ÉTUDE DE CAS



© C. Peltier Caroff / Musée du Quai Branly

Retour d'expérience sur la congélation des supports en nitrate de cellulose au musée du Quai Branly-Jacques Chirac

En 2019, le musée du Quai Branly – Jacques Chirac a fait le choix de la congélation de ses supports en nitrate de cellulose.

Après un premier chantier de conservation en 2005, puis une conservation au froid dans ses réserves sur place (2009-2019), le musée a investi dans des congélateurs et l'équipe a procédé à la congélation de plus de 50 000 supports, puis a assuré la surveillance et la maintenance des appareils. En 2023, ces derniers ont dû être changés à la suite d'une panne des moteurs. Depuis, l'équipe du musée a acquis une expérience sur la maintenance quotidienne des équipements mais aussi dans la congélation en interne des supports en nitrate de cellulose, ses processus comme ses points de vigilance. Cette fiche livre un retour sur vingt ans d'expérience.

1 – Mettre en œuvre un chantier de congélation des supports en nitrate

La principale difficulté de ce type de chantier est de pouvoir articuler et enchaîner toutes les étapes de la préparation des supports pour optimiser le temps de travail nécessaire.

En amont de toute congélation, il est important de bien anticiper le stockage au froid et **l'optimisation de l'espace** dans l'appareil.

Si plusieurs options sont possibles (voir fiche 7 *Congélation des supports en nitrate de cellulose*), le musée du Quai Branly a choisi de congeler les supports dans des boîtes de conservation, elles-mêmes placées dans des sachets plastiques contenant des cartons dessiqués, afin de réguler l'humidité. Une procédure de congélation a été mise en place avec des visuels et le détail étape par étape des opérations pour mobiliser une chaîne de travail uniforme.

2 – Choisir et installer un congélateur pour conserver ses supports

Deux types d'appareils sont utilisés :

- les congélateurs ménagers ;
- les congélateurs anti-déflagration.

Un congélateur ménager ou classique est moins cher à l'achat ou à l'entretien. Le choix doit se porter sur un congélateur à froid ventilé avec un système de refroidissement actif, pour empêcher le givre de se former sur ses parois internes et l'humidité d'augmenter à l'intérieur de l'appareil. L'inconvénient de ce type d'appareils est l'absence d'affichage extérieur de la température ou d'un système d'alarme et de report de ces alarmes en cas de panne. Son suivi quotidien est nécessaire. Il faut par ailleurs ajouter une sonde de température à l'intérieur pour suivre les variations climatiques et son bon fonctionnement.

De façon plus sûre mais aussi plus coûteuse, l'idéal est d'investir dans **des appareils de congélation dédiés au stockage de produits** dégageant des vapeurs inflammables. Ce type d'appareil destiné initialement aux laboratoires assure une sécurité maximale, car il ne produit ni arcs ou étincelles pouvant créer un risque d'inflammation lors d'une utilisation normale. De plus, il peut être programmé aussi bien au niveau des consignes de température de stockage que des reports d'alarmes et du suivi de l'évolution du climat à l'intérieur. Mais ce type de congélateur demande une maintenance régulière et contraignante qui consiste à :

- définir des consignes de température : une échelle de température avec la température minimale et la température maximale, seuils au-delà desquels l'alarme de l'appareil doit se déclencher ;
- prévoir un contrat de maintenance à l'issue de la période de garantie des appareils avec la visite annuelle de techniciens frigoristes spécialisés qui recalibrent les appareils, vérifient leur étanchéité, dépoussièrent les éléments techniques du dessus…
- assurer une surveillance régulière : vider les bacs d'eau de récupération de façon hebdomadaire, lancer des cycles de dégivrage automatiques lorsque l'on ouvre régulièrement les portes des appareils ou que la température extérieure varie ;
- vérifier les bonnes conditions de stockage des machines : local accessible aux équipes de conservation et aux équipes de permanence, local frais (ne pas dépasser les 25° C pour éviter la surchauffe des moteurs).

Le musée du Quai Branly a choisi des congélateurs anti-déflagration fabriqués principalement pour des laboratoires pourvus d'un affichage de la température et de messages d'alarme sur la façade de l'appareil. En 2018, ce sont des appareils de la marque Gram[1] qui avaient été acquis, remplacés en 2024 sur les conseils de la responsable du pôle de Conservation-Restauration par des appareils de la marque Kirsch[2]. Ils sont stockés dans un local près des autres réserves de photographies, dans une pièce isolée et fermée avec un climat stable. Le seul inconvénient est que ce local est régulièrement exposé à des risques de fuites d'eau. Une vigilance accrue y est portée lors des épisodes de fortes précipitations. Les consignes de température maximale et minimale sont fixées entre -25° C et -15° C avec une consigne à -20° C, ce qui permet de surveiller toute variation anormale des températures, sachant que les appareils sont stables et dépassent rarement les 5 degrés d'écart avec leur consigne.

[1] Référence de l'appareil : Gram ATEX-marking BioPlus 930.
[2] Référence de l'appareil : Kirsch ATEX FROSTER LABEX 730 PRO-ACTIVE.

3 – De l'importance de connaître les appareils que l'on installe

Prévention des risques et mise en place d'un suivi des incidents

Avant de remplir les appareils installés, il est très utile de faire des tests en conditions réelles pour mesurer leur inertie porte fermée/porte ouverte. Savoir combien de temps les appareils peuvent garder les supports à une température négative aidera par la suite à déterminer l'impact d'une coupure de courant programmée ou impromptue sur la congélation des supports.

Toute décongélation des supports entraîne une procédure pour un retour progressif à une température positive et une vérification de la montée de l'hygrométrie (sachets ouverts, lieu de stockage avec température et humidité maîtrisées), avant toute recongélation possible. Il est donc essentiel de savoir quand mettre en place une décongélation des supports ou comment l'éviter.

Au musée du Quai Branly, les appareils de congélation sont tous remplis et ne peuvent pas être mis à l'arrêt dans le cadre de leur maintenance. Les équipes restent vigilantes également aux coupures d'électricité annuelles imposées et programmées par le fournisseur d'électricité. À chaque coupure, en fonction de la durée de l'arrêt de l'alimentation et de la capacité d'inertie des appareils (très faible pour les appareils de Kirsch[3]), des solutions de report d'alimentation via des groupes électrogènes sont mises en place par l'équipe technique ainsi qu'une surveillance accrue des variations de température.

Quel que soit le type d'appareil choisi, il est indispensable de rédiger une procédure de surveillance des appareils et des collections avec un arbre décisionnel pour savoir que faire en cas de déclenchement d'alarme ou de situation inhabituelle détectée ou qui contacter si la température monte en dehors des seuils de consigne, si la porte est ouverte, si l'électricité est coupée, si une alarme se déclenche… Déterminer les personnes à contacter, c'est aussi s'assurer de leurs disponibilités ou que les informations sont bien relayées et consignées pour la prise de décision.

L'appui de l'équipe technique du bâtiment de l'institution facilite la maintenance et le suivi régulier des appareils de congélation en cas de déclenchement d'alarme ou de coupure électrique.

Si vos appareils permettent un report d'alarme, il est indispensable d'effectuer ce report auprès de l'équipe de surveillance des bâtiments afin de prévenir les personnes contacts.

Au musée du Quai Branly, un système de report des alarmes au PC sécurité et une procédure de suivi et de surveillance des appareils (arbre décisionnel, affichage des consignes et seuils de température) ont été mis en place avec l'équipe technique du musée et transmis aux équipes multi-techniques et de sécurité-incendie qui sont chargées du suivi des espaces 24 h/24 et 7 j/7. Le PC sécurité prévient des personnes définies selon la temporalité (sur le temps de travail des équipes scientifiques ou hors temps de travail). L'équipe scientifique reporte toutes les informations et incidents dans un journal des incidents qui permet de faire le suivi pour les conséquences sur les collections ainsi que sur la maintenance des appareils.

[3] Au bout de 4 heures d'arrêt d'alimentation électrique, l'intérieur de l'appareil ne maintient plus de température en-dessous de zéro degré.

L'indispensable suivi climatique

Tout appareil de congélation demande un bon suivi climatique. Il est important de disposer de deux sondes pour mesurer la température. Outre la sonde intégrée à l'appareil, il est important de placer une seconde sonde au cœur du congélateur, de manière à faciliter l'accès aux données et leur relevé régulier. L'absence de connexion en ligne impose un relevé régulier des données climatiques pour étudier les courbes efficacement.

Le suivi quotidien de ces appareils nécessite de vider leurs bacs d'eau deux à quatre fois par mois en fonction de leur fréquence d'ouverture et des variations du climat du local. Chaque trimestre ou lors d'incidents (déclenchement d'alarmes, sinistres…), l'équipe scientifique exporte via un support de stockage USB[4] les données climatiques et techniques des appareils et les inspecte via le logiciel Kirsch Datanet. Cela permet une surveillance de la courbe de température, des ouvertures des portes des appareils, des cycles de dégivrage automatique, des coupures d'alimentation électrique… Ces données sont cependant difficiles à exporter et à exploiter en dehors du logiciel propriétaire du fabricant Kirsch, même sous format csv. C'est pourquoi une autre sonde est placée dans chaque appareil et permet de faire des analyses climatiques ainsi qu'un archivage des données relevées exportées sous format csv en dehors de l'application propriétaire[5].

4 – La maintenance des appareils et des installations

À l'acquisition des appareils, une première période de garantie fabricant permet de pouvoir échanger directement avec lui. C'est précieux puisqu'il connaît ses appareils et leurs défauts ou anomalies éventuelles. Il ne faut pas hésiter à communiquer les relevés et analyses de climat et poser toute question à la suite d'un incident, par exemple. La connaissance des appareils est importante pour assurer leur durée de vie et leur bonne maintenance.

Au musée du Quai Branly, après l'installation des appareils Kirsch, les équipes ont constaté, au bout de quatre mois, qu'un des trois appareils produisait plus de glace que les autres et qu'il fallait vider les bacs de récupération d'eau à un intervalle régulier. Les échanges avec le fabricant ainsi que nos constats ont permis de déterminer la fréquence pour vider les bacs d'eau, soit une fois par semaine ou une semaine sur deux. En cas d'absence de la personne chargée de cette tâche, un collègue informé prend le relais.

De même, après le déclenchement d'un code d'alarme inconnu, le fabricant a pu déterminer l'origine du dysfonctionnement à la suite des différents retours d'expérience sur des anomalies de pièces des appareils. Il a ensuite permis le changement de la pièce défectueuse et la programmation des appareils aux bonnes consignes.

Une fois la période de garantie écoulée, il est nécessaire d'avoir un contrat de maintenance avec des sociétés spécialisées dans l'entretien des appareils de congélation, ménagers ou professionnels. Ils proposent différents types de suivi, l'essentiel étant de garantir au moins une visite de maintenance annuelle sur les appareils. Les sociétés de maintenance des appareils de congélation professionnelle sont habituées à travailler pour des laboratoires dont les enjeux de

[4] Une option de transfert des données des appareils en Wifi existe mais demande un coût supplémentaire.
[5] Des sondes de température de la marque Testo non wifi ont été installées par le responsable de la conservation préventive et l'équipe technique du musée.

congélation de leurs produits ne sont pas les mêmes qu'en conservation patrimoniale. Par exemple, ces sociétés demandent, lors de la maintenance annuelle, de vider totalement les appareils, ce qui n'est pas envisageable, sauf si tous les appareils ne sont pas remplis ou si l'on dispose d'un appareil vide. Il ne faut pas hésiter à communiquer sur les impératifs et contraintes de la congélation des supports en nitrate de cellulose de son institution. En cas de panne, les fabricants des appareils restent des interlocuteurs privilégiés et peuvent conseiller les sociétés de maintenance qui connaissent précisément les appareils.

La maintenance sur site

Il est important de garder à l'esprit que la maintenance d'appareils de congélation ainsi que des bâtiments dans lesquels ils sont installés ne dépend pas uniquement des équipes scientifiques des collections. Les institutions patrimoniales doivent être conseillées et disposer d'appuis techniques si elles veulent conserver des supports en nitrate de cellulose congelés sur place. Le bon fonctionnement et le suivi de ces appareils demandent les compétences de différents métiers et interlocuteurs : frigoriste, électricien, chargé de la climatisation du bâtiment, agent de surveillance, responsable des moyens techniques… La coordination de toutes ces compétences implique une personne de l'établissement pour chacun des métiers et sa hiérarchie associée. Enfin, ces personnels mobilisés, issus de métiers en tension et caractérisés par des difficultés de recrutement et un renouvellement important des effectifs, ne sont pas toujours pleinement investis dans ces missions spécifiques, à la fois ponctuelles, quand il s'agit d'intervenir sur un incident, et répétitives, en fonction des aléas et des spécificités des bâtiments et des appareils. Il faut rappeler les missions de conservation qui sont en jeu à tous ces interlocuteurs.

Chaque contexte est différent et il est important d'analyser en fonction des moyens de son institution qui sera le bon interlocuteur pour ne pas décider d'une congélation sur place sans avoir les moyens de la garantir dans de bonnes conditions.

Comme de nombreux musées, le musée du Quai Branly a fait le choix de l'externalisation des services de maintenance des bâtiments et des moyens techniques depuis sa construction. La maintenance des congélateurs met en jeu de nombreux corps de métier qui sont pour la plupart des prestataires :

- **installation électrique particulière et maintenance des appareils : électricien et spécialiste de la climatisation ;**
- **report de l'alarme au poste de sécurité et sûreté : agents de surveillance et de sécurité-incendie.**

De plus, une coupure nocturne de l'alimentation électrique du bâtiment a lieu deux fois par an. Il faut s'assurer d'être prévenu en amont à chaque fois. Suivant la durée envisagée de la coupure, les équipes du musée doivent déclencher une procédure de mise en place d'un groupe électrogène par les techniciens et prestataires présents.

5 – Gestion d'éventuels sinistres

La mise en place d'appareils de congélation dans les réserves d'une institution patrimoniale exige aussi la surveillance des espaces dans lesquels se trouvent les appareils.

Réagir face à un sinistre dans les réserves

Si un sinistre survient dans les locaux, comme l'arrêt de l'alimentation électrique, un risque d'inondation ou des fuites d'eau, il faut savoir réagir et avoir anticipé des solutions pour protéger, voire évacuer, les appareils et les collections qu'ils contiennent dans de bonnes conditions.

Lors d'un sinistre, il est impératif d'adopter de bons réflexes :

- déplacer les appareils pour les mettre à l'abri des zones touchées par le sinistre.

Transporter les appareils sur une courte distance dépend de la longueur de leurs câbles d'alimentation et de l'espace ménagé entre l'appareil et sa prise de branchement. Cela dépend aussi des appareils, s'ils sont dotés de roues et que les freins sont facilement actionnables (on peut ne pas mettre les freins aux roues si ceux-ci sont difficiles à manœuvrer pour des personnes de petit gabarit).

Ensuite, il est impératif de prévenir tout incident secondaire qui mettrait en péril l'appareil en lui-même et les collections qu'il contient :

- ne pas bâcher des appareils sous tension car le moteur est au-dessus et de la chaleur s'en dégage ;
- veiller à évacuer l'eau qui pourrait se trouver sur l'appareil (le moteur étant installé au-dessus de l'appareil dans une forme de cuve qui retient l'eau), ainsi que dans l'appareil le lendemain du sinistre.

Ces interventions demandent des précautions, certaines pièces situées au-dessus des congélateurs ou à l'arrière peuvent être très chaudes. Les équipes d'intervention doivent pouvoir se protéger avec des gants pour ne pas se brûler. Tous ces points de vigilance et les bons gestes peuvent être consignés pour enrichir la procédure de surveillance des appareils.

Le musée du Quai Branly a dû faire face à des fuites venant d'un étage situé au-dessus des espaces de stockage des congélateurs. Pour l'équipe du musée, ces mesures ont permis d'écarter les appareils d'un mur présentant des ruissellements dans un premier temps. Les appareils du musée étant sur roulettes, ils sont déplaçables selon la longueur des câbles, ce qui a permis de les écarter du mur inondé. L'équipe a décidé de ne pas mettre les freins aux roues des appareils pour pouvoir les manœuvrer facilement si besoin.

Dans un second temps, l'équipe est prévenue qu'il est nécessaire de mettre en place des absorbeurs d'humidité dans la partie supérieure de l'appareil pour éviter toute accumulation d'eau autour du moteur et des circuits de ventilation de l'appareil.

À la fin du sinistre, les appareils sont inspectés surtout au niveau des joints des portes pour vérifier que de l'eau ne s'est pas infiltrée à l'intérieur. Parfois l'augmentation du taux d'humidité peut générer la formation d'une plus grande quantité de glace à l'intérieur de l'appareil. Une inspection et l'élimination de cette glace ainsi que l'évacuation du bac de récupération d'eau sont conseillées après ce type d'incident.

Préparer un plan d'évacuation des appareils

Dans le cadre des plans de sauvegarde des biens culturels (dits aussi PPRI), les appareils doivent être pris en compte par les équipes du musée avec des trajets d'évacuation vers des locaux de repli potentiels. On choisit ces espaces d'évacuation en fonction de leur situation en dehors des zones sensibles. Cela peut être les étages supérieurs du bâtiment, des locaux de repli potentiels hors zone inondable avec une surveillance possible, des mesures de sécurité et des solutions d'alimentation électrique de secours. L'évaluation de la circulation possible ou non des appareils sur des trajets définis peut être anticipée à l'aide de plans et de tests sur place (pour bien vérifier que les couloirs, ascenseurs ou locaux sont aux dimensions des appareils à évacuer). De plus, ces évacuations peuvent demander du matériel spécifique : monte-charge, transpalette, rampes de seuil et rallonges ou groupes électrogènes adaptés.

Le musée du Quai Branly a effectué des exercices d'évacuation avec des appareils vides et des gabarits pour constater les circuits à emprunter dans le bâtiment pour évacuer les appareils en toute sécurité pour les collections mais aussi pour le personnel. Par exemple, le seuil à franchir entre le monte-charge et le palier est un obstacle majeur à prendre en compte, tout comme la hauteur des appareils qui leur permet de franchir certaines portes et pas d'autres. La présence de grilles sur le parcours est également un frein pour déplacer les appareils d'un bâtiment à un autre, un transpalette doit être mis à disposition des équipes pour pallier toutes ces contraintes. À la suite de ces exercices, un plan d'évacuation a été proposé à la direction et pourra être transmis aux référents PPRI du musée.