



HAL
open science

La biosécurité.

Claude Lefebvre, Florent Pasquier

► **To cite this version:**

Claude Lefebvre, Florent Pasquier. La biosécurité. : Etat des lieux et perspectives.. Oriane (Organiser les entreprises, les institutions et les associations en présence du risque), Bernard Guillon, Sep 2022, Bayonne, France. hal-03795137

HAL Id: hal-03795137

<https://hal.science/hal-03795137>

Submitted on 3 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

La biosécurité

État des lieux et perspectives

Claude Lefebvre, consultant.

Florent Pasquier, Costech Utc, Sorbonne Université

Résumé

Les risques biologiques définissent les impacts que peuvent avoir des agents pathogènes sur l'homme, l'animal, et végétal ou l'environnement et leurs moyens de dissémination par l'intermédiaire de vecteurs vers tels que des insectes, des animaux ou des végétaux ou par des éléments naturels tels que l'air ou l'eau. Nous allons proposer une définition de la biosécurité et présenter les agents du risque biologique et en donner un exemple avec le SARS-Cov-2. Nous montrerons une classification des agents du risque biologique et une typologie des événements. L'exposé de la problématique de la biosécurité débouchera sur le concept « d'une seule santé » et de la nécessité d'un Plan de Maitrise Sanitaire.

Mots clés : biosécurité, gestion de crise, PMs (plan de maitrise sanitaire), one health

Introduction

Le terme « agent biologique » regroupe des micro-organismes naturels, bactéries, virus, parasites et champignons, les toxines qu'ils produisent et les micro-organismes génétiquement modifiés.

Les agents du risque biologique, qu'il soit accidentel ou intentionnel, sont ceux qui peuvent être disséminés pour provoquer des dommages chez l'homme, les animaux domestiques ou les cultures.

La réglementation concernant l'importation, l'exportation, la détention, la cession, l'acquisition et le transport de certains agents responsables de maladies infectieuses, de micro-organismes pathogènes, mais aussi l'exportation du matériel à double usage (fermenteurs, lyophilisateurs, centrifugeuses et autres) a été renforcée pour restreindre les possibilités d'utiliser des agents pathogènes susceptibles de provoquer des épidémies voire des pandémies incontrôlables.

Compte tenu de l'ampleur des pandémies possibles, une action d'urgence est nécessaire pour mettre un terme à l'insuffisance des capacités de détection, d'analyse et de réaction, des moyens de protection et de prophylaxie adaptée.

Ainsi, au titre de la « biosécurité » il convient d'identifier les axes d'action pour réduire les risques biologiques afin de les prévenir de manière efficace.

De ce fait, les nations concernées et l'Union Européenne doivent être capable de prévenir un événement à caractère biologique, qu'il soit naturel, accidentel ou malveillant en mettant en œuvre et de manière cohérente les instances de santé publique, de protection civile, de défense et de sécurité, des douanes mais également de la bio-industrie, de la recherche et de l'enseignement universitaire.

Elles doivent être en mesure de prendre en compte aussi bien les menaces bioterroristes que les flambées épidémiques naturelles ou importées qui peuvent toucher les populations ou les animaux d'élevage de toutes les filières agro-alimentaires ainsi que les cultures les plus diverses.

Cependant, il est nécessaire d'avoir une vision globale pour assurer la protection des populations face à une urgence sanitaire de type épidémique, quelle qu'elle soit son origine, car l'approche scientifique et médicale reste commune et constitue un élément essentiel de la protection :

- identifier l'agent pathogène le plus rapidement et précisément possible,
- développer des outils de diagnostic fiables,
- valider le traitement le plus efficace,
- assurer l'extension de la pandémie.

En France, cette démarche globale implique que tous les établissements et organismes concernés développent une synergie permettant de mettre en commun les savoir-faire en mutualisant les protocoles et les processus sanitaires à mettre en œuvre pour faire face à un événement à caractère d'urgence absolue.

1. La biosécurité : définition

La biosécurité désigne l'ensemble des mesures préventives et réglementaires visant à réduire les risques de diffusion et transmission de maladies infectieuses chez l'homme, l'animal et le végétal (incluant le biotope), sachant ces trois domaines sont intimement liés les uns aux autres et que l'un d'entre eux, s'il est contaminé, peut parfaitement contaminer les deux autres par un agent pathogène transmissible (zoonose par exemple).

Ce concept est généralement utilisé dans le secteur de la santé, de l'alimentation humaine et animale, de la défense de l'agriculture, des transports et de l'environnement.

Il désigne des processus, méthodes et mesures préventives et réglementaires visant à réduire le risque biologique et notamment les risques de diffusion et de transmission (accidentelles ou malveillantes) de pathogènes (prions inclus) dans les populations humaines, les élevages, chez les animaux de compagnie, dans les cultures ou la nature sauvage.

La biosécurité inclut donc les mesures de surveillance, de précaution et de contrôle et comprennent les mesures suivantes :

- quarantaine,
- confinement,
- isolement d'espèces exotiques envahissantes ou potentiellement invasives,
- contrôle de la recherche et du développement d'organismes génétiquement modifiés,
- surveillance des publications relatives aux recherches biologiques, ("dark web" en particulier),
- surveillance des études et des pratiques concernant le développement de nouvelles technologies médicales qui pourraient être détournées de leur objectif initial,
- contrôle de l'interdiction du développement, de la production, du stockage ou de l'utilisation d'armes biologiques (au niveau national et international),

donnant lieu à une réglementation stricte visant à assurer la sécurité globale contre l'utilisation par inadvertance, inappropriée ou intentionnellement malicieuse ou malveillante d'agents biologiques pathogènes, leur stockage et leur utilisation quelle qu'elle soit (risque des R&D duales - ie. civiles et militaires - dans le domaine de la santé humaine, animale ou végétale).

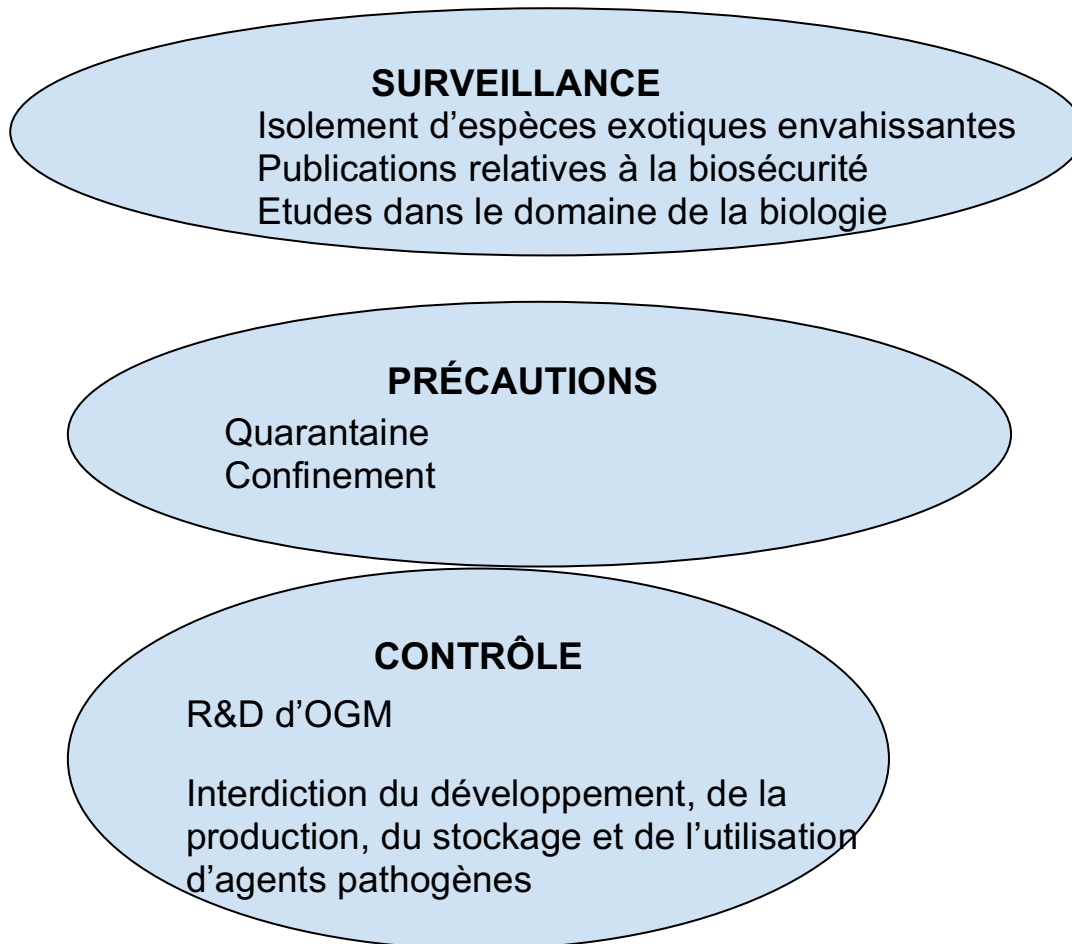


Figure 1 : La biosécurité : surveillance, précaution et contrôle

2. Agents du risque biologique

Sous le terme « d'agent biologique » il faut considérer les micro-organismes naturels, bactéries, virus, parasites et champignons, les toxines qu'ils produisent, les organismes génétiquement modifiés.

Les agents du risque biologique intentionnel sont ceux qui présentent les caractéristiques leur conférant des potentialités dans un but de nuire pour provoquer des dommages chez l'homme, les animaux domestiques ou les cultures.

Les critères des agents biologiques ont été définis par Théodore Rosebury dès 1949 car il ne suffit pas qu'un agent biologique soit en mesure de provoquer une grave maladie pour qu'il devienne une arme biologique. Il doit respecter les critères suivants :

1. pouvoir infectant élevé,
2. morbidité importante,
3. possibilité massive de production,
4. un pouvoir pathogène stable pendant la fabrication, le stockage et le transport,
5. résistance élevée aux agents naturels de destruction et aux antiseptiques,
6. transmission possible par voie aérienne,
7. contagiosité élevée,
8. immunisation difficile,

9. traitement difficile de la maladie causée,
10. détection, identification difficiles de l'agent,
11. choc en retour limité pour le responsable de la dissémination.

Ces critères ont été définis essentiellement dans un contexte militaire d'emploi stratégique. Leur importance respective varie avec les intentions, le savoir-faire et les moyens de l'utilisateur. Dans le cadre particulier d'une utilisation bioterroriste, les agents biologiques présentent les atouts suivants :

- production facile et peu coûteuse car ils se multiplient rapidement à partir d'une culture de petit volume,
- morbidité et mortalité élevées,
- le délai d'apparition des symptômes réduit les chances de détecter la source de contamination et d'identifier les responsables,
- leur caractère insidieux pour le grand public peut avoir un impact psychologique majeur et susciter des réactions de terreur,
- l'effet de panique collective, entretenu par la peur de la contagion, peut désorganiser le fonctionnement des structures de santé publique et des missions régaliennes de l'État.

Dans ce contexte, les critères les plus discriminants qui rendent un agent pathogène des plus dangereux seraient :

- son efficacité en termes de morbidité ou de mortalité,
- sa facilité de reproduction,
- ses modes de dissémination,
- son impact psychologique.

Ce dernier critère qui engendre des effets indirects, largement lié aux effets d'annonce dans les médias est très important par les mouvements de panique irrationnelle qu'il peut entraîner dans la population, même en cas de risque mineur.

3. Chronique d'une syndémie : les SARS-Cov-2

Alors que les SARS-CoV-2 circulent encore, il apparaît opportun de s'interroger sur la pertinence du paradigme médical qui a guidé - et guide encore largement - la stratégie pour faire face à cette épidémie.

Ce paradigme est celui d'une approche biomédicale, principalement portée par des modélisateurs d'épidémie, des infectiologues ou encore des réanimateurs et des spécialistes d'organes. Ces derniers ont considéré la Covid-19 comme une urgence absolue qui devait devenir la priorité quasi-exclusive des pouvoirs publics, au détriment éventuel de tous les autres déterminants de la santé.

Cette approche nous a conduit à considérer que la seule cause de cette épidémie était une maladie infectieuse. L'ensemble des interventions pour y faire face s'est donc invariablement concentré sur la réduction des transmissions virales.

Pourtant, deux catégories de maladies interagissent ici : l'infection par le SARS-CoV-2 et un éventail de maladies non transmissibles comme l'obésité, les pathologies cardio-vasculaires et respiratoires auxquelles s'ajoutent un facteur de risque non négligeable dans notre société à l'espérance de vie qui ne cesse de croître : l'âge. La Covid-19 n'est donc pas une pandémie infectieuse. Il s'agit avant tout d'une syndémie où les interactions entre maladie infectieuse, maladies non transmissibles et âge se potentialisent, aggravant les symptômes et le pronostic de l'infection.

Par ailleurs, ces maladies non transmissibles se répartissent dans la population selon un gradient social inversement proportionnel à la richesse. Leur prévalence augmente au fur et à mesure que le

capital économique et social des individus diminue. Ce gradient social illustre également la notion de syndémie. Les personnes fragiles économiquement et cumulant les comorbidités sont celles ayant payé le plus lourd tribut à la Covid-19 et à sa gestion.

Pour l’OMS, la santé est un état de complet bien-être physique, mental, social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d’infirmité. C’est pourquoi il importe désormais, d’après le Dr Alice DESBIOLLES, médecin de santé publique, épidémiologiste et auteure de “l’éco-anxiété, vivre sereinement dans un monde abîmé” (Fayard, 2020), de remettre au cœur de la stratégie de gestion de la syndémie, cette approche globale de la santé, laquelle ne peut se résumer à la seule absence ou présence du virus.

4. Classification des agents du risque biologique

Selon les *Centers for Diseases Control and Prevention*¹, les agents biologiques peuvent être classés en trois catégories :

- La catégorie A : rassemble les agents biologiques considérés comme les plus dangereux et qui présentent de grands risques pour la santé publique. Transmissibles entre personnes, leur dissémination est facile et peut entraîner une mortalité élevée en provoquant des effets de panique et de graves perturbations.

- La catégorie B : regroupe les agents biologiques dont la dissémination est plus difficile et qui ont un moindre potentiel de morbidité et de mortalité mais qui nécessitent une surveillance particulière.

- La catégorie C comprend les agents émergents qui pourraient avoir, à terme, des effets sérieux voire graves sur la santé publique.

Classe A	Classe B	Classe C
<p>Bactéries</p> <p>Bacillus anthracis (charbon) Yersinia (Peste) Francisella tularensis (Tularémie)</p>	<p>Brucellose Morve Mélioïdose Fièvre Q Typhus Choléra Salmonelloses Dysenterie bacillaire Escherichia coli O157 : H7</p>	<p>Tuberculose multirésistante</p>
<p>Virus</p> <p>Variole Filovirus (Ebola, Marburg) Arenaviridae (Lassa, Junin, Machupo) Fièvres hémorragiques virales</p>	<p>Encéphalites Équines</p>	<p>Agents viraux émergents Hantavirus virus Nipah fièvres hémorragiques à tiques encéphalites à tique fièvre jaune Coronavirus grippe</p>
<p>Parasites-champignons</p>	<p>Cryptosporidiose</p>	

¹ <https://www.cdc.gov>

Toxines	Ricine Entérotoxine B	
Toxines botuliques	staphylococcique Toxine epsilon	

Tableau 1 : Classement des agent biologiques

5. Typologie des événements et modes de contamination

5.1. Accessibilité des agents biologiques

Il est relativement facile de se procurer des agents infectieux naturels. Dans un passé récent, il était possible d'acheter des souches auprès de Collection de l'Institut Pasteur (CIP) en France. Dans le cas particulier de la variole, la maladie ayant été officiellement éradiquée, seuls deux centres ont été autorisés par l'OMS à conserver des souches dans les installations de sécurité maximale (laboratoires classés P4), les autres pays ayant dû détruire théoriquement leurs réserves. Les souches de la variole sont donc conservées au *Center for Disease Control* d'Atlanta aux États-Unis et du centre de virologie et de biotechnologie Vektor de Novossibirsk en Russie.

En l'absence de certitude de n'avoir pas d'autres laboratoires détenant de tels agents pathogènes, des plans d'urgence ont été mis en place dans la majorité des pays occidentaux.

La production d'agents biologiques ne nécessite pas d'équipements spécifiques. La production de bio-pesticides, d'antibiotiques, de vaccins, utilise les mêmes équipements que la plupart des laboratoires de microbiologie, ce qui rend les contrôles particulièrement difficiles.

La facilité de production et de stockage varie selon le type d'agent pathogène. Des milieux de culture usuels peuvent être achetés ou préparés par n'importe quel laboratoire. Une production artisanale à petite échelle est toujours possible pour certaines bactéries comme *B. Anthracis* ou certaines toxines comme la ricine. Bactéries et toxines sont plus faciles à produire et à conserver que les virus qui nécessitent des cultures cellulaires pour leur production pour les conserver.

Les modifications génétiques de micro-organismes, visant à améliorer leur résistance aux antibiotiques ou une virulence accrue, deviennent de plus en plus réalisables du fait de la multiplication des formations universitaires en biotechnologie et de la standardisation des techniques souvent explicitées via certains sites internet spécialisés. De ce fait, il existe de par le monde de nombreux techniciens et ingénieurs formés en microbiologie, capables de produire, au moins de façon artisanale, des agents biologiques.

Ainsi, la lutte contre la prolifération biologique afin d'assurer une meilleure biosécurité globale, s'est renforcée depuis 2004 en instaurant une traçabilité des agents pathogènes en réglementant strictement leur importation, leur exportation, leur détention, leur cession à titre gratuit, leur acquisition et leur transport. Les autorisations sont délivrées par l'Agence Française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS) qui tient un registre spécial analogue à celui des stupéfiants. Ce renvoi au régime des stupéfiants permet en outre la criminalisation de l'utilisation frauduleuse de ces agents biologiques.

5.2. Modes de contamination

Il existe une grande variété de moyens pour disséminer des agents biologiques :

- production d'aérosol ou épandage dans un lieu public,
- contamination de l'eau potable ou d'aliments,

- envoi de colis ou de lettres piégés (comme les lettres à l'anthrax en 2001...),
- contamination de certains espaces public clos (métro, gare, aéroport, cinéma, théâtre, stade...),
- dissémination d'objets contaminés (contamination par voie cutanéomuqueuse) ou déplacement d'une ou plusieurs personnes préalablement contaminées par des bactéries ou virus,
- transmission par des animaux vecteurs,
- simple allégation, même infondée, d'emploi d'agents pathogènes qui pourrait suffire à provoquer une panique et désorganiser rapidement les structures de secours,
- dissémination de virus au sein des élevages en créant des épizooties ou détruisant les cultures vivrières à l'aide d'agents infectieux ou de toxines visant cette fois plus particulièrement les ressources économiques.

La découverte et le signalement de cas isolés ou de petits foyers d'infection graves ou atypiques (clusters) peut faire évoquer une attaque bioterroriste.

« Science sans conscience n'est que ruine de l'âme ». Cette citation de François Rabelais prend tout son sens à l'aube des avancées scientifiques et des enjeux en termes de biosécurité qui en découle. À une époque dominée par la globalisation des moyens d'information et de communication, l'accès aux techniques scientifiques couplé aux progrès récents de la science augmentent le risque de dissémination d'agents pathogènes qu'elle soit naturelle, accidentelle ou malveillante.

Le livre blanc de 2008 accorde une place centrale aux menaces et risques à caractère Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique (NRBC) en situant les domaines biologiques et chimiques au cœur de la problématique.

Au-delà des nombreuses recommandations, il s'avère que des besoins urgents en matière de réglementation nationale et internationale, pour encadrer certaines recherches duales dont les applications pourraient être détournées, sont de plus en plus indispensables. Actuellement, aucun accord ne possède de réel pouvoir coercitif et peuvent donc être facilement contournés sans risque de poursuite judiciaire ou pénale.

6. Problématique de la Biosécurité

La biosécurité désigne l'ensemble des mesures préventives et réglementaires visant à réduire les risques de diffusion et de transmission de maladies infectieuses chez l'homme, l'animal, le végétal et le minéral.

A cette définition il convient d'ajouter les aspects de la biopolitique et de la bio économie.

Ainsi, la bio défense est un système d'actions planifiées pour contrer et réduire le risque de menaces biologiques et pour s'y préparer, y répondre et restaurer les fonctions initiales si elles se produisent. A ce titre, elle reprend les grands principes de la défense NRBC fondés sur la trilogie « prévenir, gérer, restaurer ».

Au sens large, un programme de défense biologique doit englober tous les programmes destinés à contrer un risque de menace qu'il soit naturel, accidentel ou malveillant en vue de fédérer tous les moyens humains et techniques visant à surveiller, prévenir et contenir les flambées de maladies infectieuses quelle que soit leur origine. Il s'agit notamment d'établir des rapports réguliers visant à prévenir les catastrophes à grande échelle telles que les pandémies de grippe ou autres "infections émergentes" telles que les agents pathogènes génétiquement modifiés ou ceux importés.

6.1. Prévenir et prévoir

Prévoir permet de prévenir au mieux et donc de se préparer au pire comme c'est le cas dans tout cycle d'une catastrophe. Cette démarche passe par une phase épidémiologique d'analyse des risques, définie comme la démarche scientifique faite dans le but d'identifier les dangers connus ou potentiels, d'en apprécier les risques, de les gérer et de communiquer à leur sujet.

Une telle définition permet de présenter clairement les quatre composantes qui doivent présider à l'analyse de risque :

- identification du danger,
- appréciation des risques encourus,
- gestion de l'événement, ou de la crise sanitaire qui en découle,
- communication claire, précise et rigoureuse concernant l'évolution de la gestion de crise et des conséquences de l'événement majeur.

Le domaine biologique nécessite une veille sanitaire permanente tant humaine que animale en soulignant que plus de 60% des maladies infectieuses humaines sont zoonotiques (maladie qui peut se transmettre de l'animal à l'homme ou de l'homme à l'animal) ou admettent une origine animale.

Nul doute qu'en la matière le tissu urbain est une pièce maîtresse de ce dispositif parce que les grandes métropoles, en dehors de leur densité de population très élevée, sont des portes d'entrée majeures pour les agents infectieux en provenance du monde entier via leurs plateformes aéroportuaires internationales souvent mal ou insuffisamment surveillées.

L'efficacité d'un réseau national repose sur un maillage territorial complet en restant connecté à des instances et des structures internationales spécialisées : l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Office International des épizooties (OIE) .

Cette veille sanitaire doit être la plus sensible, la plus exhaustive, mais également la plus réactive possible, de manière à permettre aux professionnels de santé, à tous les échelons, de proposer au pouvoir politique le niveau de réponse le mieux adapté à la situation.

La qualité de la communication de crise dépend alors de celle de l'évaluation initiale menée par les organismes dédiés à la veille sanitaire.

L'aspect purement technique doit prévaloir sur toute autre considération médiatique de manière à éviter les phénomènes de panique, les sous ou sur-estimations de la situation en cours de développement de manière à accroître le plus clairement possible le niveau de compréhension du public vis à vis du danger biologique. Les phases de frayeur médiatique auxquelles est régulièrement soumis le public ne contribuent pas à la sérénité décisionnelle des responsables.

Si l'on ajoute à ce point, la méconnaissance générale du sujet, on comprend qu'il devient impératif de revoir la notion d'information sans doute en améliorant la formation et la sensibilisation des plus jeunes au domaine et en laissant les spécialistes du domaine s'exprimer dans des débats contradictoires..

Les agents biologiques posent plusieurs problèmes inhérents à leur mode d'action dont les principaux sont la cinétique de l'événement dont ils sont tenus pour responsables (incubation nécessaire avant émergence des symptômes) et la faible capacité de discrimination d'un agent pathogène parmi le « bruit de fond » biologique intense de l'environnement.

La plupart des maladies infectieuses nécessitent un temps de latence plus ou moins long correspondant à la phase d'incubation précédant l'apparition de symptômes et durant laquelle rien n'est facile à déceler.

Dans le domaine très particulier du biologique, ni les pouvoirs publics, ni les structures de secours et de santé ne pourront gérer, seuls, la crise sanitaire. Le civisme et le comportement de la population en terme d'hygiène ou de prévention seront fondamentaux. Cette formation aux gestes de survie devra alors se faire, non pas pendant la crise, mais être débutée le plus tôt possible pendant la scolarité puis relayée par les structures de médecine préventive sur les lieux de travail et dans la société civile.

6.2. *Gérer la crise*

a) La Détection

La détection est l'élément clef qui conditionne toutes les dispositions à prendre quant à la protection, la décontamination ou le traitement contre les agents biologiques.

Actuellement, cette détection est assurée uniquement par des organismes spécialisés essentiellement dans le milieu phytosanitaire. Le Service de Santé des Armées avec des moyens spécifiques de laboratoire ainsi que les organismes de santé assurent également, chacun à leur niveau respectif, la veille sanitaire.

La surveillance biologique de l'environnement est une composante primordiale dans le domaine de la biosécurité et a pour but de déclencher l'alerte en cas de détection d'anomalies avérées afin de permettre à la population de se protéger contre l'action d'éventuels agents pathogènes.

Au même titre que la surveillance de la pollution atmosphérique, des systèmes de détection d'alerte pourraient être mis en place et fonctionner en permanence en particulier dans les milieux urbains pour les raisons déjà citées.

Le rôle de cette détection est double et on doit distinguer : la détection d'alerte, la détection de contrôle et d'identification.

La détection d'alerte

Celle-ci a pour but de détecter le plus tôt possible le danger biologique, d'alerter les organismes et instances nationales dédiées au domaine de la sécurité sanitaire et de prendre, dans les meilleurs délais, les mesures de prévention appropriées.

L'agression par un agent biologique naturel n'a pas d'effets immédiats. Les premiers effets d'une contamination peuvent apparaître en quelques dizaines de minutes (toxines) ou après plusieurs jours (virus ou bactéries). Dans le cas d'une dissémination d'un agent pathogène par aérosol, le délai actuel pour une détection d'alerte est de l'ordre de trois heures pour un agent microbien et de l'ordre de 30 minutes pour une toxine (ricine, toxine botulique).

La détection rapide, non spécifique sur le terrain d'une contamination par agent pathogène biologique est encore aujourd'hui très aléatoire. Il existe des techniques de détection de molécules d'origine biologique soit de l'ADN (chromosomique) par marqueurs fluorescents, soit de l'ATP (énergie) par luciférase mais celles-ci ne peuvent distinguer les micro-organismes pathogènes du bruit de fond environnemental. Cette détection doit également pouvoir se faire sur des prélèvements de surface, d'air ou de liquides. Des tests immunologiques plus spécifiques existent mais doivent encore être améliorés pour en augmenter la sensibilité.

Des prélèvements d'air par bio-collection ou bio-concentration à l'aide de collecteurs d'air de grand débit (de 700 à 1000 l/mn) nécessitent de recueillir un volume important d'air et de pratiquer une analyse sensible et spécifique par la suite. Cette détection pourrait se faire à partir de bornes d'analyse comme il en existe déjà pour la surveillance de la pollution de l'air en continue. Des détecteurs à photomètre de flamme sont également disponibles mais ne permettent pas la discrimination d'un agent pathogène par rapport à un autre disséminé dans l'atmosphère. Le principe est de détecter, à partir de mesures environnementales initiales (mesure du bruit de fond atmosphérique) toute variation même minime et d'avertir de la présence d'un aérosol potentiellement dangereux, sans autre précision sur sa nature ou sa densité.

Les systèmes de filtration d'air (type AIRPARIF) pourraient donc être améliorés et adaptés à la détection d'aérosols biologiques mais leur situation dans la partie élevée des immeubles les rend inaptes à la détection de polluants diffusés au niveau du sol ou du sous-sol (métro par exemple).

En général, la présence d'agents biologiques ne pourra être suspectée que sur des observations

visuelles telles que des fumées ou des épandages d'aérosols ou des signes indirects comme des dépôts de particules inconnues ou la découverte de cadavres d'animaux. En dernier recours, ce sera l'apparition de cas isolés ou groupes d'affections cliniques (*clusters*) inhabituelles et sévères.

La détection de contrôle

Il s'agit d'une phase spécifique qui a pour objectif d'identifier le plus rapidement possible les principaux agents du risque biologique. Elle nécessite souvent un délai moyen de quelques heures. L'immuno-chromatographie sur bandelette est une méthode rapide (15 mn) peu encombrante et de faible coût pour la recherche d'antigènes microbiens ou de toxines.

Les techniques de recherche d'acides nucléiques bactériens ou viraux par PCR permettent une détection de gènes spécifiques des agents pathogènes avec une orientation rapide en 24 heures. Des méthodes physiques par spectrométrie de masse, cytométrie en flux, spectrophotométrie de flamme ou chimiluminescence sont théoriquement utilisables mais demandent à être adaptées au terrain.

Les bio-senseurs et les puces à ADN sont encore en cours de développement ainsi que des capteurs mettant en œuvre des nanoparticules recouvrant les surfaces de détection.

a) La Détection de Confirmation

Elle apporte la preuve formelle de la présence d'un agent pathogène en identifiant l'agent biologique à l'aide de méthodes de référence. Les laboratoires experts spécialisés maîtrisent désormais parfaitement les techniques de dépistage et d'identification. A partir de prélèvements réalisés dans les règles de l'art et dans le strict respect des protocoles définis, les laboratoires d'infrastructure sont en mesure d'analyser de manière très précise les agents biologiques qu'ils contiennent. Pour les bactéries et les virus, l'isolement suivi d'une identification d'un typage et de l'étude éventuelle du pouvoir pathogène chez l'animal demeurent les techniques de référence. Elles nécessitent toutefois des délais de 24 heures à plusieurs jours pour l'isolement et l'identification et encore davantage pour le typage génétique. Pour les bactéries, la culture est incontournable afin de pouvoir déterminer avec précision leur sensibilité aux antibiotiques pour adapter les traitements curatifs et prophylactiques. L'ensemble de ces techniques ne peuvent être mises en œuvre que dans des laboratoires spécialisés ayant un niveau de biosécurité 3 pour les bactéries et les toxines et 4 pour les virus.

b) la Protection

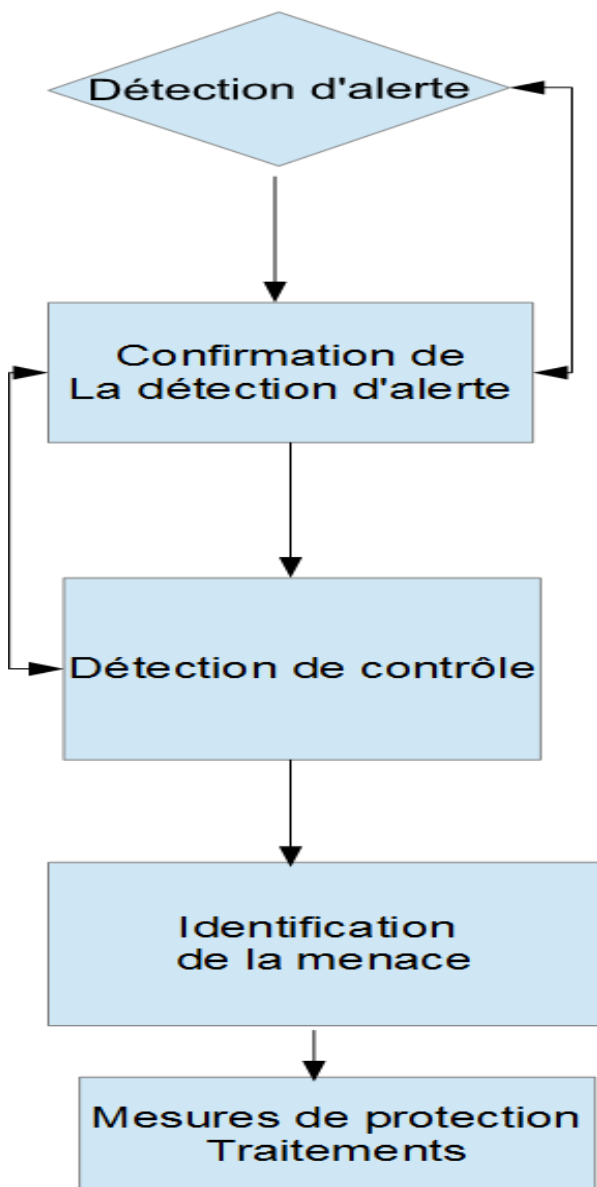


Figure 2. Chaîne d'action depuis la détection d'alerte

Dans un contexte de danger biologique avéré, il est absolument indispensable de prévenir les risques de contagion primaire (à partir de la source initiale) et secondaire (à partir d'individus et de l'environnement). L'extraction de la zone contaminée des victimes et empêcher leur dispersion avant la prise des mesures de décontamination s'avèrent prioritaires. Cependant, contrairement aux événements à caractère radiologique ou chimique pour lesquels les agents en cause sont détectables, les événements biologiques mettent en jeu des agents qui ne seront pas détectables immédiatement du moins dans l'état actuel des technologies existantes.

La bio-détection ne peut actuellement que participer au mieux à une levée de doute limitée à quelques agents parfaitement connus et identifiés.

De ce fait, il est nécessaire d'installer une protection physique pour le personnel d'intervention et pour les victimes ou les personnes impliquées (susceptibles d'avoir été contaminées).

Pour se faire, les primo-intervenants ont pour mission immédiate de délimiter un périmètre de sécurité délimitant la zone potentiellement contaminée et d'en bloquer les accès (en entrée mais également en sortie). Cette délimitation s'effectue à partir de critères objectifs, circonstanciels (lieux ouverts ou clos) et météorologiques (zone sous le vent). Dans les

milieux clos l'arrêt des systèmes de ventilation et la fermeture des portes et ouvertures permettent de limiter la propagation de l'agent pathogène. Les plans de secours nationaux prévoient l'installation d'une structure médicale et de décontamination pour l'accueil des victimes dans la zone non contaminée.

Les équipes d'intervention et de secours, en particulier celles qui arrivent en premier sur les lieux de l'événement, ignorent la teneur exacte du danger et doivent donc être protégées contre l'ensemble des agents relevant de la menace NRBC, sans exclusion. Les tenues de protection ainsi que les masques de protection respiratoire doivent être adaptés pour faire face à l'ensemble du spectre de menaces. La protection la plus critique est celle des voies respiratoires. Un masque doté d'une cartouche ayant une capacité de filtration de 99,95% des aérosols et des particules de taille supérieure à $0,15\mu\text{m}$ est donc indispensable.

Les unités qui interviennent en premier sur les lieux de l'événement sont dotés de scaphandres autonomes avec Appareil Respiratoire Isolant (ARI) qui confèrent une protection physique et respiratoire complète vis à vis des fumées, des gaz toxiques, des agents chimiques, radiologiques et biologiques.

Dans la zone d'accueil des victimes, les équipes d'intervention peuvent être équipées de manière

plus légère telle que des tenues non tissées, imperméables et respirantes, avec cagoule, surbottes, lunettes, gants et masque de type FFP2 ou 3 qui devront être changés toutes les 3 à 4 heures par précaution. En ambiance sèche, une tenue en non-tissé sur laquelle on revêt un tablier de plastique pour se protéger des projections est recommandée.

c) La Décontamination

La décontamination prise dans le sens le plus large du terme, utilise des techniques classiques de désinfection, de désinsectisation voire de dératisation.

L'opération de désinfection consiste à éliminer ou tuer les micro-organismes et/ou d'inactiver les virus indésirables portés par les milieux inertes contaminés, en fonction d'objectifs fixés, tandis que l'antisepsie s'applique aux milieux vivants.

Cette désinfection en général (locaux, vêtements, objets, atmosphère) s'appuie sur les propriétés microbicides de certains agents physiques et chimiques.

Parmi les agents physiques, la chaleur, les rayons UV ou les radiations ionisantes sont efficaces contre la plupart des agents pathogènes.

La chaleur tue les microbes ; au delà de 70° les protéines constituants essentiels de tous les êtres vivants se dégradent et se dénaturent. La grande majorité des bactéries et des virus est détruite par une ébullition à 100° C pendant environ 10 minutes.

Les rayons UV (dans la gamme de longueurs d'onde de 222 à 253 nm) ont une activité bactéricide connue. Les systèmes générateurs d'UV sont largement utilisés pour maintenir stérile l'atmosphère de certains locaux et traiter l'eau de boisson.

Les radiations ionisantes émises par des sources radioactives permettent la radio-stérilisation. Cette technique est applicable aux produits sensibles à la chaleur tels que les matériaux médicaux à usage unique ou les aliments.

En plus des moyens physiques de destruction des germes, il existe également des antiseptiques chimiques qui visent à neutraliser les agents pathogènes. Le plus connu d'entre eux est l'hypochlorite de sodium, utilisé dilué, sous forme d'eau de Javel ou de solution de Dakin. Parmi les antiseptiques les plus efficaces citons les dérivés iodés, mercuriels, ammoniums quaternaires qui peuvent être utilisés sur la peau, les oxydants du type eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène), l'ozone ou le formol.

L'hypochlorite de calcium ainsi que la solution de décontamination SDCM F1, tous deux utilisés à des fins de décontamination chimique, possèdent également des propriétés antiseptiques mais ne peuvent être utilisées que sur certains matériels peu sensibles à la corrosion.

Concernant la désinfection de l'eau, les procédés habituellement utilisés sont l'ébullition, la filtration sur colonnes, la javellisation etc. En cas de contamination biologique, toutes les eaux doivent être considérées comme suspectes, même s'il s'agit d'adduction urbaines d'eaux épurées.

La décontamination des aliments s'applique à ceux qui peuvent supporter la chaleur, les autres étant systématiquement écartés. Les aliments sont stérilisés par ébullition pendant 10 à 15 minutes.

Les masques de protection respiratoire et les équipements ayant été en contact ou susceptibles de l'avoir été avec des personnes ou des objets contaminés sont désinfectés avec des lingettes nettoyantes désinfectantes.

Les vêtements et le linge sont lavés avec un détergent potentialisé par la chaleur. Dans le cas d'une forte contamination, le linge pourra être trempé préalablement au lavage dans une solution décontaminante. Si le tissu résiste à la chaleur et à l'eau de Javel, il pourra être efficacement bouilli ou trempé dans une solution décontaminante d'au moins 15 minutes. Les vêtements seront ensuite rincés abondamment et si possible séchés au soleil. Le local où ont été lavés les vêtements devra subir à son tour une décontamination complète.

Concernant les toxines, la plupart d'entre elles sont sensibles à l'action de la chaleur (par

ébullition les toxines les plus résistantes sont inactivées). Pour certaines toxines plus résistantes (trichothécènes) l'ébullition devra être poursuivie pendant plusieurs heures. Les toxines, en général, ne résistent pas aux solutions acides (pH < 5).

La désinsectisation s'avère nécessaire lorsque les arthropodes, vecteurs d'agents pathogènes sont présents sur des lieux de contamination. Elle revêt deux aspects complémentaires :
- défensif, tendant à soustraire l'homme aux effets du vecteur (répulsifs, moustiquaires, grillage aux portes et fenêtres..)

- offensif cherchant à détruire la population d'arthropodes en cause en utilisant des moyens physiques et chimiques (insecticides en particulier) ou biologiques (prédateurs naturels, inhibiteurs de croissance...).

Enfin, la dératisation des zones infectées peut s'avérer nécessaire. Elle repose sur une lutte essentiellement offensive en appliquant des méthodes mécaniques (pièges), biologiques (provocation d'épidémie) ou des méthodes chimiques (gaz, anticoagulants, toxiques d'action rapide)

7. Le Concept d'une seule santé (*One Health*)

Le concept « *One Health* » ou « une seule santé » est mis en avant depuis le début des années 2000 avec la prise de conscience des liens étroits entre la santé humaine, celle des animaux et l'état écologique global. Il vise à promouvoir une approche pluridisciplinaire et globale des enjeux sanitaires. Les travaux de l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) s'inscrivent dans ce concept. L'agence coordonne plusieurs projets basés sur cette doctrine.

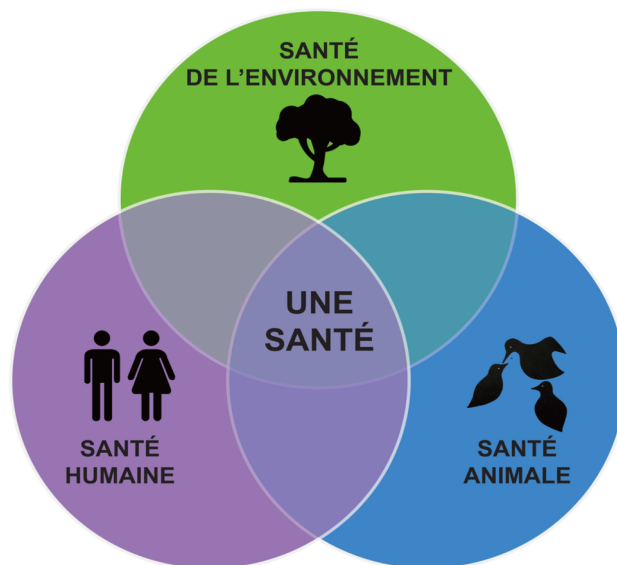


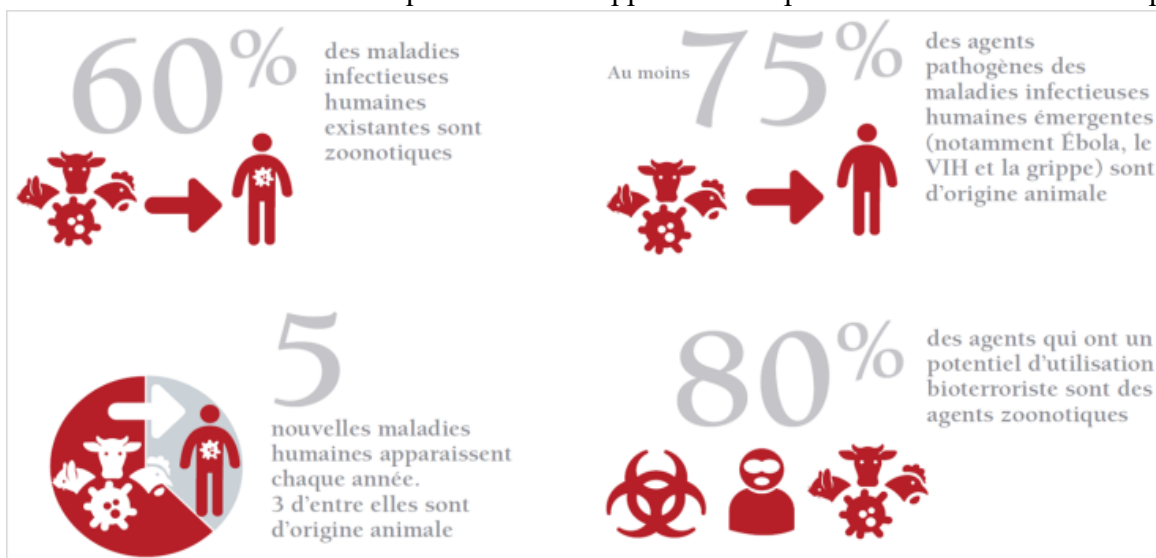
Figure 3 : Une Santé

7.1. Origine des épidémies et pandémies humaines

Au moins 60% des maladies humaines infectieuses ont une origine animale. De nombreuses pandémies, comme la Covid-19, les virus Zika et Ebola, la grippe aviaire ou encore le Sida, ont en commun de venir des animaux. Le nombre de grandes épidémies au niveau mondial a augmenté depuis un siècle, à mesure de l'accroissement de la population, de l'intensification des transports, de la dégradation de l'environnement et du développement des villes. L'activité humaine joue ainsi un rôle majeur dans la propagation des maladies infectieuses.

Figure 4 : Origine des épidémies et pandémies humaines (réseaux *One Health* Sweden et *One*

C'est dans ce contexte que s'est développé le concept *One Health*. Il incite à prendre en



considération tous les facteurs d'émergence des maladies. L'enjeu est d'encourager la collaboration effective des organismes de recherche œuvrant pour la santé humaine et vétérinaire ainsi qu'en environnement. Le concept est promu par les institutions internationales que sont l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et l'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO).

Par leur approche transverse de la sécurité sanitaire, aussi bien pour l'homme, l'animal et les végétaux, les travaux de l'Anses s'inscrivent fondamentalement dans le concept *One Health*. L'agence coordonne également le programme conjoint européen EJP *One Health* (2018-2023) qui rassemble 39 partenaires de 19 pays européens. Il a pour objectif l'acquisition de connaissances nouvelles dans les domaines des zoonoses alimentaires, de l'antibiorésistance et des risques infectieux émergents. L'Anses assure la coordination du projet en lien privilégié avec le partenaire belge Sciensano pour la coordination des activités scientifiques de l'EJP *One Health*.

7.2. Définition et applications du concept “*One Health*”

One Health est à la fois un concept, une stratégie et un objectif. Le concept s'est progressivement imposé en sciences du vivant, en médecine vétérinaire et en sciences biomédicales. Il domine à présent la communication d'organisations internationales de santé publique comme l'OMS, la *Food and Agriculture Organization*, l'OIE, les *Centers for Disease Control and Prevention*. Il est néanmoins rarement intégré dans les décisions des gouvernements. Représentant un véritable changement de paradigme, ce concept pourrait aider à mieux appréhender, anticiper et gérer l'irruption de nouvelles pandémies.

Dès le début, les termes « *one medicine* » introduits en 1984 par l'épidémiologiste Calvin Schwabe, soulignent l'évidente interconnexion entre médecine animale et humaine qui doit nécessairement impliquer une impérieuse nécessité d'une étroite collaboration entre vétérinaires et médecins pour contrôler la dissémination des agents infectieux.

1407 agents pathogènes ont été répertoriés pouvant affecter l'humain. Plus de 60% sont d'origine animale, dont un quart capable d'une transmission potentiellement source d'épidémie ou de pandémie à l'instar des virus Ebola et Influenza. 75% des maladies infectieuses émergentes sont d'origine animale. Une meilleure compréhension et gestion des réservoirs animaux d'agents infectieux, mais aussi de leurs modes de transmission et d'adaptation à l'humain s'avère indispensable au contrôle des zoonoses et des épidémies futures.

Ainsi, l'éco-épidémiologie, discipline émergente et transverse à l'écologie, à l'épidémiologie et

aux sciences biomédicales pourrait être développée pour répondre de manière plus efficace à ces questions.

Ce sont des perturbations de l'équilibre entre les populations humaines, d'agents infectieux, de réservoirs animaux, et parfois d'insectes vecteurs, qui déclenchent en général les épidémies d'origine zoonotique. En modifiant de manière brutale leur habitat ou leur abondance, en imposant des changements environnementaux inconsidérés, climatiques et socio-économiques, l'homme accentue les probabilités d'interactions entre chaque population.

Le lien entre l'intrusion de l'humain dans un écosystème et l'apparition d'une épidémie est illustré par le cas du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) qui a fait plus de 32 millions de morts entre 1981 et 2018. Son émergence est vraisemblablement due à une augmentation de la chasse et de la consommation de viande de chimpanzé dans la région de Kinshasa en République démocratique du Congo qui a favorisé l'adaptation de cet agent pathogène à l'humain.

La maladie de Lyme, pathologie qui témoigne des liens entre l'altération de la biodiversité et les épidémies, est due à une bactérie transmise par les morsures de tiques.

7.3. *Comment gérer une épidémie*

Pour gérer au mieux une épidémie, il importe donc de prendre en considération les réalités sociologiques, économiques, politiques, religieuses et culturelles du pays concerné. L'adhésion des populations aux stratégies de santé publique est, par ailleurs, indispensable. En définitive, les stratégies de communication et d'éducation doivent s'adapter à chaque contexte sociétal.

Une approche multidimensionnelle et pluridisciplinaire est donc absolument nécessaire. Les 12 « principes de Manhattan » présentés en 2004 à New York, lors d'une conférence organisée par la Société pour la conservation de la vie sauvage (*Wildlife Conservation Society*) sont particulièrement intéressants à développer.

Le premier de ces principes insiste sur la nécessaire reconnaissance des liens entre la santé humaine, la santé animale et l'environnement. L'étude prospective des maladies infectieuses émergentes doit tenir compte des interconnexions complexes entre espèces. La réduction du commerce des animaux sauvages qui représente un danger pour la sécurité socio-économique mondiale doit être sérieusement envisagée. Une augmentation des investissements dans les infrastructures de santé et les réseaux de surveillance des maladies infectieuses doit être entreprise sans délai. Un partage rapide et clair des informations s'avère indispensable. Une éducation et une sensibilisation des populations et des décideurs politiques à l'interconnexion du vivant doivent être développées car nous ne pouvons pas espérer résoudre les menaces d'aujourd'hui et les problèmes de demain en accomplissant les mêmes opérations qu'hier.

Tenant compte de ces principes, il faut trouver des solutions adaptatives, prospectives et multidisciplinaires aux défis futurs. Il est donc primordial d'anticiper.

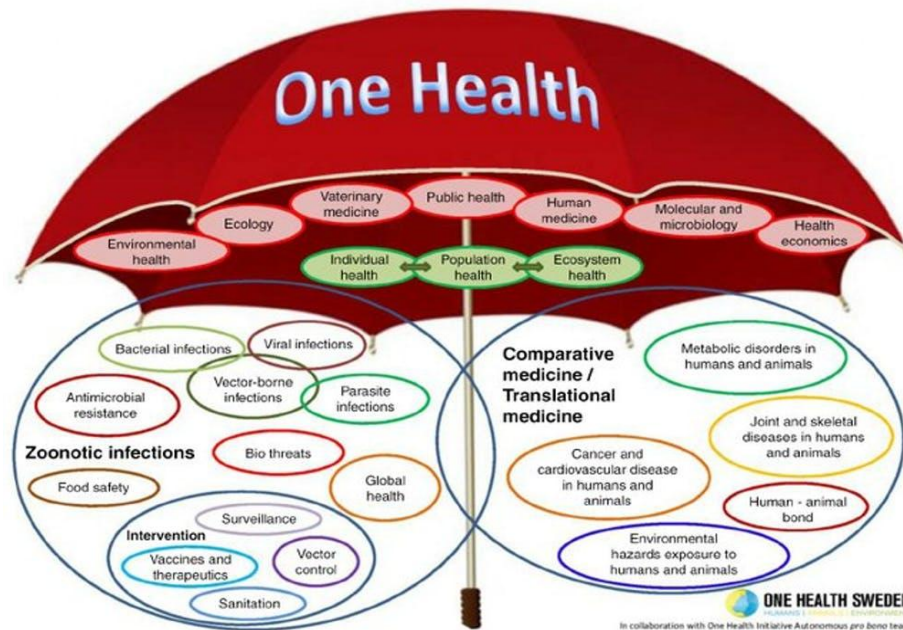


Figure 5 : “One Health Umbrella” (réseaux One Health Sweden et One Health Initiative).

7.4. Applications du concept dans le futur

Si nous voulons atteindre les objectifs du millénaire pour le développement durable des Nations Unies², il faut impérativement tenir compte des multiples interactions entre santé publique, économie, santé animale et environnement. Force est néanmoins de constater que la vision « *One Health* » est rarement adoptée par les décideurs politiques comme l'a mis en lumière la gestion de la crise sanitaire due au Covid-19.

Alors que l'émergence de nouvelles pandémies virales était prévisible, aucune anticipation n'a été envisagée pour gérer une épidémie qui s'avérait probable. La pandémie à laquelle nous devons faire face nécessite une action globale, concertée et supranationale.

La pandémie induite par les SARS-CoV-2 est la conséquence directe et prévisible de la mondialisation des systèmes de production animale, de la vente d'animaux sauvages vivants, mais aussi du tourisme de masse, du commerce international et de l'hyper mobilité qui les accompagne.

La crise sanitaire actuelle due au SARS-Co-2 relève donc d'un concept d'une seule santé.

Cinq mille vétérinaires (la profession compte 18.000 vétérinaires en exercice) ont répondu spontanément en quelques jours à l'appel du ministère chargé de la santé.

Ils ont mis à disposition des hôpitaux leur matériel de réanimation (respirateurs, concentrateurs d'oxygène, appareils de monitoring). Les médicaments vétérinaires de composition identique aux médicaments à usage humain (anesthésiques à base de propofol notamment) sont officiellement mis à disposition des centres de soins.

Les laboratoires vétérinaires de diagnostic qui ont depuis de nombreuses années une grande expérience des coronavirus responsables de maladies spécifiquement animales, notamment les bêta-coronavirus comme le cas du SARS-CoV-2, mais aussi des tests de diagnostic PCR avec une capacité de réaliser journellement un très grand nombre de tests, auraient sans doute pu précocement être mis à contribution. Aujourd'hui, la pandémie et la crise sanitaire qui en découle sont en train de démontrer de façon criante la nécessité de lier santé humaine et animale.

² <https://www.un.org/fr/millenniumgoals/>

Les concentrations animales semblables aux concentrations urbaines reliées par les transports rapides mettent à portée de virus des populations jusqu'ici à l'écart. L'écologie de certains animaux, porteurs de maladie, est modifiée par la déforestation et les changements de plantation qui modifient la biodiversité et leurs comportements en favorisant la prolifération de nouvelles espèces. Que ce soient des concentrations monstrueuses d'animaux, des destructions d'espèces, une indifférence à la prolifération des réservoirs d'eau offrant des repères aux moustiques pour leur ponte et favorisant ainsi la transmission des virus (dengue et chikungunya), tout cela révèle notre difficulté à penser et à agir de manière globale et transdisciplinaire.

8. De l'importance d'un concept de Plan de Maîtrise Sanitaire (PMS)

Comme nous l'avons déjà constaté, plus de 60% des pandémies humaines ont une origine animale (zoonotique). De ce fait avéré, **le développement d'un Plan de Maîtrise Sanitaire (PMS) devient un outil essentiel en matière d'hygiène et de sécurité sanitaire.**

Le PMS déjà existant en matière alimentaire pourrait être élargi au domaine de la surveillance animale et environnementale.

Le PMS est un ensemble de documents et de procédures qui concerne toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution des denrées alimentaires en particulier d'origines animales ou végétales.

C'est un outil intéressant qui permet de répondre aux objectifs de sécurité des aliments fixés par « le paquet hygiène » au titre de la biosécurité en général. Sa constitution et mise en application concernent tous les établissements qui entrent dans le champ d'application des règlements (CE) n° 178/2002 et n° 852/2004, hors production primaire.

Le PMS repose sur la mise en place de plusieurs obligations:

- les bonnes pratiques d'hygiène générales et spécifiques (art.4 du règlement CE n° 852/2004),
- les procédures fondées sur les principes de l'HACCP (art.5 du règlement CE n° 852/2004 et section II de l'annexe II du règlement CE n° 853/2004),
- un système de traçabilité et de retrait/rappel (art.18 et 19 du règlement CE n° 178/2002).

L'application des bonnes pratiques d'hygiène (BPH) est une condition sine qua non pour mettre en place, par la suite, des procédures fondées sur l'HACCP et le système de traçabilité et de gestion des produits non conformes. Ces trois outils permettent d'assurer l'hygiène et la sécurité sanitaire des productions des établissements vis-à-vis des dangers biologiques, physiques et chimiques.

Pour élaborer leur PMS, les exploitants du secteur alimentaire sont incités à s'appuyer sur le Guide des bonnes pratiques d'hygiène correspondant à leurs secteurs d'activité.

Le professionnel est tenu de valider périodiquement l'efficacité de son PMS, notamment en réalisant des contrôles tels que des audits et analyses microbiologiques voire des tests de traçabilité.

Le PMS déjà défini dans le secteur de la restauration pourrait donc être étendu à d'autres activités relevant du domaine de la biosécurité et donner lieu à la rédaction d'un règlement unique regroupant l'ensemble des directives à appliquer pour assurer la sécurité sanitaire dans un spectre le plus large possible.

Pour satisfaire à l'obligation réglementaire, le PMS doit contenir les documents relatifs au personnel, aux locaux, aux équipements et à la production. **Le personnel :**

- Plan de formation à la sécurité sanitaire,
- Procédures relatives à l'hygiène du personnel (tenue, gestes réflexes,..)
- Suivi médical , état de santé.

- Vaccinations obligatoires.

Les locaux et équipements :

- Plan de nettoyage et de désinfection,
- Plan de maintenance des équipements et matériels,
- Plan de contre les nuisibles,
- Approvisionnement en eau.

Pour la production :

- Bonnes pratiques de préparation,
- Etude HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)
- Procédures de travail et enregistrements fondés sur l'application des principes de l'HACCP dont la maîtrise des températures,
- Procédure de traçabilité et de retraits des produits,
- Gestion des non conformités,
- Vérification (résultats des analyses microbiologiques en particulier, audits internes et externes).

Chaque établissement pouvant jouer un rôle direct ou indirect dans la chaîne de la biosécurité devrait détenir un PMS personnalisé et actualisé régulièrement.

Conclusion

Les agents du risque biologique sont des bactéries, des virus ou des toxines qui peuvent provoquer chez l'homme, les animaux, les végétaux ou l'environnement, des maladies infectieuses transmissibles ou non ou tout au moins mettre en péril la biosécurité en général.

Le contrôle de la circulation des agents biologiques et les moyens nécessaires à leur production doivent faire l'objet de réglementation stricte et renforcée dans un cadre national et supranational.

La détention et la manipulation d'agents biologiques ne nécessitent pas de technologie avancée. La principale limite est la dissémination d'agents pathogènes et la maîtrise des techniques de dispersion.

L'impact d'une contamination par agent biologique sur une population dépend surtout de son mode de dissémination. Les formes les plus sévères surviennent après inhalation d'aérosols ou ingestion d'eau de consommation ou d'aliments contaminés. Le délai d'incubation, de quelques heures à quelques semaines en fonction de l'agent biologique peut être mis à profit pour instaurer une prophylaxie spécifique après exposition : antibiotiques pour les bactéries, vaccins ou antiviraux pour certains virus, immunoglobulines spécifiques pour les toxines.

Le risque de transmission interhumaine n'existe que pour certains agents et seuls les sujets malades sont contagieux. La détection d'alerte d'une agression biologique doit être intensifiée et la mise en pratique des Plans de Maîtrise Sanitaires doit être imposée systématiquement en cas de suspicion de contamination majeure.

En définitive, la biosécurité décrit les mesures à prendre pour éviter des dommages non intentionnels causés à l'homme et à l'environnement par des activités de biologie synthétique. Ceci implique de pouvoir évaluer le potentiel de dommages et les conséquences d'un préjudice éventuel statistiquement prévisible. Les mesures de sécurité découlent de cette évaluation.

La biosûreté décrit la protection contre les abus dans l'utilisation de la biologie synthétique. Il convient alors de déterminer quels abus sont possibles voire probables, qui pourraient en subir des dommages et comment protéger l'homme et l'environnement. La production de drogues ou de substances illicites relève de la biosûreté et les abus en matière de biologie synthétique doivent susciter la méfiance des scientifiques, notamment des chercheurs, des maisons d'édition des revues

scientifiques et des entreprises spécialisées dans la synthèse d'ADN.

A l'heure actuelle, deux réactions habituelles principales apparaissent en lien avec la Biosécurité :

- la "récupération" des éléments humains potentiellement dangereux : intégration dans les structures privées ou institutionnelles, comme les (bio)hackers.
- la répression des actes intentionnels, ce qui ne résout pas le risque à long terme car ne s'intéresse pas à la résolution des problèmes de fond générant ces risques,

Nous questionnons donc la possibilité d'envisager l'accompagnement (pro-action) comme troisième voie transdisciplinaire d'action administrative, juridique et politique visant à :

- pour les individus : mener des politiques de santé (le bon manger - favoriser les filières bio en circuit court-, bien s'occuper de son corps - accès au sport - etc.),
- pour les sociétés : soigner les terrains et les liens via la coopération locale (banlieus/villes), l'éducation (accès aux études), l'action internationale (accès à la culture) et l'action juridique (comme légiférer pour le Droit à vivre en Paix³),
- pour la planète : encourager le développement régénératif économique à l'ère de l'Anthropocène (comme légiférer pour les droits de l'environnement et de la nature, y compris au niveau constitutionnel⁴).

Bibliographie

Astor, D. (2020). *La passion de l'incertitude*. L'observatoire.

Bail, C. A. (2015). Lost in a random forest : Using Big Data to study rare events. *Big Data & Society*, 2(2), 205395171560433. <https://doi.org/10.1177/2053951715604333>

Biofutur n° 384 (2017). *Terrorisme : connaître et maîtriser les risques radiologique, biologique et chimique*.

Cavallo, JD, Fuilla,C, Dorandeu,F, Laroche,P, Vidal,D (2010). *Les risques NRBC-E Savoir pour agir*.Xavier Montauban.

Ces biohackers qui bricolent leur vaccin anti-Covid. (s. d.). LEFIGARO. Consulté 31 janvier 2021, à l'adresse <https://www.lefigaro.fr/sciences/ces-biohackers-qui-bricolent-leur-vaccin-anti-covid-20201001>

Clinchant, (1985). *L'arme biologique*. EDNBCAT éditions.

Delpech, T (2005). *La biologie, arme du XXI*. <https://www.ifri.org/fr/publications/politique-etrangere/articles-de-politique-etrangere/biologique-arme-xxie-siecle>

Des biotechs pour « rendre l'innovation plus agile » (Hacking Health Lyon). (s. d.). La Tribune. Consulté 25 janvier 2021, à l'adresse <https://acteursdeleconomie.latribune.fr/innovation/innovation-technologique/2021-01-22/sante-l-innovation-collaborative-vient-resoudre-les-problemes-de-terrain-i-care-lab-872553.html>

Frederic, K. (2003, février 28). Des biotechnologies au biopouvoir, de la bioéthique aux biopolitiques. *multitudes*. <https://www.multitudes.net/Des-biotechnologies-au-biopouvoir/>

Ghitalla, F. (2002). L'âge des cartes électroniques : Outils graphiques de navigation sur le web. *Communication et langages*, 131(1), 66-80. <https://doi.org/10.3406/colan.2002.3126>

Ghitalla, G., Jollivet, P., & Moulier Boutang, Y. (2015). *Prospective à 10 ans sur la mutation*

³ Par exemple : <https://hwpl.fr/initiatives/campagne-legiferer-la-paix/>

⁴ Par exemple : <https://mrmondialisation.org/lequateur-pays-pionnier-du-mouvement-pour-les-droits-de-la-nature/>

du travail via écoute monitorée du Web social et documentaire (étude pour l'Organisation professionnelle E&P).

Julien Mivielle. (2021, janvier 21). *A la centrale de Paluel, les équipes de choc d'EDF face à l'"inimaginable"*. AFP. <https://fr.news.yahoo.com/centrale-paluel-%C3%A9quipes-choc-dedf-060006374.html>

Kitchin, R. (2014). Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society*, 1(1), 2053951714528481. <https://doi.org/10.1177/2053951714528481>

Lenay, C. (2006). Enaction, externalisme et suppléance perceptive. *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, 43(1), 27-52. <https://doi.org/10.3406/intel.2006.1326>

Les hackerspaces comme politisation d'espaces de production technique. Une perspective critique et féministe. (s. d.). ritimo. Consulté 25 janvier 2021, à l'adresse <https://www.ritimo.org/Les-hackerspaces-comme-politisation-d-espaces-de-production-technique-Une>

Morin, E., & LeMoigne, J. L. (1999). L'intelligence de la complexité : L'Harmattan. *Cognition et Formation, Paris*.

Morin, L. (2014, novembre 9). Biohackers, l'internationale des savants fous. *Libération.fr*. https://www.liberation.fr/futurs/2014/11/09/l-internationale-des-savants-fous_1139780

Ouvry, L. (2020). *La détection des agents biologiques*. <https://ewww.ouvry.com/nrbc>

Paul, K. (2020, mars 18). Biohackers team up online to help develop coronavirus solutions. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/18/biohacking-online-forums-coronavirus-vaccines-testing>

Risque cyber : « La sécurité crowdsourcée s'impose comme le nouveau standard ». (2021). La Tribune. Consulté 26 janvier 2021, à l'adresse <https://www.latribune.fr/techno-medias/informatique/risque-cyber-la-securite-crowdsourcee-s-impose-comme-le-nouveau-standard-874428.html>

Sicard, D. (2020). *Les animaux malades des hommes*. <https://www.franceculture.fr/sciences/didier-sicard-il-est-urgent-denqueter-sur-lorigine-animale-de-lepidemie-de-covid-19>

Soldats du feu n°16 (2015). *La France face au bioterrorisme*.

Taleb, N. N., & Rimoldy, C. (2012). *Le Cygne noir : La puissance de l'imprévisible* (2nd ed. édition). Les Belles Lettres.

Sitographie

- https://en.wikipedia.org/wiki/National_Centerfor_Medical_Intelligence
- <https://agriculture.gouv.fr>
- https://www.securite-alimentaire.com/actualites/le_plan_de_maitrise_sanitaire_pms_haccp
- https://www.prevention_medicale.org
- <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/normes-lignes-directrices-canadiennes-biosecurite/a-propos.html>