci doucement et sans pression avec de l'eau froide. L'arrosage d'une brûlure diminue son extension, limite ses conséquences et soulage la douleur.

Dans le cas d'une brûlure chimique, il faut faire ôter les vêtements imbibés de produit chimique et arroser abondamment la brûlure ou la partie touchée à grande eau, cela le plus tôt possible afin d'éliminer le produit en cause. En cas de projection de produit chimique dans l'œil, il faut le rincer abondamment à l'eau. Une brûlure grave va fréquemment provoquer un collapsus cardiovasculaire, ce qui se traduira par une pâleur intense de la peau (notamment au niveau des lèvres et des paupières), un pouls rapide et une sensation de soif. Si la brûlure est étendue et que l'on doit transporter la personne brûlée, il faudra la mettre dans un drap stérile et l'immobiliser, afin de réduire la douleur. En cas de brûlure dans le dos, on transportera la personne à plat ventre.

Considérations sur la température.

La terre et le béton sont de bons isolants thermiques. Toutefois, plus il y aura de personnes dans un endroit confiné, plus vite il fera chaud et plus vite l'air sera vicié. Une bonne thermorégulation est alors importante. Des vêtements adaptés au climat seront bienvenus. Pas besoin d'avoir une garde-robe sophistiquée : quelques sous-vêtements propres, des chaussettes, des T-shirts, et de quoi sortir quel que soit le climat : anorak, imperméable, chaussures de marche, etc. Pour l'air, la solution la plus simple est d'installer un ventilateur manuel, c'est-à-dire un drap ou une paroi mobile (même un simple carton), que l'on fait bouger avec une ficelle ou une corde pour brasser l'air (créer des mouvements de convection). Il faut que la température soit tolérable pendant au moins quelques heures, voire quelques jours.

Considérations liées à l'air

Si l'abri est hermétique, il faut disposer de systèmes de filtration des poussières et des particules. Si l'abri n'est pas hermétique, des poussières vont entrer, et il faudra les éviter autant que possible. C'est pourquoi il est préférable de bien colmater toutes les entrées pour éviter trop de poussières.

Outils

Votre abri peut se retrouver enseveli par des décombres et il sera utile d'avoir un minimum d'outils vous permettant de sortir plus aisément qu'avec vos ongles. Pelle, pioche, scie (avec lames supplémentaires), marteau ou masse vous faciliteront la tâche pour déblayer/déplacer les éventuels débris. Il peut aussi être utile, surtout dans le cas d'abris peu élaborés, d'avoir un minimum de matériel de construction pour améliorer ou réparer ce dernier en cas de besoin : planches, clous, briques, bâche, sacs de sable, agrafeuses, etc. N'oubliez pas non plus une paire de gants de qualité et résistants qui vous permettra de dégager des débris, etc., sans vous blesser, et éventuellement de vous protéger du froid ou du feu. Enfin, de quoi éteindre un feu peut être extrêmement utile. L'extincteur reste une solution peu coûteuse et très efficace.

Considérations sur la lumière

Un évènement de ce type a de fortes probabilités de rendre inopérant le réseau électrique et donc il vous faudra prévoir des lampes de poche ou de quoi générer de manière autonome l'électricité dont vous aurez besoin. Dans un abri, notamment souterrain, la lumière du jour risque de ne pas pénétrer. Vous serez donc dans l'obscurité. Disposer d'une ou plusieurs lampes de poches, ainsi que de piles de rechange est une priorité. Des bougies avec un briquet/allumettes seront une alternative si vous disposez d'un volume d'air important ou de systèmes de filtration. Dans les abris les plus volumineux, les plus complexes ou les mieux préparés, un système électrique indépendant, connecté à un groupe électrogène ou à des panneaux solaires et des batteries, peut être mis en place.

Chaînes de contact

Il est important de disposer de procédures pour contacter les personnes clés (famille, amis, etc.) en cas d'évènement. En effet, ce dernier peut survenir alors que vous êtes au travail ou en déplacement et que les enfants sont à l'école, etc. Si vous parvenez à vous regrouper à temps, c'est idéal, car les effets psychologiques

de la séparation physique peuvent être très difficiles à surmonter. Bien entendu, il est préférable de savoir les enfants dans l'abri de leur école plutôt qu'ils vous rejoignent dans un endroit exposé et dangereux. Il est vraisemblable que les réseaux téléphoniques seront surchargés (pendant l'alerte) ou inopérants (à cause des EMP). Il est donc important d'avoir mis en place un plan et une coordination avant un tel évènement.

Combien de temps ?

La question se pose de savoir combien de temps rester dans son abri. Dans certains films ou romans de science-fiction, des individus ou des civilisations entières sont forcés de rester sous terre pendant des années, voire des générations. Bien évidemment, cela est totalement irréaliste. Le mieux est de rester jusqu'à ce que les secours arrivent et déclarent la zone sûre. Cela devrait avoir lieu en général de 12 à 24 heures après l'évènement. Si personne ne vient, vous allez devoir choisir votre moment. En considérant que la majeure partie des particules sont retombées en moins de trois jours et que les éléments à vie courte ont entraîné une décroissance du taux de radioactivité, on peut estimer qu'une sortie après une semaine est très raisonnable, et qu'après deux semaines, elle est sans danger pour vous extraire vers une zone propre (pensez tout de même au masque à « poussières » pour éviter d'incorporer des poussières contaminées). De toute façon, l'être humain n'étant pas adapté à un environnement fermé, ni à la promiscuité avec les autres occupants, vous sortirez, que vous le vouliez ou non. C'est là que les outils permettant de dégager les débris seront utiles, ainsi qu'un sac d'évacuation vous donnant de quoi tenir, si nécessaire, pendant quelques jours, le temps de rejoindre une zone plus sûre.

Remarque : Dans le cas, non pas d'une bombe, mais d'un incident de type Fukushima, la situation est différente. En effet, les quantités de contaminants relâchés peuvent être très importantes et se prolonger dans le temps. Dans ces conditions, il est préférable d'évacuer la zone dès que possible, car des éléments radioactifs à moyenne ou longue durée de vie risquent de rendre la zone

« inhabitable » pour des dizaines ou des centaines d'années, voire plus.

Une fois sorti relativement indemne de votre abri, il est fort probable que le monde aura changé. Non pas que vous vous retrouviez dans un désert post-nucléaire – après tout le Japon post-nucléaire ne s'en est pas si mal sorti – mais il est fort probable que l'étendue des destructions et le nombre de morts soient difficiles à accepter. En outre, l'économie, les structures sociales, les modes de vie seront chamboulés pendant longtemps. Il vous faudra faire preuve, dans ce scénario, de résilience mentale, de pragmatisme, de courage... et reconstruire ce qui permettra à votre vie de reprendre son cours. Les peuples allemands, japonais, russes l'ont fait. Vous aussi pouvez le faire.

5. L'attaque nucléaire

« *Un monde sans armes nucléaires serait moins stable et plus dangereux pour nous tous.* »

– Margaret Thatcher, Premier ministre britannique (1925-2013)

En 1945, les États-Unis étaient la seule nation à posséder une bombe pouvant frapper pratiquement n'importe où et n'importe quand, dans la mesure où la cible était à portée de ses bombardiers B-29 (et à disposer d'une supériorité aérienne totale). L'objectif, généralement une ville, était ainsi susceptible de subir d'importants dégâts tant humains que matériels. Cette épée de Damoclès sur la population ennemie pouvait être le garant d'une guerre rapidement gagnée.

En 1949, après un développement à marche forcée et grâce à l'aide d'un réseau d'espions procommunistes dans le projet Manhattan, l'URSS finalisa sa première bombe A. D'une puissance d'environ 22 kt et baptisée *Pervaya Molniya* (« premier éclair »), elle fut testée avec succès le 29 août dans la zone militaire de Semipalatinsk (dans l'actuel Kazakhstan). À partir de ce moment, on commença à parler d'« équilibre de la terreur » ou de dissuasion. Cela veut dire que toute nation qui en agresse une autre disposant d'une arme et de vecteurs capables de frapper en retour (notamment à partir du développement de missiles intercontinentaux dès la fin des années 1950) prend le risque de subir des pertes très lourdes. Paradoxalement, les armes nucléaires ont contribué à rendre le monde plus pacifique et à réduire le nombre de guerres.

Officiellement, toutes les puissances se targuent de ne jamais

vouloir être les premières à utiliser de telles armes ou, le cas échéant, uniquement en situation défensive. Ce faisant, l'équilibre est maintenu : les conflits se limitent à des batailles diplomatiques, et les guerres se font de manière indirecte en soutenant des factions rebelles, en organisant et finançant des groupes terroristes, ou encore par la subversion idéologique. Même le développement des armes dites « tactiques » (destinées à avoir un impact sur le champ de bataille uniquement) ou des *mini-nukes* développées pour détruire des objectifs très ciblés (bunkers de commandement, centres de recherche enterrés, etc.) n'ont pas, jusqu'à présent, infléchi cette réalité.

Les plans d'attaque.

Depuis 1945, différents plans ont été élaborés pour définir les doctrines d'utilisation des armes. Par exemple :

- Le plan *Totality*, établi sous l'administration Truman en 1946, prévoyait une attaque des vingt ou trente principales villes soviétiques. En réalité, les USA n'avaient à cette époque que neuf bombes et ce plan faisait partie d'une stratégie de « bluff » pour dissuader l'Union soviétique de toute tentative de ne pas respecter le traité de Yalta.
- De 1961 à 2003, les États-Unis adoptèrent un plan appelé : *Single Integrated Operational Plan* (SIOP) qui calculait en permanence les cibles considérées comme stratégiques et y assignait des forces d'attaque adéquates et disponibles (bombardiers, missiles, artillerie, sous-marins, etc.). En 2003, ce plan, modifié de nombreuses fois pour en améliorer la flexibilité, changea de nom pour devenir l'OPLAN 8022. La particularité de ce plan est qu'il n'exclut pas la possibilité d'utiliser l'arme nucléaire dans le cadre de frappes préventives.
- « Sept jours jusqu'au Rhin » est le nom du plan soviétique de 1964, maintenu dans plusieurs variantes jusqu'en 1984-1986. Il prévoyait la réponse à une attaque des États-Unis et de l'OTAN contre le Pacte de Varsovie. Dans ce plan, une offensive générale en Europe, soutenue par 131 frappes tactiques contre les principales concentrations de forces, bases,

postes de commandement et de communication de l'OTAN, était prévue (ce qui aurait sensiblement détruit bon nombre de villes d'Europe, notamment Bruxelles, Amsterdam, Cologne, Bonn, Frankfort, Stuttgart, Munich, Nürnberg, Vienne, Vicenza, Brest, Toulon, Aalborg...). L'objectif était d'atteindre le Rhin en sept jours, puis Lyon en deçà de neuf jours, et ensuite de poursuivre l'avancée jusqu'aux Pyrénées. Ce plan tenait compte du fait que l'OTAN aurait utilisé de nombreuses armes tactiques (au nombre de 25) sur tous les passages de la Vistule, de Gdansk et jusqu'à la frontière slovaque.

- Le Royaume-Uni possède depuis 1952 l'arme atomique et déploie environ 200 ogives, principalement dans des missiles Trident II à bord de sous-marins lanceurs d'engins de classe *Vanguard* (les bombardiers à long rayon d'action de type « V » – *Valiant, Vulcan, Victor* – ont été désactivés). Sa doctrine a été de maintenir son statut de grande puissance grâce à ces armes, à utiliser en situation défensive, notamment dans le cas d'une attaque soviétique contre son territoire.
- Puissance atomique depuis le 13 février 1960 et son premier essai « Gerboise bleue », la France a développé une force de frappe, appelée « Force de dissuasion », à partir de 1961, disposant des vecteurs nécessaires pour s'en servir (bombardiers *Vautour IIB, Mirage IIIE, Mirage IV, Jaguars, Super Etendard, Mirage 2000N, Rafale F3* ; missiles balistiques *S2, Pluton, Hadès, S3* ; sous-marins lanceurs d'engins de classes *Le Redoutable* et *Le Triomphant* équipés de missiles *M1, M2, M20, M4, M45, M51*), et d'une politique très claire : si des forces ennemies devaient pénétrer en force le territoire national (ce qui en situation de Guerre froide signifiait que les forces soviétiques avaient détruit les corps de bataille de l'armée française en Allemagne, et allaient traverser le Rhin), la riposte allait être lancée.
- La doctrine de la République Populaire de Chine, dotée de l'arme nucléaire depuis 1964, est purement défensive, d'autant que, pendant longtemps, sa dissuasion ne fut pas très crédible par manque de vecteurs performants (les bombardiers chinois étaient obsolètes et à faible rayon d'action, la précision de ses missiles très aléatoire, etc.). Avec la moder-

nisation des forces armées, les capacités de celle-ci, notamment au niveau des missiles balistiques et des missiles de croisières, ont rattrapé en précision, fiabilité et portée celles des forces américaines, britanniques, françaises ou russes. La Chine est ainsi devenue une puissance capable et crédible.²⁰⁶

Malgré ces plans, et malgré l'« équilibre de la terreur », il y eut au cours de la Guerre froide des tensions très graves qui manquèrent de justesse de provoquer une guerre nucléaire :

- Pendant la guerre de Corée (1950-1953), le général américain MacArthur proposa d'utiliser des bombes atomiques contre les armées chinoises. Cette proposition fut refusée par le président Truman ²⁰⁷ et MacArthur fut limogé.
- Pendant la crise des missiles de Cuba, du 15 au 28 octobre 1962, la série d'évènements et de coups de bluffs qui eurent lieu entre les États-Unis et Cuba, soutenu par l'Union Soviétique, atteignit son apogée le 27 Octobre 1962. Ce jour-là, un avion de reconnaissance américain fut abattu sur Cuba provoquant une exacerbation des tensions telle que les forces navales américaines maintenant le blocus maritime de l'île lancèrent une attaque factice (mais pas interprétée comme telle) à coup de charges de profondeur anti-sous-marines contre le sous-marin soviétique *B-59* qui faillit ²⁰⁸ alors lancer une attaque à la torpille contre le porte-avion américain *USS Randolph*.
- Pendant la guerre du Kippour, du 6 au 25 octobre 1973, les tensions entre les forces navales américaine et soviétiques en méditerranée furent si élevées que les États-Unis se mirent en état d'alerte, craignant une attaque soviétique.
- Le 9 novembre 1979, les écrans du centre de commandement

²⁰⁶ Voir : <http://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/03/chinese-nuclear-strategy-full-report.pdf>

²⁰⁷ <http://www.airspacemag.com/military-aviation/how-korean-war-almost-went-nuclear-180955324/?no-ist>

²⁰⁸ <http://www.theguardian.com/commentisfree/2012/oct/27/vasili-arkhipov-stopped-nuclear-war>

NORAD²⁰⁹ montrèrent qu'une attaque massive avait été lancée par l'URSS. Après quelques minutes de grande panique où il fut considéré de lancer une riposte, on fit remarquer qu'aucun radar n'avait repéré de missiles. Il s'agissait d'une erreur informatique.

- Le 26 septembre 1983, ce fut au tour des centres de contrôle soviétiques de voir apparaître sur leurs écrans l'alerte des lancements de missiles américains. Alors qu'une riposte se préparait, on se rendit compte qu'il s'agissait d'une fausse alerte due à une erreur informatique.
- Pendant l'exercice de l'OTAN *Able Archer 83* ayant eu lieu du 2 au 11 novembre 1983, l'état-major soviétique était convaincu que ces exercices étaient une diversion destinée à dissimuler une véritable attaque surprise. Les forces du Pacte de Varsovie furent mises en alerte, y compris les forces stratégiques. Fort heureusement, la tension baissa une fois les exercices terminés, car à cette époque, apogée de la Guerre froide, l'URSS s'était équipée de 45 000 ogives de toutes sortes et les États-Unis de 31 175.
- Le 25 janvier 1995, une fusée de recherche scientifique norvégienne fut lancée de la base d'Andøya. Celle-ci provoqua l'alerte des radars russes qui l'identifièrent comme un missile balistique, au point que le président russe Boris Eltsine fut tiré de son coma éthylique habituel et se retrouva avec la mallette contenant les codes de lancement dans les mains. Fort heureusement, il retourna se coucher une fois la fusée norvégienne retombée dans l'océan.

Il est également important de noter que certaines nations n'ont pas attendu une menace extérieure pour effectuer des essais nucléaires sur leur population civile ou leurs forces militaires à des fins d'évaluation et d'étude. Cela semble une action difficile à concevoir dans le monde actuel, si médiatisé et si dense, mais cela est arrivé tant aux USA qu'en URSS...

Par exemple, l'exercice au nom de code *Snezhok* (« boule de neige ») réalisé par l'URSS le 14 septembre 1954 à Totskoïe, près

²⁰⁹ *North American Aerospace Defense Command* (Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord).

d'Oldenburg, consista à faire effectuer des manœuvres opérationnelles à plus de 45 000 hommes de troupe avec blindés et véhicules, soutien aérien et logistique, sur une zone préalablement touchée par une frappe nucléaire. Les troupes ne disposaient d'aucune protection particulière et servirent ainsi de cobayes pour étudier l'effet d'un « champ de bataille nucléaire sur des forces de combat ». Le nombre et l'étendue des victimes, y compris dans la population des alentours, ne sont toujours pas connus, mais il y eut, dans les mois et les années suivantes, plusieurs milliers de morts, méticuleusement dissimulés par les autorités...

Prolifération et menaces.

Avec la prolifération nucléaire, terme décrivant l'augmentation du nombre d'États possédant l'arme nucléaire dans le monde, le risque de conflagration potentielle augmente.

Par exemple, un conflit nucléaire entre l'Inde et Pakistan, deux pays au discours nationaliste très fort, reste envisageable. En effet, ces deux pays ont des différends territoriaux, religieux et politiques importants, notamment au sujet de la région stratégique du Cachemire, et un passif lié aux guerres de 1947, de 1965, de 1971 et au soutien pakistanais au terrorisme islamiste. En outre, ils se sont dotés, très officiellement au vu et au su du monde entier, de nombreuses ogives, de missiles balistiques à moyenne portée et d'avions capables de transporter des bombes sophistiquées. De plus, le Pakistan est traditionnellement soutenu par la Chine, les États-Unis et l'Arabie Saoudite (qui a financé le programme nucléaire pakistanais et qui aurait un accord secret pour obtenir rapidement, si le besoin devait se présenter, des bombes et des lanceurs). L'Inde, quant à elle, était traditionnellement soutenue par l'URSS, mais a pu développer un programme indépendant et maintenir de bonnes relations diplomatiques et militaires avec la plupart des pays du monde, et notamment la Russie. Un conflit entre ces deux pays, dont l'étincelle pourrait être provoquée de

plusieurs manières,²¹⁰ pourrait rapidement dégénérer en conflit atomique. En effet, l'Inde possède au minimum entre 90 et 110 ogives ; le Pakistan au minimum 100 à 120... Les effets d'un tel conflit seraient considérables, aussi bien sur le plan humain que sur le plan économique ou géopolitique.

Autre cas : celui de la République Démocratique Populaire de Corée du Nord qui a testé quelques bombes et missiles balistiques de moyenne portée. Néanmoins, nul ne sait quel est son arsenal réel, ni le sérieux de ses menaces d'utilisation. Si ce pays devait utiliser de manière offensive ou défensive ces armes, elles pourraient causer des dégâts très importants sur la Corée du Sud (treizième économie du monde et source majeure de composants électroniques) et sur le Japon. Une attaque sur une cible plus éloignée, notamment vers les États-Unis, reste peu probable car ce pays ne dispose pas pour l'instant de missiles de portée suffisante... bien qu'une bombe, placée dans un conteneur standard ou transportée par un avion privé classique, peut être un moyen très efficace de projeter – partout dans le monde – une force de frappe très destructrice.

La possession d'entre 75 et 400 armes nucléaires par Israël est un secret de polichinelle. Ce pays a la capacité de se défendre ou d'attaquer avec des bombes via des missiles à moyenne portée *Jéricho II*, des avions *F-4*, *F-16I*, ou *F-15I*, ou encore des missiles de croisière lancés par des sous-marins de classe *Dolphin*. Ces derniers donnent à Israël une capacité de seconde frappe, y compris globale. Quant à la volonté d'utiliser ces armes, les gouvernements israéliens successifs ont répété maintes fois qu'ils n'hésiteraient pas à pulvériser tout ennemi mettant en péril l'existence du pays, y compris si cela devait risquer l'autodestruction.²¹¹

La menace la plus grande aujourd'hui reste la politique très agressive des États-Unis. Depuis le 11 septembre 2001, les adminis-

²¹⁰ Pour se faire une idée de quelques scénarios possibles, voir ; <http://warontherocks.com/2015/11/the-pink-flamingo-on-the-subcontinent-nuclear-war-between-india-and-pakistan/>

²¹¹ Scénario connu sous le nom d'« option samson ».

trations américaines successives ont déclaré être prêtes à utiliser des armes atomiques,²¹² y compris en première frappe,²¹³ contre tout pays désigné comme adversaire : Irak, Iran, Corée du Nord, Lybie, Syrie... Cette doctrine semble avoir été étendue à de véritables puissances militaires comme la Chine Populaire ou la Russie. Ces deux nations ont, au moins respectivement, 400 et 5 000 bombes et des vecteurs variés – bombardiers, missiles intercontinentaux, missiles de croisière, sous-marins lanceurs d’engins – et de portée globale.

Les cibles

Quelles sont les cibles potentielles d’une attaque nucléaire ? Les doctrines qui apparurent entre les années 1950 et le milieu des années 1980 ne faisaient que reproduire, avec des armes plus destructrices, les concepts de bombardements stratégiques de la Deuxième Guerre mondiale, ciblant toutes les infrastructures militaires et économiques (y compris la population civile) afin de soumettre l’ennemi dans ce qui allait être, a priori, une guerre totale. Les bombes atomiques puissantes pouvaient également avoir une utilité uniquement militaire dans le cas de destruction de forces militaires concentrées : flotte dans un port, concentration de troupes et de matériel, etc.

C’est à partir des années 1960, et avec des bombes plus petites, que l’idée d’utiliser des armes nucléaires à des fins tactiques sur le champ de bataille commença à voir le jour. Des ogives nucléaires suffisamment petites pour être employées dans des missiles à petit rayon d’action (missiles de type *Tochka*, *Scud*, *Frog*, *Scaleboard*, *Scarab*, *Spider*, *Little John*, *Lance*, *Pershing*, *Pluton*, *Hades*...) ou tirées par des canons d’artillerie (152 mm, 180 mm, 203 mm, 240 mm, 280 mm) commencèrent à être fabriquées. Bien que ces armes tactiques existent toujours, le développement de têtes

²¹² <http://www.i24news.tv/fr/actu/international/67309-150411-les-usa-prets-a-utiliser-des-bombes-anti-bunker-contre-les-sites-iraniens>

²¹³ <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2005/05/14/AR2005051400071.html>

nucléaires de petite puissance a été orienté, notamment depuis les années 1990, vers les *mini-nukes* destinées à être placées sur des missiles de croisière ou des bombes au guidage très précis. En effet, ceux-ci peuvent être particulièrement efficaces contre des cibles très protégées, tels que les bunkers de commandements, les centres de communications, bases militaires, terrains d'aviation, les usines ou centres de recherche enterrés, la résidence d'un chef de gouvernement ou toute autre cible considérée comme « dure ». Malgré leur faible puissance, aucun de ces *bunkerbusters*²¹⁴ nucléaires n'a officiellement été utilisée sur un théâtre d'opérations. La raison, avancée par certains analystes, est simple : si une bombe atomique de petite taille était utilisée, le public constaterait que la destruction provoquée ne serait pas aussi grande qu'imaginé (ce qui est pourtant l'idée phare du développement de ces nouvelles armes !). Cela briserait le mythe terrifiant lié à ces armes et casserait la barrière psychologique quant à leur emploi, ouvrant ainsi la voie à des utilisations de plus en plus fréquentes.

Avec l'avènement de nouvelles doctrines d'utilisation des armes nucléaire, l'idée de détruire massivement les villes de l'ennemi pour en exterminer la population ne semble plus être favorisée par les états-majors des grandes puissances. En effet, pourquoi prendre la responsabilité morale et historique de détruire des métropoles connues et porteuses de symbolisme affectif alors que des actions ciblées suffiraient. De plus, la destruction de cibles militaires – il en reste si peu dans bon nombre de pays occidentaux – entraînerait certainement un effet psychologique et démoralisant, si bien que peu de *mini-nukes* seraient nécessaires pour atteindre les mêmes objectifs qu'aurait nécessité dans les années 1960 un véritable tapis de bombes nucléaires ! Enfin, La dépendance des pays modernes au bon fonctionnement de tous les réseaux et de toutes les chaînes d'approvisionnement²¹⁵ est telle que toute attaque provoquerait un chaos économique et social quasi-

²¹⁴ Littéralement : « destructeurs de bunkers ».

²¹⁵ Voir : Piero San Giorgio, *Survivre à l'effondrement économique* (Le Retour aux Sources, Paris, 2011).

impossible à gérer et totalement paralysant. En outre, cette destruction pourrait également être atteinte sans provoquer de morts grâce à des impulsions électromagnétiques (voir ci-dessous) provoquées par une détonation puissante dans la haute atmosphère.

Aussi, il apparaît évident qu'il est préférable d'éviter de vivre ou, en cas d'alerte, de rester près de bases et aérodromes militaires, de centres de commandement (pour peu qu'ils ne soient pas secrets), d'usines d'armements stratégiques, d'importants centres de recherche, de quartiers généraux d'organisations de type OTAN ou de centres décisionnaires politiques importants.

Comment réagir à l'attaque nucléaire ?

1- Avant l'évènement

Dans la mesure où une attaque nucléaire peut survenir sans prévenir, et au regard de ses conséquences, il est préférable de se préparer à l'avance, tant matériellement qu'au niveau des connaissances, des comportements et des gestes adaptés à la situation.

2- Pendant l'évènement

L'explosion nucléaire est visible de manière immédiate. La lumière dégagée est très intense et peut même rendre aveugle, brûler la peau et enflammer des objets. L'onde de choc qui suit et le son assourdissant qui découle de l'explosion font qu'il est impossible de ne pas la remarquer. Les radiations, en revanche, ne se ressentent pas (hormis les doses extrêmement fortes) et ne se voient pas. Les dégâts surviendront plus tard.

⇒ Si vous êtes à l'extérieur

- Chaque seconde compte !
- Abritez-vous immédiatement en vous jetant au sol, si possible dans un trou ou derrière une structure solide (muret, bordure de trottoir...).
- Couvrez-vous la tête et le visage avec les bras et recroquevillez-vous pour limiter la surface au contact avec le flash de chaleur et le souffle de l'explosion.

- Ne cherchez pas à regarder l'explosion et gardez les yeux fermés.
- Fermez la bouche et n'inspirez pas lors de la forte chaleur que vous pourriez ressentir.

Une fois la chaleur et le souffle passés, les circonstances guideront vos actions. Vous pourrez ainsi choisir de fuir immédiatement (dans une direction opposée à l'explosion et de préférence perpendiculairement aux vents), d'aller récupérer au préalable votre sac d'évacuation et rejoindre votre famille à un lieu donné ou décider de vous confiner dans votre base autonome durable (ou abri antiatomique si vous en disposez d'un) si celle-ci est bien située et peu endommagée.

⇒ Si vous êtes à l'intérieur

- Éloignez-vous des fenêtres et abritez-vous le plus vite possible en vous jetant au sol dans le coin d'une pièce ou sous une table.
- Lorsque le phénomène de souffle est passé, prenez le temps de la réflexion nécessaire pour évaluer la situation. Si votre Base Autonome Durable (BAD) est encore en bon état, vous pouvez envisager de vous y confiner : coupez les ventilations, la climatisation, le chauffage, fermez volets et fenêtres. Essayez de rendre hermétique aux poussières votre domicile en utilisant votre kit de confinement. Les informations délivrées à la radio devraient vous permettre de déterminer si l'évacuation est nécessaire.
- Si votre BAD est détruite ou endommagée, vous devez rejoindre au plus vite possible l'un de vos refuges (amis, familles ou abri).

⇒ Dans tous les cas

- Présumez que de la contamination radioactive est présente. Une partie a été apportée par le souffle et d'autres poussières vont venir s'ajouter suite aux retombées.
- Il est impératif de prendre les précautions nécessaires pour se protéger afin d'éviter une contamination interne (utilisez de simples mouchoirs, morceaux de tissus ou

masques FFP si vous en avez à disposition) et pour prévenir toute contamination de votre domicile, refuge, etc., en rentrant chez vous.

- Attention aux pluies qui pourraient suivre, car elles seront très fortement chargées en éléments radioactifs : ne buvez pas cette eau et évitez tout contact.

Remarque : Dans le cas où une alerte annonçant une attaque nucléaire est déclenchée, vous avez quelques minutes pour rechercher le refuge le plus sûr : abri antiatomique, sous-sol, cave, métro...

3- Après l'évènement :

Si vous résidez dans une zone éloignée de l'attaque, vous ne serez pas affecté par les phénomènes thermolumineux ou par les effets mécaniques. En revanche, les retombées radioactives peuvent vous atteindre. La pluie pourra notamment amplifier ces dernières. À moins qu'une alerte soit donnée ou que vous disposiez de moyens de détection, la présence de radiations ne deviendra évidente qu'à l'arrivée de personnel doté d'équipements spécialisés NRBC. Dans ces conditions, vous devez comprendre que la contamination radioactive est votre principal ennemi. Il est donc dans votre propre intérêt d'appliquer les consignes, d'utiliser les matériels et mettre en œuvre les procédures de déshabillage/décontamination décrits dans les chapitres précédents. Continuez à écouter les informations, si elles sont disponibles, toujours avec un brin de scepticisme, surtout si celles-ci sont très optimistes... « Le nuage radioactif n'a pas traversé la frontière », « tout est sous contrôle », etc. Et, comme pour tout, réfléchissez par vous-même. Si les autorités vous demandent d'évacuer (et que vous êtes dans un abri parfaitement sûr), allez-vous obtempérer et vous retrouver dans un camp de réfugiés ? C'est votre choix. Ne revenez pas près de l'épicentre de l'explosion ou de l'accident.

Impulsion électromagnétique

Une impulsion électromagnétique (IEM), souvent mentionnée sous le nom anglais EMP (*electromagnetic pulse*), est une émission d'ondes électromagnétiques brusque et soudaine. Ce type de phénomène a été découvert lors des premiers essais nucléaires en tant qu'effets secondaires d'une explosion nucléaire. Le physicien Enrico Fermi l'avait prévu et avait même présagé qu'il risquait de détruire de nombreux composants d'appareils électriques ou électroniques et brouiller les télécommunications.

Il est à noter qu'il existe également des impulsions électromagnétiques d'origine naturelle, provoquées par le soleil ou par la foudre, mais qui n'ont pas les mêmes caractéristiques, ni les mêmes effets qu'une IEM d'origine nucléaire. Enfin, certaines armes sont capables de générer ce type d'impulsions sans utilisation d'armes nucléaires (NNEMP). Elles ont toutefois une très faible portée. Une IEM d'origine nucléaire est composée de trois impulsions différentes : *E1*, *E2* et *E3*.

- **E1** - L'impulsion de type *E1* est produite lorsque les rayons gamma de l'explosion nucléaire éjectent dans l'atmosphère supérieure, en moins d'une milliseconde, une très grande quantité d'électrons hors des atomes à une vitesse relativiste (plus de 90 % de la vitesse de la lumière).
- **E2** - L'impulsion de type *E2* est produite par des rayons gamma produits par les neutrons que crée l'explosion pendant un temps plus long, allant d'une milliseconde à une seconde après l'explosion.
- **E3** - L'impulsion de type *E3* est très différente. C'est une impulsion très lente, qui peut durer des dizaines de secondes ou même plus d'une minute. Elle est provoquée par le déplacement temporaire du champ magnétique terrestre causé par l'explosion nucléaire, puis par son retour à la normale. L'impulsion de type *E3* a des similitudes avec une tempête géomagnétique provoquée par le Soleil.

Plusieurs facteurs importants influencent l'efficacité d'une bombe nucléaire provoquant des IEM, comme l'altitude de la détonation, la distance entre la détonation et la cible, la géographie, ou la puissance du champ magnétique terrestre au moment de l'explosion. Par exemple, une bombe nucléaire provoquera une IEM bien plus étendue si elle explose à haute altitude (*IEM-HA* ou *HEMP* en anglais) plutôt que près du sol. De 0 à 4 000 mètres, l'effet est dévastateur pour les infrastructures électriques et de télécommunication, car les distances parcourues par les impulsions sont faibles – uniquement quelques kilomètres. De 4 000 mètres à 30 km, l'effet est plus limité qu'aux altitudes supérieures ou inférieures, car l'atmosphère absorbe le rayonnement. Il y a donc peu d'effets de type IEM. Au-delà de 30 km, l'effet d'une explosion est optimal pour infliger un

maximum de dégâts aux infrastructures électriques et de télécommunication.

Conséquences :

- L'impulsion *E1* peut provoquer des tensions très élevées dans les conducteurs électriques et électroniques qui dépassent alors leur tension de claquage et grillent. Elle peut donc détruire les ordinateurs et les équipements de communication et perturber les signaux radioélectriques pendant une longue durée.
- L'impulsion *E2* a de nombreuses similitudes avec la foudre, bien que moins puissante, et est généralement captée par les parafoudres et a, en général, peu d'effets.
- Comme une tempête solaire, l'impulsion *E3* peut produire des courants géomagnétiques induits dans les grands conducteurs électriques, qui peuvent ensuite endommager les composants tels que des transformateurs de puissance en ligne.

En cas d'attaques nucléaires ciblées, les IEM peuvent donc provoquer la perte des moyens d'alimentation électrique et des outils de communication pendant plusieurs mois. Ceci peut paralyser les moyens de défense d'une nation en brouillant les radars, en diminuant l'efficacité des armées, aujourd'hui très dépendantes des technologies informatiques et de communication, ainsi que du matériel électrique. L'impulsion peut aussi rendre inopérants certains centres de commandement ²¹⁶ et de logistique, paralyser les industries dépendantes de l'énergie électrique, et rendre inopérants une partie des satellites de renseignement et de communication...

Sans électricité et sans moyens de communications, c'est tout un pan de l'économie qui s'effondre, et c'est la fin de l'ère moderne : plus de lumière, plus de communications, plus de réfrigération, plus de pompage pour l'eau ou le gaz, plus de traitement des eaux usées, plus de bloc opératoire ni de machines de maintien vital (couveuses, dialyses, respirateurs) dans les hôpitaux.

Si certains auteurs d'anticipation, comme William R. Fortschen dans *Une seconde après*, ou des films comme *Le jour d'après* ou la série *Jéricho*, ont pu décrire de telles attaques et leurs conséquences, il est intéressant de lire ce que publient sur le sujet les forces armées des États-Unis.²¹⁷

Mandatée par le Congrès des États-Unis en 2001, la *Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP)*

²¹⁶ Les conséquences d'une impulsion électromagnétique étant connues depuis plusieurs dizaines d'années par les militaires, la plupart des centres de commandement ont pris les dispositions adéquates pour se protéger.

²¹⁷ Miller, Colin R., Major, USAF, *Electromagnetic Pulse Threats in 2010*, Air War College, Air University, United States Air Force, novembre 2005

*Attack*²¹⁸. a réuni un groupe de scientifiques et de technologues pour publier en 2008 un rapport – *Critical National Infrastructures Report* – qui décrit en détail les conséquences probables d'une IEM nucléaire sur les infrastructures civiles, qui sont elles-mêmes déterminantes pour le bon fonctionnement des forces armées.²¹⁹ Cette commission sur les IEM a également déterminé que les protections sont presque totalement absentes dans l'infrastructure civile des États-Unis, et que même de grands secteurs des services militaires des États-Unis ont de très grandes carences. L'histoire nous montre aussi que des tempêtes électromagnétiques d'origine solaire ont lieu régulièrement :

- L'éruption solaire de 1859 a notamment produit de très nombreuses aurores polaires visibles jusque dans certaines régions tropicales et a fortement perturbé les télécommunications par télégraphe électrique.
- Le 10 mars 1989, un puissant nuage de particules ionisées est expulsé par le Soleil en direction de la Terre, suite à une éruption solaire. Deux jours plus tard, les premières variations de tension sont observées sur le réseau de transport d'Hydro-Québec, dont les systèmes de protection se déclenchent le 13 mars à 2 h 44. Une panne générale plonge alors le Québec dans le noir pendant plus de neuf heures.²²⁰
- En 2003, une tempête similaire provoque une coupure de courant en Suède et endommage plusieurs transformateurs électriques en Afrique du Sud.²²¹
- Dans un article de juillet 2014, la NASA annonce qu'une tempête solaire de très forte puissance est passée très près de la Terre, le 23 juillet 2012. Si elle avait eu lieu une semaine auparavant, elle aurait pu provoquer des dégâts d'une grande ampleur et « renvoyé la civilisation au XVIII^e siècle ». ²²²

Comment se protéger des IEM ?

La protection contre les IEM est très bien maîtrisée d'un point de vue théorique, et un certain nombre d'installations, de dispositifs ou d'outils militaires et civils sont protégés. Une première solution est de construire

²¹⁸ <http://www.empcommission.org/>

²¹⁹ http://www.globalsecurity.org/wmd/library/congress/2004_r/04-07-22emp.pdf

²²⁰ <http://www.hydroquebec.com/comprendre/notions-de-base/tempete-mars-1989.html>

²²¹ http://www.nasa.gov/topics/solarsystem/features/halloween_storms.html

²²² http://www.lemonde.fr/sciences/article/2014/07/25/la-terre-a-ec-happe-de-justesse-a-une-gigantesque-tempete-solaire-en-2012_4462546_1650684.html

directement le matériel (circuits, câbles, etc.) entièrement à partir de matériaux solides à l'intérieur desquels les électrons, ou d'autres porteurs de charge, sont totalement confinés. Une deuxième possibilité, beaucoup plus simple et moins coûteuse, est la mise en œuvre d'une cage de Faraday autour des appareils sensibles.

Une cage de Faraday, du nom de son inventeur Michael Faraday, est une enceinte en métal, généralement en aluminium, qui est reliée à la terre de façon à maintenir son potentiel fixe. Cette « *cage de Faraday* » est souvent utilisée lorsque l'on désire effectuer des mesures précises en électronique, en électricité ou sur les ondes électromagnétiques. Elle permet de protéger l'équipement utilisé des nuisances électriques et, subsidiairement, électromagnétiques extérieures ou, inversement, d'empêcher un appareillage de polluer son environnement. La cage de Faraday est ainsi étanche aux champs électriques. Elle fonctionne par la simple différence de potentiel, sans qu'un courant ne soit nécessaire, que la source perturbatrice soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte. Cette structure peut également avoir un effet indirect de protection contre les perturbations d'origine électromagnétique dues à un courant. On parle alors plutôt de blindage électromagnétique. Pour cet usage, il n'est plus nécessaire que la structure soit reliée à la terre mais son efficacité dépend de la fréquence de la perturbation, de la conductivité et de la perméabilité magnétique du matériau.

La cage de Faraday doit en principe être entièrement fermée, mais elle peut aussi être constituée d'un grillage ajouré, dont les mailles de quelques centimètres agissent comme un miroir sur une onde décimétrique. Plus la fréquence de l'onde est élevée (donc plus sa longueur d'onde est courte), plus la maille doit être petite.

Les performances et le coût d'une cage de Faraday dépendent pour l'essentiel de ses accessoires : portes, fenêtres, passages pour la ventilation (nids d'abeille) et les fluides (coupe-ondes). Les conducteurs pénétrant et sortant de la cage de Faraday doivent être munis de filtres radioélectriques sinon ils se comportent comme des antennes et diminuent très fortement les performances globales de la cage. Il existe trois techniques principales de réalisation des cages de Faraday industrielles :

- Cages modulaires : elles sont réalisées à l'aide de bacs en acier ou à l'aide de panneaux en bois revêtus sur les deux faces d'une feuille d'acier. Les bacs sont assemblés entre eux à l'aide de boulons. Les panneaux en bois sont assemblés à l'aide de profils d'assemblage en acier. Avantage des bacs : insensibilité à l'humidité et aux variations hygrométriques. Bonne tenue dans le temps de la géométrie. Avantage des panneaux : ils peuvent être recoupés. Les dimensions de la salle peuvent être modifiées. Les cages modulaires permettent d'atteindre des performances supérieures à 130 dB à 1 GHz.

- Cages architecturales en cuivre : elles sont réalisées à l'aide d'un feuil-
lard de cuivre de 0,2 ou 0,3 mm qui est posé en recouvrement et brasé
en continu à l'étain. Cette technique est utilisée dans les locaux de
grandes dimensions et permet de s'adapter aux géométries complexes
(coins, décrochements, poutres, piliers). Il n'y a pas de perte de place,
le cuivre s'appliquant directement sur les murs. Les cages de Faraday
en cuivre permettent d'atteindre des performances supérieures à
120 dB à 1 GHz.
- Cages architecturales en tissu métallisé : la cage est réalisée à l'aide
d'une tapisserie métallisée posée à l'aide de colle. Cette technique pré-
sente les mêmes avantages que les cages cuivre. Les performances at-
teintes sont supérieures à 60 dB à 100 MHz. Ces performances suffi-
sent pour quelques applications.

Dans les trois techniques principales, il est possible d'y adjoindre des
fenêtres. Néanmoins, les fenêtres ont une efficacité limitée (environ
80 dB) car elles font chuter les performances globales de la cage de Far-
aday. C'est pourquoi dans de nombreuses applications pour préserver le
niveau de blindage global de la cage, il est installé des caméras-vidéo blind-
ées en lieu et place des fenêtres.

L'automobile est une cage de Faraday. Toutefois, l'utilisation de maté-
riau composites non-conducteurs et la présence d'ouvertures vitrées la
rendent imparfaite.

Le boîtier métallique des ordinateurs constitue également une cage de
Faraday. Si ce boîtier est non métallique (plastique), il est, pour répondre
aux normes de radio-compatibilité, doublé aux endroits stratégiques
d'une fine feuille métallique reliée à la masse électrique de la machine.

En général, beaucoup d'appareils électroménagers sont équipés de
blindage interne formant des cages de Faraday, au moins pour les parties
sensibles. Bien souvent pour des impératifs de coûts de construction, les
feuilles métalliques de blindage sont remplacées par une couche d'un ma-
térial conducteur appliqué par projection sur l'intérieur de la carrosserie
faite de matériaux isolants. Par exemple, un four à micro-ondes est com-
posé d'une cage de Faraday dans laquelle on place les aliments à chauffer,
et la porte est munie d'un grillage assez fin pour retenir les ondes et assez
grand pour permettre de voir à l'intérieur. Cela du moins en théorie car,
en pratique, des tests réalisés avec des appareils de mesure de rayonne-
ments hautes fréquences mettent en évidence des fuites sur de nombreux
modèles actuellement commercialisés.

Les appareils d'IRM sont entourés d'une cage de Faraday pour isoler la
pièce des ondes pouvant interférer avec les ondes de radiofréquence
émises par le générateur d'ondes radio.

Les équipements d'électrophysiologie sont toujours entourés d'une cage de Faraday pour maintenir le bruit parasite faible, augmentant ainsi le rapport signal sur bruit.

Les maisons individuelles sont parfois munies d'une cage de Faraday, ce qui permet de protéger tous ceux qui sont à l'intérieur. Cette protection contre les rayonnements extérieurs ne permet cependant pas aux champs électromagnétiques générés à l'intérieur de s'évacuer normalement.

6. Protection alimentaire

« Le meilleur moyen de se détoxifier est de cesser de mettre des choses toxiques dans le corps, et de dépendre des mécanismes naturels du corps. »

–Dr Andrew Weil, naturopathe américain

S'informer

De nos jours, une prise de conscience semble toucher la population des pays « développés ». Les gens recherchent de meilleurs aliments, que ce soit en achetant bio, en cultivant un potager ou même en faisant du petit élevage. Certains choisissent de quitter la ville pour retourner à la campagne. Cette démarche s'accompagne certainement d'une envie de plus d'autonomie et de moins de stress. Mais qu'en serait-il en cas d'accident ou de guerre nucléaire ? Pourrait-on toujours cultiver son lopin de terre ou acheter fruits et légumes sans craintes ?

Pour se protéger, il faut avant tout être informé.

On peut espérer que les autorités gouvernementales et les médias informent la population en cas de contamination, quelle qu'en soit la cause. Pourtant, les accidents de Tchernobyl et de Fukushima ont montré une certaine lenteur et un manque avéré de transparence. Ceci peut se comprendre dans la mesure où il est souhaitable de limiter les effets de panique. Néanmoins, cela peut avoir un effet négatif sur la protection des populations, notamment en ralentissant le déclenchement des procédures de confinement ou d'évacuation. Raison de plus pour se préparer à l'avance, tant au niveau des matériels que des conduites à tenir. Mais, que se passerait-il si aucune information n'était transmise, soit volontai-

rement, soit par paralysie ou destruction des moyens de communication ?

Même si des gaz radioactifs et des particules très fines peuvent faire plusieurs fois le tour de la Terre, la plupart des poussières expulsées dans l'atmosphère par l'explosion d'une bombe nucléaire, par exemple, vont finir par retomber. Les niveaux de radioactivité des dépôts ainsi formés dépendent bien évidemment de leur taille et de leur composition.

Le tableau ²²³ suivant, fondé sur les résultats des tests nucléaires américains au fil des années 1950-1970, donne une évaluation des débits de doses issus des retombées radioactives au fur et à mesure du temps :

Temps après l'explosion (Heures)	Dose (R/h)	Temps après l'explosion (Heures)	Dose (R/h)
1	1000	36	15
1,5	610	48 (2 jours)	10
2	400	72 (3 jours)	6,2
3	230	100 (4 jours)	4,0
5	130	200 (8 jours)	1,7
6	100	400 (17 jours)	0,69
10	63	600 (25 jours)	0,40
15	40	800 (33 jours)	0,31
24	23	1000 (42 jours)	0,24

On constate que la décroissance des taux de radioactivité est rapide. Ainsi, en moins de deux jours, ceux-ci ont perdu plus de la moitié de leur activité ; après deux semaines, ils ont été approximativement divisés par 1 000.

Dans le cas de la contamination de l'environnement provoquée par un accident de type Fukushima, les choses sont un peu différentes. Tout d'abord, les quantités de matières radioactives

²²³ Adapté de *The Effects of Nuclear Weapons* par Samuel Glasston et Philip J. Dolan, DoD, ERDA, 1977, <http://www.deepspace.ucsb.edu/wp-content/uploads/2013/01/Effects-of-Nuclear-Weapons-1977-3rd-edition-complete.pdf>

dispersées sont bien plus importantes que dans le cas d'une explosion nucléaire. Ensuite, plus l'on se rapproche du réacteur endommagé, plus la proportion d'éléments lourds est importante. Ainsi, des radio-isotopes tels que le plutonium et l'uranium vont être présents en grande quantité. Le strontium 90 ou le césium 137, quant à eux, pourront être transportés sur des distances plus importantes. Or, tous ces radio-isotopes sont extrêmement dangereux et certains d'entre eux ont des durées de vie incroyablement longues... Ces zones proches de la centrale resteront donc interdites pour, au minimum, plusieurs centaines d'années.

Toutefois, plus on s'éloigne de la centrale accidentée et donc de la source de contamination par les radio-isotopes lourds, plus le danger baisse rapidement.²²⁴ De plus, cette diminution de l'activité sera amplifiée par des phénomènes naturels tels que l'enfouissement des radionucléides dans le sol, leur dispersion par le ruissèlement, leur évacuation par les cours d'eau et des rivières, jusqu'à leur « disparition » dans les mers et les océans. Il est fort probable que la plupart de ces zones retrouvent donc des taux acceptables de radioactivité pour permettre le retour d'une activité humaine relativement rapidement.

Cela ne veut pas dire qu'il faut négliger toute présence de contamination. Au contraire, en cas de nécessité le but est d'apprendre à vivre dans des conditions de contamination radioactive et savoir réduire au maximum l'effet des radiations sur l'organisme...

Les effets sur la santé

Plus de 30 ans après l'accident nucléaire de Tchernobyl, les populations des territoires contaminés en Ukraine et en Biélorussie par les retombées radioactives reçoivent aujourd'hui encore des rayonnements émis par les radionucléides qui se sont déposés sur le sol. Certains d'entre-deux, à vie brève, se sont déjà désintégrés, mais

²²⁴ Attention, ceci n'est pas toujours vrai. Si l'activité d'une source est très élevée, elle pourra restée dangereuse même après réduction d'un facteur mille.

d'autres continuent à irradier, à bombarder de particules/ ondes tout ce qui les entoure. Néanmoins, cette irradiation externe, somme toute assez faible, ne constitue pas le principal danger sanitaire pour les habitants. Bien plus graves sont les conséquences de la contamination interne, causée par la pénétration et la fixation dans le corps humain de radionucléides.²²⁵ En effet, ces derniers engendrent des dommages tant qu'ils resteront dans le corps, c'est-à-dire tant qu'ils ne se sont pas désintégrés ou qu'ils n'ont pas été évacués. Cette irradiation interne est d'autant plus dangereuse qu'elle agit directement sur les cellules à l'intérieur du corps humain, sans que celles-ci soient même protégées par la peau. Il est intéressant de noter que ces éléments radioactifs peuvent avoir des affinités particulières et se fixer préférentiellement sur certaines parties de notre organisme :

- L'iode 131, d'une demi-vie d'environ 8 jours, est facilement absorbé par le corps et se fixe sur la glande thyroïde. Il présente un véritable danger surtout dans les premiers temps (de quelques semaines à quelques mois). Sa faible période fait qu'il disparaît rapidement.
- Le césium 134, d'une demi-vie de 2,06 ans, et le césium 137, d'une demi-vie de 30 ans, sont des métaux alcalins proches du potassium. Comme ce dernier, ils auront tendance à envahir le corps entier. Ils sont solubles dans l'eau et se propagent très rapidement dans le milieu environnant. Le césium 137 est, de loin, l'élément le plus dangereux des deux.
- Le strontium 90, d'une demi-vie de 28,1 ans, a des propriétés proches du calcium et se dépose surtout dans les os et la moelle osseuse.

Effets

Selon les études réalisées en Ukraine et en Biélorussie par le

²²⁵ Analyse de l'Institut Belrad (www.belrad-institute.org) en Biélorussie qui montre que près de 90 % de l'irradiation totale reçue par les populations atteintes par la contamination suivant l'accident de Tchernobyl, proviennent de l'irradiation interne (rapport entre densité de la contamination d'un territoire par le césium et la quantité de césium accumulée dans l'organisme des habitants, en se fondant sur les données obtenues dans cent localités près de la région de Gomel).

Dr Vladimir Babenko,²²⁶ la principale source d'irradiation après l'accident de 1986 était due aux particules radioactives ingérées avec les aliments de production locale, ceux-ci étant fortement contaminés par les radionucléides de césium 137 et de strontium 90. Cette contamination interne constitua 70 à 90 % de l'irradiation totale subie. Bien évidemment, plus la concentration en éléments ionisants était grande, plus les organes subissaient des dommages.

Il est important de savoir que les enfants et les adolescents sont les plus vulnérables à l'irradiation. En effet, leur croissance rapide, et donc le taux élevé de multiplication de leurs cellules, fait que celles-ci seront plus sujettes à des mutations ou autres effets néfastes.

Les conséquences sur la santé d'une contamination interne peuvent être très graves et conduire notamment à :

- une augmentation de la fréquence du diabète ;
- des maladies chroniques du tube gastro-intestinal ;
- des maladies des voies respiratoires ;
- des maladies auto-immunes ;
- des allergies ;
- des cancers (de la glande thyroïde, leucémies...) ;
- de la tuberculose infantile ;
- des dysfonctionnements cardiaques ;
- de l'hypertension ;
- des cataractes, de la dégénérescence du corps vitré de l'œil, de la dégénérescence de la rétine, de la cécité ;
- des malformations congénitales, des fausses-couches ;
- etc.

De plus, le système immunitaire, très sensible aux rayonnements ionisants, peut être fortement affecté, entraînant parfois une diminution drastique des défenses de l'organisme. Si l'on est contaminé en interne, plus tôt on le saura, plus tôt on pourra prendre des mesures pour favoriser l'évacuation des radionucléides

²²⁶Vladimir Babenko, *Après l'accident atomique – Guide pratique d'une radioprotection efficace* (Éditions Tatamis, 2012).

de l'organisme. Pour mesurer la radioactivité du corps, il faut un appareil de mesure spécialement conçu qu'on appelle spectromètre de rayonnement humain (SRH), dont l'utilisation est sans aucun danger pour l'Homme. En cas d'ingestion d'éléments radioactifs, il est nécessaire de tenter de les éliminer le plus rapidement possible afin de minimiser leurs effets nuisibles.

Élimination des radionucléides

L'organisme humain évacue les radionucléides, comme nombre d'autres substances (toxiques ou non), par les organes hématocrites, notamment les reins, le foie et le tube gastro-intestinal.²²⁷ Pour diminuer les effets nocifs de la contamination, il est nécessaire de procéder à une évacuation accélérée des radionucléides du corps. Pour cela, les docteurs ukrainiens et biélorusses utilisent des produits à base de pectine.

La pectine est une grosse molécule, que l'on trouve abondamment dans les pommes, et qui a la propriété d'absorber certains métaux lourds et radionucléides lors de son passage dans le tube digestif. Elle semble donc pouvoir aider l'organisme à se débarrasser plus rapidement du césium 137 qu'il contient et ceci sans les effets secondaires des chélateurs chimiques.

De fait, la pectine est utilisée en complément alimentaire chez les enfants vivant dans les zones exposées aux retombées de Tchernobyl, qui sont victimes de pathologies liées à l'accumulation du césium 137 ingéré avec la boisson ou la nourriture. Le professeur biélorusse Vassili Nesterenko de l'Institut Belrad,²²⁸ un institut international luttant contre les effets de la radioactivité, cite ²²⁹ une expérience ayant porté sur 64 enfants du district de Gomel, zone très contaminée par les retombées de Tchernobyl. Ces enfants ont

²²⁷ Pour en savoir plus : *Manuel de détoxification*, de Christopher Vasey (Éditions Jouvence, 2014).

²²⁸ <http://www.belrad-institute.org/UK/doku.php>

²²⁹ http://www.liberation.fr/week-end/2004/05/08/la-pomme-contre-l-atomme_478694

passé un mois dans un sanatorium où ils n'ont consommé que de la nourriture non contaminée. Un groupe-témoin a pris de la pectine matin et soir ; l'autre, un placebo. Après un mois, les enfants du groupe pectine ont vu leur taux de césium 137 diminuer de 62,6 %. Dans l'autre groupe, la baisse ne fut que de 13,9 %. Ces résultats ont justifié le développement par l'Institut Belrad d'une poudre enrichie en vitamines, oligoéléments et pectine, sous le nom de Vitapect.²³⁰ Celle-ci est administrée aux enfants des villages fortement contaminés, pour des cures de trois à quatre semaines (la dose pour un adulte est de 1 à 2 cuillères à café, 2 à 3 fois par jour dans un ¼ de verre d'eau, de thé, de compote, de jus ou de toute autre boisson. La dose pour les enfants est d'une cuillère à café, 2 fois par jour). Environ 200 000 enfants de Biélorussie ont reçu cette préparation, avec un contrôle du taux de césium 137 incorporé, avant et après la cure. Vassili Nesterenko a ainsi démontré que trois à quatre cures de quatre semaines de pectine par an, distribuée aux enfants dans les écoles de villages hautement contaminés, parvenaient à maintenir la charge en césium 137 au-dessous du seuil de 50 becquerels par kilogramme de poids (Bq/kg), seuil à partir duquel on observe des lésions irréversibles au niveau du cœur, de l'œil, du système immunitaire et endocrinien, ou d'autres organes.²³¹

L'ACRO (Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest)²³² a également trouvé que des enfants ayant reçu de la pectine lors de leur séjour en France ont vu leur contamination au césium 137 baisser de 31 % en moyenne contre seulement 15 % chez ceux qui n'en ont pas reçu (hormis la part naturellement présente dans l'alimentation). Toujours selon l'ACRO, la pectine augmente et accélère l'exportation du césium, mais moins rapidement que l'affirment les études qui l'ont promu.²³³

²³⁰ <http://www.vitapect.eu>

²³¹ Y. I. Bandajevsky, *Chronic Cs-137 incorporation in children's organs*, *Swiss Med. Wkly.*, vol. 133, no 35-36, 2003, pp. 488-490.

²³² <http://www.acro.eu.org>

²³³ Bandajevsky Y.I. & Bandajevskaya G., *Myopathies au césium 137* (Cardinale, 2003) ; 15(8) : pp. 40-43.

Comment gérer les aliments ?

Selon le retour d'expérience acquis après l'accident de Tchernobyl, les radionucléides pénètrent essentiellement dans l'organisme par la chaîne alimentaire. Ils peuvent également entrer, mais en moins grande quantité, par inhalation (respiration) et par contact (à travers la peau et les muqueuses). Finalement, un cycle de contamination radiologique peut se résumer à une source radioactive « polluant » le milieu environnant, et donc toute la chaîne alimentaire jusqu'à l'Homme :

- La source de contamination peut venir de l'explosion d'une bombe atomique, d'un accident nucléaire ou de la dispersion de déchets radioactifs.
- Après contamination de l'environnement, les sols et l'eau sont consommés par les plantes et les animaux qui en captent les radionucléides. Ensuite, la contamination peut aller de la plante à l'homme (consommation de fruits et légumes), de la plante aux animaux (y compris de l'algue au poisson), des animaux (y compris les poissons) aux hommes, du lait des animaux à l'homme, du lait au fromage à l'homme, de la plante au bois de chauffage à l'homme (via les cendres) ...
- Les aliments sont logiquement la principale source d'apport de radionucléides dans l'organisme et il peut suffire d'un repas pour qu'une personne se voie contaminée.

On peut sensiblement diminuer la teneur en radionucléides des aliments par un traitement culinaire adapté. Cependant, les méthodes proposées ne peuvent s'appliquer que si la teneur du produit alimentaire en radionucléides n'est que deux ou trois fois supérieure à la normale. Si la contamination est trop forte, aucun traitement ne pourra rendre l'aliment comestible et il sera préférable de ne pas le consommer, ni l'utiliser pour nourrir les animaux ou le bétail.

L'eau

L'eau est bien utile pour se débarrasser des poussières chargées en radionucléides. En outre, puisque le césium 137, l'une

des sources principales de la contamination, y est soluble et ne se lie pas aux graisses, l'eau est également un moyen efficace pour dissoudre et éliminer une partie des éléments contaminants. D'ailleurs, après l'accident de Tchernobyl, les autorités soviétiques ont fait rincer les routes et les façades des bâtiments, notamment les fenêtres et les façades de tous les bâtiments de la ville de Kiev. Donc, si votre maison se retrouve contaminée par des retombées radioactives, cela peut valoir la peine d'en rincer la surface en vue de diminuer la radioactivité. D'autres mesures peuvent également être appliquées :

- Les routes et les allées peuvent être rincées.
- La partie supérieure du sol des potagers peut être enlevée et enterrée.
- Les arbres et buissons peuvent être arrachés car leurs feuilles auront capté une grande quantité de poussières.
- Les feuilles mortes peuvent être déblayées et enterrées ou disposées au loin. Attention à ne pas les brûler, ni le bois mort, car les fumées (qui sont des cendres) seront chargées d'éléments radioactifs.

Sauf cas très particulier, la molécule de l'eau (H_2O) n'est pas radioactive. Toutefois, de l'eau contaminée peut contenir des particules radioactives constituant un risque. En cas de pollution radioactive, il vaudra mieux boire de l'eau souterraine, qui sera, dans l'immédiat, moins exposée aux retombées. Mais il faudra tout de même faire attention.

L'eau peut être contaminée selon deux principaux modes :

- Par des particules radioactives en suspension ;
- Par des molécules radioactives dissoutes dans l'eau.

Dans la réalité, il s'agit généralement d'un mixte, et l'eau contient à la fois des particules en suspension et des molécules dissoutes.

Décontaminer de l'eau radioactive est une tâche difficile. Pour un particulier, elle s'avère quasiment impossible (il restera toujours un peu de radioactivité), surtout lorsque l'on ne connaît

pas les composants qui sont à l'origine de la pollution. Ainsi, si vous avez à disposition des réserves d'eau, il sera préférable de les utiliser (les rayonnements n'affecteront pas une eau protégée de la contamination). L'eau du robinet est normalement « propre » dans un premier temps, puisqu'elle est isolée dans sa tuyauterie.

Si vous avez accès à l'eau d'un puits, attention à ce que des polluants radioactifs n'aient pas pénétré à l'intérieur sous forme de pluie ou de poussières. Pour des eaux souterraines, le temps de contamination dépendra des conditions météorologiques et géologiques, ainsi que de la nature et des quantités de radioactivité répandues dans l'environnement.

Si vous n'avez pas le choix et qu'il vous faut boire de l'eau contaminée, il faudra idéalement procéder à plusieurs étapes afin de la rendre la moins toxique possible :

1. Étape de préfiltration :

L'intérêt est d'éliminer les particules les plus grosses et d'optimiser les étapes suivantes. Possibilité d'utiliser des filtres à café par exemple. Les filtres usagés devront être jetés et manipulés avec précaution.

2. Étape supplémentaire au choix :

a. Filtration avec charbon actif ou résine échangeuse d'ions (ex : DiproClean, Katadyn, Berkey...). Ce type de filtration a l'avantage de piéger la plupart des métaux lourds (qu'ils soient radioactifs ou non). Si vous n'êtes pas préparé et que vous ne disposez pas de filtres spéciaux, vous pouvez utiliser les carafes filtrantes de types BRITA (attention, filtration limitée, mais c'est mieux que rien). Pensez à changer le filtre régulièrement car il va concentrer la radioactivité.

b. Osmose inverse (Pure Pro France, Berkey...). Cette méthode est relativement efficace (elle peut réduire jusqu'à 95% la contamination), puisqu'elle permet de limiter grandement les toxiques dissout comme le césium. Comme tout système, il deviendra vite contaminé et il faudra changer régulièrement les filtres et nettoyer les réservoirs.

c. Distillation (ex : Pure Pro France...)

Cette méthode permet de réduire la contamination d'environ 99%, même lorsque la radioactivité est constituée d'éléments dissouts. Il existe des distillateurs de différentes tailles qui demandent malheureusement pour la plupart un branchement électrique. Dans le pire des cas, utilisez le système D : évaporation solaire et recueil des eaux condensées.

Remarque :

- Les produits de type pastilles ou eau de javel pour désinfecter l'eau n'ont aucun effet sur la contamination radioactive.
- La consommation régulière et prolongée d'eau obtenue par osmose inverse ou distillation n'est pas recommandée. En effet, si certains polluants sont retirés, il en est de même des minéraux utiles à l'organisme.

Le potager

Le césium 137 possède des propriétés chimiques très proches du potassium. Si la plante manque de potassium, elle aura tendance à incorporer plus de césium radioactif. Suivant ce même schéma, le strontium 90, aux propriétés chimiques voisines du calcium, sera absorbé en plus grande quantité par la plante si celle-ci manque de calcium. Il est donc intéressant d'ajouter des produits riches en potassium et en calcium aux plantes que l'on fait pousser dans un potager susceptible d'être contaminé :

- de la poudre de dolomite, riche en calcium et en magnésium, une fois tous les quatre à cinq ans à raison de 40 à 50 kilos pour 100m² ;
- de l'engrais artificiel complet pour potagers, annuellement, à raison de : 40g/m² pour les légumes verts, citrouilles, courges, etc. ; 60g/m² pour les choux ; 90g/m² pour les concombres ;
- annuellement 1 à 1,5kg / 100m² de carbamide et 2 à 3kg / 100m² de chlorure de potassium ;
- de manière générale, utiliser du fumier, du terreau de compost, de la tourbe organique, etc. ;

- le chanvre, le colza, le roseau et le tournesol semblent ²³⁴ être des plantes qui ont la propriété de dépolluer les sols et les eaux stagnantes des métaux lourds. Ce phénomène, appelé, *phytorémédiation*, se fait par les racines de ces plantes, très filtrantes, qui absorbent les « déchets » de toutes sortes, contribuant à décontaminer les sols dans la lutte contre la radioactivité. Attention : ces plantes ne seront pas à consommer et l'élimination physique de celles-ci devra se faire dans un autre lieu pour éviter que les métaux lourds et autres contaminants ne reviennent pas dans le sol.

En cas de contamination, il ne faut surtout plus utiliser comme engrais les cendres provenant de l'incinération du bois de la région contaminée. En effet, celles-ci sont un concentré d'éléments radioactifs de la forêt. Il est donc préférable de les enterrer dans un endroit spécialement prévu à cet effet, à une profondeur d'environ un mètre, après avoir imperméabilisé le fond du trou avec un film en polyane.

Les plantes

Le rapport entre la quantité de radionucléides dans le sol et celle absorbée par les plantes dépend du type de sol et de l'espèce végétale. Les plantes qui poussent sur des sols marécageux, tourbeux, sablonneux et podzoliques (qui absorbent et conservent le plus d'eau), sont celles qui en assimilent le plus. Donc, ce sont les lichens, les mousses, les champignons, les légumineuses et les graminées qui auront tendance à capter le plus intensément les radionucléides. Les feuilles des arbres retiennent aussi de nombreuses poussières contenant des radionucléides.

Pour traiter les plantes potagères, il faut commencer par enlever les parties où se sont accumulés les radionucléides, c'est-à-dire celles qui se trouvent en surface. Par exemple, lorsqu'on débarrasse les choux de leurs larges feuilles extérieures, leur contamination radioactive peut devenir quarante fois moins élevée.

²³⁴ Voir les études réalisées au Japon, Biélorussie et Ukraine :
<http://lesbrindherbes.org/2013/03/26/cannabis-tournesol-colza-des-plantes-depolluantes-contre-la-radioactivite/>

La suppression des feuilles vertes des betteraves, radis, navets, carottes, etc., diminue leur contamination de quinze à vingt fois. Ensuite, il faut, bien évidemment, nettoyer les parties qui seront consommées. Si on brosse minutieusement la terre et que l'on lave minutieusement les pommes de terre, les tomates, les concombres, on peut en diminuer la contamination de cinq à sept fois. On peut aussi réduire la dangerosité des légumes racines en ôtant la partie supérieure de la racine (les 1 à 1,5 cm du haut). Une pomme de terre lavée devient encore deux fois moins radioactive après avoir été épluchée. Le blé, une fois battu et séparé du son, est de dix à quinze fois moins radioactif. Tout cela doit être réalisé de manière très minutieuse si l'on a la certitude (ou la suspicion) de vivre en territoire contaminé.

Comme les racines des arbres, en particulier des arbres fruitiers, s'enfoncent profondément dans le sol, leurs fruits peuvent être radiologiquement propres, même si le territoire a été récemment contaminé. Cependant, il faut bien laver les fruits avant de les préparer et impérativement les peler si la contamination est récente.

Quant à la conservation des plantes potagères et des fruits (par lactofermentation, dans le vinaigre, etc.), elle permet de diminuer encore davantage leur teneur en éléments radioactifs, à condition de ne pas consommer les salaisons et marinades dans lesquelles ils ont trempé.

La viande

Le césium radioactif se dépose dans les tissus mous des animaux et se concentre particulièrement dans le foie et les reins qui sont des filtres endocriniens. Les abats doivent donc, à titre préventif, être évités. Le césium ne se fixe quasiment jamais dans les os. En revanche, le strontium radioactif s'y dépose et l'on ne peut pratiquement pas l'en extraire. Pour cette raison, il vaut mieux s'interdire de consommer du bouillon à base d'os. Le lard et le gras accumulent peu d'éléments radioactifs. Attention à la viande des animaux sauvages, elle contient généralement une plus grande

quantité de radionucléides que celle des animaux d'élevage.

Pour diminuer la concentration en radionucléides de la viande, la solution la plus efficace est de la faire tremper dans une solution de sel de cuisine à 2 % après l'avoir découpée en petits morceaux afin que la surface de contact soit la plus grande. On la laissera ainsi au moins 12 heures en changeant régulièrement la saumure. Plus la viande trempera longtemps, et plus souvent l'eau salée aura été changée, moins il restera de radionucléides dans la viande. La plus grande partie du césium s'en ira avec l'eau salée. Si on fait bouillir la viande pendant une dizaine de minutes, près de la moitié des radionucléides se dissolvent dans le bouillon ; celui-ci devient impropre à la consommation et doit être jeté.

Le lait

Le lait peut avoir une assez forte concentration en radionucléides, notamment le petit-lait qu'il ne faut pas utiliser ni consommer. En revanche, il est possible de traiter le lait et de le débarrasser d'une part importante des radionucléides qui le polluent. Ainsi, lorsqu'on le sépare, on obtient une crème quatre à six fois moins contaminée que ne l'était le lait. Le fromage blanc obtenu à partir d'un lait contaminé contient également de quatre à six fois moins de radionucléides, le fromage de huit à cent fois moins, le beurre de huit à dix fois moins. Quant au beurre clarifié, de quatre-vingt-dix à cent fois moins.

La forêt

Les produits de la forêt constituent la catégorie d'aliments la plus dangereuse. En effet, les retombées radioactives se déposent sur la litière végétale sylvestre qui fait écran et les empêche de pénétrer plus en profondeur. La plus grande partie des radionucléides reste donc dans la couche superficielle, 3 à 5 cm. On trouve aussi une grande concentration de radionucléides dans l'écorce des arbres, le bois mort, les mousses, les lichens, les baies, les champignons. Ces derniers sont les plus risqués à ingérer, sachant qu'ils ont la fâcheuse propriété de concentrer le césium. Si vous

tenez néanmoins à les consommer, il faut les faire bouillir dans de l'eau salée et changer l'eau souvent tout en ajoutant du vinaigre et de l'acide citrique afin d'accélérer le transfert des radionucléides des champignons à l'eau. Les baies poussant dans des forêts contaminées peuvent donc aussi être contaminées. Selon l'expérience et les mesures prises en Ukraine, en Biélorussie et en Russie, les plus contaminées sont les myrtilles, les airelles, les bleuets et les canneberges alors que les framboises et les fraises des bois sont parmi les moins contaminées. Toutes sont à éviter tant que possible. Le gibier des forêts contaminées est également dangereux à cause de la concentration en radionucléides. Enfin, pour la viande, comme pour les champignons et les fruits, le séchage ne réduit pas la radioactivité. Au contraire, il la concentre.

Le miso

Selon une étude de 2001,²³⁵ menée par le Dr Masayuki Ohara de l'université d'Hiroshima, il semble que le miso ait des propriétés contre la radioactivité, car il contient de l'acide dipicolinique, un alcaloïde qui a la particularité de chélater .²³⁶ les métaux lourds tels que le strontium, le plomb, le mercure, le cadmium et de faciliter leur élimination par les voies urinaires. Le miso est une pâte d'aspect beige à marron obtenue à partir d'un mélange de soja fermenté, de sel marin et d'une enzyme de démarrage de la fermentation appelé *kōjikin* contenant l'*Aspergillus oryzae*, une moisissure noble aussi utilisée pour produire le saké. En cas de pollution radioactive, prendre 1 cuillère à café de la pâte dissoute dans un bol d'eau chaude et cela 4 fois par jour.

Piero San Giorgio a visité le site de Tchernobyl et ses environs, en 2010. La zone d'exclusion, d'un diamètre d'environ 30 kilomètres autour du site de l'ancienne centrale, est ouverte aux visites sous certaines conditions. La visite, d'une durée d'une journée, emmène les visiteurs pour un petit topo dans une caserne

²³⁵<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11833659>

²³⁶ La chélation est un processus physico-chimique qui conduit à la formation d'un complexe stable, inactif, non toxique, soluble et facilement éliminé par voie rénale.

de l'armée ukrainienne où est donné un historique de l'accident du 26 avril 1986 ainsi que quelques notions de base sur les risques liés à l'exposition aux radiations. La zone est relativement sûre et, dans la majorité des endroits, le niveau de radiations ne dépasse pas la dose de 1 μ Sv (un microsievert) par heure. Le guide qui accompagne les visiteurs a un compteur Geiger qui mesure le niveau de radioactivité, qui est à peu près partout normal. Toutefois, les mousses sur les arbres et sur le sol sont nettement plus radioactives car elles concentrent les radionucléides. La visite de la centrale elle-même est évidemment interdite. Les visiteurs sont emmenés dans un bâtiment à 100 m de la centrale où des maquettes montrent à quoi elle ressemblait avant l'accident et où il est possible de voir par la fenêtre l'amas de métal et de béton qu'est le réacteur N.4, sommairement recouvert d'une infrastructure en tôle (un nouveau dôme de protection est en construction et sera installé en 2017). La visite continue dans la ville de Pripjat, évacuée d'urgence à la suite de l'accident du 26 avril 1986. Comme la ville est à l'abandon depuis cette date, le spectacle est impressionnant : une ville moderne, très bien équipée en infrastructures publiques (centres sportifs, salles de spectacle, écoles, places de jeux...), en blocs d'appartements, en parcs... totalement envahie par la végétation qui reconquiert de manière opportuniste chaque espace, camouflant et affaiblissant les structures, causant parfois leur destruction. Une vraie ville fantôme dans laquelle tous les objets d'usage quotidien, du trolleybus aux cahiers d'écoliers sont restés tels quels (les meubles et autres effets personnels ont été dérobés depuis longtemps...). Le sentiment que le visiteur éprouve dans ce contexte permet de réaliser l'effet d'un accident nucléaire sur la vie quotidienne de familles et d'individus qui ont dû fuir immédiatement. En 2016, l'Ukraine maintient en opération quinze réacteurs nucléaires sur quatre sites et vu l'état économique et financier du pays et le niveau de corruption de ses gouvernements successifs, il est à espérer que les mesures nécessaires pour éviter tout accident soient prises...

Kits et Équipements

« Faites un kit, faites un plan, informez-vous. »
Slogan de la Croix-Rouge américaine

*« Deux sûretés valent mieux qu'une,
Et le trop en cela ne fut jamais perdu. »*
– Jean de La Fontaine, Fables,
« Le Loup, la Chèvre et le Chevreau », 1668

1. Kits et équipements généraux

« Ce qui instruit les sots, ce n'est pas la parole, c'est le malheur. »

– Démocrite, philosophe grec (460-370 av. J.-C.)

Kit de confinement.

Dans l'hypothèse où vous devez vous confiner dans votre domicile (maison/appartement), il est utile de disposer du kit suivant :

- 1 paire de ciseaux ;
- 1 cutter ou un couteau à moquette ;
- plusieurs rouleaux de rubans adhésifs solides et imperméables (*duct tape*) ;
- 1 agrafeuse de bricolage ;
- plusieurs films de protection plastiques ou, à défaut, des sacs-poubelle de grandes tailles, pour isoler portes et fenêtres et grillages de ventilation/climatisation ;
- quelques chiffons (humidifiés, ils seront utilisés pour boucher efficacement différents orifices tels que les aérations, etc.) ;
- 1 paire de gants en cuir (au cas où des fenêtres seraient brisées, etc.) ;
- 1 lampe torche (une coupure d'électricité n'est pas à exclure).

Remarque : Si vous estimez que plus d'une personne sera présente, n'hésitez pas à augmenter le nombre de certains articles (ex. : 2 paires de ciseaux, 2 paires de gants...).

Le sac d'évacuation

Le sac d'évacuation est avant tout un outil dont le rôle est de répondre à l'ensemble de vos besoins physiologiques pendant l'évacuation d'un lieu à haut risque pour rejoindre un point de chute, de préférence en moins de 72 heures. Il ne s'agit pas d'un outil destiné à une survie à durée indéterminée. Il est idéalement constitué d'un sac à dos adapté à la marche, dont le volume et le poids sont fonction de votre capacité de port et de la distance à parcourir. Comme nous l'avons vu précédemment, il est possible que vous ayez à évacuer en utilisant un véhicule (voiture, moto, bicyclette, etc.). Néanmoins, de nombreuses raisons peuvent vous pousser à abandonner votre moyen de transport :

- routes impraticables ou engorgées,
- rupture mécanique,
- véhicule réquisitionné,
- phase finale d'approche de votre point de repli se faisant uniquement en marchant,
- etc.

C'est pourquoi, même si vous pouvez charger votre véhicule avec du matériel supplémentaire, votre sac d'évacuation, quant à lui, doit rester aisément transportable à pied. La liste ci-dessous est une proposition de matériels et d'équipements, arrangés par modules et pouvant idéalement constituer votre sac d'évacuation.

1. Le sac

L'idéal est de posséder un sac de randonnée imperméable au sein duquel vous pouvez ajouter un sac-poubelle pour recevoir les différents matériels. Cette technique vous assure une excellente étanchéité dans l'éventualité où vous devez traverser un cours d'eau. Votre sac peut alors se transformer en bouée de sauvetage que vous utiliserez pour vous aider à nager. Disposer de plusieurs poches vous permet également d'arranger l'équipement en modules pour faciliter l'accès aux différents articles.

Lors du remplissage du sac, il est important de disposer vos

affaires dans un ordre bien particulier. Ainsi, les matériels dont vous n'avez pas besoin en urgence vont au fond du sac (ex. : vêtements de rechange). Les autres (ex. : trousse de secours) doivent être accessibles rapidement.

2. Module « vêtements »

Des vêtements adaptés sont votre première ligne de défense contre le froid (hypothermie) et certaines agressions extérieures (coupures et écorchures par exemple). Privilégiez un habillement et des chaussures imperméables, afin de rester au sec.

- 1 tissu de type écharpe/shemag/bandana/bout de drap ou mouchoir, etc. ;
- 1 paire de chaussettes (laine ou autre) ;
- 1 rechange de sous-vêtements ;
- 1 T-shirt ;
- 1 protection tête (chapeau, cagoule, bonnet ou autre) ;
- 1 protection mains (gants pour le froid) ;
- 1 ensemble (haut et bas) de sous-vêtements thermiques contre le froid.

Sur vous :

- 1 paire de chaussures robustes de randonnée ou de marche, idéalement en cuir et Goretex® imperméable ;
- 1 pantalon robuste (une paire de jeans pas trop serrés peut être un bon choix, car discret aussi bien en ville qu'à la campagne) ;
- 1 paire de gants de travail.

Si vous devez vous déplacer en climat froid, il est bon d'opter pour une organisation dite « trois couches » en évitant les matériaux qui retiennent la transpiration (ne pas utiliser de vêtements en coton).

- Première couche (confort)
 - ⇒ 1 T-shirt manches longues (thermique ou laine type « mérinos ») qui va garder la peau sèche.
- Deuxième couche (intermédiaire ou isolation)

⇒ 1 veste polaire à capuche ou autre, qui transmet l'humidité vers la couche externe suivante et garde la chaleur du corps. Cette couche peut être doublée en cas de grand froid.

- Troisième couche (protection)

⇒ Vêtements chauds et respirant (type Goretex®, Windstopper, etc.) qui protègent également contre la pluie, le vent et diverses agressions (coupures, éraflures, etc.).

3. Module « dormir dehors »

Dormir dehors peut s'avérer aisé et agréable ou très inconfortable, voire dangereux en fonction du lieu, de l'environnement et du climat. Si l'évacuation se passe pendant l'hiver, il est évident que l'une des priorités sera de maintenir votre température corporelle afin d'éviter l'hypothermie qui pourrait vous être fatale. Prévoyez au minimum :

- 1 protection contre les éléments (pluie, vent, soleil...) : bâche, tente ou autre, de la taille appropriée à vos besoins. Si vous avez des enfants, une tente est une bonne solution, d'autant plus qu'il existe maintenant des modèles très légers et peu encombrants ;
- 4 sacs-poubelle noirs et épais de 120 l. ou, mieux, de 200 l. Ces sacs peuvent servir à la construction d'un abri, à la récupération d'eau de pluie, à la fabrication d'un matelas isolant (en le remplissant de feuilles mortes ou de papier journal), etc. ;
- 1 sac de couchage ou, à défaut, une couverture 100 % laine ;
- 1 sursac isolant de type Bivvy™ de Adventure Medical Kits® ou, à défaut, une couverture de survie en aluminium.

4. Module « eau »

Ce module doit vous permettre de récupérer, de stocker, d'assainir et de boire de l'eau durant l'évacuation. Prévoyez :

- 1 boîte de filtres à café pour préfiltrer l'eau recueillie ;
- 1 système mécanique de filtration : filtre paille d'urgence Aquamira® Frontier Pro™ (200 litres d'autonomie). Pour

les familles nombreuses : un filtre à pompe MSR® Mini-works EX™ (2 000 litres d'autonomie !) ;

- 25 pastilles Micropur® pour l'assainissement chimique de l'eau (une pastille traite un litre) ;
- 1 gourde aluminium de type surplus de l'armée avec son quart qui permet de faire bouillir de l'eau, de la soupe ou autre boisson lyophilisée.

Votre capacité de transport et de stockage en eau doit être au moins de 3 litres par personne. Selon vos préférences, vous pouvez, par exemple, utiliser :

- des bouteilles de type « Nalgene » à grand goulot (1 l.). L'une d'entre elles peut également servir de récipient de récupération, et donc de « bouteille sale » pour éviter de contaminer la totalité des systèmes ;
- des bouteilles souples et légères de type Platypus® (1, 1,5 ou 2 l.) et/ou poches à eau MSR (2, 4 ou 6 l.) pour le transport et les réserves.

Remarque : Lors de votre préparation, et notamment au cours de l'étude des lieux particuliers pouvant être utiles en cas d'évacuation, pensez aux cimetières. En effet, ceux-ci disposent toujours d'un point d'eau !

5. Module « nourriture »

Le but du module nourriture est de vous apporter une énergie suffisante pendant un itinéraire d'évacuation d'environ 72 heures, tout en restant le plus léger et discret possible. Dans la mesure où cette tâche demandera un effort conséquent (marche forcée, froid, poids...), une base de 2 000 calories par jour et par adulte devrait être un minimum à prévoir.

Il n'est donc pas question ici d'avoir une alimentation raffinée, mais plutôt de disposer d'aliments performants du point de vue énergétique et de faible encombrement. Les repas lyophilisés sont idéaux pour cela : légers, ils n'exigent pas beaucoup d'eau pour leur préparation et offrent un apport calorique très intéressant au regard de leur volume (plus de 2 000 calories environ pour un poids

inférieur à 500 g.).

- Repas lyophilisés (ex. : BackpackersPantry©).
- Soupes lyophilisées.

En appoint :

- Viande séchée ;
- Fruits secs/séchés (noix, noisettes, amandes, abricots...) ;
- Tube de miel, sachet de beurre de cacahouètes ;
- Barres de céréales/énergétiques/protéinées.

6. Module « feu »

Le feu est un incontournable de la survie. Il permet de réguler notre température ambiante, de faire bouillir de l'eau, de préparer nos aliments, de fabriquer des outils, de s'éclairer, de rassurer et même de cautériser une plaie... Aïe !

Prévoyez :

- Trois méthodes d'ignition :
 - les *Firesteel* (pyrobarres ou « fusils » en bon français) ;
 - les briquets ;
 - les allumettes « tempête ».
 (Au regard de leur faible encombrement, il est vivement conseillé de prendre les trois.)
- 1 allume-feu pour barbecue ou des cotons d'ouate pouvant être imbibés de vaseline (prendre 1 tube) pour démarrer efficacement un feu.

7. Module « lumière »

Bien que pouvant être perçu comme un luxe (nos ancêtres se débrouillaient sans lampe torche), disposer de moyens de s'éclairer en cas d'évacuation reste un atout non négligeable. Nombre de situations peuvent exiger ou tout au moins être gérées de bien meilleure manière grâce à un apport en lumière. Par exemple : administrer des soins dans l'obscurité, emprunter un tunnel, chercher un objet dans le noir, etc. De nombreux modèles de lampes existent. Si vous en avez la possibilité, privilégiez celles qui sont étanches et à diodes (faible consommation électrique).

- Lampes frontales. Choisir de préférence celles pouvant produire des éclairages blancs et rouges pour plus de discrétion (ex : Tikka XP3 de Petzl).
- Lampes torches. Elles ont énormément évolué au cours des dernières années. Il est maintenant aisé de trouver des modèles puissants, à faible consommation et encombrement (ex. : type E35 de Fenix). Certains, comme la TR 150 de Frendo, sont rechargeables via USB.
- Lanterne électrique à poser ou à suspendre (ex. : MOJI 100 de Black Diamond) ou ampoule-lampe pour vos enfants (type ambilight). Ce type d'éclairage est intéressant si vous « voyagez » en famille. Une seule lampe peut éclairer le petit groupe.
- Lampe-dynamo étanche (ex. : Topoplastic). Avec cet accessoire, vous êtes sûr de disposer de lumière quand bon vous semble.

Remarque : Privilégier une lampe de faible encombrement est un avantage certain puisque cela influe non seulement sur son poids, mais également sur celui des piles de rechanges. Disposer en permanence d'une mini-lampe sur son porte-clés peut parfois s'avérer utile (ex. : Microlight d'Inova).

8. Module « administratif »

Ce module est important, car il va vous permettre de vous orienter, de communiquer, de vous informer, de soudoyer, mais aussi de vous identifier si nécessaire.

Prévoyez :

- Les clés de votre point de chute.
- Cartes routières (du pays, de votre région...).
- Cartes topographiques de la ville/région/points de chute.
- Cartes du métro ou des trains.
- Plan détaillé de la ville.
- Plans particuliers tels que catacombes, égouts ou autre.
- 1 boussole.
- 1 petite radio AM/FM à pile ou à dynamo.

- Papiers d'identification : extrait d'acte de naissance, passeport, carte d'identité, permis de conduire, livret de famille, etc. À conserver dans une enveloppe étanche.
- 1 petit bloc note plus stylo/crayon.
- Votre téléphone portable. Le téléphone portable est devenu un outil essentiel de nos jours. Il vous permet de contacter instantanément vos proches ou d'appeler des services d'urgences. Dans le cas d'un Smartphone, vous pouvez en plus vous connecter à la plus grande banque de données du monde, à savoir internet, et ainsi disposer des dernières informations, de cartes, etc. Attention, toutefois, de ne pas tout miser sur votre téléphone. Celui-ci peut casser ou encore le réseau peut être inopérant.
- Si vous ne voyagez pas seul, une paire de talkiewalkies peut s'avérer être un choix pertinent pour conserver des possibilités de communication en cas de séparation. 1 paire de talkiewalkies, tels les modèles T40 (portée 4-5 km) de Motorola ou T80 pour un usage plus poussé (portée 10 km, résistant aux intempéries...).
- Posséder de l'argent liquide (billets) ou sous forme de pièces de métal (or/argent), est le meilleur moyen d'acheter du matériel ou des denrées si vous êtes dans le besoin. Il peut également servir, dans certaines occasions, à soudoyer des personnes. L'Histoire a montré que, même dans les pays les plus touchés par les crises, les pièces d'or et d'argent ont continué à être utilisées comme monnaie de transaction.
- Pièces d'or/argent (à privilégier uniquement en cas de crise majeure).

9. Module « énergie »

Conserver un profil bas peut, parfois, être salutaire. Il existe des circonstances où il est hors de question de faire un grand feu. Un petit réchaud à gaz de camping reste alors le meilleur moyen de faire bouillir de l'eau ou de cuire vos repas sans vous faire repérer 10 km à la ronde. Inutile de disposer de 30 cartouches de gaz... Une seule suffira pour 72 heures.

- 1 bouteille/réchaud. Le PocketRocket™ de MSR, par exemple, est un système compact, léger et bon marché.

- 1 chargeur dynamo USB/Smartphone est bien utile pour recharger votre téléphone au besoin pendant la durée de votre évacuation. Si vous avez choisi une lampe rechargeable par USB, c'est double bénéfice.

10. Module « hygiène et soins »

L'idéal est de disposer d'une trousse de premiers soins, comme suit :

- Antiseptiques cutanés (spray et lingettes).
- Une boîte de pansements adhésifs de dimensions variées.
- Une boîte de compresses stériles (10 × 10 cm).
- Bandes de crêpes extensibles (bandages).
- Du sparadrap.
- Bandes élastiques auto-adhésives (pour strapping).
- Des compresses froides instantanées (ex. : Instant Cold Pack).
- Des gants à usage unique.
- Une paire de ciseaux à bout rond.
- Une pince à épiler.
- Un gel hydro-alcoolique (pour se désinfecter les mains).
- Un coussin hémostatique d'urgence (en cas d'hémorragie).
- Un antidouleur et antipyrétique (ex. : paracétamol).
- Votre anti-inflammatoire habituel (ex. : Ibuprofène).
- Une pommade contre les piqûres.
- Une pommade contre les brûlures (ex. : Biafine).
- Un antihistaminique pour lutter contre les allergies (ex. : Humex Allergie Cetirizine©).

Concernant la trousse pour l'hygiène :

- Savon.
- Brosse à dents, dentifrice, fil dentaire.
- Gel désinfectant.
- Lingettes nettoyantes pour bébé.
- Mini-kit de couture.

11. Module « outils »

Le module outils devra vous permettre d'influencer votre environnement immédiat le plus efficacement possible. Le minimum est un bon couteau fixe et de la cordelette.

- Couteau fixe.
- Cordelette.

En fonction de votre capacité de charge et de votre destination, vous pouvez également prendre d'autres accessoires.

- Rouleau adhésif en toile plastique imperméable (Duct Tape).
- Couteau multifonction disposant notamment de tournevis (type Leatherman, Gerber, Décathlon...).
- Pinces coupantes.
- Fil de fer.
- Scie fil type Commando.
- Coupe-coupe ou machette (ce matériel peut aussi être considéré comme faisant partie du module défense).
- Jumelles.

Dans le cas où vous pouvez mener votre évacuation au moyen d'un véhicule motorisé, d'autres matériels peuvent être ajoutés, tels que :

- Masse.
- Hache ou hachette.
- Pied-de-biche.
- Pince-monseigneur.

12. Module « défense »

Selon la législation en vigueur et dans le cadre de la légitime défense, pensez à mettre le maximum d'atouts de votre côté. Ainsi, en fonction de votre pays, différentes armes vous seront autorisées. Les situations de chaos peuvent rapidement dégénérer en mouvements de panique et certains individus ou groupes d'individus peuvent recourir à la violence, notamment si les autorités sont débordées ou absentes. Dans le cas d'une évacuation, gardez bien à l'esprit que l'usage des armes est l'ultime recours. Il est bien plus

intéressant d'éviter de se faire repérer que d'aller à la confrontation.

13. Module « affectif »

Pensez à emporter un petit objet, quelque chose qui vous aide à maintenir votre détermination. Un porte-bonheur, un gri-gri, une chaîne ou un pendentif religieux, la photo de votre famille, un objet de valeur sentimentale... Un « doudou » est un élément à ne pas négliger si vous avez des enfants en bas âge.

Kit pour le déshabillage/décontamination

Afin de réaliser une décontamination sommaire dans les meilleures conditions, les matériels suivants peuvent être réunis dans un kit :

- 1 paire de gants de type « Mapa²³⁷ ».
- 1 boîte de gants jetables (préférentiellement en nitrile).
- 1 lot de masques « papier » type FFP 1, 2 ou 3.
- Quelques paires de lunettes anti-projections.
- 1 paire de bottes.
- 1 lot de tenues de protection ²³⁸ type 5/6 ou, à défaut, combinaisons de peintre jetables.
- Plusieurs grands sacs-poubelle.
- Quelques éponges ou des lingettes nettoyantes.
- 1 douche solaire remplie d'eau à suspendre.
- 1 pulvérisateur de jardin (de préférence positionné dans le dos et d'une capacité minimale de 12 litres. (ex. : Pulsar 1200 de Tecnomatix ©) ou, à défaut, un tuyau d'arrosage branché sur l'arrivée d'eau.
- 1 lot de serviettes de toilette pour se sécher.
- 1 lot de vêtements de rechange pour chaque membre de la famille ou survêtements.
- Shampoing doux (idéalement sous forme de petits échantillons).
- Savon de Marseille liquide.

²³⁷ <http://www.mapa-pro.fr>

²³⁸ Voir partie « Matériels de protection NRBC ».

- Plusieurs bouteilles d'eau de javel (2,6 %) ou à défaut des berlingots (36°).

Certains matériels, comme les bottes, les lunettes, le pulvérisateur, etc., sont destinés à un éventuel partenaire aidant à la décontamination (le pulvérisateur peut aussi être utilisé par une personne seule : après s'être auto-décontaminée, elle utilise cet équipement pour asperger la zone avec de l'eau de javel diluée). Si votre budget vous le permet, vous pouvez également opter pour des matériels permettant de décontaminer/neutraliser les agressions dues aux acides et aux bases. Vous avez cependant plus de chance de les utiliser en cas de soucis avec des produits ménagers (acide chlorhydrique contenu dans les détartrants ou décapants, lessive de soude...) ou autres (acide de batterie...) que lors d'une « attaque NRBC ».

- Spray 100 ml de diphotérine (à utiliser sur la peau).
- Rince-œil diphotérine (pour projections dans les yeux).

2. Matériels de protection

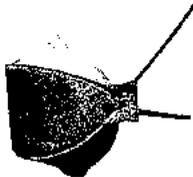
« Les tuiles qui garantissent de la pluie ont été faites par beau temps. »

Proverbe chinois

Les équipements de protection individuels (PPE) sont primordiaux si vous devez pénétrer ou vous échapper d'une zone contaminée ou toxique. Deux grandes catégories sont à distinguer, permettant : la protection des voies respiratoires et la protection de la peau et du corps.

La protection respiratoire.

Son rôle est d'empêcher les substances nocives d'entrer lorsque vous respirez, mais également de prévenir toute ingestion. Les différents agents NRBC ayant des propriétés distinctes, il apparaît évident que certaines protections respiratoires conviendront mieux à certaines applications ou, dans le cas contraire, ne seront d'aucune utilité. De nombreuses catégories de masques existent sur le marché. Elles peuvent, principalement, être regroupées en fonction de leur forme et du type d'alimentation en air (cartouches filtrantes, ventilation assistée, bouteilles pressurisées...) :

Type de masque	Image	Remarques
Masque à « poussières »		<ul style="list-style-type: none">- Ne protège ni les yeux ni le visage.- Peu efficace vis-à-vis du risque chimique.

<p>Demi-masque à cartouches</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Ne protège ni les yeux ni le visage. - La protection dépend du type de filtre utilisé.
<p>Masque complet à cartouches</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Inconfort (comparé aux autres types de masques). - La protection dépend du type de filtre utilisé.
<p>Appareil de protection à ventilation assistée</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Une turbine associée à un filtre pulse l'air dans le masque.
<p>Appareil respiratoire isolant</p>		<ul style="list-style-type: none"> - L'air respiré provient de bouteilles pressurisées (comme en plongée sous-marine).

Nous allons nous focaliser sur les deux types de masques qui nous paraissent les plus utiles pour un particulier dans le cadre d'une menace NRBC, à savoir : le masque à « poussières » et le masque complet à cartouche.

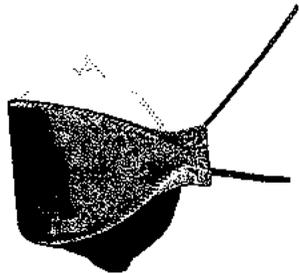
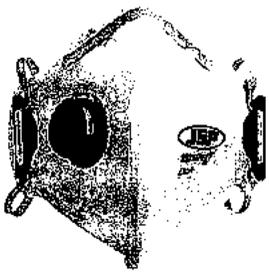
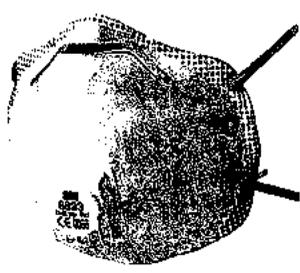
A. Les masques « à poussières »

Sur le plan technique, il s'agit de masques FFP (Pièces Faciales Filtrantes) qui couvrent la bouche, le nez et une partie du menton. Ils constituent une excellente solution pour les risques de type biologiques et pour les poussières radioactives. Il existe de nombreux modèles, classés en fonction de leur efficacité selon les normes européennes EN 141 et EN 14 387 :

Classe	Filtration	Taux de fuite	Application
FFP1	Arrête au minimum 80 % des particules.	Inférieur à 22 %	Particules, fumées, brouillard...
FFP2	Arrête au minimum 94 % des particules.	Inférieur à 8 %	
FFP3	Arrête au minimum 99 % des particules.	Inférieur à 2 %	

Le type FFP3 est recommandé en cas de contamination radioactive.

Il est possible de trouver des modèles avec ou sans valve, semi-rigides ou souples :

		
Souple, sans valve Masque Aura FFP3 (3M)	Souple, avec valve FFP3 pliable Olym- pus (JSP)	Semi-rigide, avec valve FFP3 Cool Flow (3M)

Il existe une multitude de fournisseurs pour ce genre d'équipement. En plus de la classe (FFP1, 2 ou 3), le sigle NR (pour Non Réutilisable) ou R (pour Réutilisable) doit également apparaître.

Remarque : La fonction principale du masque médical ou chirurgical est de réduire le nombre de gouttelettes vers l'entourage et l'environnement. Il présente un degré de protection *moindre* que les masques FFP et *n'est pas adapté pour une utilisation NRBC, notamment dans le cas de contamination radioactive.*

B. Les masques complets

En France, les masques à gaz complets militaires et destinés à se protéger des agents NRBC sont *interdits à l'acquisition et à la détention*, car ils sont considérés comme armes de guerre de troisième catégorie selon l'ancienne législation et comme armes/matériels de guerre de catégorie A2, selon la législation en vigueur depuis le 30 juillet 2013 (Décret n°2013-700). Ce n'est pas le cas en Suisse, par exemple, ni dans d'autres pays européens qui n'interdisent pas ces équipements.

Néanmoins, un certain nombre d'équipements sont utilisables par tous, sans restrictions légales. Ces masques sont destinés à des usages privés ou industriels.

La plupart des masques complets grand public offrent des caractéristiques similaires. Le choix doit donc prendre en compte :

- l'utilisation envisagée (durée de port, type de risques...),
- le coût (du masque et des cartouches),
- les différentes filtrations disponibles,
- le champ de vision,
- le confort (dépend de la forme et du matériau),
- la pastille phonique (qui améliore la transmission de la parole),
- la présence de dispositif pour boire (relié à un Camel bag par exemple), etc.

Attention ! Certains masques sont disponibles selon différentes tailles. L'intérêt de disposer d'un modèle adapté à son visage est de limiter les fuites et donc d'apporter une meilleure protection. Ceci peut être primordial pour les personnes au visage très fin ou trop gros.

		
<p>Advantage 3200 (MSA)</p>	<p>Advantage 3100 (MSA)</p>	<p>Optifit (Honeywell)</p>

En général, les cartouches filtrantes à vis (masques Advantage 3100 et Optifit ci-dessus) offrent plus d'options en termes de filtration et de performance. Bien évidemment, d'autres modèles existent, tels que le SGE 400/3 (MSA) disponible aux États-Unis, et beaucoup de fabricants proposent des produits plus ou moins équivalents (exemple : Dräger, Matisec, 3M, etc.). De multiples normes européennes régissent les différentes protections possibles et leur niveau d'efficacité.

Le tableau page suivante présente les types les plus couramment rencontrés :

Couleur	Type	Application	Caractéristiques	Norme
Marron	A	Gaz et vapeurs organiques (point d'ébullition > 65 °C)	Concentration maximale du gaz à ne pas dépasser en fonction de la classe de la cartouche : <u>Classe 1</u> : faible 0,1 vol. % (1 000 ppm) <u>Classe 2</u> : moyenne 0,5 vol. % (5 000 ppm) <u>Classe 3</u> : grande 1,0 vol. % (10 000 ppm)	EN 141 (EN14387)
Gris	B	Gaz et vapeurs inorganiques (sauf CO), par ex. chlore, H ₂ S, HCN...		
Jaune	E	Dioxyde de soufre et gaz et vapeurs acides		
Vert	K	Ammoniac et dérivés ammoniacés organiques		
Blanc	P	Particules	<u>Classe P1</u> : faible efficacité Le filtre arrête au moins 80 % des aérosols <u>Classe P2</u> : efficacité moyenne Le filtre arrête au moins 94 % des aérosols <u>Classe P3</u> : (haute efficacité) Le filtre arrête au moins 99,95 % des aérosols	EN 143
Marron	AX	Gaz et vapeurs organiques (point d'ébullition < 65 °C) = substances à bas point d'ébullition groupes 1 et 2	gr.1 : 100 ml/m ³ , max 40 min. gr.1 : 500 ml/m ³ , max 20 min. gr.2 : 1000 ml/m ³ , max 60 min. gr.2 : 5000 ml/m ³ , max 20 min.	EN 371
Bleu	NO	Oxydes d'azote NO, NO ₂ , NO _x	Temps d'utilisation maximum : 20 minutes	EN 141 (EN 14 387)
Rouge	Hg	Vapeurs de mercure	Temps d'utilisation maximum : 50 heures	EN 141 (EN 14 387)
Noir	CO	Monoxyde de carbone	Réglementations locales	DIN 3181
Orange	Reacto r P3	Iode radioactif	Réglementations locales	DIN 3181
Violet	SX	Composés spécifiques (gaz et vapeurs)	Ne sont classés qu'en un seul type et une seule classe SX	EN 372

La protection du corps.

A. Les tenues de protection.

ATTENTION ! Ces tenues ne protègent pas des rayonnements ionisants (irradiation externe).

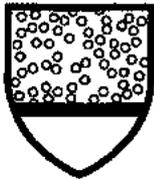
Leur but est de protéger votre corps des agressions extérieures, notamment de type corrosif, toxique ou infectieux et d'empêcher toute contamination de pénétrer dans votre organisme ou d'entrer en contact avec lui.

De nombreux modèles existent à la vente, mais le choix le plus sûr est de posséder des tenues répondant à la réglementation européenne concernant les Équipements de Protection Individuelle (EPI) ou aux réglementations US (OSHA, NFPA)²³⁹ pour les personnes vivant aux États-Unis.

Le tableau ci-dessous présente les types de protection selon les différentes normes européennes, ainsi que les options pour le risque biologique et de contamination radiologique.

Types	Description	Pictogrammes
Type 1	Étanche aux gaz	
Type 2	Étanchéité limitée aux gaz	
Type 3	Étanche aux liquides	

²³⁹ OSHA : Occupational Safety and Health Administration. NFPA : National Fire Protection Association.

Type 4	Étanche aux aérosols	
Type 5	Étanche aux particules	
Type 6	Étanchéité limitée aux éclaboussures.	
Contamination radioactive	Protection contre la contamination radioactive sous forme de particules.	
Agents biologiques	Protection contre les liquides contaminés	

Les tenues de type 1 correspondent aux scaphandres NRBC, lourds et encombrants, que l'on peut voir dans certains films catastrophes. Bien entendu, ces modèles sont hors de prix et ne conviennent pas du tout aux besoins d'un particulier.

Pour un usage privé, il paraît raisonnable de se limiter aux types 5 ou 6 (qui peuvent également comporter les options contre les agents biologiques et contaminations radioactives), voire d'aller jusqu'au type 3 en cas de risque chimique identifié.

Le tableau ci-après présente quelques exemples de tenues :

<p>Tenue TyvekClassicXpert (DuPont)</p>		<p>Type 5 + type 6 + contamination radioactive + risque biologique</p>
<p>Tenue 4535 (3M)</p>		<p>Type 5 + type 6 + contamination radioactive</p>
<p>Tenue Proshield 10 (DuPont)</p>		<p>Type 5 + type 6</p>

B. Accessoires

En complément de la tenue, il est impératif de protéger les extrémités (pieds et mains) et les yeux. Ainsi, la catégorie « accessoires » comprend les chaussures, gants et lunettes.

- Chaussures

En cas de contamination, l'une des solutions est de mettre des surbottes. Néanmoins pour une utilisation en extérieur (en forêt, sur du gravier...) cette méthode n'est pas idéale. En effet, les modèles basiques résistent très mal à l'abrasion et au déchirement ; les plus « costauds » sont un gouffre financier, car ils doivent être jetés après chaque utilisation (si contaminés).

Bien qu'il n'existe pas de solution miracle, plusieurs pistes peuvent être suivies :

- 1- Si vous cherchez juste à évacuer une zone devenue contaminée ou toxique, vous pouvez opter pour des chaussures de marche imperméables. Bien qu'elles ne soient pas destinées à apporter une protection chimique, elles en limiteront tout de même les effets et vous isoleront les pieds des agents biologiques et poussières radioactives, tout en vous permettant de progresser aisément en pleine nature si nécessaire. Malheureusement, dans la plupart des cas, elles devront être jetées si elles ont été contaminées.
- 2- Si vous êtes amené à effectuer des allers-retours dans une zone contaminée, depuis votre base autonome durable par exemple, une bonne paire de bottes en caoutchouc (ou idéalement en matériaux dotés d'une résistance aux produits chimiques) apparaît comme une alternative intéressante. Il suffit de les nettoyer/décontaminer après chaque utilisation et elles sont de nouveau prêtes à l'emploi.

- Gants

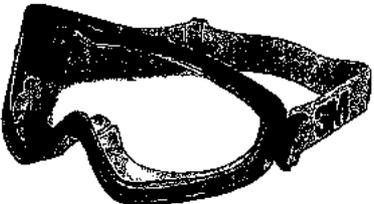
De même que pour les bottes, il est important de savoir quelle va en être l'utilisation : traverser une zone contaminée, conduire, grimper... Pour toute tâche qui ne nécessite pas de résistance à la déchirure ou à la perforation, l'idéal est de posséder des *gants à usage unique* de type nitrile. Vous les mettez directement sur vos mains ou sur une autre paire de gants. Vous pouvez les changer dès que le besoin s'en fait sentir (par exemple si vous pensez avoir touché quelque chose de contaminé). Avant de pénétrer dans un endroit sain, il vous suffit de les jeter. Si vous avez l'intention de

réaliser une tâche plus difficile, il vous faudra des gants plus résistants, dont vous devrez, probablement, vous débarrasser après coup. Les gants nitriles épais peuvent constituer une alternative intéressante ou, dans une moindre mesure, de simples gants de vaisselle.

Boîte de 100 gants nitrile à usage unique.		10 € la boîte
Gants nitrile de travail		25 à 30 € les 10 paires
Gants anti-coupures, enduit nitrile		4 à 5 € la paire

- Lunettes de protection

Les yeux peuvent être des points d'entrée pour la contamination. L'idéal est donc d'utiliser des lunettes dont les contours se collent le plus possible au visage.

Lunettes de protection	Image	Caractéristiques
Hobygam LM60580		Faible coût moins de 3 euros
Dexter AD60970		Résistance méca- nique Antibuée Faible encombre- ment 16 euros
3M 2890		Utilisables comme surlunettes Version étanche pour une meil- leure protection contre gaz et li- quides Protection limi- tée contre pro- duits chimiques 15 euros

3. Matériels de détection

« Prévoir, c'est à la fois supputer l'avenir et le préparer ; prévoir, c'est déjà agir. »

– François-Joseph-Marie Fayolle,
musicien français (1774-1852)

La peur d'un effondrement économique imminent, la crainte d'attaques nucléaires, la méfiance envers les pouvoirs publics ou éventuellement le fait d'habiter dans une zone à risque peuvent conduire certaines personnes à investir dans des matériels de détection. Disposer de ce type d'équipement pourrait s'avérer intéressant dans le cas où une situation dangereuse évoluerait de manière critique ou tout simplement pour déclencher l'alerte. En outre, dans quelques cas particuliers, tels que l'exploration de grottes ou autres sites souterrains, il est également prudent de posséder certains détecteurs.

Attention néanmoins, car un bon nombre de ces matériels ont un coût important et leur mauvaise utilisation ou interprétation pourrait conduire à des conclusions erronées vous mettant en danger. Ils sont a priori réservés aux personnes dotées d'un budget conséquent ou ayant identifié un risque bien spécifique. La liste suivante est non exhaustive. Les équipements présentés sont des valeurs sûres, mais d'autres marques peuvent proposer des matériels avec des caractéristiques similaires.

Détecteurs de radioactivité.

Vu la pléthore de détecteurs disponibles à l'achat, le choix peut s'avérer compliqué et ne pas toujours répondre aux attentes. La

priorité est avant tout de déterminer son budget et ses besoins (les utilisations que l'on veut en faire).

D'autres facteurs doivent également être pris en compte :

- Encombrement/poids/ergonomie (appareils compacts ou disposant de sondes...)
- Technologie de détection (compteurs Geiger, à scintillation, à semi-conducteurs...)
- Sensibilité (la plupart des appareils récents présentent une sensibilité nettement suffisante pour l'usage d'un particulier)
- Plage de fonctionnement (certains appareils peuvent saturer rapidement et cesser de fonctionner dès que des débits de dose atteignent un certain seuil. L'opérateur croit que tout va bien, alors que c'est exactement le contraire.)
- Gammes d'énergie des rayonnements (certaines trop basses ou trop élevées ne sont pas prises en compte...)
- Temps de réponse (plus c'est rapide, mieux c'est)
- Forme des éléments à détecter (gaz, poussières...)

Les exemples suivants (liste non exhaustive) sont destinés à vous aider dans votre choix et tiennent compte des critères énumérés ci-dessus tels que la gamme d'énergie détectée ou encore la sensibilité/plage de fonctionnement.

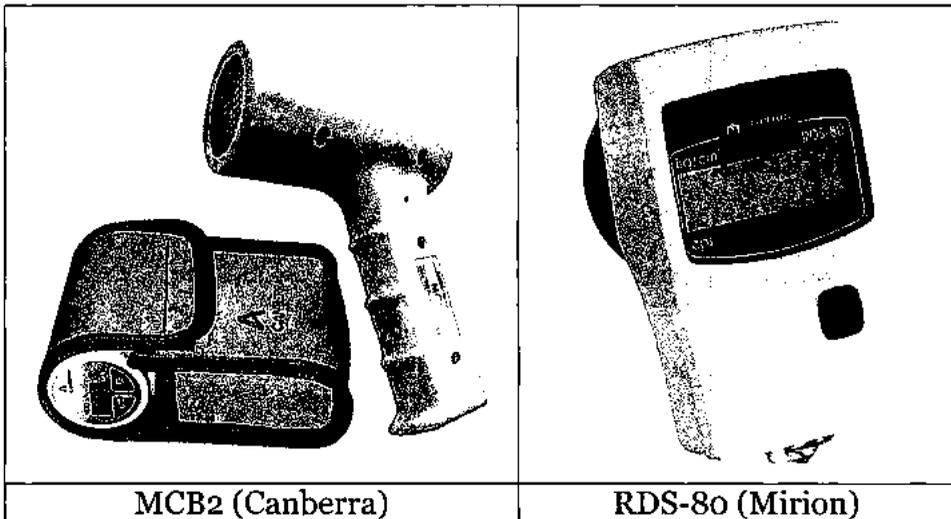
a. **Détection des neutrons.**

Étant très peu représenté dans la nature, *il ne paraît pas opportun d'investir* dans un détecteur destiné à ce type de rayonnement. Si des neutrons devaient être présents suite à des actions humaines, soit ils ne le resteraient pas longtemps (ex. : explosion atomique), soit ils seraient accompagnés d'autres rayonnements aisément détectables (ex. : rayons gamma pour déchets de plutonium).²⁴⁰

²⁴⁰ Les gammas issus des différents isotopes du plutonium sont peu énergétiques et peu nombreux. En revanche, ceux de ses descendants (présents dans les déchets) sont généralement bien plus faciles à détecter.

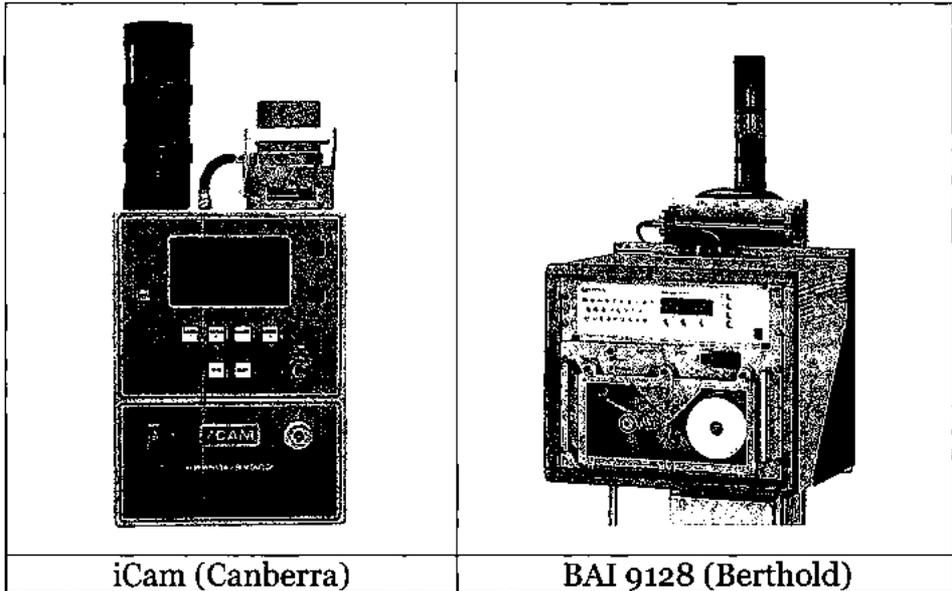
b. Détection de la contamination des personnes et objets.

Les détecteurs de contamination sont appelés contaminamètres. Ces appareils sont destinés à détecter les rayonnements alpha, bêta et gamma. Les modèles basiques ne font pas la différence entre les divers types de radiations, car leur but est *d'indiquer la présence ou non de contamination radioactive*. La plupart du temps, ils utilisent comme unité les coups par seconde (certains proposent également les Bq/cm²). La majorité d'entre eux, en plus d'un affichage digital, peuvent produire des sons (tels que des grésillements ou autre) pour aider à localiser la source.

**c. Détection de la contamination atmosphérique.**

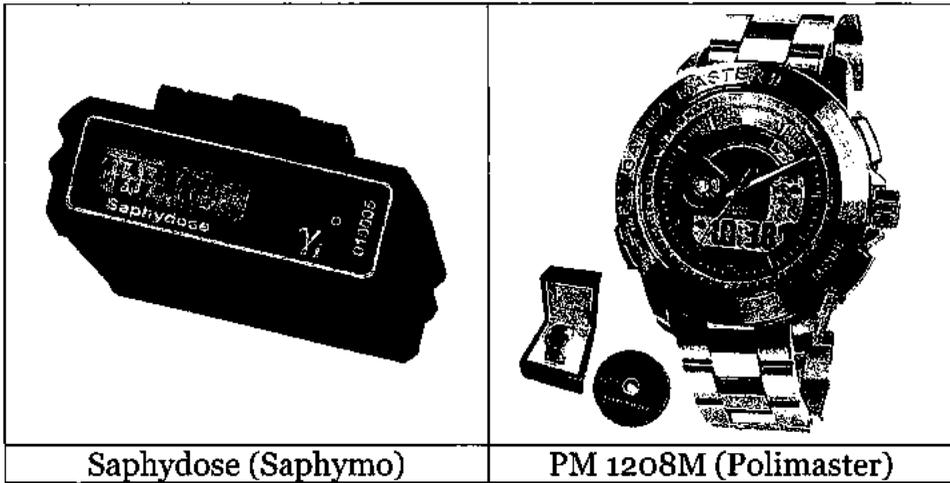
Les détecteurs présentés ci-dessus, bien que de bonnes factures, ne sont pas faits pour mesurer de très faibles contaminations aériennes. Par exemple, ils ne vous permettraient pas de détecter un nuage radioactif en Europe si un nouveau Fukushima se produisait. Pour ce genre de capacité, il est généralement nécessaire d'utiliser des balises dédiées qui aspirent et filtrent l'air. La contamination s'accumule lentement sur un tamis pour être mesurée en temps réel. L'autre option est de posséder un appareil de prélèvement atmosphérique, puis de réaliser soi-même la

mesure à l'aide d'un détecteur de radioactivité. Ce type d'équipement est très coûteux et nécessite une maintenance régulière. Il est généralement réservé à des techniciens opérant dans le domaine de la radioactivité ou à des services spécialisés. Le tableau suivant montre deux exemples de balises de détection pour contamination atmosphérique :



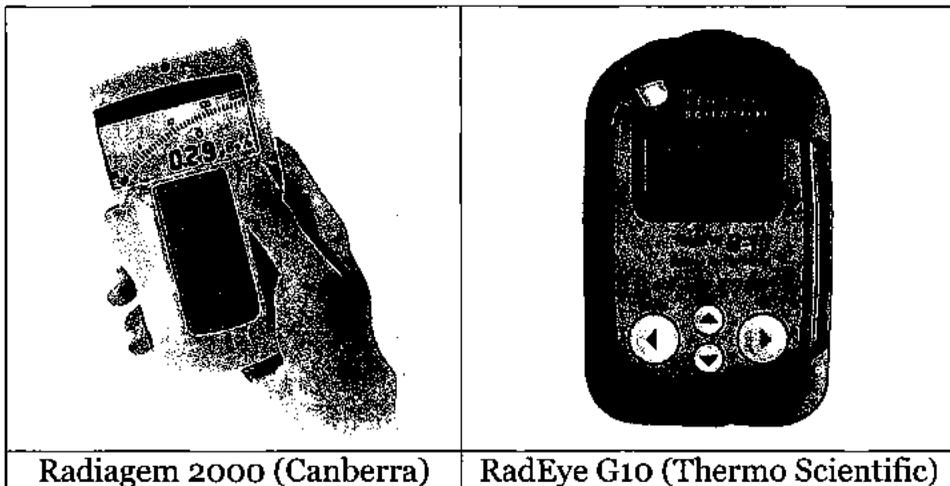
d. Dosimètres (rayonnement gamma, quelques fois bêta)

Ce matériel est employé en radioprotection pour contrôler les doses reçues par le personnel au fil du temps et pour les alerter en cas de dépassement de dose ou de débit de dose. Il s'agit d'une obligation légale pour les travailleurs du monde nucléaire. Dans le cadre de l'utilisation par un particulier, le rôle d'un dosimètre se limite à celui d'un *appareil d'alerte*. Pour faire simple : vous le portez, puis vous l'oubliez. Si jamais le niveau ambiant de radioactivité monte, il se mettra à biper. Vous pourrez alors lire ce qui a déclenché l'alarme. Il s'agira soit d'un débit de dose trop élevé, soit d'une dose cumulée dépassant la normale.



e. **Radiamètres** (indicateurs de doses et débit de dose pour les rayonnements gamma)

Ces matériels permettent d'effectuer une mesure de la « dangerosité » en temps réel en ce qui concerne les rayonnements gamma. Ils affichent généralement des Grays ou des Sieverts (leurs sous-multiples plus exactement, sinon vous avez de gros soucis !). Ce type de détecteur est généralement assez simple d'utilisation.

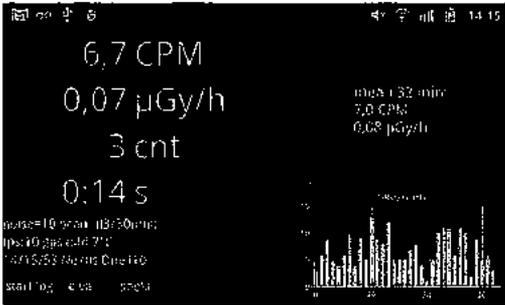


f. **Applications et accessoires pour téléphones** (rayonnement gamma)

Il y a deux manières de convertir votre Smartphone en

détecteur de radioactivité :

- *Option 1* : Installer une *application* qui transformera la caméra (l'objectif doit être couvert pour empêcher le passage de toute lumière) en capteur de rayonnements gamma.
- *Option 2* : Ajouter un véritable *détecteur* à votre téléphone.

	
<p style="text-align: center;"><i>Option 1</i> RadioactivityCounter (Android)</p>	<p style="text-align: center;"><i>Option 2</i> PM 1904 (Polimaster)</p>

Remarque : Les applications pour téléphones ne peuvent pas afficher la même précision qu'un détecteur dédié. Il faut donc se montrer prudent avec les résultats. Cependant, elles peuvent constituer un moyen d'alerte à faible coût. D'autres alternatives à celles présentées ici existent. Attention toutefois au choix de l'application. Certaines ne sont que pure arnaque.

g. **Spectrométrie (pour rayonnement gamma)**

Il s'agit d'un *appareil capable d'identifier les éléments radioactifs* à partir de l'analyse des rayonnements gamma. Il existe quantité de modèles se différenciant principalement par la taille du détecteur et le type de technologie utilisée (NaI, Germanium...). L'échelle des prix s'étale de quelques centaines d'euros à plusieurs dizaines de milliers d'euros. La plupart des modèles peuvent aussi servir de radiamètre et afficher des valeurs en sous-multiples de Gray ou Sievert. Un petit nombre d'entre eux présentent également

en option la détection des neutrons.

	
<p>PDS 100 G id (Mirion)</p>	<p>RadEye™ SPRD (Thermo Scientific)</p>

Détecteurs d'agents chimiques.

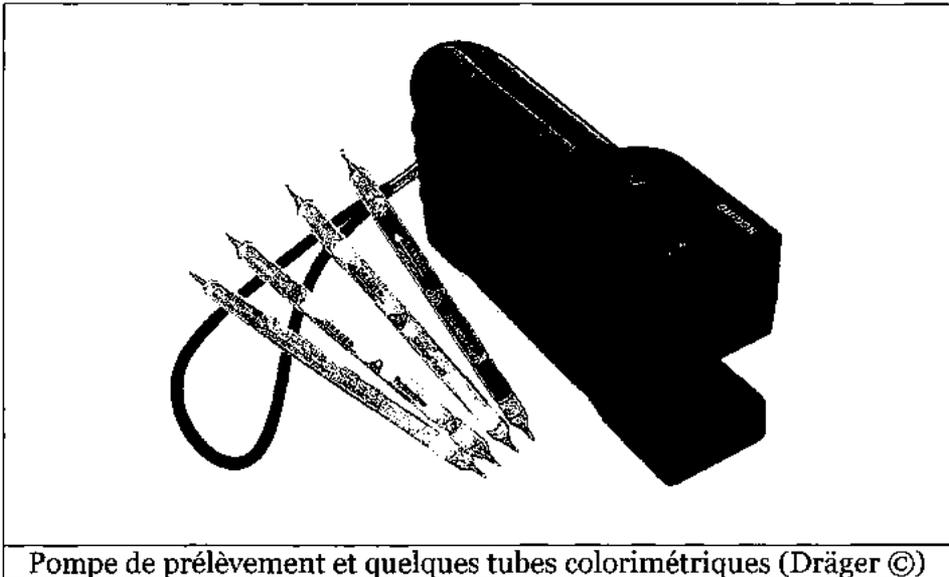
Il existe des millions de composés chimiques. Chercher à tous les détecter en temps réel relève de la gageure, même pour des professionnels équipés du matériel dernier cri. Pourtant, des centaines de détecteurs différents sont disponibles sur le marché. Ceux-ci utilisent des technologies variées, allant de la spectrométrie de masse aux cellules électrochimiques, en passant par la spectrométrie de flamme ou de mobilité ionique, etc. Un particulier n'a ni les connaissances ni le budget pour de tels détecteurs. Beaucoup excèdent les 10 000 euros et certains dépassent allégrement les 100 000 euros... La liste suivante se concentre donc sur des matériels simples et à moindre coût pouvant être utiles lors de menaces plausibles, comme la présence de gaz toxiques.

a. Les tubes de détection (colorimétriques)

Il s'agit de l'une des technologies les plus anciennes. Vous aspirez l'air au travers d'un tube réactif à l'aide d'une pompe. Une réaction chimique se produit à l'intérieur et conduit ou non à un changement de couleur. Les principaux défauts de cette technique

pour le type d'utilisation que pourrait en faire un particulier sont les suivants :

- Tubes à usage unique (vous devez donc posséder les tubes en plusieurs exemplaires).
- Tubes spécifiques à un type ou à un agent chimique.²⁴¹ Par exemple, si vous avez un tube qui détecte le chlore, il sera généralement aveugle envers d'autres produits.²⁴² Vous avez besoin d'autant de tubes différents que de gaz recherchés.
- *Pas de réponse en temps réel (en continu)*, mais exclusivement lorsque vous procédez à une mesure.



b. Les détecteurs monogaz

Ce sont de petits appareils destinés, comme leur nom l'indique, à détecter un seul gaz. Néanmoins, pour la plupart d'entre eux, il est possible de changer le capteur et donc choisir de dépister un autre gaz. Ils sont capables d'effectuer une mesure en temps réel

²⁴¹ L'utilisation de tubes à plus large spectre est possible, mais le résultat reste trop imprécis. Pour obtenir une identification du gaz, il faudrait employer successivement différents tubes.

²⁴² La situation sur le terrain est un peu plus complexe, car il peut exister des réactions positives avec des composés contenant du chlore, voire avec des éléments chimiques proches du chlore.

et constituent ainsi un bon moyen d'alerte et de détection (lorsque le gaz détecté correspond à celui de la menace). Les plus intéressants dans notre cas sont, par exemple : monoxyde de carbone (CO), chlore (Cl_2), ammoniac (NH_3), acide cyanhydrique (HCN) et hydrogène sulfuré (H_2S). En fonction de vos besoins et de votre utilisation, vous pouvez opter pour un modèle *étanche*, tel que le Pac 7000.

	
<p>ToxiRAE® II (RAE System) <i>Capteurs disponibles : H_2S, CO, O_2, NH_3, Cl_2, ClO_2, HCN, NO, NO_2, PH_3, SO_2</i></p>	<p>Pac® 7000 (Dräger) <i>Capteurs disponibles : H_2S, CO, CO_2, NH_3, Cl_2, HCN, NO, NO_2, SO_2</i></p>

c. Les détecteurs multigaz

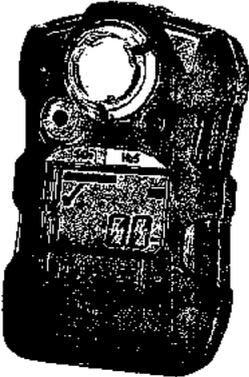
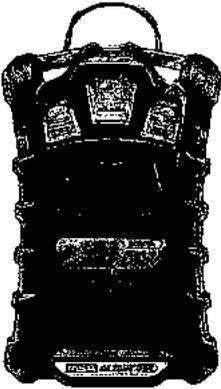
Ces détecteurs fonctionnent avec le même type de technologie (cellules électrochimiques ou infrarouges) que les monogaz que nous venons de voir. La principale différence est que l'appareil peut mesurer plusieurs gaz simultanément. Ce détecteur se montre donc plus polyvalent. Selon les modèles, il peut effectuer différentes mesures telles que :

- le niveau d'oxygène (O_2). Cette capacité le rend particulièrement utile en milieu confiné (sous terre, lors du confinement dans votre habitation...);
- la concentration en monoxyde de carbone (CO), essentielle en cas d'incendie ;

- les gaz et vapeurs explosifs (fuites de produits inflammables...);
- la concentration en hydrogène sulfuré (H_2S), gaz mortel issu de la décomposition de matière organique (égouts...);
- la concentration d'un gaz toxique spécifique (chlore, ammoniac...).

Pour certains détecteurs, la configuration est fixe et ne peut pas évoluer (cas de beaucoup d'appareils « quatre gaz »). Pour d'autres, il est possible de choisir de deux à six cellules de détection. En fonction du type d'utilisation envisagé, portez une attention particulière à la résistance au choc, à l'étanchéité et à l'autonomie.

Remarque : Attention au coût d'entretien ! Ces appareils doivent être vérifiés et étalonnés régulièrement.

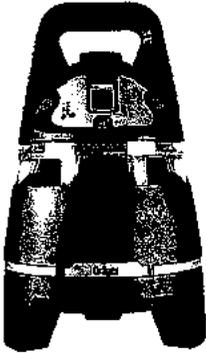
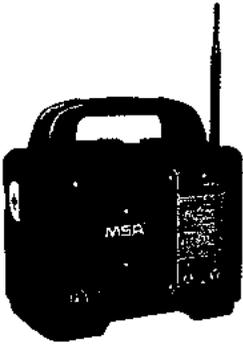
		
<p>ALTAIR 2XT (MSA)</p> <p>Deux capteurs au choix parmi : H_2S, CO, NO_2, SO_2</p>	<p>ALTAIR 4X (MSA)</p> <p>Configuration fixe : CO, O_2, H_2S et gaz explosifs</p>	<p>X-am® 5600 (Dräger)</p> <p>Jusqu'à six détections : O_2, H_2S, CO, CO_2, NH_3, Cl_2, HCN, NO, NO_2, SO_2, PH_3, $COCl_2$, gaz, explosifs et vapeurs organiques</p>

Les balises de détection.

Ces appareils effectuent une détection continue et permanente et

donne une alarme sonore et lumineuse. En prévision d'un incident NRBC, ils seront idéalement placés à l'extérieur. Ces matériels peuvent être branchés sur secteur, cependant la plupart disposent généralement d'une batterie en cas de nécessité. Certains modèles ont la capacité de travailler en réseau sans fil et communiquer par ondes vers un PC dans votre habitation. Vous recevez donc en temps réel les alarmes indiquant le produit incriminé (dépend des capteurs installés) et une estimation de sa concentration. Bien évidemment, de tels équipements sont assez chers et de nombreux modèles restent réservés à un usage professionnel. Deux grands types d'appareils sont à considérer :

- ⇒ Ceux qui incorporent un détecteur amovible en leur sein (ex. : X-zone 5000)
- ⇒ Ceux qui sont de véritables balises dédiées (ex. : Safesite)

	
<p>X-zone® 5000 (Dräger) <i>S'utilise avec détecteur de la série X-am (tel que X-am 5600)</i> <i>Les capteurs utilisés sont ceux du détecteur X-am : O₂, H₂S, CO, CO₂, NH₃, Cl₂, HCN, NO, NO₂, SO₂, PH₃, COCl₂, gaz explosifs et vapeurs organiques.</i></p>	<p>Safesite détecteur (MSA) <i>Cette balise peut comporter jusqu'à six capteurs permettant la détection d'une sélection d'agents : (1) Agents chimiques de guerre (GA tabun, GB sarin, GD soman, HD/HN-3 ypérites soufrées et azotées) ; (2) TICs (CO, H₂S, Cl₂, ClO₂, SO₂, NO, NO₂, HCN, HCl, PH₃, AsH₃, Br₂, NH₃) ; (3) Concentration en oxygène, en gaz inflammables...</i></p>

Détecteurs d'agents biologiques.

La détection d'agents biologiques est un véritable défi, particulièrement avec des équipements de terrain. La plupart des matériels utilisent des techniques immunologiques ou de réplication de l'ADN (*Polymerase Chain Reaction – PCR*) afin de permettre une identification d'un nombre limité de virus, bactéries ou toxines.

En plus d'un prix élevé, certains détecteurs ne sont pas autorisés à la vente et sont réservés aux services d'Etat ou à des professionnels (hôpitaux, laboratoires...). La possession et l'utilisation de matériels d'identification d'agents biologiques apparaissent donc peu opportunes pour un particulier.

4. Kits NRBC

« Il faut se méfier des ingénieurs, ça commence par la machine à coudre, ça finit par la bombe atomique. »

– Marcel Pagnol, écrivain et cinéaste français (1895-1974)

Étant donné la très grande variété de scénarios et de risques envisageables, la constitution d'un kit NRBC est un exercice difficile. Le coût et parfois l'entretien sont autant d'éléments primordiaux à prendre en compte, de même que l'environnement dans lequel vous vivez (en pleine campagne, près d'une usine chimique ou d'une centrale nucléaire...), et l'utilisation recherchée (évacuation d'une zone ou allers-retours depuis votre base autonome durable). Ainsi, la composition d'un kit NRBC peut varier considérablement selon vos objectifs et votre budget. Il devra toutefois être axé, en premier lieu, sur la protection respiratoire.

Kits de protection – non dédié NRBC.

Dans le cas où vous ne disposez pas d'un budget dédié ou si vous ne souhaitez pas investir dans un kit NRBC, vous devez utiliser des matériels que vous possédez déjà. Bien évidemment, ne vous attendez pas à être protégé contre des agents chimiques agressifs. Néanmoins, cela devrait vous permettre de limiter la contamination interne et externe :

- Protection des voies respiratoires : mouchoir inhibé d'eau (ou d'urine)²⁴³
- Protection du corps :

²⁴³ Cette pratique a été utilisée pendant la Première Guerre mondiale afin d'apporter une protection limitée contre certains agents chimiques.

- vêtements type K-way/coupe-vent avec capuche
 - bottes en caoutchouc ou chaussures de marche imperméables
 - gants de travail en cuir
- Détection : néant

Kits NRBC « *basique* ».

Ce kit est utile quand le risque NRBC n'est pas votre priorité ou lorsque vous désirez investir faiblement dans des équipements NRBC. Comme le précédent kit, vous pouvez utiliser vos chaussures de marche ou des bottes en caoutchouc, ainsi que vos K-way et autres coupe-vent. En revanche, la protection des voies respiratoires, des yeux et des mains est quelque peu améliorée. La liste qui suit propose des matériels pouvant constituer ce kit NRBC « *basique* ». Les différents exemples ne sont présentés qu'à titre indicatif afin de vous donner un visuel et une idée du budget nécessaire. Libre à vous de choisir le même type d'équipements au meilleur prix.

- **Masque FFP 3 pliable à usage unique**

Masque FFP 3 souple avec sou-
pape
(SilverLine - série 457043)

(33,90 € la boîte de 25)

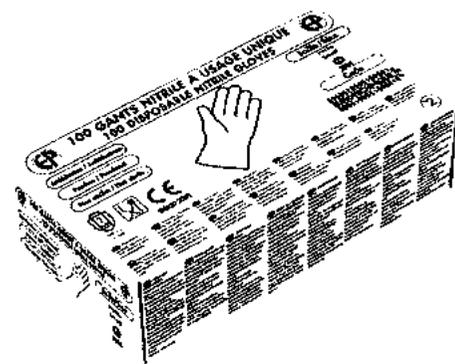


Protège efficacement contre les agents biologiques et les poussières radioactives. De plus, la fine couche de carbone qu'il comporte apporte une protection limitée contre certains composés chimiques.

- **Lunettes de protection**

<p>LM60580 (Hobygam) (2,40 € l'unité)</p>	
<p>Ces lunettes protègent les yeux, qui constituent une voie d'entrée des toxiques et de la contamination.</p>	

- **Gants nitrile à usage unique**

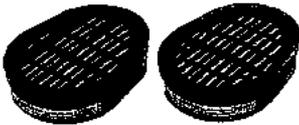
<p>Nombreuses marques (de 6 € à 12 € pour 100 paires)</p>	
<p>Ces gants se vendent généralement par boîte de 100. Ils offrent une protection efficace contre les agents biologiques et les poussières radioactives, ainsi qu'une protection limitée contre les produits chimiques.</p>	

Kits NRBC « intermédiaire ».

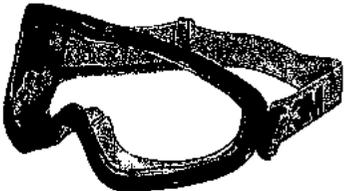
- **Combinaison de protection type 5/6**

<p>TyvekClassic Plus - Type 4B/5/6 Verte (10 €)</p>	
<p>Ces tenues offrent une protection efficace contre les particules et les éclaboussures et donc contre la contamination. Elles protègent également de manière limitée contre certains produits chimiques.</p>	

- **Demi-masque de protection**

<p>X-PLORE 3300 (DRÄGER) (17,50 euros)</p>	
<p>2 cartouches filtrantes de type ABEK1HgP3 (20 €)</p>	
<p>Ce masque, doté des deux cartouches, présente une très bonne efficacité contre les particules (P3) et permet une filtration modérée de nombreux composants chimiques.</p>	

- **Lunettes de protection**

<p>Modèle 2890 (3M) (17,50 €)</p>	
<p>Ces lunettes offrent un meilleur confort et une plus grande résistance que celles du kit basique.</p>	

- **Gants de protection**

<p>Gants <i>nitrile</i> à usage unique</p>	<p>Voir Kit basique</p>
<p>Gants Ultranitril 492 (Mapa) (6,50 € la paire)</p>	
<p>Ces gants sont plus ou moins résistants aux agressions physiques (perforation, abrasion...) et offrent une protection correcte contre des toxiques chimiques.</p>	

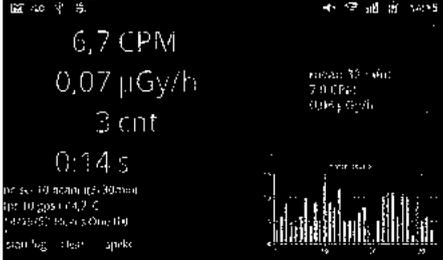
Un lot approchant le kit NRBC « intermédiaire » peut également être obtenu à moindre coût en utilisant les kits de protection contre les produits phytosanitaires. Par exemple, le kit proposé par *Protect Nord* (environ 70 €) comporte :

<ol style="list-style-type: none"> 1- <u>1 combinaison TYVEK verte</u> (type 4B,5 et 6), taille XL 2- <u>1 demi-masque de protection</u> X-PLORE 3300 3- <u>1 lot de 2 filtres A2P3</u> 4- <u>1 paire de gants de protection chimique</u> Nitri-solve 330mm 5- <u>1 paire de lunettes/masque de protection</u> Chemglass. 	 <p>KIT PHYTOSANITAIRE</p>
--	--

Concernant la détection, les matériels présentant un coût

assez élevé, il paraît judicieux de se limiter à :

- **Détection des rayonnements gamma**

<p>Radioactivity Counter pour Android (5 euros)</p>	
<p>Cette application pour Smartphone permet la détection des rayons gamma par l'intermédiaire de la caméra de l'appareil photo.</p>	

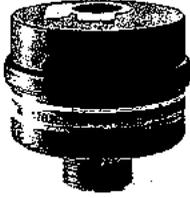
Kits NRBC « avancé ».

Si votre budget le permet, si vous craignez un risque particulier et si vous vous êtes intéressé au NRBC, vous pouvez opter pour ce kit qui offre des capacités supplémentaires en matière de protection et de détection.

- **Combinaison de protection type 3**

<p>Combinaison TYCHEM « F » grise (32 €)</p>	
<p>Tenue de protection de type 3. Protection efficace contre les agents biologiques, les poussières radioactives et la plupart des produits chimiques industriels.</p>	

- **Masque complet et cartouches filtrantes**

<p>Masque complet Optifit (150 euros)</p>	
<p>Cartouche A2 B2 E2 K2 P3 (25,20 €/pièce)</p>	
<p>Cette cartouche présente une très bonne efficacité contre les particules (P3) et permet une filtration importante de nombreux composants chimiques.</p>	

- **Gants de protection**

<p>Gants nitrile à usage unique (6 à 12 € pour 100 paires)</p>	<p>Voir Kit basique</p>
<p>Gants anti-coupures en nitrile/néoprène MaxiChem 56-633 (13,90 euros la paire)</p>	
<p>Ces gants offrent une bonne protection contre les agressions physiques (coupures, abrasions...) et les toxiques chimiques.</p>	

- **Bottes**

1 paire de bottes de protection chimique (en nitrile/caoutchouc, nitrile/PVC ou hypalon).

<p>Bottes de sécurité PVC Bronze S5 (Netco) (15,50 €/paire)</p>	
<p>Ces bottes, en PVC/nitrile, présentent une protection modérée contre les agressifs chimiques.</p>	
<p>Bottes de sécurité chimique (Hypalon SA) (175 €/paire)</p>	
<p>Destinées à un usage professionnel, ces bottes en hypalon offrent une haute résistance aux produits chimiques de tous types. Elles disposent également d'une semelle anti-perforation et d'une coque de protection frontale (cette dernière peut devenir un désavantage en cas de longue marche).</p>	

- **Matériels de détection de radioactivité**

Les modèles présentés ci-dessous ont pour principal but de donner une alerte ou de détecter la radioactivité. L'identification des radio-isotopes doit être réalisée avec d'autres matériels plus onéreux (voir partie détection).

<p>PM 1904 (Polimaster) (environ 250 €)</p>	
<p>Il s'agit d'un véritable compteur Geiger qui se branche sur votre smartphone et permet la détection en temps réel des rayons gamma. L'un des avantages de ce système est de pouvoir disposer d'une carte affichant votre itinéraire et les différents niveaux de radiations rencontrés.</p>	

<p>PM 1208 (Polimaster) (environ 550 €)</p>	
<p>Cette montre incorpore un véritable détecteur de rayon gamma. Vous disposez donc des niveaux de radiations en temps réel.</p>	
<p>RadEye B20-ER (Thermo Scientific) (environ 1 600 €)</p>	
<p>Ce petit appareil est capable de donner à la fois un débit de dose gamma ambiant et de détecter la contamination alpha, bêta et gamma. Il peut s'avérer particulièrement utile si votre habitation ou votre BAD se retrouve dans une zone contaminée par des éléments radioactifs.</p>	

- **Matériels de détection de gaz chimiques**

Les détecteurs chimiques doivent être choisis en fonction du risque auquel vous êtes susceptible d'être confronté ou au regard de l'utilisation que vous désirez en faire. Par exemple, si une usine de chlore est située à proximité, privilégiez un appareil monogaz permettant de détecter ce composé. Si vous jugez le risque plus vaste ou si vous menez des activités particulières comme l'exploration en milieu confiné, vous pouvez opter pour un détecteur plus complet type X-am 5600.

<p>Monogaz ToxiRAE® II avec capteur de chlore (Prévoir au minimum 600 €)</p>	
<p>X-am® 5600 (Dräger) (Prix variable selon la configuration. Prévoir au minimum 2 500 euros)</p>	
<p>Vous pouvez par exemple choisir la configuration suivante : détection du niveau d'oxygène, de la concentration en monoxyde de carbone, des vapeurs et gaz explosifs, ainsi que trois toxiques (tels que chlore, ammoniac, sulfure d'hydrogène).</p>	

Kits NRBC : conclusion.

Les matériels présentés ci-dessus ne constituent que des exemples parmi tant d'autres. À partir du moment où vous avez compris le principe, essayez de trouver les meilleurs prix pour des équipements aux capacités au moins équivalentes. Si, pour quelque raison que ce soit, vous ne décidez d'investir que dans une seule catégorie de matériels, choisissez celle qui protège les voies respiratoires. Si votre budget est très limité, optez pour un masque à usage unique (type FFP). Certes, il ne vous offrira quasiment pas de protection contre les gaz chimiques toxiques ou agressifs, mais en revanche il sera très utile pour éviter une contamination interne par des agents biologiques ou des poussières radioactives. Si vous choisissez le masque complet et la cartouche A2 B2 E2 K2 P3, vous obtiendrez une protection intéressante contre la plupart des toxiques chimiques.

Attention ! Il est important de connaître les limites d'utilisation des masques filtrants, à savoir :

1. Le taux d'oxygène dans l'air doit être au minimum de 17 % (19 % recommandé). L'usage en milieu ouvert est donc préconisé pour les masques filtrants.
2. Certains composés ne sont pas filtrés. Par exemple, les cartouches A2 B2 E2 K2 P3 n'arrêtent pas l'iode radioactif, ni le monoxyde de carbone (gaz mortel et très courant en cas d'incendie ou de combustion incomplète).
3. Si la concentration en toxiques dans l'air est trop importante, la cartouche perdra son efficacité rapidement. Il est malheureusement impossible de donner une estimation du temps de claquage, puisque cela dépendra du produit rencontré et de sa concentration. Si vous pénétrez dans une pièce saturée en gaz toxique, votre cartouche peut se retrouver inopérante en l'espace de quelques respirations. Plus généralement, la durée de vie varie principalement selon votre activité physique, les conditions environnementales (taux d'humidité, etc.) et, comme vu précédemment, l'agent présent et sa concentration.
4. Toutes les cartouches ont une date de péremption (stockage).

Concernant la protection du corps, outre la considération financière, le principal facteur influant votre choix est le suivant : quelle utilisation désirez-vous en faire ?

Dans le cas où le kit NRBC fait partie de votre sac d'évacuation, un ensemble de gants jetables en nitrile, un lot de masques FFP3 et des lunettes de protection devraient vous permettre (vous et vos proches) de quitter la zone dans des conditions acceptables (notamment dans le cas d'une contamination biologique ou radiologique).

Si vous optez pour un kit NRBC pour votre base autonome durable dans le but de rester dans un environnement contaminé ou de le quitter après un certain temps, d'autres matériels peuvent être envisagés, à commencer par une paire de bottes (bottes landaises en PVC/nitrile à 12 €, PVC Bronze S5 à 15 € ou les Ardèche S5 à 55 € qui offrent une plus grande résistance thermique, une isolation thermique et une semelle anti-perforation). Des tenues jetables, un

véritable masque, voire des moyens de détection sont également à prendre en considération.

Conclusion

*« L'humanité tirera plus de bien que de mal
des découvertes nouvelles. »*

– Pierre Curie, physicien français (1859-
1906)

*« Nous survolons des villes
(des) autoroutes en friche
diagonales perdues
et des droites au hasard
des femmes sans visage
à l'atterrissage
soyons désinvoltés
n'ayons l'air de rien »*

– Noir Désir, groupe de musique français, *Tostaki*, 1992

Comme nous l'avons vu, le nombre de scénarios pouvant donner naissance à un évènement de nature Nucléaire, Radiologique, Biologique ou Chimique est considérable. Il peut s'agir d'un accident technologique (du camion de transport de matières dangereuses qui se renverse près de chez vous à la défaillance d'une centrale nucléaire, en passant par une catastrophe naturelle endommageant une installation à risque), d'une action malveillante ou d'un attentat (de la dispersion d'un toxique de

guerre à l'explosion d'une bombe contenant des éléments radioactifs, en passant par le sabotage d'une usine chimique) ou encore d'une guerre (civile ou entre pays avec l'utilisation éventuelle de bombes nucléaires).

Regardez autour de vous !

Comment voyez-vous le monde évoluer ?

Depuis la crise économique de 2007/2008, les plus riches ont accru leur fortune de 40 %, les autres ont vu la valeur de leurs actifs diminuer de 40 %.²⁴⁴ Désormais, le patrimoine cumulé des 1 % les plus riches du monde a dépassé celui des 99 % restants. Les 62 personnes les plus riches du monde possèdent autant que les 3,5 milliards les plus pauvres.²⁴⁵

La dette mondiale n'a jamais été aussi grande. En janvier 2016, elle s'élevait à plus de 57 mille milliards de dollars... et elle ne fait que croître ! Jusqu'où ira-t-elle avant de provoquer un effondrement économique et financier majeur qui provoquera la fin de la civilisation telle que nous la connaissons ? Quelles seront les conséquences sur les systèmes d'approvisionnement complexes et fragiles dont nous dépendons,²⁴⁶ notamment dans les villes ?

La population de la Terre a dépassé les 7 milliards. D'ici à 2050, on nous promet 10 milliards d'habitants. Pourtant, les prévisions réalisées au début des années 2000 tablaient sur une limite haute de 7 milliards qui ne serait pas dépassée...

Les conflits et les guerres sont omniprésents²⁴⁷ : Syrie, Yémen, Irak, Afghanistan, Mali, Tchad, Nigeria, Centrafrique, Ouganda, Somalie, Congo, Libye... et, plus proche de nous, l'Ukraine. En l'occurrence, dans ce pays au bord du gouffre financier, quelle

²⁴⁴ <http://www.gauche-anticapitaliste.ch/old/?p=12436>

²⁴⁵ *Le Monde*, 18 janvier 2016, citant une étude de l'ONG britannique OXFAM. Thème centrale de la campagne de Bernie Sanders, candidat à l'investiture démocrate pour la présidence des États-Unis.

²⁴⁶ Notamment pour la nourriture, les médicaments, etc., voir : Piero San Giorgio & Vol West, *Rues Barbares – Survivre en ville* (Le Retour aux Sources, 2012).

²⁴⁷ <http://borgenproject.org/global-peace-index-offers-critical-poverty-insights/>

entité va s'assurer de l'entretien et du bon fonctionnement des centrales nucléaires lorsqu'il n'y aura plus de budget affecté ? Ces conflits, qui se propagent loin des champs de bataille traditionnels pour arriver jusque dans nos rues, prennent de plus en plus la forme d'une « guerre civile moléculaire », pour reprendre l'expression de l'historien suisse Bernard Wicht,²⁴⁸ qui ressemblera plus à la Guerre de 30 ans ²⁴⁹ (1618-1648) ou à la guerre civile du Liban (1975-1989) qu'aux champs de bataille de Koursk de 1943.

Quant au terrorisme, les récents évènements ont montré que l'Afrique, le Moyen-Orient ou encore l'Afghanistan n'étaient plus les seuls endroits à être touchés...

Tous les éléments d'une crise majeure ne sont-ils pas en place ?

Comment, dans un tel monde, où les inégalités se creusent, où les tensions pour l'eau, la nourriture et les ressources naturelles ne font que s'intensifier, où l'Homme a entamé la sixième extinction de la Vie... comment ne pas s'attendre à une catastrophe ?

Bien évidemment, personne n'est devin ! Toutefois, au regard de l'augmentation des tensions, de l'utilisation quotidienne des matières dangereuses, de la densité de la population et des moyens de transports, le risque qu'un évènement NRBC se produise ne fait qu'augmenter.

Qui sera le grand gagnant de cette macabre loterie ? Une pandémie foudroyante ? Une guerre entre des États dotés de l'arme atomique ? Un nouveau Fukushima ? Un attentat NRBC ? Des déversements chroniques de produits chimiques ?

Peu importe.

Même si le facteur chance entre en jeu – vous vous trouvez au mauvais endroit au mauvais moment et c'en est terminé–, il apparaît évident qu'une personne préparée pourra surmonter beaucoup plus aisément un tel évènement qu'une personne ignorant les

²⁴⁸ Concept repris du poète allemand Hans Magnus Enzensberger et expliqué ici : <http://www.theatrum-belli.com/note-prospective-de-lete-2015/>

²⁴⁹https://fr.wikipedia.org/wiki/Guerre_de_Trente_Ans

risques encourus.

Alors, certes à très long terme, cela n'a pas d'importance.

99,9 % des espèces ayant un jour vécu sur Terre ont déjà disparu. La Terre a subi plusieurs extinctions de masse, mais à chaque fois, la Vie repart, la Vie est là, la Vie foisonne. Humains ou pas.

Cependant, nous ne pouvons regarder ceux que nous aimons dans les yeux, ou même vivre notre vie de citoyen, avec un tel fatalisme, une telle philosophie.

Nous avons l'obligation morale, a minima, de nous informer, sinon de nous préparer afin d'augmenter nos chances de survie, individuelles et collectives dans l'éventualité d'un évènement de nature NRBC.

Dans ce livre, nous avons tenté de réunir un maximum d'informations pouvant être utiles, tant à la compréhension qu'à la préparation opérationnelle (réactions, procédures) et matérielle face à ces menaces.

Bien entendu, l'objectif n'est pas de transformer tout un chacun en « expert » en survie en milieu NRBC, mais simplement de vous permettre d'améliorer vos connaissances dans ce domaine.

Ainsi, à la lecture de cet ouvrage, vous devriez avoir pris conscience des nouveaux dangers et approfondi vos connaissances. Quant aux personnes désirant s'impliquer plus avant, elles disposeront des éléments nécessaires pour les guider dans leur choix.

Peut-être qu'un jour, les informations contenues dans ce livre vous aideront, vous ou vos proches, à survivre à un évènement nucléaire, radiologique, biologique ou chimique. Peut-être même, vous éviteront-elles de lourds ennuis sans que vous en soyez conscients...

Au final, nul ne peut présager du futur, mais chacun peut se préparer à son niveau et selon ses convictions, car peu d'entre nous ont les moyens de construire un abri antiatomique...

En effet, comme nous l'avons vu, se protéger n'implique aucune dépense majeure. En outre, bien que les entités gouverne-

mentales disposent de moyens de réponses en cas d'évènement NRBC, il n'en est pas moins important de compter sur soi-même et sur ses efforts afin de se placer dans le rôle d'un citoyen responsable et engagé.

Pour cela, deux étapes principales sont indissociables : la première est d'acquérir des connaissances suffisantes ; la seconde est le passage à l'acte.

Désormais, c'est à vous de jouer !

Éditeur :

Le Retour aux Sources

La Fenderie
61270 AUBE

Achevé d'imprimé en août 2016

Imprimé dans l'union européenne

Dépôt légal : août 2016

ISBN-13 : 978-2-35512-075-6

CRIS MILLENNIUM / PIERO SAN GIORGIO

NRBC

TCHERNOBYL, FUKUSHIMA, EBOLA, ARMES DE DESTRUCTION MASSIVE, ACCIDENTS CHIMIQUES... CES NOMS, CES ÉVÈNEMENTS FONT PEUR.

QU'EN EST-IL RÉELLEMENT DES RISQUES ? LA RÉALITÉ DÉPASSE-T-ELLE LA FICTION ?

QU'ADVIENDRAIT-IL DES ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS SENSIBLES (CENTRALES NUCLÉAIRES, INDUSTRIES LOURDES, LABORATOIRES...) EN CAS DE CRISE ÉCONOMIQUE OU DE GUERRE ?

RENDANT ACCESSIBLE UN SUJET TRÈS COMPLEXE, CET OUVRAGE ABORDE LES DIFFÉRENTES MENACES ISSUES DES DOMAINES NUCLÉAIRES, RADIOLOGIQUES, BIOLOGIQUES ET CHIMIQUES (NRBC) POUR VOUS PERMETTRE DE DIFFÉRENCIER LES MYTHES DE LA RÉALITÉ ET D'IDENTIFIER LES RISQUES. IL PRÉSENTE ÉGALEMENT DES MOYENS DE PROTECTION ET DE DÉTECTION TOUT EN ÉNONÇANT DES CONDUITES À TENIR EN CAS D'ÉVÈNEMENT NRBC.



PRIX : 26€

GRAPHISME PAR
MOHAMED ALI





CRIS MILLENNIUM

ANCIEN CHEF DE LA CELLULE « NUCLÉAIRE, RADIOLOGIQUE, BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE » DU GIGN, PRESTIGIEUSE UNITÉ DE CONTRE TERRORISME, CRIS MILLENNIUM EST UN EXPERT INTERNATIONAL EN GESTION DE RISQUES NRBC .