



PARIS
DANGER !
BAGNÈRE INTERDITE
RUE DE MOYENNE
N° URGENCE : 112

Dossier

RISQUES BIOLOGIQUES : DES PRATIQUES ET DES OUTILS POUR LA PRÉVENTION

❶ Effets sur la santé des expositions professionnelles aux agents biologiques et rôle des services de prévention et de santé au travail

P. 28

❷ Évaluation des risques biologiques : un nouvel outil numérique

P. 35

❸ Évaluation et prévention des risques biologiques liés aux bioaérosols par inhalation

P. 41

❹ Ventiler les locaux de travail pour prévenir les risques biologiques

P. 46

❺ Retour d'expérience en centre de tri de déchets recyclables : métrologie et recommandations pour la prévention

P. 51

❻ Un risque biologique émergent : *Ostreopsis*, une microalgue responsable de syndromes grippaux

P. 56

❼ Des futurs salariés aux préventeurs : former pour prévenir

P. 61

Ce dossier dresse un panorama des actions qu'il est possible d'entreprendre pour prévenir les risques biologiques dans de nombreux secteurs professionnels, en commençant par décrire leurs effets sur la santé et la démarche qu'il convient de suivre pour les évaluer et les prévenir. Afin d'aider les entreprises, un nouvel outil numérique a été développé, présenté dans ce dossier, qui décrit aussi d'autres démarches utiles à la prévention, telles que la quantification des agents biologiques dans l'atmosphère de travail et la réduction des expositions aux bioaérosols (captage à la source, ventilation...). Un cas concret en entreprise permet d'illustrer l'application de ces mesures. Il importe que les entreprises maîtrisent cette démarche de prévention, car de nouveaux agents biologiques pathogènes peuvent émerger dans l'environnement professionnel. C'est dans ce but que l'INRS propose des formations variées pour tous les personnels amenés à faire face aux risques biologiques en milieu professionnel.

BIOLOGICAL RISKS: PRACTICES AND TOOLS FOR PREVENTION – This dossier gives an overview of the actions that can be undertaken to prevent biological risks in many business sectors, starting with a definition of their health effects and the approach that should be followed to assess and prevent them. To assist companies, a new digital tool has been developed the features of which are presented. This dossier also describes other approaches useful for prevention, such as the quantification of biological agents in the work atmosphere and the reduction in bioaerosol exposure (collection at the source, ventilation, etc.). A concrete case in a company illustrates the application of these measures. It is important for companies to master this prevention approach, since new biological pathogens may emerge in the work environment. This is why INRS offers training for all workers required to face biological risks in the work environment.

EFFETS SUR LA SANTÉ DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX AGENTS BIOLOGIQUES ET RÔLE DES SERVICES DE PRÉVENTION ET DE SANTÉ AU TRAVAIL

Certains agents biologiques peuvent être à l'origine d'infections, d'allergies, d'intoxications voire de cancers. En milieu professionnel, les risques biologiques concernent de nombreux secteurs d'activité. En fonction de l'évaluation des risques, les professionnels de santé des services de prévention et de santé au travail (SPST) effectuent le suivi individuel de l'état de santé des salariés exposés en tenant compte de situations particulières (grossesse, état immunitaire...) et conseillent l'employeur sur les mesures de prévention et notamment les vaccinations, ainsi que sur la mise en place de conduites à tenir en cas d'accident (accident avec exposition au sang, maladie contagieuse...).

MARIE-
CÉCILE
BAYEUX-
DUNGLAS,
NAÏMA
BERTHOL,
MYRIAM
BOUSELHAM,
ÉRIC
DURAND-
BILLAUD
INRS,
département
Études
et assistance
médicales

On parle de risque biologique en milieu professionnel lorsqu'une personne est susceptible d'être exposée, dans le cadre de son travail, à un ou plusieurs agents biologiques pouvant nuire à sa santé.

Il existe une multitude d'agents biologiques, et la plupart ne sont pas pathogènes pour l'humain. Certains secteurs d'activité utilisent les agents biologiques de façon intentionnelle, notamment les secteurs des biotechnologies tels que la production de médicament, ou l'épuration des eaux usées. Néanmoins, ce risque peut être aussi présent dans les secteurs d'activité où l'utilisation des agents biologiques n'est pas délibérée.

L'article R. 4421-2 du Code du travail définit les agents biologiques comme étant des micro-organismes, y compris les micro-organismes génétiquement modifiés, des cultures cellulaires et des endoparasites humains susceptibles de provoquer une infection, une allergie ou une intoxication.

Ils comprennent notamment des bactéries, des virus, des parasites, des champignons microscopiques. Les prions, bien que n'étant pas des micro-organismes, sont des agents infectieux classés dans la liste des agents biologiques pathogènes.

Effets sur la santé

Les effets sur la santé résultant d'une exposition à des agents biologiques peuvent être de type infectieux, allergique, toxinique et cancérogène.

Infections

Le risque infectieux est de loin le plus fréquent des risques biologiques. Les infections résultent de la pénétration et de la multiplication d'un agent infectieux dans un être vivant, généralement appelé « hôte ».

Les agents biologiques peuvent pénétrer dans l'organisme par différentes voies: les voies respiratoire, digestive, cutanéomuqueuse ou l'inoculation.

Les maladies pouvant être transmises sont extrêmement variées et peuvent toucher des organes divers avec des niveaux de gravité très différents (conjonctivite, lésion cutanée, pneumopathie, hépatite...).

Le Code du travail classe les agents biologiques, en fonction de leur risque infectieux, en quatre groupes: de 1 à 4 (article R. 4421-3 du Code du travail). Ce classement tient compte de la pathogénicité chez l'homme, du danger pour les travailleurs, des possibilités de propagation dans la



© Gaël Kerbaol / INRS / 2024

collectivité, et de l'existence d'une prophylaxie ou d'un traitement efficace (Cf. *Tableau 1*).

De ce classement, qui est un outil d'aide à l'évaluation des risques, vont découler des obligations ou des recommandations à mettre en œuvre pour l'utilisation de ces agents biologiques ou pour le travail en leur présence [1-3].

L'arrêté du 16 novembre 2021 [4] fixe la liste des agents biologiques pathogènes des groupes 2, 3 et 4. Il n'existe pas de liste des agents du groupe 1. Cependant, le fait qu'un agent biologique ne soit pas classé dans les groupes 2, 3 ou 4 ne signifie pas automatiquement qu'il soit non pathogène

pour l'homme, notamment s'il s'agit d'un nouvel agent infectieux qui n'est pas encore classé.

Allergies

Les allergies résultent d'une réaction inadaptée des défenses immunitaires de l'organisme, suite à une exposition à un allergène. Un agent biologique peut être à l'origine de manifestations allergiques. C'est le cas, par exemple, de certaines moisissures ou de certaines bactéries actinomycètes comme les mycobactéries, lorsqu'elles pénètrent dans les voies respiratoires. Cela se manifeste le plus souvent par une rhinite, un asthme ou une

Le lavage des mains, une mesure d'hygiène simple qui permet de limiter les risques de contamination au travail.

↓ **TABLEAU 1**
Classification des agents biologiques par groupe de danger (pour le risque infectieux).

GRUPE	PATHOGÉNICITÉ CHEZ L'HOMME	DANGER POUR LES TRAVAILLEURS	PROPAGATION DANS LA COLLECTIVITÉ	EXISTENCE D'UNE PROPHYLAXIE ET/OU D'UN TRAITEMENT EFFICACE	EXEMPLES DE MALADIES INFECTIEUSES
1	Non	–	–	–	–
2	Oui	Oui	Peu probable	Généralement Oui	Coqueluche Grippe
3	Oui	Oui	Possible	Généralement Oui	Tuberculose Hépatite B
4	Oui	Oui	Risque élevé	Généralement Non	Maladie à virus Ebola Variole



pneumopathie d'hypersensibilité (atteinte du tissu pulmonaire).

Le seuil de déclenchement de ces effets est très variable d'un individu à l'autre et, pour un même individu, ce seuil peut varier au cours du temps. Dans l'arrêté du 16 novembre 2021, les agents biologiques pouvant avoir des effets allergisants sont signalés par la lettre A [4]. Ce sont essentiellement des champignons.

Effets toxiques

Les effets toxiques relèvent de l'action de différents types de toxines.

- Les exotoxines sont secrétées par certaines bactéries et peuvent avoir des effets divers sur la santé (exemple : tétanos). Dans la liste des agents biologiques pathogènes, ceux qui sont susceptibles de produire ces exotoxines sont indiqués par la lettre T.
- Les endotoxines sont des constituants de la paroi de certaines bactéries (dites « à Gram négatif »), présentes par exemple dans les eaux usées, le compost, les ordures ménagères...

Les endotoxines sont libérées lors de la division cellulaire et de la mort des bactéries et persistent longtemps dans l'environnement. Lorsqu'elles sont inhalées, elles peuvent provoquer des pathologies telles que :

- une fièvre passagère, accompagnée de courbatures ressemblant à un début d'état grippal, appelé syndrome toxique des poussières organiques (ODTS pour *Organic Dust Toxic Syndrome*) faisant suite à une exposition massive à des endotoxines ;

- une atteinte bronchopulmonaire pouvant devenir chronique (évolution possible vers une insuffisance respiratoire), lors d'expositions répétées à des endotoxines.

- Les mycotoxines sont produites par quelques moisissures, dans certaines conditions d'humidité et de température et sur certains substrats (céréales, épices...). Leurs effets par ingestion d'aliments contaminés sont bien connus : certaines sont toxiques pour le foie, d'autres pour le rein, plusieurs pour le système nerveux et le système immunitaire. Enfin, certaines mycotoxines sont classées cancérigènes par le Centre international de recherche contre le cancer (Circ).

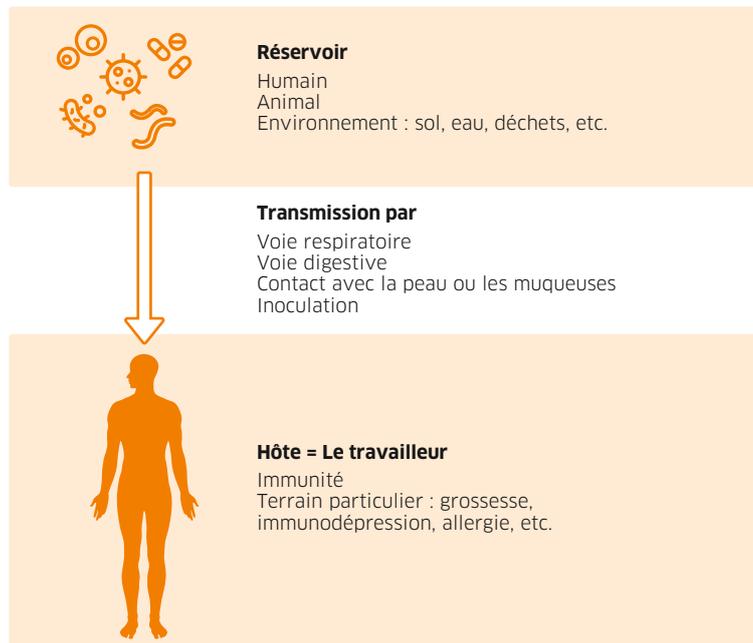
Cancers

Plusieurs agents biologiques et toxines sont classés par le Circ. Certains virus et certaines mycotoxines (aflatoxines) peuvent provoquer des cancers. Les cancers du foie en rapport avec des aflatoxines sont liés à l'ingestion régulière d'aliments contaminés, et ce mode d'exposition n'est habituellement pas observé en milieu professionnel. Par ailleurs, il est connu que certaines infections peuvent provoquer un cancer. Ainsi, une infection chronique par le virus de l'hépatite B peut évoluer vers un cancer du foie.

Maladies professionnelles

Certaines maladies en lien avec l'exposition à des agents biologiques figurent dans un tableau de maladie professionnelle du régime général (RG) ou du régime agricole (RA), par exemple : les hépatites virales (tableaux n° 45 du RG ou n° 33 du RA), la tuberculose (tableaux n° 40 du RG ou n° 16 du RA), la fièvre typhoïde (tableau n° 76 du RG), l'ornithose-psittacose (tableaux n° 87 du RG ou n° 52 du RA), les rhinites et asthmes (tableaux n° 66 du RG ou n° 45A du RA), les affections respiratoires consécutives à l'inhalation de poussières textiles végétales (tableaux n° 90 du RG ou n° 54 du RA).

↓ FIGURE 1
Chaîne de transmission pour évaluer les risques biologiques en milieu professionnel.



Évaluation des risques biologiques

La démarche d'évaluation des risques biologiques est le plus souvent qualitative. Elle s'appuie sur l'analyse de la chaîne de transmission (Cf. Figure 1). Dans un premier temps, il s'agit de repérer si le travailleur est en présence d'un « réservoir » où sont susceptibles de se développer des agents biologiques potentiellement pathogènes. Il peut s'agir d'un réservoir humain, animal, végétal ou environnemental (terre, eau, déchets, objets souillés). Il peut être facile à repérer s'il contient un agent biologique bien identifié qui est l'objet même du travail (par exemple, une utilisation délibérée en biotechnologie, la culture d'un agent biologique pathogène dans un laboratoire de recherche, un patient atteint d'une maladie contagieuse bien

définie...). Mais dans la plupart des cas, on ne connaît pas précisément les agents biologiques contenus dans le réservoir. La présence d'humidité et de matière organique ou inorganique dans l'environnement de travail, qui est un facteur favorisant le développement d'agents biologiques, représente alors un bon indice, qui devra être confronté notamment aux données de la littérature. Ainsi, les fientes d'oiseaux, les végétaux moisissus ou encore les eaux usées sont des exemples de réservoirs auxquels peuvent être confrontés les travailleurs. La connaissance du réservoir peut orienter sur les agents biologiques qui y sont potentiellement présents.

Les agents biologiques pathogènes peuvent se transmettre à l'humain selon des voies de transmission spécifiques (par exemple, par voie respiratoire pour la tuberculose pulmonaire, par voie digestive pour le virus de l'hépatite A). À partir de leurs voies de transmission habituelles, on s'attache à définir quelles expositions observées lors de l'activité peuvent entraîner une contamination. En milieu professionnel, les travailleurs sont ainsi susceptibles d'être exposés aux agents biologiques pathogènes de différentes façons :

- par inhalation de particules solides ou liquides ;
- par contact avec la peau ou les muqueuses (yeux, nez, bouche), en cas de projection ou par l'intermédiaire des mains contaminées ;
- par inoculation : piqûre ou coupure avec des objets contaminés, morsure d'animal ou piqûre d'insecte ;
- par ingestion, par exemple en portant les mains ou un objet souillé à la bouche.

Une fois le réservoir repéré, il convient donc, d'analyser les procédés de travail afin d'identifier les modes d'exposition compatibles avec la voie de transmission des agents biologiques contenus dans le réservoir.

L'évaluation des risques biologiques étant, dans la plupart des cas, qualitative, la métrologie n'est pas utilisée en routine dans le repérage de ces expositions, sauf circonstances spécifiques.

Enfin, l'état de santé du travailleur (immunité, allergie, grossesse...) joue un rôle dans le risque de développer une pathologie suite à une exposition. Le médecin du travail doit prendre en compte ces éléments dans l'évaluation des risques pour le travailleur. La prévention des risques biologiques consiste ensuite à rompre la chaîne de transmission en agissant prioritairement sur le réservoir, puis sur l'exposition. Certaines mesures de prévention médicales peuvent également être nécessaires (Cf. § – Rôle des SPST, p. 33).

Secteurs d'activité les plus concernés

Les situations de travail à risque sont nombreuses et diverses (Cf. Tableau 2, p. 32). Le plus souvent,



© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2011

il s'agit de situations pouvant exposer à des réservoirs susceptibles de contenir différents agents biologiques.

Les données de la dernière enquête Sumer¹ [5] mettent en évidence que, en 2017, 19 % des salariés du secteur privé se disaient exposés à au moins un agent biologique pendant la semaine précédant l'enquête, soit 9 points de plus qu'en 1994. « La hausse a été forte surtout entre 2003 et 2010, liée en partie à la pandémie grippale H1N1 survenue en 2009, qui a conduit à ce que les préventeurs soient plus sensibilisés au repérage des risques biologiques » [5]. La très grande majorité des salariés exposés l'étaient dans un contexte d'exposition potentielle « supérieure au risque communautaire », plutôt que dans un contexte d'utilisation délibérée d'agents biologiques. Les expositions surviennent principalement au contact d'un réservoir humain. Les employés de commerce et de services (notamment « aides-soignants » et

Le personnel soignant est tout particulièrement exposé aux risques biologiques.



ACTIVITÉS PROFESSIONNELLES EN CONTACT FRÉQUENT AVEC :	PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS
<ul style="list-style-type: none"> des personnes ou des produits biologiques d'origine humaine (sang, urines, selles, sécrétions respiratoires, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Activités de soins Aide à la personne Accueil de jeunes enfants Enseignement Commerce Accueil Maintien de l'ordre Transport de passagers Laboratoires de biologie Thanatopraxie...
<ul style="list-style-type: none"> des animaux ou des produits biologiques d'origine animale (sang, urines, déjections...) ou des produits d'origine animale (viande, lait, plumes, pelages, laine, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Élevage Abattoirs Équarrissage Animaleries Parcs zoologiques Soins vétérinaires Métiers de la forêt et de la nature Transformation de produits animaux (viande, poisson, œufs, lait...) Tannerie...
<ul style="list-style-type: none"> des végétaux 	<ul style="list-style-type: none"> Agriculture Industries des fibres végétales Transformation de produits végétaux...
<ul style="list-style-type: none"> de la terre 	<ul style="list-style-type: none"> Métiers de la forêt et de la nature Gestion et entretien des espaces verts Bâtiments et travaux publics Archéologie Mines...
<ul style="list-style-type: none"> des matières grasses ou huileuses 	<ul style="list-style-type: none"> Mécanique Usinage Production de biocarburants Entretien et maintenance Agroalimentaire...
<ul style="list-style-type: none"> des surfaces sales 	<ul style="list-style-type: none"> Nettoyage Entretien et maintenance...
<ul style="list-style-type: none"> des archives, des cartons ou des papiers moisis 	<ul style="list-style-type: none"> Bibliothèque Nettoyage Collecte et tri des déchets...
<ul style="list-style-type: none"> des déchets organiques entreposés au chaud 	<ul style="list-style-type: none"> Collecte, tri et transformation de déchets organiques Agroalimentaire Restauration Méthanisation Compostage...
<ul style="list-style-type: none"> des matériaux organiques recyclés 	<ul style="list-style-type: none"> Collecte, tri et traitement des matelas Textiles...
<ul style="list-style-type: none"> de l'eau (eau stagnante, eaux usées, eau industrielle...) 	<ul style="list-style-type: none"> Traitement, épuration et transport de l'eau (égouts, stations d'épuration...) Nettoyage Abattage de poussières Entretien des berges Activités nautiques Travaux publics...
<ul style="list-style-type: none"> des agents biologiques de façon délibérée 	<ul style="list-style-type: none"> Laboratoires de recherche Industries de biotechnologie (dépollution, production de produits pharmaceutiques, de biocarburants...) Industries agroalimentaires (fabrication de saucissons, affinage de fromages...).

↑ TABLEAU 2 Types d'activités professionnelles et principaux secteurs concernés par les risques biologiques.

« aides à domicile, aides ménagères, travailleuses familiales ») sont les plus exposés et connaissent la plus forte hausse par rapport à 2003. Cette augmentation s'explique par un meilleur repérage des risques biologiques par les professionnels de santé, mais aussi par la professionnalisation des métiers.

Par ailleurs, on observe également une progression dans le secteur de l'agriculture (+ 15 points par rapport à 2003), secteur dans lequel près d'un salarié sur deux est exposé en 2017.

Rôle des SPST : suivi individuel de l'état de santé, vaccination...

L'évaluation des risques biologiques au poste de travail est réalisée par l'employeur et doit tenir compte des effets potentiels sur la santé, sans oublier les effets sur la reproduction, en particulier sur la grossesse. Dès lors qu'il existe une exposition potentielle à un agent biologique des groupes 2, 3 ou 4, il y a un risque biologique. Pour rappel, le Code du travail interdit l'exposition en rapport avec certains travaux comportant des risques biologiques pour des populations spécifiques (Cf. Encadré). L'employeur inscrit dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP) les résultats de cette évaluation et les mesures de prévention à mettre en œuvre. Il transmet le DUERP, ainsi que ses mises à jour, à son service de prévention et de santé au travail (SPST). Les SPST peuvent aider les entreprises à évaluer les risques biologiques, notamment dans le repérage des réservoirs d'agents biologiques potentiellement pathogènes et l'identification des situations de travail susceptibles d'être exposantes.

Les modalités du suivi individuel de l'état de santé sont adaptées en fonction des résultats de l'évaluation des risques. Lorsqu'il existe un risque biologique au poste de travail, la visite d'information et de prévention initiale ou l'examen médical d'aptitude à l'embauche doit avoir lieu avant l'affectation au poste [6]. Un suivi individuel renforcé est requis pour les postes susceptibles d'exposer les travailleurs à un agent biologique du groupe 3 ou 4 [7]. Les expositions professionnelles et les différents éléments de ce suivi sont tracés dans le dossier médical de santé au travail.

Le suivi individuel de l'état de santé est l'occasion d'interroger le salarié sur son état de santé (une éventuelle altération de son système immunitaire, un terrain allergique, des traitements immunosuppresseurs, etc.). Certaines situations peuvent en effet conduire à un risque accru de contracter une infection, parfois même par un agent habituellement non pathogène. De même, certaines pathologies du salarié peuvent être aggravées en cas d'exposition à un agent biologique potentiel-

lement pathogène. Par ailleurs, certaines maladies infectieuses confèrent une immunité prolongée, limitant le risque pour le travailleur de les contracter de nouveau. La vaccination permet également d'éviter le développement de certaines infections. Il est donc important pour le professionnel de santé au travail de connaître l'état de santé et le statut immunitaire du salarié.

C'est également l'opportunité pour le professionnel de santé du SPST de rappeler au salarié les risques présents au poste de travail, les moyens de s'en protéger et en particulier les mesures d'hygiène à respecter, rempart essentiel contre les contaminations.

ENCADRÉ

INTERDICTIONS EN RAPPORT AVEC CERTAINS TRAVAUX EXPOSANT AUX RISQUES BIOLOGIQUES POUR DES POPULATIONS SPÉCIFIQUES

Le Code du travail interdit :

- d'affecter les jeunes âgés de moins de 18 ans à des travaux les exposant aux agents biologiques des groupes 3 ou 4 (art. D. 4153-19), à des travaux d'abattage, d'euthanasie et d'équarrissage d'animaux et à des travaux en contact d'animaux féroces ou venimeux (art. D. 4153-37) ;
- d'exposer une femme enceinte au virus de la rubéole ou au toxoplasme sauf s'il est prouvé qu'elle est suffisamment protégée contre ces agents par son état d'immunité (art. D. 4152-3).

En fonction notamment des résultats de l'évaluation des risques au poste de travail et des recommandations vaccinales en vigueur, le médecin du travail propose à l'employeur les vaccinations à recommander aux travailleurs non immunisés contre les agents biologiques auxquels ils peuvent être exposés. Compte tenu des caractéristiques du poste occupé, le médecin du travail évalue, au cas par cas, si le salarié relève d'une obligation vaccinale. En effet, le Code de la santé publique (article L. 3111-4 [8]) impose différentes vaccinations pour certains professionnels exposés ou exposant les personnes dont ils ont la charge (cela concerne principalement les professionnels de santé et assimilés, ainsi que les thanatopracteurs : vaccin DTP², vaccin contre l'hépatite B). Il s'agit d'une obligation individuelle contractuelle. Le non-respect de cette obligation peut conduire à un aménagement du poste, un changement d'affectation, voire à une rupture du contrat de travail. C'est à l'employeur de vérifier le respect de l'obligation et au salarié de lui transmettre l'attestation renseignée par le médecin du travail. Les vaccinations, recommandées ou obligatoires, en lien avec un risque



professionnel, sont alors à la charge de l'employeur [9]. Elles ne permettent pas de s'affranchir des mesures de protection collective et individuelle. Lors de ce suivi, une attention particulière est portée aux femmes en âge de procréer. Le Code du travail dispose que les travaux pouvant exposer une femme enceinte au virus de la rubéole ou au toxoplasme lui sont interdits, sauf s'il est prouvé qu'elle est suffisamment protégée contre ces agents par son état d'immunité. D'autres infections contractées pendant la grossesse peuvent avoir des effets néfastes et conduire à des formes sévères chez la femme enceinte, comme la grippe ou la Covid-19. Elles peuvent également être dangereuses pour l'enfant à naître, telle l'infection à cytomégalovirus. Les effets varient en fonction de l'agent biologique en cause et de l'âge gestationnel au moment de l'infection (mort fœtale, retard de croissance intra-utérin, malformation, prématurité...). Aussi, il est conseillé aux femmes enceintes,

mais également à celles qui ont un projet de grossesse, d'en informer rapidement le médecin du travail, afin de mettre en place au plus tôt les mesures de prévention adaptées. Tout salarié peut en effet bénéficier à sa demande d'une consultation avec le médecin du travail.

Enfin, le SPST contribue à la rédaction des protocoles à suivre en cas d'accident exposant au sang (AES) ou en cas d'exposition accidentelle à un agent biologique pathogène. Il peut également être sollicité pour accompagner l'employeur et les salariés en cas de survenue d'une maladie contagieuse sur le lieu de travail. La base de données Eficatt de l'INRS peut l'aider dans cette démarche [10].

Lorsqu'il s'avère qu'un travailleur est atteint d'une infection ou d'une maladie inscrite dans un tableau de maladie professionnelle et pouvant résulter d'une exposition à des agents biologiques, tous les travailleurs susceptibles d'avoir été exposés sur le même lieu de travail font l'objet d'un examen médical, assorti éventuellement d'examens complémentaires, et une nouvelle évaluation des risques est effectuée [11].

Par ailleurs, les SPST participent à la veille sanitaire, ainsi qu'à des actions de promotion de la santé sur le lieu de travail dans le cadre de la stratégie nationale de santé.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ARRÊTÉ DU 4 NOVEMBRE 2002 fixant les procédures de décontamination et de désinfection à mettre en œuvre pour la protection des travailleurs dans les lieux où ils sont susceptibles d'être en contact avec des agents biologiques pathogènes pouvant être présents chez des animaux vivants ou morts, notamment lors de l'élimination des déchets contaminés, ainsi que les mesures d'isolement applicables dans les locaux où se trouvent des animaux susceptibles d'être contaminés par des agents biologiques des groupes 3 ou 4. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[2] ARRÊTÉ DU 16 JUILLET 2007 MODIFIÉ fixant les mesures techniques de prévention, notamment de confinement, à mettre en œuvre dans les laboratoires de recherche, d'enseignement, d'analyses, d'anatomie et cytologie pathologiques, les salles d'autopsie et les établissements industriels et agricoles où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des agents biologiques pathogènes. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[3] ARRÊTÉ DU 10 JUILLET 2013 relatif à la prévention des risques biologiques auxquels sont soumis certains travailleurs susceptibles d'être en contact avec des objets perforants. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[4] ARRÊTÉ DU 16 NOVEMBRE 2021 fixant la liste des agents biologiques pathogènes. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[5] ÉQUIPE SUMER DE LA DARES – Chiffres clés sur les conditions de travail et la santé au travail. Synthèse stat', août 2021. Accessible sur : <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/publication/chiffres-cles-sur-les-conditions-de-travail-et-la-sante-au-travail>

[6] ARTICLE R. 4426-7 DU CODE DU TRAVAIL. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[7] ARTICLES R. 4624-22 À R. 4624-28-3 – SOUS-SECTION 2 : Suivi individuel renforcé de l'état de santé des travailleurs. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[8] ARTICLE L. 3111-4 DU CODE DE LA SANTÉ PUBLIQUE. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[9] ARTICLE R. 4426-6 DU CODE DU TRAVAIL. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[10] INRS – Base de données Eficatt. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/eficatt.html>

[11] ARTICLE R. 4426-13 DU CODE DU TRAVAIL. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

Conclusion

Les risques biologiques concernent de multiples secteurs professionnels. Pour évaluer ces risques, il est indispensable de repérer les réservoirs d'agents biologiques, puis d'étudier si l'exposition au poste de travail peut permettre la transmission de ces agents biologiques au travailleur. Cela permet ensuite de mettre en place les mesures de prévention adaptées en fonction des expositions à risque au poste de travail. Le SPST prend part de manière pluridisciplinaire à l'évaluation des risques au plus près du salarié et conseille l'employeur sur les mesures de prévention à mettre en place. Le médecin du travail lui propose les vaccinations à recommander et contribue à la rédaction de protocoles en cas d'accident d'exposition. Par ailleurs, les modalités du suivi individuel de l'état de santé des salariés exposés à des agents biologiques varient en fonction de la catégorie des agents biologiques auxquels ils sont exposés. Enfin, les SPST concourent à la traçabilité des expositions professionnelles et à la veille sanitaire. ●

1. Sumer (Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels) est une enquête déclarative d'amplitude nationale, dont les réponses sont recueillies auprès des salariés des secteurs public et privé par les médecins du travail. Voir : Chiffres clés sur les conditions de travail et la santé au travail [5].

2. Vaccin DTP: vaccin contre la diphtérie, le tétanos et la poliomyélite.

ÉVALUATION DES RISQUES BIOLOGIQUES : UN NOUVEL OUTIL NUMÉRIQUE

L'INRS et le réseau Assurance maladie – Risques professionnels ont développé un outil numérique aidant à évaluer les risques biologiques en entreprise et proposant des mesures de prévention. Cet outil, accessible librement sur le site Internet de l'INRS, a été conçu pour permettre aux professionnels, même les moins familiers avec les risques biologiques, d'aboutir à un plan d'action pouvant être intégré au document unique d'évaluation des risques professionnels.

**CHRISTINE
DAVID**
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

La pandémie de Covid-19, qui a touché le monde professionnel, a fait prendre conscience que les risques biologiques pouvaient être présents dans toutes les entreprises et qu'ils nécessitaient des mesures de prévention susceptibles d'impacter l'organisation du travail (Cf. Encadré). Toutefois, les responsables d'entreprise et les préventeurs éprouvent parfois des difficultés à appréhender ce risque. Aussi, l'INRS et le réseau Assurance maladie – Risques professionnels (AM-RP¹) ont développé un outil numérique permettant d'aider les professionnels dans leur démarche d'évaluation. Cet outil propose également des mesures de prévention génériques et permet d'élaborer un support pouvant être intégré au document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP). Ce nouvel outil d'évaluation des risques biologiques repose sur des questions simples, auxquelles il est possible de répondre sans connaissance particulière en biologie. Toutefois, pour répondre de façon plus pertinente, il est recommandé de consulter, au préalable, trois vidéos de 3 minutes chacune [1] ou un court document « *L'essentiel sur les risques biologiques* » [2], en accès libre sur le site de l'INRS, expliquant la démarche d'évaluation et de prévention des risques biologiques. Les questionnaires ont été conçus pour les entreprises de tous secteurs professionnels (à l'exception des laboratoires et des milieux de soins, qui nécessitent un questionnement plus précis) : agro-alimentaire, abattoir, textile, papier et carton, chimie, pharmaceutique, métallurgie, automobile, ameublement, construction / déconstruction, maintenance, assainissement, déchets, équarrissage, dépollution, commerce, transports (de passagers, animaux, denrées alimentaires, déchets...),

hébergement, restauration, nettoyage, tertiaire, aide à domicile, santé animale...

Quel que soit le secteur, la démarche d'évaluation des risques biologiques se fonde sur ce que l'on appelle « *la chaîne de transmission* » [2-3]. Cette chaîne est composée de trois maillons qu'il s'agit de caractériser :

- le réservoir d'agents biologiques : l'organisme (humain, animal, végétal), l'environnement (eau, sol, surface, produit) où se développent les agents biologiques, et auquel le travailleur est confronté lors de ses tâches;
- la voie de transmission de l'agent biologique (qui peut pénétrer par voie respiratoire, par voie digestive, à travers les muqueuses ou la peau) et l'exposition du travailleur au réservoir (qui peut se produire en inhalant des aérosols², en portant les mains à la bouche, en recevant des projections au visage, en touchant des surfaces contaminées, en se coupant avec des objets contaminés...);
- l'hôte : le travailleur, qui se défend plus ou moins bien contre les agents biologiques pathogènes, selon le niveau de son immunité.

Un travailleur encourt un risque biologique s'il est exposé à un réservoir d'agents biologiques pathogènes et si cette exposition correspond à la voie de transmission de ces agents biologiques.

La première étape de l'outil, dite « évaluation des risques », aide l'utilisateur à repérer les réservoirs et les expositions, pour en déduire les risques. L'outil propose, dans la deuxième étape « mesures de prévention », une liste de mesures parmi lesquelles il reste à sélectionner les plus adaptées à la situation de travail. La troisième et dernière étape se conclut par un « plan d'action » téléchargeable.



ENCADRÉ

**LA PANDÉMIE DE COVID-19 :
UN APPRENTISSAGE À MARCHÉ FORCÉE
DE LA PRÉVENTION DES RISQUES BIOLOGIQUES**

Lors de la pandémie de Covid-19, le virus Sars-CoV-2, transmissible par voie respiratoire, pouvait toucher de nombreux travailleurs. Les entreprises ont donc dû rapidement mettre en œuvre des mesures de protection, pour assurer à la fois la continuité de leurs activités et la sécurité des travailleurs.

En appliquant la démarche de prévention des risques biologiques, depuis longtemps éprouvée (voir étapes 1 et 2), l'INRS et le réseau AM-RP ont pu proposer aux entreprises de nombreuses mesures de prévention. Les mesures mises en œuvre à cette occasion ont pu, depuis, faire l'objet d'un retour d'expérience et être inscrites dans les DUERP, soit parce qu'elles améliorent de façon pérenne les conditions de travail, soit parce qu'elles pourront être efficacement déployées lors d'une nouvelle épidémie liée à un agent biologique transmissible par voie respiratoire.

Parmi ces mesures de prévention, la ventilation des locaux de travail a fait l'objet de nombreuses études depuis lors, afin d'en optimiser l'usage et les coûts (Cf. pp. 46-50 l'article de R. Guichard et al., dans ce dossier). La pandémie a été l'occasion pour certaines entreprises de revoir leur système de ventilation et de le maintenir dans le temps. Autre point mis en exergue lors de la pandémie : les moyens devant être déployés pour permettre aux travailleurs de respecter les mesures d'hygiène (points d'eau munis de savon, d'essuie-mains, de poubelle, gel hydroalcoolique...).

Ces mesures ayant pu être appliquées lors de la pandémie, notamment dans les véhicules des travailleurs effectuant des travaux salissants (stations d'épuration, égoutiers...), doivent être maintenues, même hors de toute période pandémique.

Étape n° 1 : évaluation des risques

Avant toute chose, l'utilisateur de l'outil doit définir les tâches qu'il souhaite analyser, sachant qu'à son poste de travail un travailleur peut accomplir différentes tâches. Par exemple, à un poste donné, un salarié peut effectuer des opérations de tri, d'emballage, de nettoyage de sa zone de travail, etc. Il convient de prendre connaissance des procédures, mais surtout, d'observer le travail réellement effectué, qui peut différer quelque peu du travail prescrit.

Pour chaque tâche, il s'agit d'observer :

- l'environnement professionnel du travailleur, afin de repérer les réservoirs possibles : avec quels personnes, animaux, matériaux, produits, fluides est-il en contact ?
- le type d'interactions du salarié avec cet environnement professionnel : peut-il inhaler des aérosols, recevoir des projections vers le visage, toucher le réservoir, être piqué ou coupé avec des objets souillés par le réservoir, être mordu, griffé...?

Une fois ces observations effectuées, l'outil peut être utilisé de façon optimale.

La première étape consiste à répondre, par oui ou par non, à des questions permettant d'identifier les réservoirs (Cf. Figure 1). Il est demandé si, lors de la tâche, l'opérateur peut être mis en présence : d'humains, d'animaux, de matériaux souillés (cartons, textiles, surfaces...), de produits environnementaux (végétaux, terre, eaux) et industriels (boues de station d'épuration, graisses, huiles...). Certains réservoirs nécessitant plus de précisions donnent lieu à une seconde série de questions (Cf. Figure 2, p. 38). Chaque réservoir sélectionné ouvre une courte liste de questions concernant les expositions (Cf. Figure 3, p. 38). Ces questions ont été choisies en fonction des tâches qui pourraient être effectuées en lien avec ce réservoir, en tenant compte de tous les secteurs professionnels possiblement concernés.

Une fois toutes les questions passées en revue, l'outil compile les réponses et présente un « récapitulatif des risques identifiés » (Cf. Figure 4, p. 38). Le type de risque identifié est indiqué en rappelant les réservoirs et les expositions ayant conduit à cette conclusion. Il est alors possible de passer à la deuxième étape en cliquant sur le bouton « Sélection des mesures de prévention ».

Étape n° 2 : mesures de prévention

Pour chaque risque identifié lors de l'étape précédente, l'outil propose des mesures de prévention qui peuvent s'appliquer au plus grand nombre de situations professionnelles.

Ces mesures restent générales et suivent la démarche de prévention, qui consiste à rompre la chaîne de transmission, le plus en amont possible, en agissant prioritairement sur le réservoir. Dans ce cas, différentes mesures peuvent être appliquées, par exemple :

- concevoir des installations de façon à limiter la formation de biofilm (film déposé sur les surfaces et contenant de nombreux agents biologiques) ;
- disposer ou entreposer les citernes à eau à l'abri de la chaleur (qui favorise la multiplication des agents biologiques) ;
- nettoyer les locaux et le matériel afin d'éliminer certains agents biologiques et supprimer leurs sources de nourriture pour éviter qu'ils se multiplient ;
- ventiler correctement les locaux pour limiter l'humidité (qui favorise la multiplication des agents biologiques) ;
- rechercher et supprimer les sources d'humidité ;
- désinfecter lorsque cela est nécessaire ;
- dépister et traiter au plus tôt les individus infectés ;
- lutter contre la prolifération des insectes et des rongeurs susceptibles de transmettre les agents pathogènes...

S'il n'est pas possible d'agir sur le réservoir, ou

pour compléter les actions sur le réservoir, il convient de limiter l'exposition des travailleurs, en mettant en œuvre des mesures collectives, par exemple :

- isoler les individus contagieux ;
- substituer les procédés exposants par des procédés pas ou peu exposants (nettoyer avec des lingettes humides ou aspirer plutôt qu'utiliser un jet d'eau ou un jet d'air générant des aérosols et des projections) ;
- capter les aérosols au plus près de leur source d'émission et rejeter l'air aspiré à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf ;
- séparer les zones contaminées et les zones non contaminées ;
- appliquer, quand cela est possible, le principe de « marche en avant » (circulation des zones propres vers les zones sales, sans possibilité de retour en arrière) ;
- utiliser des conteneurs spécifiques, adaptés, pour éliminer les déchets contaminés...

Enfin, pour compléter ces mesures, il peut s'avérer nécessaire d'agir au niveau de chaque travailleur, et notamment de :

- fournir des équipements de protection individuelle (EPI) choisis selon la morphologie de chaque travailleur ;
- constituer une trousse de secours permettant notamment au personnel de protéger ses plaies par un pansement imperméable ;
- mettre à disposition des moyens (vestiaires, lavabos équipés de savon et d'essuie-mains, poubelles, douches) permettant aux travailleurs de respecter les mesures d'hygiène :
 - se laver les mains après avoir ôté ses EPI, après être passé aux toilettes, avant de quitter son poste de travail, avant de manger ;
 - prendre une douche après avoir effectué des travaux salissants...



Outil d'évaluation des risques biologiques

Evaluation des risques biologiques

Pour chaque tâche effectuée dans votre entreprise, choisissez dans la liste ci-dessous, les réservoirs auxquels les salariés sont confrontés.
Pour chaque réservoir sélectionné, indiquez les modes d'exposition que vous avez observés.

[? Comment utiliser l'outil ?](#)

[📄 Enregistrer l'analyse en cours](#)

[🏠 Retour à l'accueil](#)

1 Evaluation des risques — 2 Mesures de prévention — 3 Plan d'action

Choisissez les réservoirs et les expositions potentielles

L'activité nécessite-t-elle d'entrer en contact fréquent avec des personnes (hors milieu de soins) ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité entraîne-t-elle un contact avec des produits biologiques humains (sang, urine, selles, salive...) ou des objets souillés par ces produits biologiques ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité nécessite-t-elle d'entrer en contact fréquent avec des animaux ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité nécessite-t-elle de manipuler des produits biologiques animaux (sang, urine, excréments, produits de parturition...) ou des objets souillés par ces produits biologiques ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité nécessite-t-elle de manipuler des produits d'origine animale (lait, viande, laine, plume...) ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité nécessite-t-elle de manipuler des végétaux ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité nécessite-t-elle de manipuler de la terre ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité se déroule-t-elle en présence de matières grasses ou huileuses ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité se déroule-t-elle en présence de surfaces sales ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité se déroule-t-elle en présence d'archives, de cartons ou de papiers moisiss ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité se déroule-t-elle en présence de déchets organiques (biodéchets, déchets verts, moût...) ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité se déroule-t-elle en présence de boues de station d'épuration ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité se déroule-t-elle en présence de matériaux organiques recyclés (matelas, textiles...) ?	Non <input type="checkbox"/>
L'activité se déroule-t-elle en présence d'eau ?	Non <input type="checkbox"/>

Saisissez ici vos éventuels commentaires ou questions :

Aucun risque identifié, merci de sélectionner des expositions.

[← Retour](#)

[▶ Récapitulatif des risques identifiés](#)

↑ FIGURE 1 Questions relatives aux réservoirs possiblement présents sur les lieux de travail (capture d'écran).

L'activité se déroule-t-elle en présence d'eau ? Oui

Exemples de secteurs concernés : traitement, épuration, transport de l'eau, nettoyage, abattage de poussières, entretien des berges, activités nautiques, travaux publics...

Il s'agit :

- d'eau potable ?
- d'un cours d'eau (rivière, torrent, canal...) ?
- d'eau stagnante (mare, bassin de rétention...) ?
- d'eau utilisée dans un procédé industriel ?
- d'eau de citernes (réservoirs, récupérateurs, cuves...) ?
- d'eau usée ?

↑ FIGURE 2 Une deuxième série de questions peut permettre de préciser le réservoir (capture d'écran).

L'activité se déroule-t-elle en présence d'eau ? Oui

Exemples de secteurs concernés : traitement, épuration, transport de l'eau, nettoyage, abattage de poussières, entretien des berges, activités nautiques, travaux publics...

Il s'agit :

- d'eau potable ?

Abattage de poussières, brumisation, douches...

Précisez les expositions potentielles :

- Cette eau est utilisée pour une tâche pouvant générer des aérosols.
- Cette eau alimente des douches mises à disposition des salariés.
- Cette eau alimente des fontaines à eau.
- Pas d'exposition observée

- d'un cours d'eau (rivière, torrent, canal...) ?
- d'eau stagnante (mare, bassin de rétention...) ?
- d'eau utilisée dans un procédé industriel ?
- d'eau de citernes (réservoirs, récupérateurs, cuves...) ?
- d'eau usée ?

↑ FIGURE 3 Questions sur les expositions possibles à partir du réservoir sélectionné (capture d'écran).

Dans certaines situations, une vaccination peut être indiquée par le médecin du travail qui accompagne l'entreprise dans l'évaluation et la prévention des risques biologiques, et qui peut également proposer des conduites à tenir en cas de blessure ou de projection susceptibles d'entraîner des risques pour la santé.

Des liens vers des ressources disponibles sur le site de l'INRS permettent d'en savoir plus sur les mesures proposées, qu'il s'agisse de mesures techniques comme la ventilation ou les EPI ou, plus largement, de mesures de prévention concernant l'ensemble d'une filière.

Enfin, quelle que soit l'entreprise, l'information et la formation de tout le personnel sont indispensables pour obtenir une complète compréhension de la nécessité et du choix des mesures de prévention.

Parmi les mesures de prévention proposées par l'outil, telles que celles décrites plus haut, l'utilisateur doit ensuite sélectionner les mesures devant être mises en œuvre, celles déjà appliquées, ou encore celles sans objet dans son contexte professionnel. Il a également la possibilité d'ajouter des mesures de prévention plus spécifiques de son activité (Cf. Figure 5).

La sélection des mesures de prévention, effectuée pour chaque risque, permet à l'outil de proposer un plan d'action, auquel l'utilisateur accède à la fin de cette étape.

Étape n°3 : plan d'action

Le plan d'action qui résulte des réponses de l'utilisateur se présente sous la forme d'un fichier Excel téléchargeable et modifiable à volonté (Cf. Figure 6).

Ce plan d'action récapitule les risques (ligne orange du fichier), en indiquant les réservoirs

inrs Santé et sécurité au travail

Outil d'évaluation des risques biologiques

Risques identifiés

Les réservoirs et les expositions que vous avez indiqués dans la page précédente permettent d'identifier les risques biologiques listés ci-dessous.

- 1 Evaluation des risques
- 2 Mesures de prévention
- 3 Plan d'action

Récapitulatif des risques identifiés

Risque de contamination par des légionelles pouvant se multiplier dans les circuits d'eau mal conçus, mal entretenus ou peu utilisés

Exposition par inhalation d'aérosols d'eau potable provenant de circuits mal conçus, mal entretenus ou peu utilisés
Exposition par inhalation d'aérosols de douches

Retour

Sélection des mesures de prévention

- Comment utiliser l'outil ?
- Enregistrer l'analyse en cours
- Retour à l'accueil

Sélectionnez les mesures de prévention

Risque de contamination par des légionelles pouvant se multiplier dans les circuits d'eau mal conçus, mal entretenus ou peu utilisés

Exposition par inhalation d'aérosols d'eau potable provenant de circuits mal conçus, mal entretenus ou peu utilisés

A faire Fait Sans objet

- Concevoir des installations de façon à limiter la formation de biofilm.
ED 6526 "Prévention du risque légionellose dans les installations sanitaires provisoires de chantier"
- Entretien des installations d'eau (lutter contre la corrosion, l'entartrage et la formation de biofilm).
- Faire couler l'eau des circuits peu utilisés avant de s'en servir.
- Contrôler la qualité microbiologique de l'eau.
- Faire une recherche de légionelles en cas de non-utilisation des circuits d'eau durant 6 semaines.
ED 4417 "Les légionelles en milieu de travail"
- Limiter l'usage du jet d'eau générant des projections et des aérosols.

+ Ajouter une mesure de prévention

Exposition par inhalation d'aérosols de douches

A faire Fait Sans objet

- Concevoir des installations de façon à limiter la formation de biofilm.
ED 6526 "Prévention du risque légionellose dans les installations sanitaires provisoires de chantier"
- Entretien des installations d'eau (lutter contre la corrosion, l'entartrage et la formation de biofilm).
- Contrôler le débit et la température de l'eau.
- Faire couler l'eau des douches toutes les semaines pour éliminer le volume d'eau ayant stagné dans les canalisations à partir du chauffe-eau (pompeau dans le bac pour éviter les aérosols).
- Contrôler la qualité microbiologique de l'eau.
- Faire une recherche de légionelles en cas de non-utilisation des circuits d'eau durant 6 semaines.
ED 4417 "Les légionelles en milieu de travail"

+ Ajouter une mesure de prévention

Retour

Plan d'action

← FIGURE 5 Mesures de prévention à sélectionner (capture d'écran).

INRS Outil d'évaluation des risques biologiques : plan d'action

Ce plan d'action vous permet de mettre en œuvre les mesures de prévention contre les risques biologiques identifiés lors des différentes tâches.

Vous pouvez reformuler les mesures sélectionnées pour les adapter à la situation de travail. Ces actions s'inscrivent dans une démarche globale de prévention des risques professionnels et devront alimenter la mise à jour de votre Document Unique d'Évaluation des Risques Professionnels.

Entreprise : (indiquez le nom de votre entreprise ici)
Adresse :
Réfèrent :
Date :

Risque de contamination par des légionelles pouvant se multiplier dans les circuits d'eau mal conçus, mal entretenus ou peu utilisés						
Exposition par inhalation d'aérosols d'eau potable provenant de circuits mal conçus, mal entretenus ou peu utilisés						
Actions (mesures)	Statut	Début	Effectué le	Responsable	Budget	Observations
Concevoir des installations de façon à limiter la formation de biofilm. ED 6526 "Prévention du risque légionellose dans les installations sanitaires provisoires de chantier" (https://www.inrs.fr/media.html?ref=INRS-ED%204417)	A faire					
Entretien des installations d'eau (lutter contre la corrosion, l'entartrage et la formation de biofilm).	A faire					
Faire couler l'eau des circuits peu utilisés avant de s'en servir.	A faire					
Contrôler la qualité microbiologique de l'eau.	A faire					
Faire une recherche de légionelles en cas de non-utilisation des circuits d'eau durant 6 semaines. ED 4417 "Les légionelles en milieu de travail" (https://www.inrs.fr/media.html?ref=INRS-ED%204417)	Fait					
Limiter l'usage du jet d'eau générant des projections et des aérosols.	Sans objet					
Exposition par inhalation d'aérosols de douches						
Actions (mesures)	Statut	Début	Effectué le	Responsable	Budget	Observations
Concevoir des installations de façon à limiter la formation de biofilm. ED 6526 "Prévention du risque légionellose dans les installations sanitaires provisoires de chantier" (https://www.inrs.fr/media.html?ref=INRS-ED%204417)	A faire					
Entretien des installations d'eau (lutter contre la corrosion, l'entartrage et la formation de biofilm).	A faire					
Contrôler le débit et la température de l'eau.	Fait					
Faire couler l'eau des douches toutes les semaines pour éliminer le volume d'eau ayant stagné dans les canalisations à partir du chauffe-eau (pompeau dans le bac pour éviter les aérosols).	A faire					
Contrôler la qualité microbiologique de l'eau.	A faire					
Faire une recherche de légionelles en cas de non-utilisation des circuits d'eau durant 6 semaines. ED 4417 "Les légionelles en milieu de travail" (https://www.inrs.fr/media.html?ref=INRS-ED%204417)	Fait					

Le service de prévention et de santé au travail accompagne l'entreprise sur l'évaluation des risques biologiques professionnels et les mesures nécessaires afin de les prévenir. Les modalités de suivi individuel de l'état de santé du travailleur seront adaptées aux risques encourus au poste de travail, ainsi qu'à l'état de santé du travailleur. La démarche globale de prévention des risques élaborée par l'employeur pourra, sur proposition du médecin du travail, intégrer des vaccinations et une conduite à tenir en cas d'exposition accidentelle.

Ce plan d'action a été généré par l'outil "Évaluation et prévention des risques biologiques" de l'INRS le 18/11/2024 à 11:37:35

↑ FIGURE 6 Plan d'action pouvant être intégré au DUER (capture d'écran).

Atelier d'accrochage de volailles équipé d'un système d'aspiration des poussières et de ventilation pour prévenir notamment les risques d'ornithose.



© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2019

et les expositions à l'origine de ce risque (ligne grise), ainsi que les mesures de prévention qui s'y rattachent.

Des rubriques additionnelles (colonnes de droite) permettent de préciser, pour chaque action de prévention, le début et la fin de mise en œuvre, la personne responsable et le budget alloué.

Ce fichier étant modifiable, ces rubriques peuvent être changées et d'autres peuvent être ajoutées.

Accès à l'outil d'évaluation des risques biologiques

Toute personne peut accéder librement à l'outil d'évaluation des risques biologiques *via* le site de l'INRS (www.inrs.fr/evalrb). La page d'accueil propose un mode d'emploi très simple, en cliquant sur le bouton « Comment utiliser l'outil ». Il décrit les différentes étapes de l'outil, conçu pour une prise en main rapide.

À la fin du mode d'emploi, un lien « Contacter l'INRS » permet également d'adresser à l'INRS toute question relative à l'outil.

Une fois l'évaluation commencée, l'utilisateur peut retourner à la page précédente et la modifier, puis poursuivre sa démarche. Il est également possible d'interrompre à tout moment l'évaluation en cours, pour la reprendre ultérieurement. Il suffit pour cela d'enregistrer l'évaluation, qui est alors téléchargée dans un fichier spécifique (noté "nom".evalrb), qui pourra être ouvert lors de la connexion suivante.

En respect du règlement général sur la protection des données (RGPD), toutes les informations sai-

sies sont stockées localement sur l'ordinateur de l'utilisateur, aucune n'est stockée en ligne.

Conclusion

Ce nouvel outil facilite l'évaluation des risques biologiques professionnels de chaque tâche, et permet d'obtenir un plan d'action pouvant être intégré dans le DUERP de l'entreprise. Il permet également d'accéder à une documentation plus détaillée sur les risques biologiques. Libre d'accès et facile d'utilisation, son emploi devrait permettre une meilleure prise en charge des risques biologique en entreprise.

Cet outil a fait l'objet d'un webinaire de présentation, diffusé le 7 novembre 2024 et accessible en rediffusion sur le site de l'INRS : www.inrs.fr. ●

1. Le réseau Assurance maladie – Risques professionnels comprend : La Direction des risques professionnels (DRP) de la Cnam, les Carsat/Cramif/CGSS, l'INRS et Eurogip.

2. Aérosols : particules liquides ou solides très petites (< 100 µm) pouvant rester en suspension dans l'air.

BIBLIOGRAPHIE

[1] INRS – Vidéos : Anim-403 – Les agents biologiques. Anim-404 – L'évaluation des risques biologiques. Anim-405 – Comment rompre la chaîne de transmission des agents biologiques ? Accessibles sur : www.inrs.fr

[2] INRS – L'essentiel sur les risques biologiques. ED 6495. Accessible sur : www.inrs.fr

[3] INRS – Les risques biologiques en milieu professionnel. ED 6034. Accessible sur : www.inrs.fr

ÉVALUATION ET PRÉVENTION DES RISQUES BIOLOGIQUES LIÉS À L'EXPOSITION AUX BIOAÉROSOLS PAR INHALATION

Dans de nombreux secteurs, les travailleurs peuvent être exposés par inhalation à des agents biologiques susceptibles de provoquer des effets sur leur santé. Cet article fait le point sur les outils à disposition des préventeurs pour évaluer les risques liés aux bioaérosols et mettre en place des mesures de prévention adaptées.

PAULINE LOISON,
LISE ALONSO
INRS,
département
Métrologie
des polluants

PHILIPPE DUQUENNE
INRS,
département
Ingénierie
des procédés

Les bioaérosols sont définis comme des particules porteuses d'entités d'origine biologique en suspension dans l'air. Celles-ci (telles que les cellules, le mycélium, les spores, leurs composants et leurs métabolites¹⁾) peuvent être émises dans l'air des lieux de travail, à partir des procédés dans lesquels elles sont impliquées, ou lors de la manipulation de matières contaminées. Ainsi, des expo-

sitions par inhalation de bactéries, champignons, virus, endotoxines et mycotoxines aéroportées ont été démontrées dans de nombreuses situations professionnelles et dans des secteurs variés, tels que ceux de la santé, l'agriculture, l'agroalimentaire, la gestion des déchets ou l'assainissement [1-2]. Les micro-organismes sont indispensables à la vie (à la base des chaînes alimentaires, mais aussi à l'intérieur des organismes macroscopiques, permettant



Entreprise
du secteur
agroalimentaire :
poste de
pesée équipé
d'un dossieret
aspirant.

© Guillaume J. Plisson pour l'INRS / 2023

notamment les fonctions de digestion), mais certains d'entre eux peuvent présenter des effets néfastes sur la santé. Ainsi, les expositions professionnelles aux bioaérosols peuvent être à l'origine de troubles de la santé des travailleurs, infectieux, immuno-allergiques ou toxiques. Dans certaines situations de travail concernées par l'exposition aux bioaérosols, il peut donc être nécessaire de réaliser une évaluation du risque biologique et de proposer des actions de prévention.

L'objectif de l'article est de faire le point sur les outils destinés à évaluer les risques d'exposition par inhalation de bioaérosols et sur les mesures de prévention qui peuvent être mises en place, à l'exclusion des risques de contamination par voies cutanée ou digestive.

Évaluation qualitative des risques liés à l'exposition par inhalation de bioaérosols

Pour une situation de travail donnée, l'évaluation des risques liés aux bioaérosols consiste à identifier les étapes qui peuvent conduire à une exposition des travailleurs aux micro-organismes ou à

leurs composés, et à la pénétration de ces derniers dans les voies respiratoires.

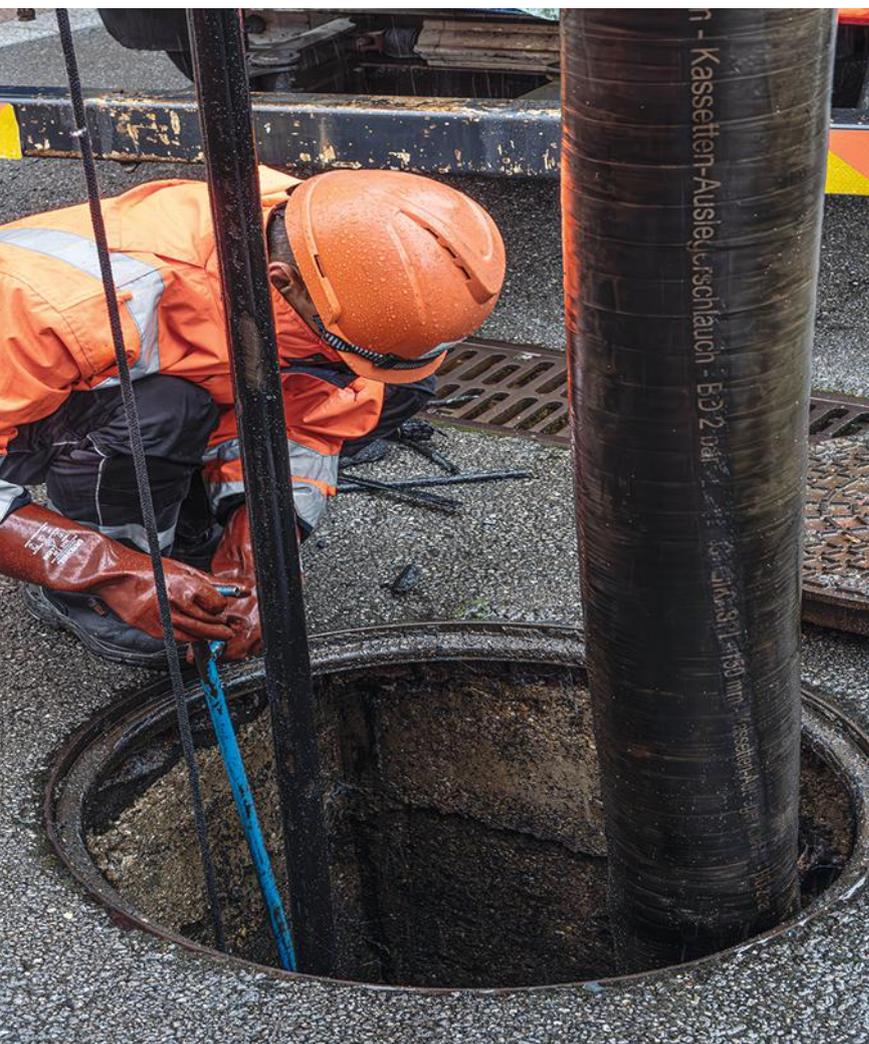
Il s'agit d'abord d'identifier les réservoirs (Cf. Figure 1 p. 30) et de préciser les dangers que représentent ces micro-organismes, si la composition du réservoir est connue. Dans le cas contraire, le recueil d'informations sur l'activité de l'entreprise ou les connaissances scientifiques relatives à un secteur peuvent aider à ce diagnostic. Ensuite, il s'agit de préciser quels sont les procédés et les tâches susceptibles d'être à l'origine d'émissions d'aérosols dans l'environnement de travail. Les facteurs et les conditions de travail qui gouvernent les émissions (tâches de travail exposantes, fréquence et intensité d'exposition, etc.) doivent être pris en compte. L'étape suivante consiste à identifier les modalités de transport des aérosols dans l'environnement de travail, de l'émission jusqu'aux voies respiratoires des travailleurs. Un risque existe si l'inhalation est compatible avec le mode de transmission de l'agent biologique. La dernière étape concerne l'examen des circonstances d'exposition qui peuvent conduire à l'inhalation des aérosols par les travailleurs. Toutes ces étapes sont illustrées par la méthode d'évaluation des risques biologiques liés à l'inhalation d'agents biologiques développée pour le secteur du compostage [3]. L'évaluation qualitative peut ne pas suffire à proposer des mesures de prévention, et une évaluation quantitative impliquant de la métrologie aux postes de travail peut alors être nécessaire.

Métrologie

La réalisation de mesurages nécessite d'établir une stratégie d'intervention visant à définir les agents biologiques à rechercher et les moyens à déployer pour réaliser l'évaluation d'une situation d'exposition professionnelle. Pour évaluer l'exposition des salariés, le prélèvement individuel des bioaérosols dans la zone respiratoire des travailleurs est à privilégier, puisqu'il permet notamment la prise en compte des déplacements, des activités et du geste professionnel. Pour caractériser la concentration des bioaérosols dans un local, un prélèvement d'ambiance peut être réalisé en plaçant les dispositifs de prélèvement à hauteur des voies respiratoires. La détection et la quantification des bioaérosols nécessitent de tenir compte des exigences spécifiques à la manipulation et à l'analyse d'agents biologiques. Ainsi, toutes les étapes de mesure des bioaérosols doivent être réalisées en conditions stériles et avec du matériel dédié, depuis la préparation des dispositifs de prélèvements jusqu'à l'analyse des échantillons. Par consensus, la fraction inhalable est la fraction visée lors du prélèvement des bioaérosols.

La base de données MétoPol [4] regroupe l'ensemble des méthodes de mesure développées et

Entretien de réseau de canalisation à l'aide d'un robot-caméra.



© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2024

POLLUANTS	MICRO-ORGANISMES CULTIVABLES BACTÉRIES ET CHAMPIGNONS CAPABLES DE FORMER DES COLONIES	ENDOTOXINES COMPOSANTS DE LA PAROI DE CERTAINES BACTÉRIES	MYCOTOXINES SUBSTANCES SÉCRÉTÉES PAR CERTAINS CHAMPIGNONS
Méthode MétroPol	M-147	M-454	M-45 / M-46 / M-48 / M-306 M-339 / M-426
Prélèvement (débit)	<ul style="list-style-type: none"> • Cassette fermée 37 mm • Membrane PC (2 L.min⁻¹) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cassette fermée 37 mm • Membrane PC ou PTFE ou filtre FV (2 L.min⁻¹) 	<ul style="list-style-type: none"> • CIP 10-I • Mousse en polyuréthane (10 L.min⁻¹) 
Transport/ conservation de l'échantillon	<ul style="list-style-type: none"> • Cassette complète à 4°C • Analyse dans les 24 heures 	<ul style="list-style-type: none"> • Cassette complète à T°C ambiante • Analyse dans les 8 jours 	<ul style="list-style-type: none"> • Coupelle à T°C ambiante • Analyse dans les 30 jours
Analyse	Comptage des colonies sur milieu gélosé après incubation appropriée	Dosage et détection par spectrophotométrie (LAL)	Dosage par chromatographie en phase liquide, détection par fluorimétrie (et UV pour la M-426)
Expression du résultat	UFC.m ⁻³ (Unités formant colonies par mètre cube d'air)	UE.m ⁻³ (Unités endotoxines par mètre cube d'air)	ng.m ⁻³ (Nanogrammes par mètre cube d'air)

validées par l'INRS dans un objectif d'harmonisation des pratiques dans le réseau Assurance maladie – risques professionnels (AM-RP). Concernant les bioaérosols, cette base de données comprend trois sortes de méthodes : la mesure des bactéries et moisissures cultivables (M-147), la méthode associée au prélèvement et au dosage des endotoxines (M-454) et les méthodes de mesure d'une ou de plusieurs mycotoxines (M-45, M-46, M-48, M-306, M-une synthèse de ces méthodes).

La méthode de mesure des micro-organismes cultivables (M-147) repose sur un prélèvement d'air réalisé à l'aide d'une cassette fermée, suivi d'un dénombrement des bactéries et des moisissures qui se développent sur les milieux de culture après étalement et incubation aux conditions appropriées [4]. Il est possible d'identifier une ou plusieurs espèces obtenues après culture par spectrométrie de masse (MALDI-ToF) ou séquençage de l'ADN (méthode de Sanger), par exemple. Cette méthode fait actuellement l'objet d'une mise à jour, afin d'identifier les milieux et les concentrations en antimicrobiens nécessaires les plus appropriés.

En effet, dans certains environnements de travail, les milieux de culture utilisés ne sont pas suffisamment discriminants entre bactéries et moisissures, ce qui peut empêcher un dénombrement et donc une évaluation correcte de l'exposition aux micro-organismes.

Le prélèvement des endotoxines (méthode M-454) est associé à un dosage spectrophotométrique. Cette méthode de mesure a récemment été optimisée, permettant notamment le transport des échantillons récoltés à température ambiante, au contraire des échantillons dédiés à la quantification par culture [6].

Concernant les mycotoxines, la méthode de prélèvement est différente et utilise un CIP10 (capteur individuel de poussières), équipé d'une coupelle rotative contenant une mousse filtrante en polyuréthane et d'un sélecteur de la fraction inhalable. Les prélèvements ainsi réalisés peuvent être conservés jusqu'à 30 jours à température ambiante avant d'être analysés (extraction à l'aide d'un mélange de solvants, concentration sur colonne d'immuno-affinité, et dosage par chromatographie en phase liquide) [7].

La caractérisation des bioaérosols peut se faire en utilisant d'autres approches ne faisant pas encore l'objet de méthodes MetroPol. Les méthodes basées sur la biologie moléculaire, par exemple, peuvent être utiles pour caractériser de manière complémentaire l'exposition professionnelle aux bioaérosols. Le principe de cette technique repose sur l'utilisation du génome des micro-organismes pour leur identification ou leur quantification. La culture des micro-organismes n'est pas une étape nécessaire, ce qui permet d'avoir une vision plus globale des espèces en présence au-delà des seuls micro-organismes cultivables. La PCR quantitative (qPCR²) peut par exemple permettre d'identifier ou de quantifier spécifiquement un groupe (e.g. les moisissures), un genre (e.g. les *Penicillium*) ou bien une espèce microbienne précise (e.g. le *Penicillium nalgiovense*). La qPCR spécifique requiert la connaissance préalable du micro-organisme cible. Lorsqu'un diagnostic plus complet est nécessaire pour évaluer l'exposition, le séquençage haut débit permet de réaliser un *screening* sans *a priori* des micro-organismes en présence et de connaître leur abondance relative. L'identification jusqu'à l'espèce peut être limitée, en raison des outils bio-

↑ **TABLEAU 1**
Présentation synthétique des méthodes MetroPol disponibles pour la mesure des bioaérosols dans l'air des lieux de travail. PC = Polycarbonate. PTFE = Teflon. FV= Fibres de verre.





© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS / 2023

Opérateur s'équipant d'EPI pour réaliser le nettoyage d'un éclosoir au détergent.

informatiques utilisés ou des bases de données à disposition. L'utilisation de la biologie moléculaire est également une voie d'étude concernant la métrologie des virus, pour lesquels la culture peut parfois s'avérer complexe. Enfin, la métrologie en temps réel des bioaérosols, reposant par exemple sur la fluorescence naturelle de certains composés spécifiques aux micro-organismes, fait également partie des perspectives d'avenir. Ces appareils peuvent apporter des éléments sur la granulométrie des particules émises et permettre de diagnostiquer rapidement des situations de travail dégradées et d'identifier des actions correctives à mettre en place [8].

Interprétation des résultats de mesurage

Plusieurs éléments peuvent être utilisés pour interpréter les résultats de mesurages obtenus : les mesures de référence, les données contextuelles et les bases de données. L'évaluation quantitative des bioaérosols comprend toujours des mesures de référence réalisées dans des lieux supposés non contaminés par les activités de l'entreprise (bureau, air extérieur) pour évaluer le « bruit de fond ». Ces mesures de référence réalisées hors de la zone de travail d'intérêt permettent de vérifier

que les bioaérosols détectés dans l'atmosphère de travail sont bien générés par l'activité de l'entreprise. L'air extérieur est une référence incontournable, car généralement faiblement contaminé. Ces mesures de référence jouent un rôle important dans l'interprétation des données (par comparaison) et peuvent présenter un intérêt pédagogique pour démontrer l'origine de la pollution. Les données contextuelles apportent des éléments complémentaires à la compréhension de l'exposition professionnelle. Ces données peuvent être environnementales (température, humidité relative, etc.) ou organisationnelles (durée d'exposition, type de tâches effectuées au cours de la journée, etc.).

À long terme, l'exploitation de nombreux résultats de mesure compilés dans des bases de données permet une analyse robuste de ces données et la création d'outils d'aide à l'interprétation, tels que des valeurs guides. En 2015, des valeurs guides endotoxines ont ainsi été proposées grâce à l'exploitation de 1044 mesures. De même, des valeurs guides bactéries et moisissures cultivables ont été élaborées en 2023, après l'exploitation de plus de 5 000 données regroupées dans la base de données Colchic³ et représentant 11 années de mesures.

Ces valeurs permettent d'harmoniser l'interprétation des résultats d'exposition aux polluants ciblés et aident à prioriser et à mettre en place les actions de prévention. L'utilisation de nouvelles méthodes de mesure conduira nécessairement à une réflexion autour d'outils similaires (base de données appropriées, établissement de valeurs guides, etc.).

Mesures de prévention

L'évaluation du risque conduit à la mise en place des actions de prévention. La prévention du risque biologique lié à l'exposition aux micro-organismes implique la mise en place de moyens techniques ou organisationnels visant à agir le plus en amont possible en vue de supprimer le danger si cela est possible et réduire les expositions. Plusieurs niveaux d'intervention sont envisageables.

- Un premier niveau d'action possible concerne la suppression des matières contenant des agents biologiques (par exemple, éliminer régulièrement les poussières déposées sur les surfaces dans un centre de tri des ordures ménagères, avec un risque de ré-aérosolisation) ou l'élimination de ces derniers dans les matières (utilisation de biocides dans un réseau de fluide de coupe). Cependant, une telle action n'est pas forcément possible lorsque les micro-organismes concernés sont impliqués dans un procédé de fabrication (par exemple, dégradation du compost, affinage des fromages, etc.) et, dans ce cas, une action à un autre niveau sera nécessaire. La substitution des micro-organismes présents dans les matières par des agents biologiques présentant moins de

danger constitue une alternative (moisissures couvrant certains produits de charcuterie).

- Le deuxième niveau d'action vise à limiter l'émission à la source des agents biologiques. Pour cela, il est possible de modifier les paramètres du procédé ou les modalités de réalisation d'une tâche afin de les rendre moins émissifs (par exemple, proscrire l'utilisation de jet d'eau ou d'air à haute pression favorisant la création d'aérosols). Un capotage et/ou une ventilation localisée peuvent aussi être employés afin de réduire les concentrations en micro-organismes à l'émission (capotage des machines d'usinage des métaux).
- La mise en place d'une ventilation générale constitue un troisième niveau d'action qui permet de limiter la concentration en micro-organismes dans l'air ambiant de l'environnement de travail (par exemple, plénums soufflant dans les cabines de tri des déchets ou lors de l'abattage des volailles), comme décrit dans l'article suivant (Cf. pp. 46-50).

Pour certaines situations de travail, les actions de prévention doivent être effectuées au plus près du salarié à son poste de travail. Des modifications organisationnelles dans le temps et l'espace peuvent être réalisées afin d'éloigner les travailleurs des sources d'émissions et des zones polluées (mécanisation de procédés). Des réflexions techniques autour de la réalisation des gestes et tâches visant à limiter les expositions (geste de broyage de fromages lors de l'affinage, par exemple) peuvent également être menées.

En dernier recours, des équipements de protection individuelle (EPI) peuvent être employés ; toutefois, ces EPI peuvent représenter une contrainte pour le travailleur et leur efficacité de protection peut être limitée par un choix inadapté ou un port inapproprié⁴.

En général, des actions à plusieurs niveaux sont nécessaires pour limiter les expositions et les risques associés, et l'information ainsi que la formation du personnel sont essentielles (Cf. pp. 61-64).

Conclusion

Pour prévenir les risques liés aux bioaérosols, une analyse des situations de travail est nécessaire afin de mettre en évidence les réservoirs d'agents biologiques, les procédés propices à une émission ou les circonstances d'exposition représentant un risque et sur lesquelles il est possible d'agir en prévention. L'outil « Évaluation des risques biologiques » (Cf. Article pp. 35-40) peut aider à cette analyse.

De même, L'approche métrologique permet d'évaluer l'exposition aux bioaérosols et fournit des informations utiles pour mettre en place des moyens de prévention adaptés et vérifier leur efficacité. La base de données MétroPol met ainsi à disposition des méthodes validées, et de nouvelles

sont développées progressivement afin d'évaluer de façon plus exhaustive l'exposition aux bioaérosols. Les valeurs guides définies par le réseau AM-RP permettent d'interpréter de manière harmonisée les résultats de mesure ainsi obtenus. *In fine*, l'évaluation du risque doit permettre de définir les actions de prévention à mettre en place pour limiter ces risques en agissant à différents niveaux : suppression de réservoirs, modification de tâches et de procédés, ou encore action sur la ventilation générale.

Une journée technique sur le thème des bioaérosols a été organisée par l'INRS le 26 novembre 2024. Les interventions sont accessibles en rediffusion sur le site de l'INRS : www.inrs.fr ●

1. *Métabolites : molécules produites par les réactions chimiques se déroulant dans l'organisme.*

2. *qPCR : Polymerase chain reaction quantitative ou PCR en temps réel. Technique d'amplification d'une séquence spécifique d'ADN, permettant de connaître en temps réel la quantité d'ADN produite.*

3. *La base de données Colchic regroupe l'ensemble des mesures d'expositions effectuées sur les lieux de travail obtenues à l'aide des méthodes harmonisées, éditées dans la base de données MétroPol. Voir : <https://www.inrs.fr/publications/hst/bases-de-donnees.html>*

4. *Sur les EPI, leurs port et ajustement, voir : Dossier – Les EPI : dernier rempart contre le risque. Hygiène & sécurité du travail, 2024, 276, DO 45, pp. 22-48. Accessible sur : <https://www.hst.fr>*

BIBLIOGRAPHIE

[1] **OPPLIGER A., DUQUENNE P.** – Chapter 8: Highly contaminated workplaces, in *environmental mycology*. In : VIEGAS C. ET AL. (dir.s) – *Public health : Fungi and mycotoxins risk assessment and management*. Amsterdam, Academic Press, 2016, pp. 79-105.

[2] **SIMON X., DUQUENNE P.** – Expositions professionnelles aux aérosols de moisissures : exemple dans une cave d'affinage de fromages. *Hygiène & sécurité du travail*, 2013, 232, pp. 52-55. Accessible sur : www.hst.fr

[3] **BURZONI S.** – Risque biologique dans le secteur du compostage : élaboration d'une méthode d'aide à son évaluation. *Hygiène & sécurité du travail*, 2024, 275, pp. 64-70. Accessible sur : www.hst.fr

[4] **INRS** – Base de données Metropol. Accessible sur : www.inrs.fr/publications/bdd/metropol

[5] **DAVID C. ET AL.** – Valeurs guides bactéries et moisissures cultivables : interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols. *Hygiène & sécurité du travail*, 2023, 271, pp. 55-63. Accessible sur : www.hst.fr

[6] **LOISON P., ALONSO A., COULAIS C., SIMON X.** – Optimisation de la méthode de mesure des endotoxines dans l'air des lieux de travail. *Hygiène & sécurité du travail*, 2024, 274, pp. 51-56. Accessible sur : www.hst.fr

[7] **JARGOT D., MELIN S., NDAW S.** – Mycotoxines dans l'air des lieux de travail : les méthodes de mesure évoluent. *Hygiène & sécurité du travail*, 2018, 251, pp. 70-75. Accessible sur : www.hst.fr

[8] **MARCHAND G. ET AL.** – *Évaluation des bioaérosols et des composés gazeux émis lors des compostages de résidus agroalimentaires et résidentiels*. Québec, IRSST, Rapport Scientifique R-960, 2017.

VENTILER LES LOCAUX DE TRAVAIL POUR PRÉVENIR LES RISQUES BIOLOGIQUES

Pour prévenir les risques liés à des agents biologiques en suspension dans l'air des locaux de travail, plusieurs mesures de protection collective basées sur la ventilation peuvent être mises en œuvre. Il s'agit prioritairement de confiner les procédés exposants, capter les bioaérosols au plus proche de leur source et renouveler l'air des locaux de travail. Dans le cas d'une ventilation générale permettant de diluer les bioaérosols émis par voie respiratoire, la mesure de concentration en dioxyde de carbone peut servir d'indicateur du renouvellement de l'air. Il est possible de limiter le coût énergétique de ces mesures en ventilant les locaux où et quand cela est nécessaire, et en installant des récupérateurs de chaleur. D'autres solutions, comme le recyclage d'air après filtration, peuvent venir en complément des apports d'air neuf en cas de nécessité, sous réserve de respecter différentes précautions.

ROMAIN
GUICHARD,
JONATHAN
CHÉRON,
EMMANUEL
BELUT
INRS,
département
Ingénierie des
procédés

La ventilation des locaux de travail pour la prévention des risques biologiques a pour objectif de réduire la concentration de polluants présents dans l'air intérieur. Ces polluants incluent des agents biologiques pathogènes tels que certaines bactéries, virus ou champignons. Leurs origines peuvent être variées, allant des travailleurs eux-mêmes (possibles vecteurs d'agents pathogènes : virus de la Covid-19, etc.) aux activités réalisées dans les locaux de travail. La réglementation distingue les locaux à pollution non spécifique, où les agents biologiques sont uniquement liés à la présence des travailleurs, des locaux à pollution spécifique, où ces agents sont émis par l'activité et les procédés [1].

Les polluants biologiques peuvent présenter un risque pour la santé des travailleurs en se transmettant notamment par la voie respiratoire, lorsqu'ils sont émis dans l'air sous la forme de particules solides ou liquides (gouttelettes) contenant des agents contaminants. Le comportement de ces bioaérosols entre leur émission et leur inhalation est influencé par de nombreux facteurs. Les particules peuvent être transportées dans l'air, s'évaporer, sédimenter et se déposer sur des surfaces en fonction de leur taille, de leur densité et des conditions environnementales, telles que la température, l'humidité, la vitesse et la turbulence de l'air. La connaissance des caractéristiques des bioaérosols émis est un préalable pour dimensionner le système de ventilation le plus adapté (Cf. Encadré).

Selon la démarche de prévention, après avoir mis en place des mesures de substitution et de réduction des sources de polluants, il est essentiel de s'intéresser aux moyens de protection collective basés sur la ventilation pour limiter l'exposition des travailleurs aux agents biologiques dangereux. Ces moyens visent en priorité à confiner et à capter les bioaérosols au plus près de leur source d'émission, à compenser l'air extrait et à assurer un renouvellement efficace de l'air. Quel que soit le système de ventilation installé, l'entreprise doit disposer d'un dossier d'installation de ventilation, établi lors de sa réception, qui permet de réaliser l'entretien et le contrôle du système de ventilation afin de conserver ses performances initiales [2].

Confinement, captage à la source et compensation d'air

En isolant les sources de pollution biologique, le confinement empêche la dispersion des agents pathogènes dans l'atmosphère de travail. Il s'agit en pratique de réaliser une enceinte de confinement statique, qui peut être mise en dépression par une extraction d'air afin de renforcer la protection des travailleurs. Par exemple, les boîtes à gants utilisées dans les laboratoires d'analyses vétérinaires ou médicales reposent sur ce principe. Dans le cas où il n'est pas possible d'isoler complètement la source de pollution, le captage à la source est utilisé pour aspirer le flux de polluants au plus près de leur émission, permettant également d'éviter leur dispersion dans l'atmosphère

ENCADRÉ

« LES AÉROSOLS » : UNE THÉMATIQUE DE L'INRS EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ AU TRAVAIL À L'HORIZON 2028

Poussières, fumées, brouillards, particules fines... Autant de noms pour désigner des polluants omniprésents dans l'air des lieux de travail, et que l'on regroupe sous l'appellation d'aérosols.

Plus précisément, le terme « aérosol » désigne un ensemble de particules liquides ou solides en suspension dans l'air, et en interaction avec ses différents constituants. Conventionnellement, on considère que seules les particules de moins de 100 µm de diamètre aérodynamique* restent suffisamment longtemps en suspension pour former un aérosol.

Les aérosols peuvent être sources de risques biologiques, par inhalation, par voie cutanée, ou par ingestion. Ces aérosols ont particulièrement été mis sur le devant de la scène lors de la pandémie de Covid-19, comme vecteur débattu de transmission. Cet épisode a révélé des lacunes persistantes, notamment en ce qui concerne la réduction à la source de la production d'aérosols et les processus régissant leur transport en situation réelle. Les aérosols biologiques sont particulièrement concernés, car leur dangerosité évolue parfois rapidement lors de leur dissémination, du fait de l'inactivation de leur contenu ou de leur dégradation au cours de leur vieillissement dans l'air.

Au regard de ces enjeux pour la santé et la sécurité au travail, l'INRS a souhaité mettre en place un ensemble d'actions coordonnées sur les aérosols dans son plan stratégique à l'horizon 2028. Cette thématique propose une approche transversale et concertée de la prévention du risque aérosol, selon une vision globale du cycle de vie de ces polluants, allant de leur production (la source) à l'exposition des salariés, en passant par les phénomènes de transfert dans les atmosphères de travail et dans les dispositifs de prélèvements.

*Diamètre de la sphère de masse volumique 1 000 kg.m⁻³ ayant la même vitesse de sédimentation que la particule considérée.

de travail. Par exemple, dans un cabinet dentaire, le système d'aspiration haute vitesse permet de capter efficacement les aérosols formés à partir de fluides et de débris buccaux lors des interventions, limitant ainsi fortement le risque de contamination. Afin d'optimiser son efficacité, le système de captage doit être adapté à la nature du polluant émis et aux caractéristiques de l'émission (température, vitesse, débit et direction). L'air



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2023

ainsi capté est ensuite transporté par un réseau de ventilation et rejeté à l'extérieur après épuration [3]. Un autre exemple est l'utilisation d'une enceinte ventilée dans le secteur agroalimentaire (Cf. Photo 1).

La mise en œuvre d'un système de captage à la source doit être accompagnée d'une réflexion sur la compensation de l'air capté. En effet, tout air prélevé dans un local doit être compensé pour maintenir l'équilibre entre les quantités d'air entrantes et sortantes. Cela évite la mise en dépression des locaux de travail qui pourrait compromettre l'efficacité des systèmes de confinement, de captage et de la ventilation générale. De plus, la compensation d'air contribue au renouvellement de l'air en diluant les polluants non captés [4].

Ventilation générale

Dans les locaux à pollution spécifique, la ventilation générale est un complément indispensable au

↑ PHOTO 1
Enceinte ventilée limitant la dispersion d'agents biologiques (bactéries et moisissures) issus de saucissons dans l'industrie agroalimentaire.





© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2017

↑ PHOTO 2
Laboratoire de virologie maintenu en dépression afin d'éviter toute fuite de micro-organismes vers le milieu extérieur.

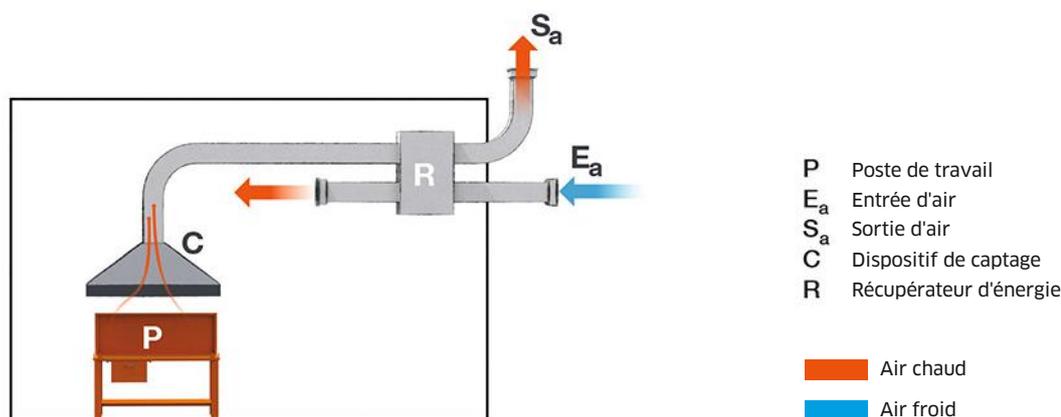
captage à la source, car elle permet de diluer les polluants qui n'ont pas été captés directement à l'émission. Elle constitue également une méthode efficace pour réduire l'exposition des travailleurs aux polluants provenant de sources diffuses qui ne peuvent pas être captées. Son fonctionnement repose sur un apport d'air neuf diffusé dans le local de travail de la façon la plus homogène. Il est possible d'y associer un contrôle de la température et de l'humidité ambiante, afin d'éviter la multiplication des agents biologiques tels que les moisissures. Les débits minimaux à mettre en œuvre ne peuvent être inférieurs à ceux prévus pour les locaux à pollution non spécifique [5].

La ventilation générale doit respecter plusieurs principes essentiels pour assurer son fonctionnement optimal. Le positionnement, la géométrie et la taille des entrées et des sorties d'air doivent être judicieusement choisis de sorte à favoriser la répartition de l'air, tout en évitant les courants d'air et les sensations d'inconfort thermique pour les occupants [3]. Dans le cas général, chaque entrée d'air doit être compensée par une sortie correspondante afin de maintenir l'équilibre des pressions dans le local. Cependant, certains environnements particuliers comme les salles propres, souvent utilisées en contexte de risque biologique, peuvent être maintenus en dépression par rapport aux zones environnantes pour éviter la propagation des contaminants d'une zone à l'autre (Cf. Photo 2). Enfin, la ventilation générale peut nécessiter l'intégration de systèmes de filtration pour épurer l'air avant insufflation dans le local et avant rejet à l'extérieur.

Dans le cas des locaux à pollution non spécifique, il peut être difficile d'estimer les apports d'air neuf lorsque les entrées d'air neuf sont diffuses ou que la ventilation est naturelle par ouverture des fenêtres ou des portes. La mesure de la concentration en dioxyde de carbone (CO_2) peut alors servir d'indicateur du renouvellement de l'air d'un local de travail [6]. L'air d'un local à pollution non spécifique est ainsi considéré comme correctement renouvelé lorsqu'il présente une augmentation de la concentration en CO_2 par rapport à l'air extérieur inférieure à 400 ppm [7]. Cette mesure permet d'identifier les locaux dans lesquels les apports d'air neuf sont insuffisants par rapport à la réglementation en vigueur et aux recommandations en matière de prévention [8]. Des outils de calcul permettent d'estimer au préalable la concentration en CO_2 attendue dans un local de travail [9] et d'adapter en conséquence les mesures à suivre : réduction du nombre d'occupants simultanés, diminution de la durée de présence maximale des occupants ou amélioration du taux de renouvellement d'air par modification du système de ventilation. Ces méthodes peuvent être appliquées dans de nombreux contextes où l'occupation d'un local est variable, à l'instar des salles de réunion, des salles de formation ou des modules de chantier.

Compatibilité avec les objectifs de sobriété énergétique

Les débits de ventilation à mettre en œuvre sont fonction de la source de pollution émise. Ainsi, toute réduction de l'émission contribue, au-delà de la prévention des risques professionnels à la source, à limiter les besoins en ventilation et la consommation énergétique associée. Par exemple, dans le cas d'un soin dentaire, le rinçage préalable de la bouche d'un patient, l'utilisation de tampons



↑ FIGURE 1 Schéma de principe d'une installation de ventilation à double flux permettant de récupérer des calories de l'air extrait pour préchauffer l'air entrant.

salivaires ou d'une digue dentaire sont autant de mesures qui permettent de limiter l'émission de bioaérosols. On peut ensuite travailler sur les systèmes de captage en les rendant plus enveloppants. Une meilleure efficacité de captage permet alors de limiter les besoins en ventilation générale, qui sert à diluer les bioaérosols non captés. Un travail sur l'efficacité de captage représente aussi une piste de réduction des débits d'extraction et de compensation d'air, qui concourt à maintenir un niveau de protection constant.

La ventilation modulée est à explorer pour limiter les consommations d'énergie liées au conditionnement de l'air des locaux de travail. Il s'agit d'adapter les débits de captage et les apports d'air neuf au besoin réel en matière de prévention des risques, au moyen d'une ventilation à débit variable.

Un débit minimal est alors utilisé lorsque les locaux sont inoccupés, un débit nominal (intermédiaire) lorsque l'occupation des locaux est normale, et un débit plus élevé en cas de situation exceptionnelle. Ce fonctionnement, basé par exemple sur une programmation horaire, un déclenchement manuel ou automatique lié à l'utilisation d'une machine, ou encore la détection d'un polluant dans l'air par un capteur, nécessite un entretien rigoureux et doit permettre un niveau de protection équivalent à un fonctionnement continu. Cela n'est possible que si la source de bioaérosols est clairement identifiée lors de la conception, qu'elle soit liée à la présence de personnes ou à une activité bien précise.

La dernière piste pour limiter la consommation d'énergie liée au conditionnement de l'air est d'envisager la récupération de calories sur l'air extrait. De préférence, un échangeur de chaleur sera mis en place afin de préchauffer l'air introduit dans les locaux par échange thermique avec l'air extrait, réduisant ainsi les besoins en chauffage (Cf. Figure 1). Ce système, communément appelé

« ventilation à double flux », doit être entretenu pour conserver son efficacité initiale. Des échangeurs de chaleur assurant une étanchéité parfaite entre l'air extrait et l'air neuf doivent être choisis, et ils doivent être réalisés dans des matériaux résistant aux polluants potentiellement présents dans l'air extrait afin que cette étanchéité soit garantie dans le temps.

Pour réduire les besoins en chauffage, il peut enfin être envisagé de recycler une partie de l'air extrait afin de le réintroduire dans le même local après filtration. Le recyclage de l'air nécessite de nombreuses précautions décrites dans les articles R. 4222-14 à R. 4222-17 du Code du travail [10] :

- l'air provenant d'un local à pollution spécifique ne peut être recyclé que s'il est efficacement épuré pour tous les polluants émis. Pour cette raison, il est conseillé de privilégier une filtration à haute efficacité dans le cas des bioaérosols, ce qui nécessite un entretien rigoureux du système de ventilation. L'air recyclé ne peut être envoyé dans d'autres locaux que si la pollution de tous les locaux concernés est de même nature. En cas de recyclage, les concentrations de poussières et substances dans l'atmosphère du local doivent demeurer inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelle réglementaires, qu'elles soient contraignantes ou indicatives. Il faut noter que certains agents biologiques peuvent se développer sur les filtres et dans les condensats des centrales de traitement de l'air, induisant un risque de réintroduction d'un air pollué dans les locaux. Cette situation doit être évitée par une maintenance minutieuse des installations ;
- les installations de recyclage doivent comporter un système de surveillance permettant de détecter les défauts des dispositifs d'épuration. En cas de défaut, les mesures nécessaires doivent être prises immédiatement par l'employeur pour





© Claude Almodovar pour l'INRS / 2016

maintenir le respect des valeurs limites d'exposition professionnelle réglementaires contraignantes, le cas échéant en arrêtant le recyclage ;

- en cas de recyclage de l'air, les conditions de celui-ci sont portées à la connaissance du médecin du travail, des membres du CSE ou, à défaut, des délégués du personnel. Ces personnes sont également consultées sur toute nouvelle installation ou toute modification des conditions de recyclage.

L'arrêté du 8 octobre 1987 modifié relatif au contrôle périodique des installations d'aérations et d'assainissement des locaux de travail [11] définit le contenu du dossier d'installation et les contrôles périodiques à effectuer. Dans le cas d'une installation avec recyclage, les contrôles périodiques doivent être effectués au moins tous les six mois.

Conclusion

La ventilation des locaux de travail, qu'elle repose sur le confinement des procédés, le captage à la source ou la ventilation générale, est essentielle pour limiter l'exposition aux bioaérosols. Le confinement et le captage à la source permettent de limiter la dispersion des polluants émis dans le local de travail, tandis que la ventilation générale assure le renouvellement de l'air de façon à diluer les polluants résiduels. Ces mesures doivent cependant rester compatibles avec des objectifs de sobriété énergétique. Pour y répondre, de nombreux leviers existent, qui aident à optimiser le fonctionnement des systèmes de ventilation sans compromettre la qualité de l'air intérieur des lieux de travail. ●

Laboratoire pharmaceutique de production de vaccins et de médicaments pour animaux.

BIBLIOGRAPHIE

[1] **CODE DU TRAVAIL** – Article R. 4222-3. Accessible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000018532336

[2] **INRS** – *Le dossier d'installation de ventilation*. ED 6008. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206008>

[3] **INRS** – *Principes généraux de ventilation*. ED 695. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20695>

[4] **INRS** – *La compensation contrôlée d'une installation de ventilation*. ED 86. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%2086>

[5] **CODE DU TRAVAIL** – Articles R. 4222-6 et R. 4222-11. Accessibles sur : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000018532316

[6] **GALLAND B., GÉRARDIN K.** – Mesure en temps réel du dioxyde de carbone dans les espaces de travail. *Hygiène & sécurité du travail*, 2022, 266, NT 96, pp. 43-52. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2096>

[7] **GUICHARD R., GÉRARDIN F.** – Améliorer la ventilation des locaux de travail du tertiaire, pendant et après la pandémie de covid-19. *Hygiène & sécurité du travail*, 2021, 264, NT 92, pp. 53-61. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2092>

[8] **HAUT CONSEIL DE LA SANTÉ PUBLIQUE** – *Avis du 08/02/2024 - Adaptations envisageables en matière d'aération et de ventilation des locaux, autres que ceux d'habitation ou d'hébergement, dans un contexte de sobriété énergétique*.

Accessible sur : <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1385>

[9] **INRS** – *Ventilation et CO₂ : outil de calcul*. Outil n°97. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil97>

[10] **CODE DU TRAVAIL** – Articles R. 4222-14 à R. 4222-17. Accessibles sur : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072050/LEGISCTA000018488886/

[11] **ARRÊTÉ DU 8 OCTOBRE 1987 MODIFIÉ** relatif au contrôle périodique des installations d'aérations et d'assainissement des locaux de travail. Accessible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000863044/>

RETOUR D'EXPÉRIENCE EN CENTRE DE TRI DE DECHETS RECYCLABLES : MÉTROLOGIE ET RECOMMANDATIONS POUR LA PRÉVENTION

Le laboratoire des biocontaminants de la Cramif a effectué des mesures en centre de tri de déchets recyclables. Les résultats ont montré des expositions aux poussières et aux bioaérosols pour les postes de nettoyage et de trieurs en cabine. L'interprétation des résultats, basée sur les valeurs guides définies par le réseau Assurance maladie – Risques professionnels pour les bioaérosols, a permis d'orienter les actions de prévention.

**BRIGITTE
FACON,
VALÉRIE
RENEVOT,
ALEXANDRA
PEDROS**

Caisse régionale
d'assurance
maladie d'Ile-de-
France (Cramif),
Laboratoire des
biocontaminants

**CORINNE
DOGAN**

Cramif, Centre
de mesures
et de contrôles
physiques

Le Laboratoire des biocontaminants (LBC) de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Ile-de-France (Cramif) a été sollicité par un contrôleur de sécurité pour une assistance à l'analyse des risques biologiques dans un centre de tri de déchets recyclables. Le constat visuel de poussières en quantité importante dans l'environnement de travail a conduit le contrôleur à s'interroger sur les effets possibles sur la santé des salariés. Étant donné la nature des déchets traités et l'expérience acquise par le réseau Assurance maladie – Risques professionnels (AM-RP) sur ce secteur d'activité [1], la présence d'agents biologiques a été suspectée.

L'établissement réalise le tri des déchets recyclables collectés dans les communes avoisinantes (papiers, cartons, journaux, bouteilles en PET (polyéthylène-téréphtalate), pots de yaourts, barquettes de viande, films plastiques...). Le centre de tri est constitué d'un bâtiment de grandes dimensions, aéré naturellement par des ouvrants. L'activité se déroule de la manière suivante :

- les bennes de collecte déversent au sol les déchets qui sont ensuite stockés en alvéoles. Ils sont repris, chargés dans une trémie et transférés par convoyeur mécanique vers le tri manuel ;
- dans la cabine de pré-tri, les déchets indésirables sont retirés manuellement du flux par quatre opérateurs (gros volumes, métal, déchets électroniques, bois...);
- les déchets sont ensuite acheminés vers les trieurs optiques. Des points de captage localisé sont installés au niveau du convoyage et du tri mécanique

afin de diminuer la dispersion des particules dans le bâtiment ;

- les déchets sont triés manuellement par des opérateurs en cabine principale qui compte quatre lignes de tri : corps creux, corps plats, emballages ménagers résiduels (EMR) et refus ;
- les différents matériaux sont compactés en balle par une presse, puis stockés dans une zone dédiée. Les cabines sont situées à l'intérieur du bâtiment en mezzanine, à proximité des équipements (trieurs, convoyeurs...). Les postes de travail en cabines sont répartis de part et d'autre des tapis de convoyage. Les salariés retirent les déchets du flux en fonction de leur nature et les jettent, *via* des goulottes, dans des alvéoles situées en dessous. En fin de poste et plusieurs fois par jour, ils ramassent et balayent les déchets tombés au sol. Les tâches de tri sont répétitives et réalisées de manière identique tous les jours. Des plénums de soufflage d'air sont positionnés au-dessus des postes de travail afin d'apporter de l'air neuf au niveau des voies respiratoires des trieurs, de rabattre les poussières émises lors du tri vers les goulottes et de placer la cabine en surpression. Les opérateurs de nettoyage réalisent le balayage des installations et du sol. Ils interviennent à tous les niveaux du bâtiment, à proximité des équipements en fonctionnement (convoyeurs, trieurs optiques...). Les tâches sont sensiblement identiques pendant toute la durée du poste, tous les jours de travail.

Méthodologie

Dans un premier temps, le LBC est intervenu dans l'entreprise afin de recueillir les informations



ENCADRÉ

INFORMATIONS À RECUEILLIR POUR ANALYSER LES SITUATIONS DE TRAVAIL EN CENTRE DE TRI DE DÉCHETS RECYCLABLES

- **Informations générales sur l'entreprise**
- **Procédé de production**
 - Implantation géographique - environnement (urbain...) - plans - répartition d'activité dans les locaux - type de lieu de travail.
 - Description du processus - machines et matériels utilisés - flux matières - personnel - répartition des zones - gestion des flux.
 - Produits entrants - intermédiaires - produits fabriqués et coproduits - conditionnements - déchets.
 - Stockage (durée, température...) des produits, sous-produits, déchets - organisation *First in / First out*.
 - Organisation du travail : répartition des postes - horaires - lieux et postes de travail - environnement - équipements et procédures de travail.
- **Risques biologiques : recherche de la chaîne de transmission**
 - Sources potentielles d'agents et produits biologiques.
 - Voies de transmission.
 - Personnes exposées.
- **Analyse des situations de travail**
 - Postes de travail - tâches effectuées - environnement et ergonomie - matériel utilisé et méthodes de travail...
 - Situations d'exposition : source et type de polluants - circonstances d'exposition - tâches ou phases de travail exposantes - fréquence, durée et intensité d'exposition - configuration des postes de travail (proximité de la source de pollution) - salariés exposés - groupes d'exposition similaire (GES).
 - Mesures de protection collective / individuelle - ventilation générale - captages localisés - autres...
 - Postes de nettoyage, de maintenance.
- **Observations *in situ* spécifiques aux centres de tri**
 - Infrastructures : état des matériels et des structures, rangement général, propreté des locaux, présence de poussières, de nuisibles.
 - Protection collective : moyens existants, ventilation mécanique, générale, localisée, fonctionnement, état, localisation, entretien, contrôles périodiques.
 - Existence et état des équipements de protection individuelle (EPI).
 - Poste ou tâche particulière : spécificités, expositions particulières, matériels et moyens de protection.
 - Risques particuliers.

nécessaires à une bonne compréhension de l'activité et du procédé (Cf. Encadré). L'objectif était d'observer les situations de travail, afin de repérer les sources d'agents biologiques, les voies de transmission possibles et les personnes exposées. Sur la base des éléments récoltés, le LBC a décidé de réaliser des mesures d'exposition aux poussières inhalables et aux bioaérosols (endotoxines, bactéries et moisissures cultivables), afin de caractériser les expositions professionnelles. Des mesures d'ambiance et individuelles au niveau

des voies respiratoires des opérateurs ont été organisées selon un plan d'échantillonnage défini à partir des constats et des observations *in situ*.

Les postes de travail en cabine de pré-tri et de tri, ainsi que le poste de nettoyage, repérés comme potentiellement exposants, ont été priorités dans les mesures, réalisées selon les modalités suivantes :

- des prélèvements individuels ont été effectués sur les deux salariés de la cabine de pré-tri, l'un équipé pour les mesures de poussières inhalables et d'endotoxines, l'autre pour les micro-organismes (bactéries et moisissures cultivables) ;
- dans la cabine de tri principale, deux salariés sur la ligne EMR ont été équipés, l'un pour les prélèvements de poussières inhalables et d'endotoxines, l'autre pour les micro-organismes. Le salarié sur la ligne refus a été équipé pour les prélèvements de poussières inhalables et d'endotoxines, les mesures pour les micro-organismes étant réalisées par poste fixe à proximité de la personne ;
- l'opérateur de nettoyage a été équipé pour des prélèvements d'endotoxines et de poussières inhalables ;
- des mesures en point fixe à hauteur des voies respiratoires ont été réalisées dans les cabines de pré-tri, de tri et à proximité des trieurs optiques pour les poussières inhalables, les endotoxines et les micro-organismes.

Il a été procédé, en parallèle, à une mesure de référence pour les endotoxines et les micro-organismes, par prélèvement d'ambiance à l'extérieur, en zone hors pollution spécifique aux activités. Afin de compléter l'analyse des situations de travail, le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Cramif (CMP) a également été sollicité pour évaluer le fonctionnement du dispositif de ventilation installé dans les cabines.

Les prélèvements et analyses des polluants ont été menés selon les protocoles décrits dans les fiches MétroPol de l'INRS¹.

Résultats et interprétation

L'ensemble des résultats est présenté dans le *Tableau*. Les valeurs suivantes sont prises en référence :

- pour les endotoxines, les valeurs guides (VG) de 200 et 1000 UE/m³ sont utilisées pour interpréter les résultats de mesure [2] ;
- pour les micro-organismes (bactéries et moisissures cultivables), les valeurs guides de 100 000 et 1 000 000 UFC/m³ sont utilisées [3] ;
- pour les poussières inhalables : la présence d'agents biologiques au sein des poussières leur confère une spécificité à l'origine d'effets particuliers sur la santé. Dans ce cas, les concentrations moyennes en poussières à ne pas dépasser dans les locaux à pollution spécifique [4] ne consti-

		POUSSIÈRES INHALABLES (mg/m ³)	ENDOTOXINES (UE/m ³)	BACTÉRIES ET MOISSURES (UFC/m ³)
Valeur de référence		Concentration maximale en poussière (moyenne à ne pas dépasser dans les locaux à pollution spécifique : 4 mg/m ³)	Valeur guide : 200 UE/m ³	Valeur guide : 100 000 UFC/m ³
Cabine de pré-tri	Trieurs en cabines de pré-tri	1,59	62,7	1 930 000
	Ambiance pré-tri	1,05	53,9	2 100 000
Cabine de tri principale	Trieurs en cabine de tri Ligne EMR	0,41	110,3	856 000
	Trieurs en cabine de tri Ligne refus	0,49	90,8	615 000
	Ambiance tri	0,3	36,3	180 000
Bâtiment général hors cabine	Opérateur de nettoyage	4,56	388,6	/
	Ambiance trieurs optiques en mezzanine	2,91	439,2	2 190 000
Extérieur	Point de référence hors pollution spécifique aux activités	/	1	3 400

tuent pas la bonne référence, et l'interprétation des résultats de mesure se base sur les valeurs guides ci-dessus. La valeur de 4 mg/m³ pour les poussières en fraction inhalable est donc donnée dans le tableau à titre indicatif. En cas de dépassement de cette valeur, la situation est cependant anormale et doit faire l'objet de mesures correctives, car la pénétration d'aérosols et leur dépôt partiel dans les voies respiratoires peuvent nuire à l'organisme.

L'analyse des résultats montre que le poste de nettoyage exposait aux poussières inhalables et aux endotoxines. Les résultats indiquent en effet des dépassements, d'une part, de la concentration moyenne en poussières inhalables à ne pas dépasser dans les locaux à pollution spécifique, et d'autre part, de la VG de 200 UE/m³ des endotoxines, seuil à partir duquel des actions de prévention sont à planifier. La situation d'exposition n'était pas satisfaisante et a nécessité des actions correctives rapides. Il a été également constaté, à l'occasion de ces mesures, que les trieurs en cabine de pré-tri étaient exposés à des concentrations en bactéries et moisissures dépassant nettement la VG de 1 000 000 UFC/m³, seuil d'alerte considéré comme significatif d'une situation d'exposition anormale. Si les résultats de mesures d'endotoxines et de poussières inhalables n'excédaient pas les valeurs de référence, la situation d'exposition aux flores microbiennes a nécessité des actions de prévention immédiates, afin d'améliorer les conditions de travail et de diminuer les risques d'effets sur la santé. Dans la cabine de tri, les concentrations en bac-

téries et moisissures au niveau des voies respiratoires des salariés triant sur les lignes EMR et refus dépassaient les 100 000 UFC/m³, seuil à partir duquel des actions de prévention sont à planifier. Les niveaux de concentration étaient très proches de la valeur d'alerte de 1 000 000 UFC/m³. La situation d'exposition était anormale et suffisamment préoccupante pour mettre en place rapidement des actions afin d'améliorer les conditions de travail, même si, là également, les niveaux d'endotoxines et de poussières ne dépassaient pas les valeurs de référence.

L'environnement de la cabine de pré-tri s'est avéré pollué par des bactéries et des moisissures à des niveaux nettement supérieurs au seuil d'alerte de 1 000 000 UFC/m³.

L'ambiance de la cabine principale était également marquée par la présence de micro-organismes à une concentration supérieure à la VG de 100 000 UFC/m³. Par comparaison, les niveaux ambiants dans la cabine principale étaient bien inférieurs aux résultats des mesures individuelles, du fait de l'éloignement du point de mesure (placé au fond de la cabine) par rapport à la zone de manipulation des déchets (tapis). Par ailleurs, le geste de tri crée une dispersion des particules dans l'environnement proche du trieur, impactant les niveaux d'exposition individuelle.

Hors cabines, les mesures effectuées à proximité des trieurs optiques indiquaient l'existence d'une pollution très marquée par les micro-organismes. Les personnes amenées à travailler à proximité étaient exposées, par exemple les opérateurs de nettoyage intervenant régulièrement dans cette zone.

↑ **TABLEAU**
Présentation
des résultats
de mesures.





↑ PHOTO 1 Plafond de la cabine de tri : défaut d'ajustements et dégradations des plaques de faux-plafond.

© Cramif



↑ PHOTO 2 Dépôts importants de poussières à l'intérieur de la cabine de tri. Lanières dégradées au niveau de l'entrée des déchets.

© Cramif



↑ PHOTO 3 Encrassement du filtre du système de traitement de l'air dans la cabine, lié à un défaut d'entretien.

© Cramif

Recommandations pour la prévention

Dans les activités de tri, les agents biologiques sont issus des déchets et véhiculés par les particules émises pendant le traitement. Certains équipements peuvent être générateurs de poussières. Certaines étapes (déversement, tri mécanique) dispersent aussi très largement les particules dans l'environnement de travail. Par principe, toutes les mesures permettant de limiter la quantité de particules dans l'air sont bénéfiques sur les niveaux d'exposition aux polluants biologiques. Il est donc important de rechercher et de maîtriser les sources de particules au niveau des équipements ou des étapes de tri : trieurs optiques, convoyeurs, cribles, transfert par déversement... De la même manière, les tâches réalisées par les opérateurs doivent être analysées pour repérer les plus émissives en particules. Par exemple, certaines techniques de nettoyage, comme le balayage, sont connues pour disperser les poussières et être à l'origine d'expositions importantes. La manipulation manuelle des déchets est également une tâche très exposante, car les opérateurs se situent au plus près de la source de particules contaminées, en particulier en début de chaîne, où les déchets sont très poussiéreux.

Au vu des résultats de mesures et des constats issus des différentes interventions, des recommandations pour la prévention des risques biologiques ont été émises auprès de l'entreprise, dans le but d'améliorer les situations de travail, jugées exposantes. La priorisation des actions découle de l'interprétation des résultats de mesures qui ont permis d'objectiver certaines situations de travail. En premier lieu, les actions devaient concerner les expositions individuelles jugées les plus alarmantes, en l'occurrence, celles des postes de pré-tri et de nettoyage. Dans le cas présent, des mesures correctives rapides ont été conseillées pour diminuer les expositions à un niveau acceptable. Leur efficacité doit être vérifiée par de nouvelles mesures, jusqu'à l'obtention de résultats satisfaisants. Plusieurs pistes d'amélioration ont été proposées :

- Adapter les méthodes de nettoyage. L'aspiration est à privilégier dans les environnements très empoussiérés (aspiration centralisée, aspirateur industriel ou balayeuse mécanique avec captage des poussières). Un nettoyage régulier permet d'éviter l'accumulation de poussières et un encrassement trop important. Les opérations doivent être réalisées régulièrement et les fréquences adaptées, afin de faciliter la tâche et limiter les dispersions importantes.
- Améliorer la ventilation aux postes de tri en cabine principale et au pré-tri, car des dysfonctionnements et des défauts de conception du dispositif de ventilation ont été constatés par le CMP (débits d'air insuffisants, plénums soufflants mal positionnés, dégradations... Cf. Photo 1).



© Gaël Kerbaol / INRS / 2024

pour évacuer la totalité des poussières et il est conseillé de l'améliorer (Cf. Photo 3). Par ailleurs, tous les systèmes de ventilation doivent être maintenus et entretenus régulièrement pour assurer leur efficacité. La possibilité de mettre en place ou d'ajouter des capotages peut être envisagée, en particulier au niveau des convoyeurs, si cela ne génère pas de risques supplémentaires (incendie/explosion, par exemple) et permet l'accès aux installations pour la maintenance et le nettoyage.

Conclusion

Suite à ces interventions, une réflexion a été engagée par l'entreprise, afin d'améliorer les conditions de travail et de réduire l'exposition des salariés aux poussières et aux polluants biologiques. Un projet de modernisation des cabines, initié quelques mois plus tard, a pris en compte certaines des recommandations émises suite aux interventions du LBC et du CMP. En particulier, une réflexion a été menée sur le système de ventilation des cabines et des améliorations ont été apportées (ajout/remplacement de plénums soufflants aux postes de tri, mise en place d'une nouvelle centrale de traitement d'air...), complétées par d'autres mesures techniques. Afin de vérifier l'efficacité de ces actions, de nouvelles mesures sont prévues. ●

1. Méthodes M-456 (aérosols en fraction inhalable), M-454 (endotoxines) et M-147 (micro-organismes aérobies). Accessibles sur : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>

- Limiter l'entrée des polluants dans les cabines. Les poussières générées par les installations (convoyeurs, trieurs optiques...) sont transportées par les flux d'air. Elles peuvent pénétrer à l'intérieur des cabines *via* les entrées de convoyeurs ou les goulottes et venir contaminer l'ambiance de travail. Les cabines doivent rester en surpression par rapport au reste du bâtiment par introduction d'air, grâce à la ventilation mécanique. Pour cela, les portes et fenêtres des cabines doivent rester fermées. Pour les goulottes, l'installation de fermetures automatiques peut éviter les remontées de particules générées par la chute des déchets. Pour limiter l'entrée des poussières *via* les tapis, des lamelles chevauchantes en plastique en bon état sont généralement suffisantes (Cf. Photo 2). De manière optimale, il est possible de créer un sas d'isolement au niveau du passage des convoyeurs entre l'extérieur et l'intérieur de la cabine, avec une seconde rangée de lanières. Ce sas peut être équipé d'un captage localisé de poussières.
- Réduire la production et la dispersion des particules au cours du procédé de tri. De nombreux équipements sont fortement générateurs de poussières. Certains sont équipés de captages localisés de particules. Malgré cela, les mesures montrent des niveaux de pollution ambiante très élevés, même à proximité de machines équipées de captage, comme c'est le cas pour les trieurs optiques. Le réseau d'aspiration est insuffisant

BIBLIOGRAPHIE

[1] DUQUENNE P., FACON B. – Exposition aux bioaérosols dans les centres de tri des déchets ménagers recyclables. In : DUQUENNE P. ET AL. – Dossier : Les risques biologiques au travail. *Hygiène & sécurité du travail*, 2018, 252, DO 22, pp. 43-50. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DO%2022>

[2] BALTU I., BERTRAND N., DAVID C. ET AL. – Valeurs guides endotoxines. Interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols. *Hygiène & sécurité du travail*, 2015, 239, NT 25, pp. 46-50. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2025>

[3] DAVID C., EMILI A., ALONSO L. ET AL. – Valeurs guides bactéries et moisissures cultivables : Interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols. *Hygiène & sécurité du travail*, 2023, 271, NT 109, pp. 55-63. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%20109>

[4] DÉCRET N° 2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique. *Journal officiel*, n° 0299 du 24 décembre 2021, texte n° 34. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

UN RISQUE BIOLOGIQUE ÉMERGENT : *OSTREOPSIS*, UNE MICROALGUE RESPONSABLE DE SYNDROMES GRIPPAUX

La microalgue *Ostreopsis* peut être à l'origine d'intoxications, aussi bien de professionnels que de personnes fréquentant le littoral lors d'activités de loisirs. Cet article propose, sur la base de publications récentes, une synthèse des connaissances sur cette microalgue, sur les effets sanitaires associés à une exposition, avec une attention particulière pour la population professionnelle exposée.

ISABELLE SPONNE
INRS,
département
Toxicologie et
biométrie

Contexte

Ostreopsis est un genre d'algue invisible à l'œil nu qui peut être à l'origine d'intoxications. Sa présence dans l'eau de mer a été détectée en Méditerranée il y a une vingtaine d'années puis, plus récemment, sur la côte basque. Lorsque les conditions environnementales sont favorables, cette microalgue prolifère massivement (efflorescence¹). Les *Ostreopsis spp.*² produisent des toxines suspectées d'être responsables de différents symptômes majoritairement pseudo-grippaux. Ceux-ci surviennent quelques heures après l'exposition, principalement après l'inhalation d'aérosols. L'intoxication par *Ostreopsis spp.* peut donc affecter les travailleurs dont l'activité professionnelle se situe en mer, ou sur les rives localisées à proximité des lieux d'efflorescence.

Au cours de l'été 2021, 674 victimes d'intoxications ont été recensées par le Centre antipoison (CAP) de Bordeaux. Leur point commun : elles avaient toutes fréquenté les plages de la côte basque, que ce soit pour des activités récréatives ou professionnelles. Certaines de ces personnes, présentes sur les rives notamment pour des raisons professionnelles, ne s'étaient aucunement baignées dans les heures précédant la survenue des symptômes. Ces nombreux cas d'intoxications ont été reliés à des proliférations massives d'une microalgue du genre *Ostreopsis*. En France métropolitaine, les premiers cas symptomatiques associés à ce phénomène d'efflorescence d'*Ostreopsis spp.* ont été décrits au début des années 2000, mais leur localisation était circonscrite aux abords de la Méditerranée. Cette crise sanitaire survenue en

ENCADRÉ 1 NOMENCLATURE

Les cellules du genre *Ostreopsis* sont reconnaissables en microscopie à leur forme ovoïde ressemblant à une « lentille », d'une longueur d'environ 50 µm. À ce jour, douze espèces d'*Ostreopsis* ont été décrites (dont onze sont répertoriées dans le registre mondial des espèces marines). Lorsque les algues sont bien caractérisées, elles sont appelées du nom du genre, commençant par une

majuscule, suivi de celui de l'espèce ; les deux termes étant typographiés en italique (exemple : *Ostreopsis siamensis*). Néanmoins, certaines espèces ne peuvent pas être discriminées sur les seuls critères morphologiques au microscope optique. L'identification génétique s'avère parfois nécessaire, mais l'analyse de la séquence n'est pas toujours disponible.

Lorsque des cellules sont proches morphologiquement d'une espèce décrite sans être caractérisée avec certitude, l'abréviation *cf.*, du latin « confer », précède le nom de l'espèce (ex : *Ostreopsis cf. ovata*). Lorsqu'il n'y a pas d'identification de l'espèce, l'abréviation *sp.* suit le nom du genre. L'abréviation *spp.* désigne plusieurs espèces du genre.

2021 revêt un caractère exceptionnel, tant par sa localisation, au bord de l'Atlantique, que par son ampleur. À la suite de cet épisode, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), saisie par la Direction générale de la santé (DGS), a réuni un groupe de travail et rédigé un rapport d'expertise collectif [1]. Cet article propose, sur la base de ce rapport et de quelques publications récentes, une synthèse des connaissances sur *Ostreopsis spp.*, sur les effets sanitaires associés à une exposition à ces microalgues, avec un focus sur les professionnels qui constituent une population particulièrement touchée par ce nouveau risque.

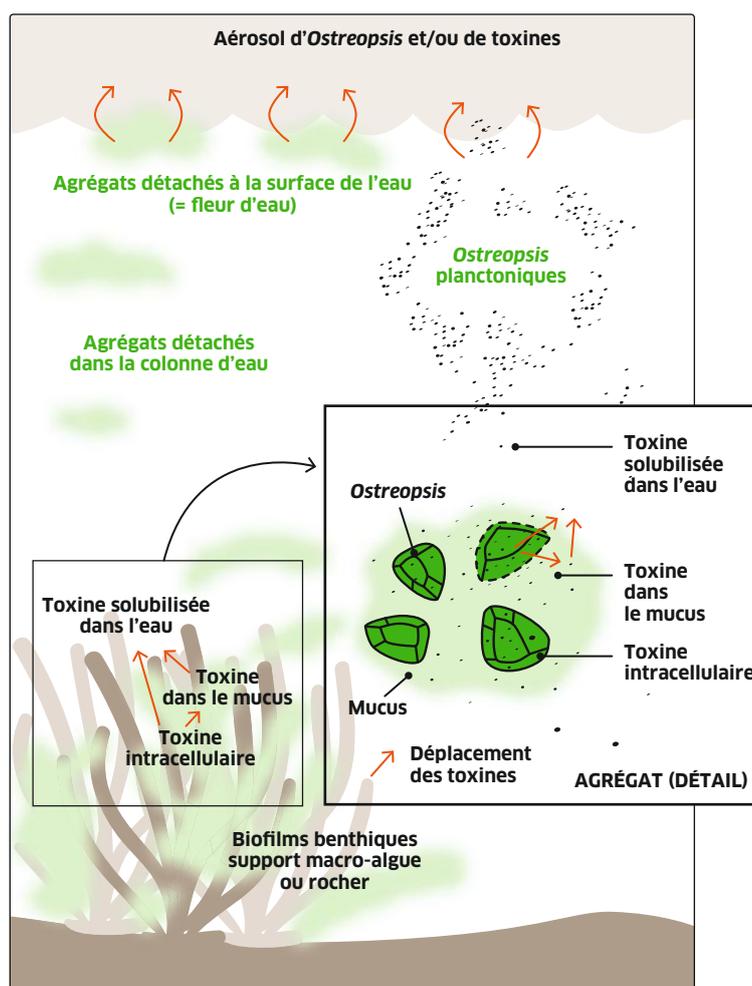
Carte d'identité d'*Ostreopsis*

Ostreopsis est une algue microscopique unicellulaire; *Ostreopsis cf. siamensis* et *Ostreopsis cf. ovata* comptent parmi les espèces retrouvées en France au sein du genre *Ostreopsis* [2]. L'identification de l'espèce n'étant pas toujours certaine, les termes « *Ostreopsis* » pour signifier le genre ou « *Ostreopsis spp.* », englobant toutes les espèces du genre, sont utilisés dans cet article (Cf. Encadré 1).

Ces algues sont principalement benthiques³ et se développent de préférence sur des substrats biotiques⁴ (macroalgues) ou colonisent des supports abiotiques (rochers) dans des zones peu profondes. Lors de la phase planctonique⁵, elles se retrouvent en suspension dans la colonne d'eau⁶ puis peuvent s'agréger en surface, formant des « fleurs d'eau » de coloration brune, visibles à l'œil nu. Les cellules, débris ou contenus cellulaires peuvent alors être transportés dans l'air, à la faveur d'embruns marins. Les conditions environnementales, telles que la température de l'eau et le vent, jouent un rôle déterminant aussi bien pour les épisodes d'efflorescence que pour les transferts dans l'air (aérosolisation) et conditionnent le risque sanitaire (Cf. Figure 1).

Distribution en France

Ostreopsis a longtemps été considérée comme une algue se développant exclusivement dans les eaux chaudes tropicales ; néanmoins, sa présence a été révélée en zone tempérée. En France, différentes espèces d'*Ostreopsis* ont été décrites aux Antilles, sur l'île de La Réunion, en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie française. En métropole, elle a été pour la première fois détectée à Villefranche-sur-Mer en 1972. À la suite des premiers signalements sanitaires, survenus au début des années 2000, la présence d'*Ostreopsis spp.* a été particulièrement surveillée sur le pourtour méditerranéen. C'est en 2018 que l'algue a été pour la première fois identifiée sur le littoral atlantique français. En 2021, des cellules d'*Ostreopsis spp.* ont été retrouvées



dans les Landes, au large de Capbreton et dans le lac marin d'Hossegor. Des traces d'ADN de cette algue ont été détectées jusqu'en Bretagne [3-5]. La prolifération des *Ostreopsis spp.* dépend de nombreux paramètres. Un faible hydrodynamisme⁷ est déterminant pour le développement et le maintien de ces algues dans le compartiment benthique. Elles sont donc plus abondantes dans les sites abrités du courant et/ou du vent. La température est également prépondérante, notamment pour la croissance d'*Ostreopsis spp.* La hausse des températures constitue le premier facteur d'expansion de cette algue. Lorsqu'elle est implantée, les épisodes d'efflorescence d'*Ostreopsis* sont plus nombreux pendant l'été. La surveillance d'*Ostreopsis spp.* par dénombrement s'effectue donc habituellement entre les mois de mai et de septembre.

Toxicité et effets sur la santé

Les algues *Ostreopsis spp.* synthétisent différentes toxines appartenant majoritairement à la famille de la palytoxine, une substance hautement toxique

↑ FIGURE 1 Représentation schématique des deux phases, benthique et planctonique, du développement d'*Ostreopsis* (d'après l'Anses [1]).



**ENCADRÉ 2
LA PALYTOXINE**

La palytoxine est une toxine retrouvée dans les coraux mous qui se trouvent à l'état naturel dans l'océan Indo-Pacifique et les mers adjacentes, et qui peuvent servir d'ornement dans les aquariums d'eau de mer. En France, l'exposition à la palytoxine peut concerner des particuliers comme des professionnels du secteur de l'aquariophilie. En fonction du mode d'exposition (contact avec les yeux, avec la peau et par inhalation), elle est responsable d'atteintes oculaires, cutanées ou respiratoires respectivement, mais elle peut avoir des effets autres (neurologiques, musculaires, digestifs...). Ces symptômes interviennent quelques heures après exposition et régressent au bout de sept jours maximum. Les atteintes sont principalement bénignes ou modérées, mais elles peuvent parfois être graves. Entre 2000 et 2017, le réseau des Centres antipoison français a enregistré 23 cas d'intoxications, dont 7 concernaient des accidents professionnels (aquariophilie). Parmi toutes les victimes, plus de 90 % ignoraient les risques et la dangerosité liés à la manipulation des coraux mous [6].

retrouvée dans les coraux mous (Cf. Encadré 2). Du fait de cette analogie structurale, les toxines produites par *Ostreopsis spp.* sont fortement suspectées d'être à l'origine des intoxications associées à cette microalgue. Parmi elles, les ovatoxines suscitent le plus d'intérêt. Une vingtaine de molécules d'ovatoxines ont ainsi été caractérisées; elles peuvent être intracellulaires ou externes à la cellule d'*Ostreopsis* et se retrouver solubilisées dans l'eau. Du fait d'écueils méthodologiques, tels que des difficultés d'extraction en quantité suffisante et l'indisponibilité de toxines pures commerciales, les mécanismes et les seuils de toxicité de ces substances demeurent encore largement méconnus. L'impact d'*Ostreopsis spp.* sur la santé humaine est lié à la quantité des cellules dans les différents compartiments (benthique, colonne d'eau et surface). Une fois détachées de leur substrat, les microalgues *Ostreopsis spp.* se retrouvent dans la

↓ **TABLEAU**
Tableau clinique des expositions à *Ostreopsis spp.* ou aux toxines analogues à la palytoxine (source : Anses [1]).

colonne d'eau et les toxines produites peuvent être aérosolisées. Ce transfert dépend non seulement de l'abondance des cellules à la surface de l'eau, mais également des conditions météorologiques, notamment la présence de vent. Il en découle que les expositions à *Ostreopsis spp.* ou à leurs toxines peuvent avoir lieu par contact avec le substrat colonisé par la microalgue ou avec l'eau de mer, mais également par inhalation d'aérosols marins. Les personnes exposées à *Ostreopsis spp.* ou à leurs toxines, par la baignade ou l'inhalation d'aérosols contaminés, peuvent présenter des symptômes polymorphes, essentiellement d'ordre respiratoire et affectant la sphère ORL (toux, maux de gorge, rhinorrhée⁸, gêne respiratoire), mais aussi d'ordre systémique (fièvre, tremblement, céphalées) ou cutané (éruption). Dans son rapport, l'Anses présente un tableau reliant les expositions et les symptômes (Cf. Tableau).

S'ajoutant à ces différents symptômes aspécifiques, une dysgueusie⁹ avec description d'un goût métallique, peut apparaître dès l'exposition. Elle peut être un signe d'alerte et permettre d'écarter d'autres diagnostics notamment infectieux et allergiques.

Ces différents symptômes apparaissent dans un délai moyen de 6 heures après une exposition, même ponctuelle, et disparaissent généralement sous quelques jours, sans complications. Le nombre et la durée des symptômes peuvent augmenter suite à des expositions régulières. Par ailleurs, les personnes ayant des pathologies respiratoires, telles que l'asthme, doivent être considérées comme particulièrement sensibles.

Expositions professionnelles et prévention du risque

Certaines activités professionnelles, localisées aux abords des sites d'efflorescences d'*Ostreopsis spp.*, conduisent à un risque accru d'exposition. Les maîtres-nageurs sauveteurs, les personnes en charge des prélèvements d'échantillons d'eau de

EXPOSITION	CIRCONSTANCES	TABLEAUX CLINIQUES
Contact cutané seul	Déplacement parmi les macroalgues sur lesquelles sont présentes <i>Ostreopsis spp.</i>	Lésions cutanées isolées, allant de la simple irritation à de véritables nécroses ou ulcères. Absence de signe et symptôme systémiques.
Projection vers les muqueuses Inhalation d'aérosols marins	Baignades, activités nautiques, inhalation d'aérosols lors de séjours à la plage, riverains de la côte.	Goût métallique, rhinorrhée, hypersalivation, conjonctivite, larmoiement, irritation laryngée, irritation cutanée diffuse, asthénie, toux irritative, céphalées.
Projection vers les muqueuses Inhalation de quantités importantes ou mal tolérées ou répétées de microgouttelettes	Professionnels multi-exposés (agents en charge de prélèvements, professionnels de la mer et des activités nautiques), antécédents respiratoires, plongeurs avec bouteilles (pour l'instant, pas de cas rapporté d'intoxication grave lors de la pratique de la plongée avec palmes/masque/tuba).	Tous les symptômes ci-dessus, plus intenses, accompagnés d'un syndrome pseudo-grippal (douleurs musculaires et articulaires, fièvre, frissons, tremblements, syndrome inflammatoire biologique) et potentiellement compliqués de signes de gravité : kératite, ulcères buccaux, dyspnée, cyanose, bronchorrhée, bronchospasme, détresse respiratoire.

mer, le personnel encadrant les activités de loisirs ou encore les commerçants et restaurateurs travaillant en bordure de plages dans les zones envahies, sont considérés comme des populations à risque [7]. En 2016, une étude fait état pour la première fois d'intoxication de professionnels, des restaurateurs, travaillant à proximité d'efflorescences d'*Ostreopsis spp.* sur la côte catalane espagnole [8]. En France, les cas colligés sur la côte basque pour l'année 2021 par le Centre antipoison de Bordeaux confirment que les professionnels constituent une population particulièrement touchée, avec des symptômes plus nombreux et plus persistants que ceux retrouvés chez les personnes présentes pour des activités récréatives (Cf. Encadré 3) [9].

L'évaluation du danger lié aux *Ostreopsis spp.* repose essentiellement sur le dénombrement cellulaire réalisé au microscope optique. Dans son rapport relatif aux proliférations sur le littoral basque, l'Anses recommande d'effectuer ces comptages dans les différents compartiments potentiellement colonisés par les *Ostreopsis spp.* : compartiment benthique, par recueil de macroalgues (nombre de cellules d'*Ostreopsis* par gramme de « poids frais » d'algue) et compartiment planctonique, par prélèvement d'eau de mer dans la colonne d'eau (nombre de cellules d'*Ostreopsis* par litre d'eau). Ces prélèvements sont réalisés dans des zones nécessitant une vigilance particulière :

- sites d'efflorescences d'*Ostreopsis spp.* précédemment identifiés ou suspectés par la présence de fleurs d'eau (cf. Figure 1), par une modification de la couleur de l'eau ou du fait de la perception de goût métallique par des personnes proches de la zone (surveillance environnementale), ou
- sites associés à des signalements d'intoxication survenant sur le même lieu et aux mêmes dates (surveillance sanitaire).

L'Anses définit trois niveaux d'alerte, dont la gradation dépend de la concentration en cellules d'*Ostreopsis* dans les prélèvements de macroalgues ou d'eau et du nombre de cas d'intoxication signalé par le CAP. Ces trois niveaux d'alerte correspondent à ceux décrits dans la note de la DGS de 2010, dans laquelle les niveaux sont basés exclusivement sur la concentration en cellules d'*Ostreopsis* dans la colonne d'eau [10].

Par ailleurs, depuis 2022, une démarche de suivi d'*Ostreopsis spp.* a été engagée sous l'impulsion de la Communauté d'agglomération du Pays basque, gestionnaire des eaux de baignade et coordonnée par le groupement d'intérêt scientifique « Littoral basque ». Des campagnes de prélèvements d'eau et d'algues ont été mises en place, pour quantifier la présence de cette microalgue *Ostreopsis spp.* sur cinq plages de la Côte basque identifiées en 2021 puis en 2024, comme étant des zones de développement de l'algue [11]. En accord avec l'Agence

ENCADRÉ 3

ÉTUDE DES CAS RECENSÉS SUR LA CÔTE BASQUE DU 1^{ER} JUILLET AU 30 SEPTEMBRE 2021 [9]

- Nombre total de cas symptomatiques recensés = 674
- Nombre de professionnels = 90 (loisirs = 584) : dont 75 maîtres-nageurs sauveteurs et 6 équipiers de restaurants en front de mer ;
- Nombre médian de symptômes : activité professionnelle = 7 (loisirs = 5) ;
- Nombre de jours de persistance des symptômes : professionnels = 7,5 (loisirs = 3).

régionale de santé (ARS) de Nouvelle-Aquitaine, quatre niveaux de vigilance ont été définis par les scientifiques. Les niveaux 3 et 4 prévoient des analyses basées sur la biologie moléculaire et permettant de détecter *Ostreopsis cf. siamensis* et *Ostreopsis cf. ovata* dans les échantillons, et leur proportion respective. Les résultats sont délivrés en 48 heures, partagés avec les communes et le public sur le site de la Communauté d'agglomération du Pays basque. En ce qui concerne les professionnels, l'Anses recommande que les postes de travail soient adaptés en fonction des préconisations de la médecine du travail et ce, à partir du niveau d'alerte 2 (correspondant à une concentration de cellules d'*Ostreopsis spp.* supérieure à 30 000 cellules par litre d'eau ou à plus de deux cas d'intoxication confirmés par le CAP).

De façon plus générale, l'Anses préconise le port d'une tenue couvrante, de gants, de lunettes et de chaussures quand c'est possible, notamment pour les préleveurs. Quand le port d'équipement de protection individuelle n'est pas envisageable (maîtres-nageurs et commerçants), une réduction de la durée d'exposition aux aérosols en adaptant la durée de travail est recommandée, dès qu'une efflorescence est signalée. D'autres mesures préventives sont rappelées : « *Lavages fréquents des mains, prise de douche, nettoyage et recouvrements des plaies, etc.* ». En outre, l'Anses recommande « *un suivi médical spécifique des professionnels travaillant sur, ou à proximité immédiate, des sites touchés par les proliférations d'Ostreopsis, qu'il s'agisse de personnels permanents ou saisonniers, pour des expositions aiguës ou répétées.* »

Il n'existe pour le moment aucune valeur guide réglementaire de toxine ou de méthode de mesure de l'exposition à *Ostreopsis spp.* Celles-ci ne pourront être établies qu'après avoir acquis les connaissances nécessaires en termes de toxicité : identification de la ou des toxines responsable(s), caractérisation des seuils de toxicité, ou d'exposition : conditions d'efflorescence ou d'aérosolisation... C'est dans ce contexte que s'est constitué un groupement d'intérêt scientifique (GIS) nommé Ostreobila, dont l'objectif



POUR EN SAVOIR +

- Rapport de l'Anses : *Avis relatif aux risques pour la santé humaine liés aux proliférations d'Ostreopsis spp. sur le littoral basque* (saisine 2021-SA-0212). Anses, 2023. Accessible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2021SA0212Ra.pdf>
- Page *Ostreopsis* de la Communauté d'agglomérations du Pays basque : *Localisation des prélèvements, définitions des niveaux d'alerte, suivi en temps réel des quantifications et identifications*. Accessible sur : <https://www.communaute-paysbasque.fr/vivre-ici/leau/le-littoral/les-eaux-de-baignade/suivi-ostreopsis>
- Site Surfrider : Livret téléchargeable. Accessible sur : <https://www.surfrider.fr/nos-missions/qualite-eau-sante-usagers/ostreopsis-ovata/#post-2523>

est d'étudier et comprendre l'impact d'*Ostreopsis* spp. Ce projet, qui réunit huit partenaires français et espagnols (universités, instituts, laboratoires...), a débuté en 2024 et durera trois ans.

Dans le même sens, le service de consultation de pathologies professionnelles et environnementales (CPPE) du centre hospitalier Côte basque (Bayonne) a ouvert une consultation dédiée à *Ostreopsis* en août 2024. Elle est proposée aux professionnels du littoral ou patients présentant une aggravation ou une récurrence des symptômes d'intoxication à la microalgue. Ces consultations contribuent au réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles et environnementales (RNV3PE), avec pour missions le repérage et le suivi

de risques sanitaires professionnels ou environnementaux émergents en France.

Les examens complémentaires réalisés dans le cadre de ces consultations ainsi que l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre du GIS Ostreobila permettront une meilleure compréhension des mécanismes associés à la toxicité d'*Ostreopsis*, et devraient permettre une meilleure prévention du risque sanitaire lors d'efflorescences de l'algue.

En attendant ces futures données, il convient de rappeler que, pour une meilleure prévention, il est nécessaire de former et d'informer sur les risques liés à l'exposition aiguë ou répétée à *Ostreopsis*, d'autant que, dans un contexte de réchauffement climatique, il est fort probable que cette algue envahisse encore plus largement le littoral atlantique. ●

1. Efflorescence (« bloom » en anglais) : prolifération massive conduisant à une augmentation importante du nombre de cellules produisant une coloration, brune dans le cas d'*Ostreopsis*, des milieux envahis (rochers, macroalgues, surface de l'eau...).

2. *Ostreopsis* spp. : désigne plusieurs espèces du genre *Ostreopsis*.

3. Benthique : relatif aux organismes qui vivent au niveau le plus bas d'une étendue d'eau comme un lac ou un océan.

4. Biotiques : qui concerne les êtres vivants, par opposition à abiotiques.

5. Phase planctonique pendant laquelle un organisme microscopique est en suspension dans l'eau.

6. Colonne d'eau : colonne conceptuelle de profondeur de l'eau, partant de la surface d'une mer, océan, rivière ou lac, jusqu'aux sédiments de fond.

7. Hydrodynamisme : état d'agitation de l'eau résultant de l'ensemble des événements impliqués dans le déplacement des masses d'eau (courants, houle, marées, turbulences).

8. Rhinorrhée : écoulement nasal anormal.

9. Dysgueusie : trouble de la perception du goût.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ANSES – *Avis relatif aux risques pour la santé humaine liés aux proliférations d'Ostreopsis spp. sur le littoral basque* (saisine 2021-SA-0212). Anses, 2023. Accessible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2021SA0212Ra.pdf>

[2] AMZIL Z. ET AL. – Ovatoxin-a and palytoxin accumulation in seafood in relation to *Ostreopsis* cf. *ovata* blooms on the French Mediterranean coast. *Marine drugs*, 2012, 10 (2), pp. 477-496.

[3] CHOMÉRAT N. ET AL. – First characterization of cf. (*Dinophyceae*) and detection of ovatoxins during a multispecific and toxic bloom on French Atlantic coast. *Marine Drugs*, 2022, 20 (7), pp. 461-484.

[4] DROUET K. ET AL. – Current distribution and potential expansion of the harmful benthic dinoflagellate cf. towards the warming waters of the Bay of Biscay, North-East Atlantic. *Environmental microbiology*, 2021, 23 (9), pp. 4956-4979.

[5] KERMAREC F. ET AL. – Health risks related to *Ostreopsis ovata* in recreational waters. *Environnement, risques & santé*, 2008, 7 (5), pp. 357-363.

[6] CALON T. – Exposition à la palytoxine des personnes manipulant des coraux mous d'aquarium d'eau de mer. *Toxicologie analytique et clinique*, 2019, 31, pp. 64-76.

[7] TICHADOU L. ET AL. – Health impact of unicellular algae of the *Ostreopsis* genus blooms in the Mediterranean Sea : experience of the French Mediterranean coast surveillance network from 2006 to 2009. *Clin Toxicol (Phila)*, 2010, 48 (8), pp. 839-844.

[8] VILA M. ET AL. – Establishing the link between *Ostreopsis* cf. *Ovata* blooms and human health impacts using ecology and epidemiology. *Scientia Marina*, 2016, 80, pp. 107-115.

[9] PARADIS C. ET AL. – Impacts on human health potentially caused by exposure to an unprecedented *Ostreopsis* spp. bloom in the

Bay of Biscay, French Basque Coast. *Wilderness Environ Med*, 2024, 35 (1), pp. 13-21.

[10] NOTE DE SERVICE DGS/EA3/EA4 n° 2010-238 du 30 juin 2010 relative à la surveillance sanitaire et environnementale et aux modalités de gestion des risques sanitaires pour la saison balnéaire 2010, liés à la présence de la microalgue toxique *Ostreopsis* spp. dans les eaux de baignade en Méditerranée et à la contamination par ses toxiques des produits de la mer issus de la pêche de loisir. Accessible sur : https://sante.gouv.fr/fichiers/bo/2010/10-08/ste_20100008_0100_0161.pdf

[11] SITE COMMUNAUTÉ DU PAYS BASQUE – Accessible sur : <https://www.communaute-paysbasque.fr/vivre-ici/leau/le-littoral/les-eaux-de-baignade/suivi-ostreopsis>

DES FUTURS SALARIÉS AUX PRÉVENTEURS : FORMER POUR PRÉVENIR

La pandémie de Covid-19 a fait prendre conscience aux entreprises et à leurs salariés de la présence des risques biologiques en milieu professionnel. Pour développer les compétences relatives à leur prévention, l'INRS accompagne les enseignants afin qu'ils sensibilisent les futurs salariés en formation initiale, et propose des actions de formation continue aux professionnels de la prévention.

AURORE
YANG,
JULIEN
HACHET
INRS,
département
Formation

Les professionnels de nombreux secteurs d'activités sont concernés par les risques biologiques. Afin de savoir comment participer à leur prévention en entreprise, de nombreux acteurs de l'entreprise doivent être informés, sensibilisés ou formés.

Les élèves des filières professionnelles ou technologiques, futurs professionnels acteurs de leur prévention en entreprise, sont sensibilisés dès leur scolarité par des enseignants formés à la prévention des risques biologiques.

Sensibiliser les futurs salariés

Le réseau ressource risque biologique (3RB)

Le ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam) et l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) ont renouvelé leur partenariat à travers la signature, en 2023, d'une convention de coopération pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Ce partenariat national vise à développer les compétences en santé et sécurité au travail dès la formation initiale professionnelle (élèves de lycées et apprentis), en formant les futurs professionnels afin qu'ils contribuent à la prévention des risques professionnels.

Dans ce cadre, le réseau ressource risque biologique (3RB) s'est constitué il y a plus de 25 ans, afin notamment de concevoir des ressources pédagogiques pour faciliter l'intégration de la démarche de prévention des risques biologiques dans les enseignements délivrés dans les voies technologiques ou professionnelles (du CAP au BTS).

Pour Caroline Bonnefoy, inspectrice générale de l'Éducation, du Sport et de la Recherche, copilote du réseau 3RB, « le partenariat entre l'INRS et l'Éducation nationale constitue un atout de taille pour diffuser une culture de la prévention et de la sécurité

au travail dès les premières années d'enseignement professionnel ou technologique ». L'animation de ce réseau s'appuie sur un groupe de travail national, constitué d'inspecteurs, d'enseignants et d'experts de l'INRS, qui contribue à la formation d'enseignants et de formateurs académiques. En effet, « le travail mené en concertation avec l'INRS a permis d'affiner les contenus des diplômes et les modalités de diffusion grâce à la complémentarité de nos expertises respectives, tant sur le plan pédagogique que scientifique », explique Caroline Bonnefoy. Cela s'est également traduit par « le déploiement dans toutes les académies, dès 1997, d'un réseau de formateurs relais dont les compétences sont mises à jour tous les trois ans, avec également l'intégration régulière de nouveaux membres selon les besoins des académies », ajoute-t-elle.

Ainsi, 80 formateurs sont identifiés dans les académies de l'Éducation nationale pour former des enseignants à l'intégration de la prévention des risques biologiques dans leurs enseignements.

En 2023, près de 20 nouveaux enseignants sont devenus formateurs-relais pour les risques biologiques. Un séminaire de formation a permis de réunir les formateurs, à travers deux sujets principaux : les spécificités liées à la posture du formateur d'enseignants et l'appropriation d'un parcours de formation en ligne à destination des enseignants (sur la plateforme « m@gistère »¹). Les pratiques académiques ont été partagées et de nombreux échanges ont eu lieu sur la mise en place d'une formation en modalité hybride (formation à distance, complétée par des temps d'appropriation entre pairs en présentiel).

Des ressources en ligne pour les enseignants ou les formateurs

Le site du 3RB² met à disposition des enseignants des contenus élaborés par le réseau ressource





Présentation de l'outil Darbio (© INRS).

risque biologique. Ce site fournit de nombreuses ressources pédagogiques sur la prévention des risques biologiques, notamment des exemples de situations de travail à analyser dans de nombreuses filières professionnelles telles que le secteur sanitaire et médico-social, la petite enfance, la coiffure et l'esthétique, la restauration, les métiers des déchets et le traitement des eaux... D'autres outils, exemples de situations de travail et bonnes pratiques de prévention à partager, sont également disponibles pour les métiers des laboratoires et des biotechnologies. Pour Caroline Bonnefoy, « l'INRS est une véritable force de proposition pour permettre aux élèves

d'analyser des cas concrets de situations de travail sous l'angle de la sécurité, et surtout, de la prévention des risques ».

Dans cette perspective, deux outils interactifs (outils Darbio³) sont mis à disposition des formateurs et des enseignants pour sensibiliser leurs élèves et étudiants. Ils permettent de découvrir les étapes d'une démarche d'analyse des risques biologiques à travers plusieurs objectifs :

- appréhender la méthodologie liée à l'analyse des risques en repérant les composantes de la situation de travail ;
- analyser des situations exposant aux agents biologiques dans le cadre des formations de la voie professionnelle ou technologique ;
- proposer des mesures de prévention.

Par ailleurs, des quiz sont proposés afin de tester les connaissances sur les étapes clés de la démarche de prévention des risques biologiques. Ils portent sur des connaissances liées aux agents biologiques, à la démarche de prévention, et aux aspects juridiques.

« Le 3RB prend plaisir à travailler avec l'ensemble [des partenaires] dans une perspective dynamique et volontaire », conclut Caroline Bonnefoy. Les ressources mises à disposition des enseignants sont régulièrement mises à jour.

Des ressources pour l'accueil des nouveaux arrivants

Les risques biologiques sont aussi abordés au travers de la démarche TutoPrév', notamment les risques infectieux et allergiques. Elle s'adresse aux nouveaux arrivants en entreprise quel que soit leur statut : nouveau salarié, salarié en reconversion, intérimaire, stagiaire, apprenti. Cette démarche vise à s'assurer qu'ils soient capables

ENCADRÉ

NOUVEAU : UNE AUTOFORMATION SUR LES RISQUES BIOLOGIQUES

Un nouveau module d'autoformation sur les notions essentielles pour l'évaluation et la prévention des risques biologiques en milieu professionnel a été mis en ligne par l'INRS.

Il s'adresse aux experts comme aux non-initiés et permet d'acquérir, d'actualiser ou de consolider les notions fondamentales pour évaluer et prévenir les risques biologiques en milieu professionnel.

Ce module, d'environ deux heures, explique comment repérer, évaluer et prévenir ces risques en entreprise. De nombreux exemples illustrent l'étendue des secteurs concernés.

Des modules courts complémentaires sont proposés.

Ils s'adressent spécifiquement aux professionnels de santé au travail et traitent des thèmes suivants : le suivi individuel en santé au travail, l'essentiel sur la vaccination, les risques biologiques et la grossesse, et la base de données Eficatt.

Pour en savoir plus : www.inrs.fr/services/formation/distance.html

d'observer une situation de travail, de repérer les dangers et les risques qui y sont liés afin de proposer des mesures de prévention adaptées. La démarche TutoPrév' propose :

- des fiches par nature de risque proposant systématiquement la prévention des risques biologiques ;
- des exemples de déroulement d'accidents ;
- des situations de travail comportant parfois des situations à risque d'exposition à des agents biologiques ;
- des supports d'observation en entreprise.

Ces outils sont intégrés aux références : TutoPrév' Pédagogie, TutoPrév' Accueil et TutoPrév' Interactif, disponibles en libre accès sur le site de l'INRS (Cf. *Pour en savoir plus*).

Ils sont utilisés par les enseignants ou les formateurs pour former les futurs salariés, et à disposition des tuteurs ou des chargés de prévention en entreprise afin de vérifier l'acquisition de connaissances et d'adapter l'accueil des nouveaux arrivants.

Former les professionnels de la prévention pour mieux appréhender les risques biologiques

Au cours de leur parcours professionnel, les professionnels de la prévention et de la santé et la sécurité au travail se forment et actualisent leurs connaissances et compétences afin de mieux accompagner les entreprises dans leur démarche de prévention. L'INRS propose plusieurs parcours de formation (en présentiel, en distanciel, ou hybride) qui traitent de la prévention des risques biologiques.

Une formation dédiée à la prévention des risques biologiques

La formation « *Évaluer et prévenir les risques biologiques en entreprise* » (réf. JJ1430) s'adresse aux préventeurs d'entreprises et aux personnels des services de prévention et de santé au travail.

Elle vise trois objectifs :

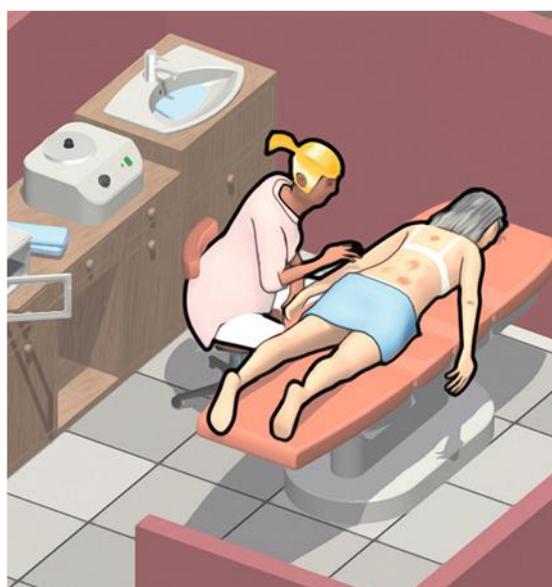
- identifier les sources de contamination possibles par des agents biologiques ;
- évaluer les risques d'exposition *via* la chaîne de transmission ;
- proposer des mesures de prévention adaptées.

Cette formation présente notamment les différents agents biologiques et leurs caractéristiques. Les stagiaires découvrent les nombreux secteurs d'activités utilisant délibérément des agents biologiques ou exposant de manière non intentionnelle les salariés aux agents biologiques, dont certains peuvent être pathogènes.

Ils sont formés à l'évaluation des risques biologiques au travers de la chaîne de transmission. En intervenant sur chaque maillon de la chaîne, ils



Support de la démarche TutoPrév' Accueil – Aide à la personne à domicile et en établissement (© INRS).



Support de la démarche TutoPrév' Accueil – Métiers de la beauté (© INRS).

apprennent à prévenir ces risques. Des études de cas permettent de s'approprier la démarche et de réfléchir aux conduites à tenir en cas d'exposition accidentelle. Les missions des services de prévention et de santé au travail sont décrites, afin de permettre aux médecins du travail de mieux appréhender leur rôle dans la mise en œuvre et l'accompagnement d'une démarche de prévention des risques biologiques.

Au sein de la formation, un retour d'expérience animé par Jérôme Cluzeau, formateur spécialisé en traitement des eaux, présente les agents biologiques utilisés dans les procédés d'assainissement des eaux et ceux présents potentiellement dans les eaux usées urbaines. « *L'intérêt de travailler ensemble et de manière participative permet de progresser efficacement en partageant des pratiques de terrain* », précise-t-il.



Il explique comment les risques biologiques ont été évalués et intégrés dans le document unique d'évaluation des risques (DUER) d'une station d'épuration des eaux usées urbaine: « *Au travers d'exemples concrets, je favorise les échanges de pratiques entre professionnels de la prévention, pour qu'à leur tour, ils prennent plus facilement en compte les risques biologiques. S'appuyer sur des DUER de différentes entreprises permet de démontrer qu'il est possible d'intégrer les risques biologiques comme tous les autres risques.* »

La métrologie d'atmosphère au service de la prévention

Les salariés peuvent être exposés à des agents biologiques (bactéries, virus, champignons...) présents dans l'air sous forme d'aérosols (particules liquides ou solides de diamètre inférieur à 100 µm en suspension dans l'air). On parle alors de bioaérosols, dont l'inhalation peut avoir des effets sur la santé.

Pour identifier et quantifier les agents biologiques présents dans l'air, l'INRS propose la formation « *Maîtriser les bases théoriques de la métrologie d'atmosphère* » (réf. CA1503) destinée aux professionnels de prévention pratiquant des prélèvements d'atmosphère. Cette formation, initialement conçue pour la métrologie des agents chimiques, aborde également les spécificités des prélèvements et des analyses des bioaérosols.

Une séquence spécifique rappelle les propriétés des bioaérosols, les secteurs d'activités concernés, les risques liés aux expositions. Une étude de cas en fromagerie permet de concevoir une campagne de prélèvement. Ainsi, les stagiaires :

- identifient les différents objectifs des mesures :

établir un diagnostic suite à une plainte de salarié, vérifier l'émissivité d'un procédé, vérifier l'efficacité d'une mesure de prévention... ;

- définissent une stratégie de mesure : choix des dispositifs de prélèvement, mode de transport et conservation des échantillons, méthode d'analyse ;
- interprètent les résultats.

Le risque biologique, un risque professionnel comme un autre

En complément de la formation dédiée à la prévention des risques biologiques, l'INRS propose d'autres formations qui intègrent les risques biologiques dans la démarche d'évaluation des risques professionnels.

Ainsi, la formation « *Évaluer et prévenir les risques biologiques, chimiques et radiologiques rencontrés en laboratoire de recherche en biologie* » (réf. JJ2431) s'adresse aux professionnels de la prévention travaillant dans des laboratoires de recherche et aux personnels des services de prévention et de santé au travail (SPST) accompagnant ce secteur d'activités.

Au travers d'une visite virtuelle d'un laboratoire de recherche en biologie, les stagiaires suivent un protocole décrivant des manipulations réalisées en laboratoire. Lors des différentes étapes du protocole, ils doivent évaluer les risques biologiques, chimiques et radiologiques et proposer des mesures de prévention.

De surcroît, des préventeurs en laboratoires de recherche expliquent comment ces risques sont évalués et intégrés dans leurs documents uniques d'évaluation des risques. Le témoignage d'un médecin du travail complète ces interventions, en détaillant le suivi médical particulier réalisé pour les salariés. Là encore, ces retours d'expérience favorisent les échanges de pratiques professionnelles pour, qu'à leur tour, les stagiaires tiennent compte des risques biologiques, comme de tous les autres risques professionnels.

La formation « *Évaluer et prévenir les risques pour la reproduction* » (réf. BB1540), ainsi que la formation « *Évaluer et prévenir les risques lors d'une intervention en espace confiné ou clos* » (réf. JA2032), intègrent également les risques biologiques dans leur démarche globale d'évaluation des risques professionnels.

L'INRS propose ainsi une offre de formations diversifiée sur les risques biologiques, s'adressant à différents publics, afin de favoriser l'intégration de leur prévention en entreprise. ●

1. Le terme *m@gistère* désigne la plateforme de formation à distance destinée aux personnels de l'Éducation nationale.

2. Voir : <https://www.esst-inrs.fr/3rb>

3. Voir : <https://www.esst-inrs.fr/3rb/darbio.php>

POUR EN SAVOIR +

- Pour tout renseignement sur les dates, le contenu et le programme de ces formations, consulter le site Internet de l'INRS (www.inrs.fr) et indiquer le code du stage :

JJ1430 – *Évaluer et prévenir les risques biologiques en entreprise*

CA1503 – *Maîtriser les bases théoriques de la métrologie d'atmosphère*

JJ2431 – *Évaluer et prévenir les risques biologiques, chimiques et radiologiques rencontrés en laboratoire de recherche en biologie*

BB1540 – *Évaluer et prévenir les risques pour la reproduction*

JA2032 – *Évaluer et prévenir les risques lors d'une intervention en espace confiné ou clos*

Le programme complet et les modalités d'inscription sont détaillés sur la page de l'INRS dédiée aux formations :

<https://www.inrs.fr/services/formation.html>

- Démarche TutoPrév' accessible sur : <https://www.inrs.fr/demarche/nouveaux-embauches/demarche-TutoPrev.html>