

Gestion des chantiers contaminés par la moisissure

Manuel de formation



Sommaire

I.	Les moisissures : ce qu'il faut savoir	3
A.	Comprendre ce qu'est la moisissure	3
B.	Comment se développent-elles ?	4
1.	Mode de développement	4
2.	Conditions de développement.....	5
3.	Comment se multiplient-elles ?	7
C.	En quoi et comment sont-elles dangereuses pour les objets ?.....	8
1.	Comment s'effectue la contamination ?.....	8
II.	Identifier les risques liés à la présence de moisissures	10
A.	Effets sur la santé humaine.....	10
B.	Les 4 mécanismes responsables des contaminations sur l'homme	11
III.	Mesures de décontamination de l'habitat.....	14
A.	Identifier les objectifs de l'intervention	14
B.	Niveaux de prise en charge de zones contaminées	14
IV.	Découvrir les protocoles d'intervention.....	18
A.	Les petites surfaces	18
B.	Protocoles.....	20
C.	Prévention	20

I. LES MOISSURES : CE QU'IL FAUT SAVOIR

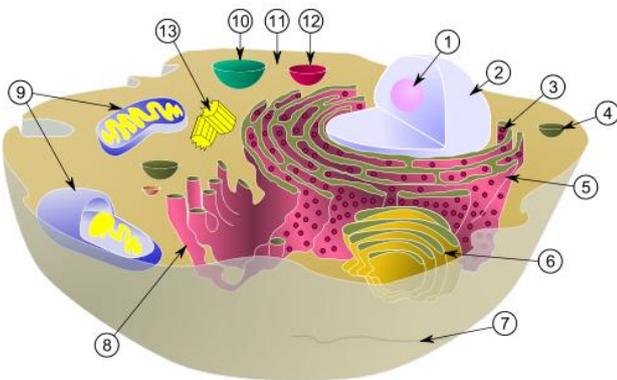
A. COMPRENDRE CE QU'EST LA MOISSURE

Le terme de 'moisissure' n'a pas réellement de signification systématique. Il désigne tous les champignons microscopiques qui intéressent l'économie et l'environnement humains, de façon bénéfique ou néfaste.

Les moisissures sont donc des champignons et ont fondamentalement, les caractères de ces micro-organismes.

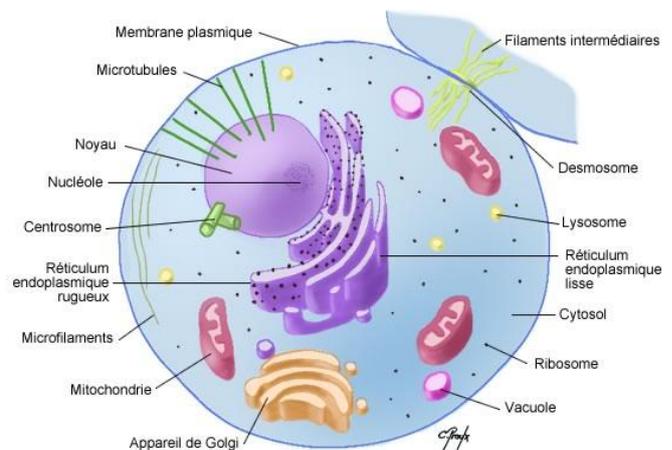
Ce sont des **Eucaryotes** avec des noyaux typiques entourés d'une membrane et contenant des chromosomes.

Ce caractère les différencie des bactéries qui sont des **Procaryotes** avec un chromosome libre à l'intérieur de la cellule.



Organisation d'une cellule **eucaryote** typique

- 1 - Nucléole
- 2 - Noyau
- 3 - Ribosome
- 4 - Vésicule
- 5 - Réticulum endoplasmique rugueux (granuleux)
- 6 - Appareil de Golgi
- 7 - Microtubule
- 8 - Réticulum endoplasmique lisse
- 9 - Mitochondrie
- 10 - Lysosome
- 11 - Cytoplasme
- 12 - Peroxysome
- 13 - Centrosome



Organisation d'une cellule **procaryote**

Elles sont **hétérotrophes** car elles ne peuvent pas, comme les autres plantes vertes, synthétiser la matière organique à partir de gaz carbonique atmosphérique.

Elles doivent donc puiser dans le milieu ambiant l'eau, les substances nutritives et les éléments minéraux nécessaires à la synthèse de leur propre matière.

Elles les absorbent à travers la paroi de leur appareil végétatif. On dit qu'elles sont **absorbotrophes**.

Toutes les moisissures sont **saprophytes** et se développent sur et au détriment de matériaux inertes très variés (papiers, bois, aliments...).

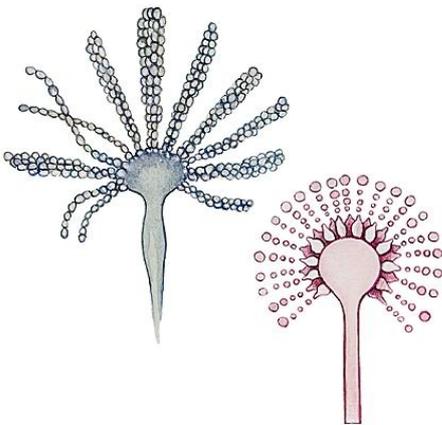
Certaines peuvent être « opportunistes », c'est-à-dire que, bien que naturellement saprophytes, elles peuvent dans certains cas se comporter en parasites, se développer sur des organismes vivants animaux ou végétaux dont les défenses sont affaiblies, les tuer et finalement passer à un développement saprophyte.

B. COMMENT SE DEVELOPPENT-ELLES ?

1. Mode de développement

L'appareil végétatif qui permet la croissance et le développement est composé de filaments appelés **hyphes** dont l'ensemble constitue un réseau : le **mycélium**.

Celui-ci est parfois visible sous forme de petites tâches colorées à la surface de substrats moisis.



Il va à la recherche de ses aliments, dégrade le support par émission d'enzymes et d'acides, transforme les composants à l'intérieur de la cellule et rejette les déchets à l'extérieur ou les stocke.

La dégradation du substrat peut être infime ou considérable, selon l'adaptation spécifique du champignon, la durée et les conditions de son développement.

Cette activité de dégradation est cause de la détérioration des supports.

La colonisation du substrat est donc réalisée par extension et ramification des hyphes.

L'accroissement de celles-ci s'effectue par le sommet ou apex, où s'effectue l'essentiel des réactions de synthèse et dégradation du métabolisme dit "primaire", indispensable à la construction de la cellule du champignon.

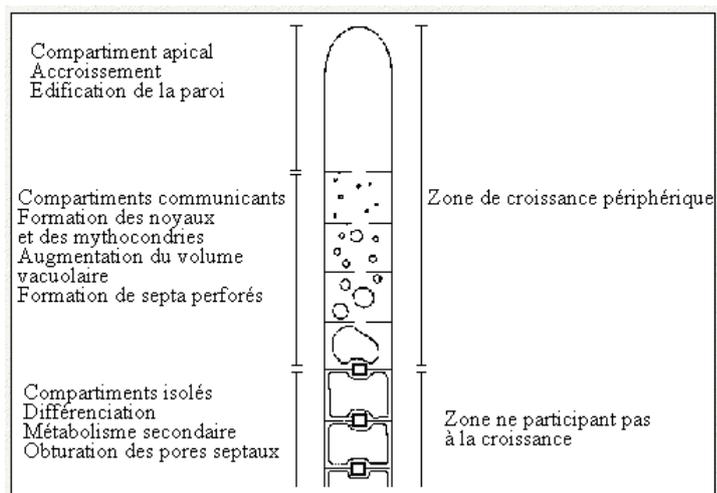
Les régions apicales des hyphes sont caractérisées par la présence de nombreuses vésicules cytoplasmiques contenant les enzymes et les précurseurs de synthèses de nouveaux polymères.

Les produits du métabolisme "secondaire", non indispensable au fonctionnement de la cellule, sont plutôt stockés en région subapicale. Les métabolites secondaires les plus connus sont les pigments, les antibiotiques, les mycotoxines...

Les hyphes sont appliquées sur le substrat ou parfois immergées dans celui-ci.

Elles absorbent, à travers leur paroi, l'eau, les substances nutritives et les ions qui y sont contenus.

Cette fonction implique une perméabilité pariétale qui diminue de l'apex vers les zones plus âgées. Dans les zones actives, il y a en permanence des échanges entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule.



Représentation schématique des différents compartiments de l'hyphes et de leur contribution à son développement fonctionnel.

D'après Cooke R.C. et Whipps, 1993

2. Conditions de développement

Bien qu'elles soient relativement peu exigeantes, un certain nombre de facteurs, nutritifs et environnementaux, doivent être réunis pour que les moisissures se développent.

Les principaux facteurs de développement sont :

- **Les éléments nutritifs :**
 - Composés organiques
 - Composés minéraux
 - Amidon
 - Cellulose
 - Protéines
- **Les facteurs de l'environnement :**
 - Humidité
 - Température
 - Oxygène

Humidité :

Tout le monde sait que les moisissures apparaissent après un accroissement accidentel de l'humidité.

En effet, la quantité d'eau disponible dans le substrat et l'ambiance environnante est très importante pour initier leur développement.

Il y a échange permanent entre l'environnement et le support jusqu'à atteindre un point d'équilibre à la surface de ce dernier où pourra se développer la moisissure (*pour les aliments, cette valeur est définie comme l'activité de l'eau ou a_w ; elle est approximativement inverse de l'humidité relative*).

L'humidité relative minimum pour que commencent à se développer certaines moisissures peu nombreuses, dites xérophiles, est de 65-70 % (*Eurotium - Aspergillus* du groupe *glaucus*).

Au fur et à mesure que l'humidité augmente s'installent ensuite des moisissures différentes, de plus en plus nombreuses vers 80-90%.

Ainsi selon l'espèce identifiée sur un substrat, on peut approximativement définir l'évolution de l'humidité relative de celui-ci. La seule façon d'éviter le développement de contaminants fongiques est donc de bien maintenir une hygrométrie faible dans l'environnement.

AW	Bactéries	Levures	Moisissures	Durée du stockage
				Heures
				Jours
0.90				Semaines
0.80				Mois
0.70				
0.60				Ans
0.50				

Survie des micro-organismes en relation avec l'aw (sur aliments pollués).

D'après Richard-Molard, 1986

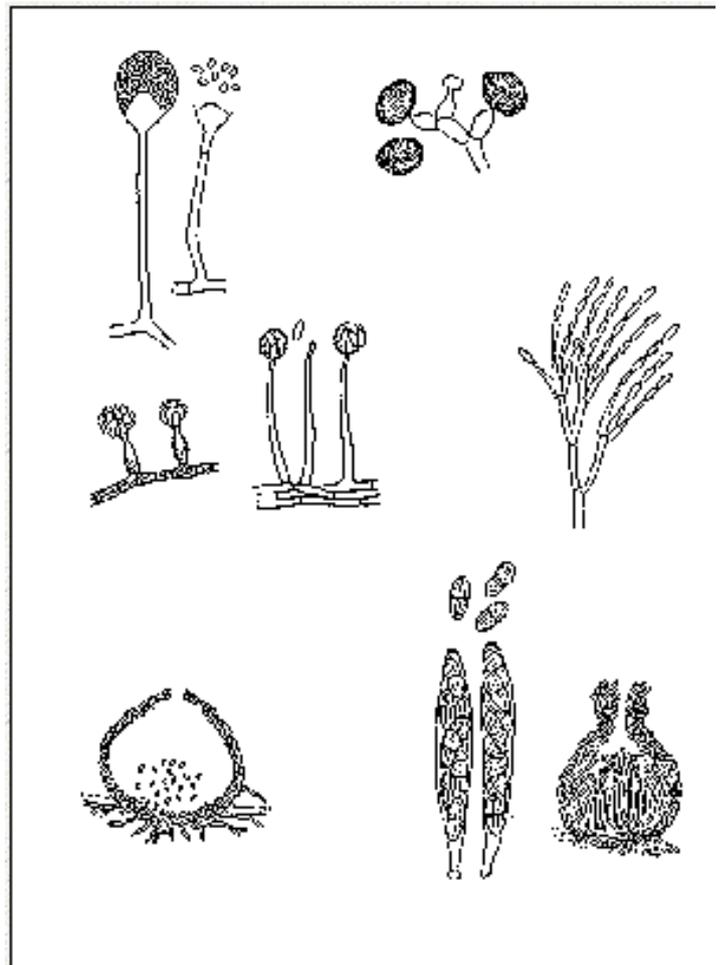
Température :

La plupart des champignons, surtout les moisissures, sont **mésophiles** c'est-à-dire qu'ils se développent autour de 20- 25°C, température moyenne habituelle des aires de stockage non climatisées sous les latitudes européennes.

Cependant, il peut y avoir des particularités pour certaines espèces et c'est ainsi que l'on définit des températures **cardinales** qui sont les températures minimales, optimales et maximales de croissance.

Exigences thermiques pour le développement de moisissures

MESOPHILES	
Maximum	< 50°C
Minimum	> 0°C
Optimum	15-30°C
THERMOPHILES	
Maximum	50°C
Minimum	20°C
Optimum	35-40°C
THERMOTOLERANTS	
Maximum	50°C
Minimum	> 0°C
Optimum	15-40°C
PSYCHROPHILES	
Maximum	20°C
Minimum	< 0°C
Optimum	0-17°C



La plupart des moisissures sont mésophiles

Oxygène :

Les champignons sont des organismes aérobies. Cependant, certains tolèrent des quantités relativement faibles d'oxygène et peuvent même se développer en anaérobiose avec production di-éthanol et diacides organiques. Le métabolisme des champignons peut être modifié selon la teneur en oxygène environnemental

3. Comment se multiplient-elles ?

Après un certain temps de développement, les moisissures comme tous les champignons et autres êtres vivants, doivent se reproduire, puis se propager pour aller coloniser d'autres substrats.

Elles se multiplient par des spores. Ces spores sont produites en très grand nombre. Par exemple, la méréule peut produire en moyenne 3000 spores par m².

Elles peuvent survivre très longtemps, plusieurs mois à plusieurs années. C'est sous cette forme qu'elles sont dispersées puis se déposent sur des supports nouveaux.

Lorsque les conditions environnementales deviennent favorables (augmentation de l'humidité principalement), elles **germent**, comme des graines et redonnent du mycélium qui reformera, à son tour, des spores.

Les spores se forment à partir du mycélium selon des processus plus ou moins différenciés mais en tous cas très variés.

Elles peuvent être solitaires, groupées en chaînes ou en têtes, portées à la surface du mycélium ou contenues dans des enveloppes cellulaires.

L'identification des moisissures repose principalement sur leur mode de formation et de groupement sur le mycélium.



La méréule (*Serpula lacrymans*) est sans doute le champignon le plus redoutable et le plus résistant. Il se nourrit grâce à la cellulose et à la lignine présentes en quantité dans le bois et a besoin d'humidité et d'eau afin de se développer

Dans la mesure où toutes les espèces n'ont pas les mêmes caractères physiologiques ni les mêmes exigences écologiques, leur identification précise est très importante.

Elle peut donner des indications précieuses sur l'origine de la contamination et, par suite, permettre d'adapter un traitement efficace.

C. EN QUOI ET COMMENT SONT-ELLES DANGEREUSES POUR LES OBJETS ?

Les moisissures sont agressives et dégradantes lorsqu'elles se développent quand les conditions environnementales sont favorables.

Sous la forme de spores, elles peuvent se disperser très largement et contaminer, mais sont inertes aussi longtemps que l'environnement ne permet pas leur développement.

Il y a donc lieu de bien séparer les phénomènes de **contamination** par des spores qui ne causent pas de dégâts immédiats mais constituent un grand danger potentiel, de la **dégradation** qui est la phase active due à du mycélium en expansion.

Les moisissures doivent puiser dans le substrat les aliments nécessaires à leur développement.

Pour accomplir cette tâche, elles transforment, pré-digèrent les aliments complexes qui les entourent, en éléments plus simples, assimilables et transférables à travers leur paroi.

Cette digestion s'effectue par production et émission d'enzymes (cellulases, ligninases, pectinases etc.) ou d'acides.

Mais ce mécanisme de digestion, bénéfique pour la cellule fongique, est néfaste pour le support, qu'il s'agisse d'un papier dont la cellulose sera dégradée, d'un objet en bois dont la lignine sera décomposée ou d'un aliment qui sera avarié ou chargé en toxines.

En progressant, le mycélium peut ainsi altérer de grandes quantités de matériaux.

Sans atteindre un niveau de dégradation profonde qui nécessite un long temps de croissance, le simple développement d'une petite colonie superficielle peut, selon la nature du support, causer une altération.

1. Comment s'effectue la contamination ?

La contamination s'effectue de deux façons différentes :

Dispersion

Les spores sont donc formées par le mycélium en grand nombre.

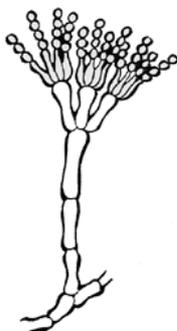
Le moindre petit choc, frôlement, ou courant d'air les détache et les emporte.

L'ambiance extérieure comme celle des locaux d'habitation, contient toujours des spores en suspension, en quantité plus ou moins grande selon la saison, la présence d'objets ou de murs moisissés, par exemple, qui émettent des spores.

Les principales espèces rencontrées dans l'ambiance appartiennent aux genres *Penicillium*, *Aspergillus* et *Cladosporium*.



Penicillium



Aspergillus



Cladosporium

Cependant, les espèces présentes dans l'ambiance ne correspondent pas toujours à celles qui sont sur les objets.

Le mode de dispersion et de transfert des spores n'est pas le même pour toutes les espèces. Certaines spores, appelées gloeiospores ont une paroi épaisse de consistance humide et restent collées entre elles par un mucus, de ce fait elles forment des amas plus lourds difficilement transportables par l'air. Elles seront véhiculées au niveau des substrats par contact, par des insectes, par l'eau mais rarement par l'air.

D'autres espèces, par contre, ont des spores à parois sèches (xérospores), facilement dissociables et légères. Elles pourront être en suspension dans l'air et aisément dispersées par les courants d'air.

C'est le cas des *Penicillium* et *Cladosporium* que l'on trouve en grand nombre dans l'environnement.

Différents contaminants rencontrés dans l'atmosphère et sur les supports d'une réserve

Espèces identifiées	Atmosphère	Papiers	Peintures	Cuir	Bois peint	Autres
<i>Aspergillus Niger</i>	*	*				
<i>Aspergillus penicillioides</i>	*	*	*	*	*	
<i>Aspergillus versicolor</i>	*					*
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	***	*		*		
<i>Penicillium brevicompactum</i>	*	*				
<i>Penicillium chrysogenum</i>	***	*			*	
<i>Penicillium citrinum</i>	*					
<i>Penicillium corylophilum</i>	*					
<i>Penicillium expansum</i>	*	*				
<i>Penicillium glabrum</i>	***					
<i>Penicillium spinulosum</i>	*		*			
<i>Penicillium viridicatum</i>	*	*				
<i>Alternaria tenuissima</i>	*					
<i>Cladosporium herbatum</i>	*					
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	*					
<i>Mucor racemosus</i>	*					*
<i>Trichoderma harzianum</i>	*					
<i>Acremonium strictum</i>						
<i>Chaetomium globosum</i>		*				*
<i>Doratomyces sp</i>						*
<i>Fusarium sp</i>						*
<i>Humicola fusco-astra</i>						*
<i>Phoma herbarum</i>						*
<i>Paecilomyces variotii</i>						*
<i>Phialophora richardsiae</i>						*
<i>Sporotrichum aurantiacum</i>						*

Sédimentation

Lorsque cessent les mouvements d'air, les spores de l'atmosphère sédimentent à une vitesse qui dépend de leur forme, de leur ornementation, de leur taille mais aussi du degré d'hygrométrie et de l'intensité des mouvements de l'air.

En atmosphère calme, la décantation est très rapide, environ 35 minutes pour atteindre le niveau zéro.

Dans une pièce calme, elles ont tendance à descendre verticalement et à se déposer sur les surfaces qu'elles rencontrent. Elles y constituent un inoculum important que ne détectent pas toujours les analyses d'air mais qui est susceptible d'entrer en croissance si les facteurs environnementaux le permettent.

Il apparaît alors très important de prendre en compte la diversité et les particularités des espèces tant pour leurs activités physiologiques et enzymatiques que pour leurs modes de dispersion et de sédimentation liés à des morphologies et à des constitutions pariétales différentes.

Une prévention et des traitements curatifs efficaces dépendent de ces observations.

II. IDENTIFIER LES RISQUES LIES A LA PRESENCE DE MOISSURES

La présence de moisissures en milieu intérieur est devenue un sujet de préoccupation tant pour les professionnels de la santé que pour la population en général.

En effet, au cours des dernières années, de plus en plus d'études effectuées en Amérique du Nord et en Europe ont fait ressortir un lien possible entre la présence de moisissures en milieu intérieur et diverses atteintes à la santé.

Depuis une dizaine d'années, l'intérêt s'est porté notamment sur *Stachybotrys chartarum* car il a été mis en cause dans des cas de décès de nouveau-nés par hémorragies intra-alvéolaires aux États-Unis.

Le *Stachybotrys chartarum* a été décrit la première fois en 1837 par le médecin tchèque August Carl Joseph Corda à Prague sur du papier peint. C'est un saprophyte d'aspect verdâtre-noir et sa croissance, comme celle de toute moisissure, s'effectue sur du matériel inorganique (notamment la cellulose) et dans des conditions de très forte humidité (> 90 %). C'est un champignon à croissance lente (2 à 3 semaines), aussi bien in vivo qu'in vitro et il est peu compétitif vis-à-vis des autres moisissures.

Dans la nature, on retrouve très peu de *Stachybotrys chartarum* mais il reste un contaminant potentiel des fourrages, des semis, du riz, des céréales et des matériaux composés de cellulose (pots). On le retrouve également dans les poils des animaux de la ferme. Dans l'habitat en général, la fréquence de *Stachybotrys chartarum* est évaluée par le chercheur américain Kozac et ses collaborateurs à 2,9 %. Dans les habitats insalubres, on le rencontre beaucoup plus souvent, par exemple dans 13 % des logements dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA).

A. EFFETS SUR LA SANTE HUMAINE

Les composants des moisissures et les substances issues de leur métabolisme sont potentiellement responsables d'effets cliniques sur l'homme.

Lorsque les conditions propices à la croissance des moisissures sont présentes dans une habitation ou un édifice public et qu'elles ne sont pas contrôlées, les moisissures peuvent proliférer, coloniser divers substrats et se retrouver éventuellement dans l'air ambiant.

Dans un habitat contaminé, il existe en général plusieurs moisissures dans un espace-temps donné. Pour l'heure, il est impossible de déterminer quel est le composant responsable de tel ou tel effet et à quelle moisissure « appartient » ce composant.

Par ailleurs, les différentes études épidémiologiques ne prennent pas toujours en compte les autres contaminants potentiels tant biologiques comme les acariens, les blattes, les endotoxines, que chimiques comme les composés organiques volatils (COV) ou l'humidité.

Si certains cadres nosologiques, comme les pathologies irritatives, immunologiques et infectieuses sont bien validés par la communauté scientifique, d'autres restent mal définis comme les pathologies toxiques. Il existe un flou nosologique sur les mycotoxicoses qui va entraîner de nombreuses imprécisions dans les études épidémiologiques et/ou d'intervention.

Les difficultés à mesurer l'exposition additionnées aux difficultés à bien définir le diagnostic de mycotoxicoses viennent compliquer l'établissement du lien de causalité entre cette exposition et la survenue des symptômes

Comme vu précédemment, les spores des moisissures croissant en surface des matériaux sont facilement aérosolisables.

Les moisissures sont :

- minuscules,
- repoussantes,
- sentent le renfermé
- etc.

Si l'on en croit les estimations, elles sont présentes dans un tiers des bâtiments en France :

Certaines sont visibles, la plupart d'entre elles non, ce qui les rend d'autant plus néfastes.

En effet, plus on respire leurs spores, plus le danger pour la santé s'accroît. Les enfants sont particulièrement menacés, car ils réagissent souvent de manière plus sensible que les adultes.

Une exposition à des concentrations élevées de spores fongiques à l'extérieur comme à l'intérieur des bâtiments peut provoquer des réactions allergiques plus ou moins graves, dont l'**asthme**.



Les risques de santé possibles dus aux moisissures :

- Réactions allergiques** : conjonctivites, irritations des voies respiratoires, toux, maux de tête, éruptions cutanées.
- Fatigue**, nausées, troubles de la mémoire, courbatures, vulnérabilité aux infections à cause des mycotoxines
- Formation de mycoses** suite au parasitage des tissus humains par des champignons
- Affaissement des défenses immunitaires**
- Risque accru d'infection des personnes immunodéficientes**

B. LES 4 MECANISMES RESPONSABLES DES CONTAMINATIONS SUR L'HOMME

● **Mécanisme irritatif :**

Deux séries de substances ont été identifiées dans les études expérimentales animales comme pouvant être responsables de l'effet irritatif lors de l'exposition aux moisissures domestiques.

Les β (1-3) glucanes

Ce sont des polymères du glucose présents dans les parois fongiques. Le dosage des glucanes ne donne pas d'informations sur l'espèce de moisissure présente dans l'habitat. Cependant, quelques études rapportent une augmentation de la prévalence des signes respiratoires corrélée à l'augmentation du taux de glucanes chez des personnes exposées.

Les composés organiques volatils

Issus en grande quantité lors du métabolisme primaire des moisissures, ils sont appelés MCOV (microbial volatile organic compounds). Ils sont responsables de l'odeur caractéristique de « moisi ».

Ils sont utilisés pour la détection d'une contamination fongique non visible à l'œil nu car ils peuvent diffuser au travers des matériaux (revêtements muraux, planchers).

Les MCOV ne sont pas spécifiques d'une espèce car leur synthèse dépend aussi du substrat et de la phase de croissance de la moisissure. Leur concentration ne fait pas encore l'objet des normes de référence. Ils sont prélevés sur tubes adsorbants par des techniques de prélèvement passif ou actif.

L'effet irritatif va se retrouver au niveau des zones corporelles qui peuvent être en contact avec ces différents composés.

Il s'agit donc des muqueuses oculaire, nasale, digestive et bronchique ainsi que de la peau. Son mécanisme exact d'action est inconnu mais semble passer par un phénomène local de contact entraînant une irritation mécanique due aux glucanes et aux MCOV.

Puis, dans un second temps, il y aurait un mécanisme d'irritation chimique en rapport avec les mycotoxines contenues dans les spores.



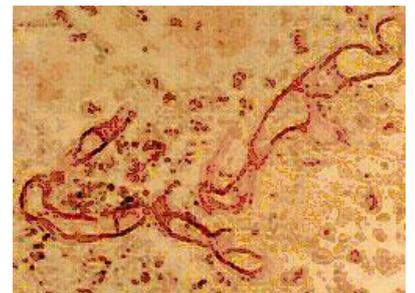
Les signes cliniques fréquemment rapportés par les sujets exposés aux moisissures sont :

- une rhino-conjonctivite,
- une irritation de l'oropharynx et de l'arbre bronchique
- des démangeaisons

● Mécanisme infectieux :

Les mycoses : La pathologie la plus connue est l'aspergillose broncho-pulmonaire invasive, qui peut être gravissime chez les sujets immunocompétents. Ces cas surviennent le plus souvent lors de travaux d'entretien ou de rénovation hospitalière.

Les mycétomes : Lorsque la moisissure se développe à l'intérieur du poumon, elle peut former un amas mycélien appelé mycétome. Le plus fréquent et le plus souvent décrit est l'aspergillome lié à *Aspergillus*.



Les mycétomes se forment en général dans des cavités pulmonaires préexistantes telles qu'une caverne tuberculeuse, un kyste congénital ou une séquelle d'abcès pulmonaire

● Mécanisme immunologique :

Les composants des parois cellulaires et du cytoplasme des cellules fongiques et notamment les spores et fragments fongiques respirables sont des substances immunogènes. Elles peuvent entraîner une réaction d'hypersensibilité de type III après inhalation.

D'autres substances contenues dans différents composants des moisissures tels les protéines, les polysaccharides et les lipopolysaccharides sont reconnues comme étant des substances allergènes.

Allergie de type I : rhinite, conjonctivite, asthme

Il existe un lien entre l'exposition aux moisissures et la sensibilisation aux moisissures ainsi qu'avec l'aggravation de l'asthme, bien que cette relation ne soit pas retrouvée dans toutes les études.

Une autre étude évoque la possibilité d'apparition de l'asthme, en relation avec une exposition aux moisissures. Ce lien est également suggéré par l'étude de Rylander qui démontre que le nombre d'adultes présentant une hyperréactivité bronchique a diminué dans les suites de travaux de rénovation d'un lieu de travail contaminé par des moisissures.

Allergie de type III : alvéolites allergiques extrinsèques, pneumopathies aiguës ou subaiguës, maladie dite du poumon de fermier.

Dans l'immense majorité des cas, les sources antigéniques sont d'origine professionnelle. Il s'agit de substances antigéniques provenant de microorganismes, notamment bactériens (actinomycètes thermophiles) et fongiques mais aussi d'autres substances comme les protéines animales, les agents chimiques.

L'aspergillose broncho-pulmonaire allergique : fait intervenir un mécanisme immunologique mixte, avec des réactions de types I et III.

● **Mécanisme toxique :**

Ces effets résultent de l'action pathogène de toxines élaborées par les moisissures, appelées « mycotoxines ».

Les mycotoxines sont des « métabolites de champignons qui, quand ils sont ingérés, inhalés ou absorbés par la peau altèrent les capacités de réaction et provoquent des maladies ou la mort chez l'homme ou l'animal, y compris les oiseaux.

La patuline est la mycotoxine la plus répandue dans les pommes et les produits dérivés tels que les jus de fruits, cidre, compotes et autres aliments destinés aux jeunes enfants. L'exposition à cette mycotoxine est associée à des problèmes immunologiques, neurologiques et gastro-intestinaux.



Ces métabolites secondaires peu volatils sont élaborés par les moisissures lors du métabolisme secondaire sous certaines conditions environnementales (substrat, température et humidité) et sont responsables de **toxicité avérée** chez l'homme et l'animal. Le métabolisme secondaire diffère du primaire par la nature aléatoire de son activation, par la diversité des composés formés et la spécificité des souches impliquées. Il n'est pas lié à la croissance cellulaire mais répond généralement à des signaux issus de l'environnement du champignon.

Les mycotoxines se retrouvent dans le mycélium et les spores et peuvent se diffuser dans le substratum. Il y a plus de 400 mycotoxines répertoriées, mais environ une vingtaine d'entre elles est considérée comme potentiellement dangereuse pour l'homme et l'animal.

Les effets possibles d'une exposition aux mycotoxines sont multiples et varient selon le type de mycotoxine, la nature et l'ampleur de l'exposition ainsi que la susceptibilité du sujet exposé. Une même espèce de moisissure peut produire plusieurs toxines, et inversement, différentes moisissures peuvent produire la même toxine.

Le contact avec les mycotoxines peut être à l'origine d'une toxicité aiguë et chronique. Les effets délétères concernent l'appareil respiratoire, les muqueuses nasale et oculaire, la peau, le système immunitaire, le système nerveux central ainsi que l'appareil digestif. Ces toxicités peuvent entraîner la mort.

La toxicité chronique est en rapport avec un contact répété avec les mycotoxines soit par voie digestive soit par voie inhalée. Chez l'homme, elle a été suspectée dans des cas de décès de nouveau-nés.

III. MESURES DE DECONTAMINATION DE L'HABITAT

Le département de santé de la Ville de New York recommande des méthodes spécifiques de décontamination des locaux. Le document établi en 2000 faisant consensus sur la scène internationale est connu sous le nom de « Protocole de la Ville de New York »

Quel que soit le niveau de contamination, la démarche adoptée doit être fondamentalement la même.

A. IDENTIFIER LES OBJECTIFS DE L'INTERVENTION

1°) Une inspection visuelle est indispensable car elle va permettre de détecter la présence d'une contamination.

Elle doit être complète et ne pas omettre :

- les systèmes de ventilation (filtres),
- les panneaux de plafond,
- les panneaux de Placoplatre,
- le carton,
- le papier et autres matières cellulosiques.

2°) Il est indispensable d'identifier l'origine du dégât des eaux car si le problème n'est pas rectifié, les moisissures vont réapparaître.

Il faut :

- réparer rapidement la fuite d'eau
- nettoyer immédiatement la zone endommagée.

En effet, le délai d'action (réparation, nettoyage, séchage) est primordial pour prévenir ou limiter la prolifération des moisissures.

3°) La décontamination des locaux se fera selon une procédure qui varie selon le niveau de contamination.

Les travaux de décontamination sont déterminés selon la taille de la zone contaminée par les moisissures.

Les objectifs sont :

- Nettoyer les matériaux contaminés ou s'en débarrasser tout en empêchant le passage des moisissures des zones contaminées aux zones propres.
- Protéger la santé des ouvriers effectuant les travaux de décontamination

B. NIVEAUX DE PRISE EN CHARGE DE ZONES CONTAMINEES

Il existe cinq niveaux de prise en charge de zones contaminées.

La taille de la zone contaminée par les moisissures détermine avant tout le type d'intervention. Les 5 niveaux de contamination ont été définis en se basant sur une opinion professionnelle et un aspect pratique.

Niveau 1 : Petites zones circonscrites (1m² ou moins) – Ex : panneaux de plafond, petites zones sur les murs.

Les points à retenir :

- Les travaux d'élimination de la contamination peuvent être effectués par le personnel d'entretien habituel préalablement formé
- L'utilisation de protection respiratoire est recommandée
- Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés
- La zone de travail doit être évacuée de tout occupant, ainsi que les zones adjacentes
- Le confinement complet de la zone de travail n'est pas nécessaire
- Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas détremper) les surfaces de travail
- Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, une fois placés dans des sacs hermétiques
- La zone de travail et les zones utilisées comme sorties par les travailleurs doivent être nettoyées à l'aide d'une chiffonnette humide et d'un détergent
- Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents

Niveau 2 : Zones circonscrites de tailles moyennes (1 à 3 m² ou moins) – Ex : panneaux individuels de revêtement.

Les points à retenir :

- Les travaux d'élimination de la contamination peuvent être effectués par le personnel d'entretien habituel préalablement formé
- L'utilisation de protection respiratoire est recommandée
- Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés
- La zone de travail doit être évacuée de tout occupant, ainsi que les zones adjacentes
- La zone de travail doit être recouverte d'une bâche en plastique et scellée à l'aide d'un ruban adhésif avant de commencer les travaux, pour contenir les débris et poussières
- Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas détremper) les surfaces de travail
- Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, une fois placés dans des sacs hermétiques
- La zone de travail et les zones utilisées comme sorties par les travailleurs doivent être nettoyées à l'aide d'une chiffonnette humide et d'un détergent
- Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents

Niveau 3 : Zones circonscrites importantes (3 à 10 m² ou moins) – Ex : plusieurs panneaux de revêtement.

Un professionnel en santé et sécurité au travail, expérimenté dans les enquêtes de cas de contamination microbienne, doit être consulté avant d'entreprendre les travaux. Cette personne agira à titre conseil et pourra veiller à la supervision des travaux.

- Une personne formée dans la manipulation de matériaux dangereux et l'utilisation d'équipement de protection respiratoire

- Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés
- La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique et scellées à l'aide d'un ruban adhésif avant de commencer les travaux afin de contenir les débris et poussières
- A l'aide de bâche(s) en plastique, fermer hermétiquement les grilles et conduits de ventilation dans la zone de travail et dans les zones voisines
- La zone de travail doit être évacuée de tout occupant, ainsi que les zones adjacentes
- Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas détremper) les surfaces de travail
- Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, une fois placés dans des sacs hermétiques
- La zone de travail et les zones avoisinantes doivent être passées à l'aspirateur HEPA, nettoyées à l'aide d'une chiffonnette humide et d'un détergent et d'un lavage du sol
- Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents

S'il est prévisible que les travaux génèrent un volume important de poussière (ex : nettoyage pas ponçage des zones contaminées, démolition de murs en plâtre) ou si l'ampleur de la contamination visible des moisissures est importante (très grande superficie au lieu de taches discrètes), il est conseillé de suivre les procédures du niveau 4

Niveau 4 : Contamination étendue (sup. à 10 m² consécutifs dans une zone)

Un professionnel en santé et sécurité au travail expérimenté dans les enquêtes de cas de contamination microbiennes, doit être consulté avant d'entreprendre les travaux. Cette personne agira à titre conseil et pourra veiller à la supervision des travaux.

- Utiliser un personnel formé à la manipulation de matériaux dangereux et équipé de :
 - Respirateurs intégraux avec cartouches d'air à particules de haute capacité HEPA
 - Vêtements de protection jetables, couvrant la tête et les pieds
 - Gants
- Confinement de la zone de travail
 - La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique scellées à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux afin de contenir les débris et poussières
 - Utilisation d'un ventilateur d'aspiration muni d'un filtre HEPA pour générer une pression négative
 - Sas et caisson de décontamination
- La zone de travail doit être évacuée de tout occupant, ainsi que les zones adjacentes
- Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, un fois placés dans des sacs plastique hermétiques. L'extérieur des sacs doit bien être nettoyé à l'aide d'un chiffon humide et d'une solution à base de détergent ou bien passé à l'aspirateur HEPA dans le caisson de décontamination avant leur transport vers des zones propres du bâtiment. Il n'existe pas de réglementation particulière pour se débarrasser des matériaux moisiss
- La zone de travail et les zones avoisinantes doivent être passées à l'aspirateur HEPA et nettoyées à l'aide d'une chiffonnette humide et d'un détergent et les sols lavés
- Une analyse de la qualité de l'air doit être effectuée pour déterminer si la zone traitée est propre à l'habitation et si les personnes évacuées peuvent réintégrer leur domicile

Niveau 5 : Traitement des systèmes CVCA (chauffage, ventilation, conditionnement d'air)

□ Petite zone circonscrite de contamination (< 1m²) dans le système CVCA

- Les travaux d'élimination de la contamination peuvent être effectués par le personnel d'entretien habituel du bâtiment. Ces personnes doivent recevoir une formation quant aux méthodes de nettoyage appropriées, aux mesures de protection personnelle et aux risques potentiels pour la santé
- L'utilisation de protection respiratoire (ex : respirateur jetable n°95) selon les normes de l'OSHA concernant la protection respiratoire est recommandée
- Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés
- Le système de CVCA doit être éteint avant d'entamer tout travail
- La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique et scellées à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux afin de contenir les débris et poussières
- Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas tremper) les surfaces de travail
- Les matériaux pouvant agir comme support à la croissance fongique et qui sont contaminés tels que l'enveloppe de papier de l'isolation intérieure des conduits et les filtres du système, doivent être retirés. Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés du bâtiment et placés dans des sacs plastiques étanches. Il n'existe pas d'obligations particulières pour se débarrasser des matériaux moisiss
- La zone de travail et les zones avoisinantes doivent être passées à l'aspirateur HEPA et nettoyées à l'aide d'un chiffon humide et/ou d'une serpillère et d'une solution à base de détergent
- Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents
- Les fabricants de CVCA recommandent l'utilisation d'une variété de biocides sur les composants de CVCA tels que les bobines de refroidissement ou les bacs de condensation. Consulter le fabricant du CVCA pour voir quels produits il recommande pour son système

□ Zones de contamination (> 1m²) dans le système CVCA

Un professionnel en santé et sécurité au travail, expérimenté dans les enquêtes de cas de contamination microbiennes, doit être consulté avant d'entreprendre les travaux. Cette personne agira à titre conseil et pourra veiller à la supervision des travaux.

- Utiliser un personnel formé à la manipulation de matériaux dangereux et équipé de :
 - Respirateurs intégraux avec cartouches d'air à particules de haute capacité HEPA
 - Gants et protection des yeux
 - Respirateurs intégraux avec cartouches d'air à particules de haute capacité HEPA et des vêtements de protection jetables couvrant la tête et les pieds doivent être portés si la contamination s'étend sur plus de 3m²
- Eteindre le système de CVCA avant de commencer tout traitement

- Confinement de la zone de travail
 - La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique et scellées à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux afin de contenir les débris et poussières
 - Utilisation d'un ventilateur d'aspiration muni d'un filtre HEPA pour générer une pression négative
 - Sas et caisson de décontamination si la contamination est supérieure à 3 m²
- Les matériaux pouvant agir comme support à la croissance fongique et qui sont contaminés comme l'enveloppe de papier de l'isolation intérieure des conduits et les filtres du système, doivent être retirés. Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés du bâtiment et placés dans des sacs plastiques étanches. L'extérieur des sacs doit bien être nettoyé à l'aide d'une chiffonnette humide et d'une solution à base de détergent ou passé à l'aspirateur HEPA dans le caisson de décontamination avant leur transport vers des zones propres du bâtiment. Il n'existe pas de réglementation particulière pour se débarrasser des matériaux moisiss
- La zone de travail et le caisson de décontamination doivent être passés à l'aspirateur HEPA et nettoyés à l'aide d'un chiffon mouillé et/ou d'une serpillère et d'une solution à base de détergent avant de déposer les isolateurs
- Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents
- Une analyse de la qualité de l'air doit être effectuée pour déterminer si la zone traitée est propre à l'habitation et si les personnes évacuées peuvent réintégrer leur domicile
- Les fabricants de CVCA recommandent l'utilisation d'une variété de biocides sur les composants de CVCA tels que les bobines de refroidissement ou les bacs de condensation. Consulter le fabricant du CVCA pour voir quels produits il recommande pour son système

IV. DECOUVRIR LES PROTOCOLES D'INTERVENTION

A. LES PETITES SURFACES

Les « petites surfaces » affectées par la moisissure peuvent être nettoyées facilement (pas plus de trois petites plaques, chacune ayant une superficie inférieure à un mètre carré).

Assurez-vous de porter au moins les articles de protection suivants :

- des lunettes de sécurité;
- un masque anti-poussières jetable (3M 8210 ou l'équivalent);
- des gants de caoutchouc.

Au moment du nettoyage, les bébés et les membres de la famille souffrant d'asthme, d'allergies ou aux prises avec d'autres problèmes de santé ne devraient pas se trouver dans la pièce même ou à proximité de la zone de nettoyage.

Surfaces lavables :

Il faut nettoyer avec une solution détersive non parfumée, bien essuyer avec un chiffon propre et humide, puis faire sécher rapidement.

L'emploi d'un détergent non parfumé permet de détecter plus facilement les odeurs de moisissures résiduelles.

Moisissure sur les plaques de plâtre :

Nettoyez la surface avec un chiffon humide et du bicarbonate de soude ou un peu de détergent. Assurez-vous de ne pas trop mouiller la plaque de plâtre.

Si la moisissure revient après le nettoyage, cela signifie habituellement que la source d'humidité n'est pas éliminée. Il faut alors éliminer la partie contaminée.

Nettoyage des « surfaces moyennes »

Nettoyez les « surfaces moyennes » de moisissure en portant les articles de protection appropriés et respectez les mesures de sécurité.

Éliminer la partie contaminée si la quantité de moisissure est élevée ou si elle revient après le nettoyage

Le nettoyage peut être effectué à l'aide d'un détergent non parfumé, à condition de respecter la démarche à suivre et de porter les articles de protection appropriés. Une « surface moyenne » correspond à pas plus de trois plaques de moisissure, chacune mesurant moins d'un mètre carré, ou une ou plusieurs plaques mesurant plus d'un mètre carré, mais moins de 3 m².

Nettoyage général

Passez l'aspirateur central à évacuation extérieure ou un aspirateur à filtre HEPA (haute efficacité pour particules de l'air). Grattez ou brossez à fond la section affectée par la moisissure avec une solution détersive non parfumée. Rincez à fond avec un chiffon humide et propre. Répétez et faites sécher rapidement. Passez l'aspirateur à filtre HEPA sur les surfaces qui ont été nettoyées et dans les sections avoisinantes.

Nettoyage des surfaces de bois

Passez un aspirateur pourvu d'un filtre HEPA ou à évacuation extérieure sur les surfaces de bois. Nettoyez soigneusement avec un détergent et de l'eau. Rincez ensuite à fond avec un chiffon humide et propre et séchez rapidement. Si les taches ne disparaissent pas, poncez la surface de bois avec une ponceuse munie d'un dispositif aspirateur. Il est important d'utiliser l'aspirateur en même temps pour ne pas disperser les particules de moisissure. Les pièces de bois pourries pourraient devoir être remplacées.

Nettoyage des surfaces de béton

Passez l'aspirateur à filtre HEPA sur les surfaces en béton. Nettoyez les surfaces avec du détergent et de l'eau. Si la moisissure est toujours apparente sur les surfaces, utilisez du phosphate trisodique

Mise en garde : Le phosphate trisodique ne doit pas entrer en contact avec la peau ou les yeux. À l'aide d'une éponge ou d'un chiffon, saturez de la solution de phosphate trisodique la surface de béton affectée par la moisissure. Laissez reposer ainsi pendant au moins 15 minutes. Ensuite, rincez la surface deux fois à l'eau propre. Essuyez complètement et asséchez le plus rapidement possible.

Moisissure sur les plaques de plâtre

Le papier recouvrant les plaques de plâtre favorise la formation de moisissure s'il devient mouillé ou s'il est mouillé à répétition sans pouvoir sécher rapidement. Le nettoyage à l'eau avec du détergent rend non seulement les plaques plus humides, mais peut aussi les endommager. Si la moisissure n'apparaît que superficiellement sur la surface peinte, vous pouvez l'éliminer en procédant à un **nettoyage général** (voir la rubrique). Si la moisissure se forme sous la surface peinte, il est préférable de découper et de remplacer la partie atteinte et les autres matériaux en-dessous, puis de nettoyer aussi les sections voisines. Les matériaux neufs pourraient être, à leur tour, affectés par la moisissure si la source d'humidité n'est pas éliminée. Si tel est le cas, il faut retarder la pose des matériaux neufs jusqu'à ce que le problème d'humidité soit réglé. Comme mesure temporaire, la surface affectée peut être isolée au moyen de feuilles de plastique dont les bords seront scellés.

Les surfaces présentant de nouvelles taches de moisissure doivent être nettoyées sans délai.

B. PROTOCOLES

Étape 1 : Débarrassez-vous des articles moisiss ou endommagés par la moisissure

Portez un masque anti-poussières et des gants. Les effets comme les matelas, tapis ou fauteuils qui ont déjà été mouillés ou entreposés dans des conditions humides devraient être jetés. Débarrassez-vous des articles qui ne servent plus. Il y aura ainsi moins d'articles absorbant l'humidité et favorisant la moisissure. Une fois nettoyés, les vêtements et autres articles devraient être entreposés dans des sacs de plastique scellés pour empêcher la recontamination.

Étape 2 : Passez l'aspirateur

Vous réduirez la quantité de spores de moisissure en passant l'aspirateur à fond sur toutes les surfaces (planchers, murs, plafonds, tablettes) et sur les meubles que vous ne pouvez laver (canapés, fauteuils etc.).

Étape 3 : Prévenez

Réduisez au maximum l'humidité produite dans la maison en adoptant les mesures de prévention indiquées plus loin.

Étape 4 : Dégagez les endroits mouillés

Faites en sorte de garder les tapis et les meubles loin des murs qui peuvent devenir mouillés. Débarrassez-vous des tapis et des sous-tapis moisiss.

Étape 5 : Asséchez

Prenez les mesures nécessaires pour assécher les surfaces humides. Contrôlez le degré d'humidité relative. Utilisez au besoin un déshumidificateur portatif et videz régulièrement le bac.

Étape 6 : Isolez

Lorsque la moisissure est présente sur une seule surface, isolez-la si possible. À l'aide de ruban adhésif, fixez des feuilles de plastique aux murs et au plafond pour isoler l'aire affectée et minimiser votre exposition à la moisissure. Rappelez-vous qu'il s'agit uniquement d'une mesure temporaire.

Étape 7 : Nettoyez

Les personnes en bonne santé peuvent nettoyer les petites et moyennes surfaces affectées par la moisissure pour empêcher qu'elles ne s'étendent, à condition toutefois de respecter les mesures de précaution et les directives relatives au nettoyage.

Étape 8 : Faites appel aux professionnels

Faites appel à des investigateurs de la qualité de l'air intérieur pour définir les solutions appropriées pour votre habitation. Il est recommandé de recourir à un spécialiste de l'élimination des moisissures s'il y en a de grandes quantités.

C. PREVENTION

La prévention consiste essentiellement à adopter des mesures visant à éviter la prolifération des moisissures, en contrôlant les sources à l'origine de leur croissance.

La prévention primaire :

Une attention particulière devrait d'abord être accordée à la conception même de l'habitation et à sa construction.

Il faut donc prendre en compte plusieurs aspects de conception tels que l'étanchéité, l'isolation, la ventilation, la fenestration.

L'entretien du bâtiment :

Il faut porter une attention particulière à l'entretien du bâtiment, afin de déceler ou d'éviter tout problème susceptible de favoriser la prolifération de moisissures.

Informier :

Il est important d'informer le public sur les conséquences sanitaires des mauvaises conditions d'habitation ainsi que sur les moyens à prendre pour éviter la survenue de tels problèmes.

De façon générale, les problèmes d'humidité relativement élevée ou de présence d'eau à l'intérieur d'une habitation proviennent :

- ✓ **De sources ponctuelles** (bris de tuyauterie, inondation, etc.) :
Les problèmes ponctuels entraînent généralement la présence soudaine d'eau, parfois en quantité importante. Dans un premier temps, il faut contrôler la source afin de prévenir toute prolifération des moisissures. Il faut évacuer rapidement l'eau accumulée et s'assurer d'assécher tous les matériaux détrempés si possible dans les 24 à 48 heures suivant la survenue du problème.
- ✓ **De problèmes d'infiltration chronique** (joints, fissures dans les fondations, etc.) :
La cause est souvent la détérioration de matériaux imperméabilisants (joints, fissures dans les fondations). Il faut donc effectuer un entretien préventif de toute composante susceptible d'être à l'origine d'un problème d'infiltration chronique.
- ✓ **De problèmes de condensation chronique** dus à une mauvaise isolation :
La condensation peut survenir lors de l'insuffisance de l'isolation thermique des murs ou du plafond ou en présence d'humidité excessive occasionnée par une ventilation déficiente ou par des infiltrations d'eau. L'inspection joue là aussi un rôle majeur pour rechercher puis corriger les problèmes liés à un vice de conception. Cependant, il existe dans une habitation des sources permanentes d'humidité. Le développement des moisissures s'effectue dans les endroits constamment humides tels que les surfaces autour des baignoires, des éviers et des fenêtres. De simples conseils ménagers permettent en général de maîtriser cette prolifération.
- ✓ **D'une ventilation insuffisante** par rapport à certaines habitudes des occupants :
Les principales sources de vapeur d'eau à l'intérieur du logement sont les occupants (30 à 40 litres/semaine pour une famille de quatre personnes), le séchage du bois de chauffage à l'intérieur (15 à 30 litres/semaine), les activités domestiques (douches, cuisson, bains, lessive – 15 à 20 litres/semaine), le sous-sol humide, le vide sanitaire (15 à 20 litres/semaine) et le séchage de la lessive à l'intérieur (10 à 15 litres/semaine). Il faut donc expliquer et convaincre les occupants de modifier leurs habitudes de vie et de recourir à une ventilation quotidienne.

Le fait de résider dans un logement humide implique un risque sanitaire, par l'intermédiaire notamment de l'exposition aux moisissures.

Dans ce domaine existent encore de nombreuses zones d'ombre : rôle respectif des divers aérocontaminants, notamment rôle des mycotoxines dans l'air ambiant, effets biologiques propres de chaque espèce fongique, détermination de normes d'exposition aux moisissures.

Sources : Protocole de la ville de New York

