De l'intérêt de l'étude climatique d'un bâtiment pour la conservation des collections

Isabelle Colson et François Boyer

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/insitu/9959>

DOI : 10.4000/insitu.9959

ISSN : 1630-7305

Éditeur

Ministère de la Culture

Référence électronique

Isabelle Colson et François Boyer, « De l'intérêt de l'étude climatique d'un bâtiment pour la conservation des collections », *In Situ* [En ligne], 19 | 2012, mis en ligne le 29 octobre 2012, consulté le 14 novembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/9959> ; DOI : 10.4000/insitu.9959

Ce document a été généré automatiquement le 14 novembre 2019.

In Situ Revues des patrimoines est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

De l'intérêt de l'étude climatique d'un bâtiment pour la conservation des collections

Isabelle Colson et François Boyer

Nous souhaitons remercier, pour leur intérêt et leur soutien, Marie Lavandier, directrice du C2RMF, Mireille Klein, chef du département Conservation préventive. Pierre Diaz-Pedregal, In Extenso¹ (directeur scientifique) et enseignant au Master Conservation préventive de l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne, et Thierry Jacot, Haute école de conservation-restauration Arc de Neuchâtel en Suisse (consultant en conservation préventive), pour les connaissances et leurs propres expériences qu'ils nous ont fait partager pour nous aider à mieux comprendre et appréhender le climat dans le domaine patrimonial. Enfin, Alain Soret, service des musées de France, bureau de l'innovation et conseil technique du ministère de la culture (climaticien) pour sa disponibilité et son écoute pour répondre à nos questions ainsi que pour les nombreuses discussions et rencontres dans la cadre de nos missions conjointes, toujours riches en enseignements.

- 1 La maîtrise de l'environnement climatique, indispensable à la conservation sur le long terme des collections, dépend étroitement de la configuration du bâtiment, de ses équipements techniques et des personnels mais aussi du comportement des matériaux du patrimoine. Sur le terrain, il n'est pas rare de constater que les gestionnaires de collections rencontrent une réelle difficulté dans l'approche du climat, dans la mise en œuvre de sa surveillance, de sa régulation ou dans l'exploitation des relevés, avec souvent comme conséquence, une méconnaissance du contexte climatique de leur musée. S'il est aujourd'hui acquis par l'ensemble des professionnels qu'il soit nécessaire de mesurer le climat, la finalité de cette opération et les moyens afférents à mettre en œuvre restent trop souvent obscurs.
- 2 Cette intervention, avec pour thème *l'intérêt d'une étude climatique d'un bâtiment pour la conservation des collections*, veut combler ces lacunes. Une première partie méthodologique, sous la forme de rappels, permettra de passer en revue les différents enjeux et éléments constitutifs d'une étude climatique, qui sont autant de préalables

indispensables à l'exploitation et à l'interprétation des données liées au climat. Pour que ce travail soit complet et surtout utile aux responsables de collections, voire d'institution, il est aussi nécessaire de l'accompagner de préconisations ou de recommandations qui permettront de maintenir ou d'améliorer les conditions climatiques de conservation.

- 3 Afin d'élargir le débat, le climat sera abordé d'une manière plus globale dans une seconde partie qui présentera notamment quelques unes des difficultés rencontrées par les différents partenaires, dans le domaine climatique, lors des diverses phases d'un projet tel que celui d'un prêt pour une exposition temporaire ou celui plus important d'une rénovation de musée. Il s'agira aussi de déterminer à quels niveaux les points bloquants apparaissent et quelles peuvent être les pistes d'amélioration dans l'avenir.

Étude climatique

- 4 Après avoir défini dans les grandes lignes ce que nous entendons par « étude climatique », nous en verrons les enjeux puis les différentes étapes, à savoir l'exploitation des données brutes, leur interprétation puis enfin les préconisations ou recommandations qui en découleront.

Définition

- 5 L'étude climatique permet une caractérisation des phénomènes climatiques, qu'ils soient connus ou non, voire pressentis avant cet exercice, par leur localisation, leurs amplitudes, leur durée ou leur fréquence. De plus, pour qu'elle soit représentative des phénomènes à observer, l'étude climatique doit être conduite sur une année minimum. En effet, outre le fait de rassembler suffisamment de mesures pour en réaliser un traitement statistique, elle permettra de suivre le comportement du bâtiment, des salles, des vitrines, voire des collections dans des environnements climatiques évolutifs, au fil des saisons ou des périodes avec/sans chauffage par exemple. L'exploitation des données sur plusieurs années permettra aussi de vérifier la répétabilité de certains phénomènes d'une année sur l'autre.
- 6 C'est un exercice qui va bien au-delà de la simple présentation de courbes, d'*extrema* (minima, maxima), ou de statistiques des mesures de température ou d'humidité relative (moyenne ou écart type par exemple). En effet, pour être conduite à son terme, une étude climatique doit comporter trois temps forts, basés sur des analyses successives des données. La première partie est consacrée à l'exploitation, essentiellement mathématique, des données. Elle sera effectuée en fonction de différents enjeux. Dans un second temps, lors de l'interprétation, les origines des phénomènes climatiques mis en évidence seront établies avant d'en déterminer l'impact sur les collections.
- 7 Cependant, pour que ces connaissances climatiques, acquises par le traitement et l'interprétation des données, soient ensuite exploitables par les responsables de l'institution, des collections ou encore le régisseur, une étude doit comporter un troisième volet, à savoir les préconisations et les recommandations dont le principal objectif reste avant tout l'amélioration des conditions de conservation des collections ou leur maintien dans la durée lorsqu'elles sont correctes.

Enjeux

- 8 Les enjeux d'une étude climatique se répartissent en deux familles bien distinctes mais qui, souvent, se suivent chronologiquement.
- 9 La première est centrée sur l'existant, dans ce cas l'étude prend alors la forme d'un premier état des lieux qui permet :
 - d'analyser le comportement climatique du bâtiment à partir de sa propre structure, puis de ce qu'il est convenu d'appeler les contraintes externes et internes qui lui sont associées. Ainsi, nous avons pour :
 - le bâtiment et son état : les matériaux de construction, les huisseries, les surfaces vitrées et leur exposition, la répartition et le positionnement des ouvrants internes, etc.
 - les contraintes externes : météorologie, exposition du bâtiment, environnement immédiat (urbain, campagne, mer, cour d'eau, nappe phréatique, forêt...) ;
 - les contraintes internes : les visiteurs, le chauffage, l'éclairage, les équipements techniques (les armoires ou les centrales de traitement d'air ; les appareillages mobiles tels que les déshumidificateurs ou les humidificateurs), la ventilation (brassage et taux de renouvellement d'air neuf)...
- 10 Ce premier travail permet ainsi de mettre en évidence :
- 11 La seconde famille est orientée sur les projets à venir de l'institution. Basée sur l'existant, l'étude devient alors un outil d'aide à la décision, particulièrement utile, non seulement pour la gestion des collections, mais aussi pour les projets plus conséquents que l'établissement désire mettre en place. Ainsi, une étude climatique peut permettre de rassembler les informations (qualitatives et quantitatives) pour :
 - établir les exigences climatiques lors de prêts ou d'emprunts d'œuvres ; prévoir et discuter, de part et d'autre, des compromis ou des protocoles liés aux divers climats (essentiellement techniques) que les œuvres rencontreront tout au long de leurs déplacements ;
 - déterminer les critères techniques que doivent remplir les nouvelles vitrines : dans ce cas, il s'agit notamment de faire le lien entre les plages de conservation des œuvres retenues par le responsable des collections, le climat de la salle et le niveau d'étanchéité des vitrines ;
 - revoir ou déterminer l'implantation muséographique des collections, des réserves...
 - effectuer dans de bonnes conditions le transfert des collections dans le cadre d'une rénovation/création de musée. Toujours dans ce cadre, il sera aussi possible d'établir une hiérarchisation des actions en vue d'une amélioration des conditions climatiques, ou de connaître le comportement des collections vis-à-vis du climat pour affiner et déterminer les plages climatiques adaptées à chacune d'elles (elles pourront alors être exigées dans la nouvelle structure).
 - ...
- 12 Nous présentons ensuite la manière dont chacun des volets d'une étude climatique doit être réalisé, avec leur(s) objectif(s) avant d'explicitier les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ce but. L'intérêt de cet outil pour l'institution sera abordé à travers quelques illustrations ou exemples pris parmi nos interventions.

Exploitation des données

- 13 Cette partie du travail représente véritablement le socle de l'étude climatique. Lors de l'exploitation des données, il convient de rappeler qu'il s'agit avant tout de classer les

mesures selon divers lieux et différentes échelles, notamment de valeurs, d'amplitudes et de temps.

- 14 Les moyens pour y parvenir se décomposent en plusieurs opérations, à savoir :
 - la réalisation de référentiels de plages climatiques de conservation vis-à-vis des différents types de collections en présence. Dans un premier temps, il est conseillé de partir des standards trouvés dans la littérature (en spécifiant les sources²). Il est cependant possible, dès cette étape, de les adapter à partir des observations faites par les personnels, des comparaisons entre différentes photographies prises à différentes époques, des dossiers d'œuvre lorsqu'ils existent ou encore des articles datés avec des descriptifs précis. Ces divers documents permettent en effet de mieux évaluer la réactivité des différentes collections face à leurs conditions environnementales de conservation et plus spécifiquement du climat³. Ces référentiels sont complétés par les variations tolérées (journalières et/ou saisonnières) pour chacun des paramètres climatiques et pour chaque collection ;
 - l'emploi de calculs basés sur la statistique (minima, maxima⁴, écart-types – souvent notés e, moyennes, variances...) ou sur le diagramme de l'air humide⁵. Viennent ensuite les tris : réalisés selon différentes plages préalablement choisies en fonction des extrema et des enjeux par exemple, ils permettent des quantifications. Celles-ci sont d'autant plus importantes que la connaissance du pas de mesure les rend directement transposables en temps passé dans chacune des plages choisies (en pourcentage ou en jours par exemple). Il devient alors aisé pour les responsables de déterminer si les faits mis ainsi en évidence sont ou non acceptables pour la conservation de leurs collections ;
 - la mise en forme des tris effectués, généralement par le biais de tableaux ou de graphiques (histogrammes, dispersions, boursiers...). Ces différentes mises en forme s'ajoutent aux courbes classiques et permettent des comparaisons directes.
 - Les illustrations qui suivent, permettent d'approfondir ces différentes notions.
- 15 Les plages climatiques : à partir de la fourchette climatique établie initialement et de la réactivité des collections aux conditions environnementales, il est possible de déterminer deux autres plages, chacune pouvant être associée à des protocoles d'actions et à des matériels d'intervention que devront suivre ou employer les personnels du musée. Il est cependant important de souligner ici que ce système permet une gradation des interventions dans la mise en œuvre des protocoles d'actions, selon la gravité de la situation :
 - plage acceptable de conservation : aucune dégradation des œuvres n'est à craindre, seule une surveillance des paramètres climatiques et des collections est à observer par les personnels ;
 - plage de prudence : un risque de dégradation est possible, il est donc particulièrement important pour les personnels de rester vigilant durant ces périodes, notamment sur les paramètres climatiques et vis-à-vis des œuvres, et de commencer à envisager des actions, avec par exemple la vérification des matériels (présence, état...) et des protocoles d'intervention (connus, maîtrisés...) ;
 - plage dangereuse : dans ce dernier cas, une altération des œuvres est certaine, par conséquent il devient indispensable pour les personnels de mettre en place les actions correctives pour limiter ou éviter toute dégradation des collections.
- 16 Si l'emploi et surtout la connaissance de ces plages climatiques sont particulièrement utiles pour les prêts d'œuvres, ils sont tout aussi pertinents pour une gestion du climat au sein de l'institution : l'affichage de ces plages dans les différentes zones ou leur présence dans un document interne, connu et employé par les personnels concernés

peuvent alors pleinement participer à la réactivité de l'institution face à un problème d'ordre climatique (voir Document 1). En effet, la mise en place des actions afférentes, les protocoles à suivre ainsi que les périodes couvertes (normales de travail, les week-ends ou les nuits avec les astreintes) sont les éléments indispensables à la mise en place d'une véritable gestion du climat.

- 17 La matérialisation de ces plages climatiques sur un plan synoptique de l'établissement (voir Document 2) peut également être un outil particulièrement didactique et pédagogique lors d'une synthèse ou d'une présentation aux responsables de collections, à un service extérieur au musée (services techniques des collectivités) ou encore aux élus.

Figure 1

Un exemple de signalétique avec les différentes plages climatiques adaptées à une zone en fonction des collections présentes.

Graphique I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

Figure 2

Présentation synoptique sur plan pour une synthèse dans une étude climatique.

Plan I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

- 18 Le tri et le classement des mesures selon différentes fourchettes climatiques permettent des comparaisons entre différentes zones du bâtiment ou de visualiser l'impact de certains événements (vernissage, travaux, mise en place d'une exposition temporaire, arrêt ou mise en route du chauffage...).
- 19 Il est important de rappeler qu'un choix judicieux des mises en forme (graphiques, tableaux...) selon le propos permet de présenter de manière condensée et synthétique des données autrement trop nombreuses, voire peu ou pas parlantes et pour lesquelles les courbes, bien que nécessaires ne sont pas suffisantes. De plus, tout en soulignant l'importance des phénomènes observés, les quantifications qui ont été tirées des mesures facilitent les prises de décisions finales et permettent de justifier ultérieurement les améliorations à apporter (les interventions à mettre en place, leur programmation et leur budgétisation). Les différentes mises en forme présentées ici ne constituent pas une liste exhaustive⁶ : bien d'autres manières de présenter ou de croiser les données par des graphiques existent.
- 20 Une fois les calculs et les tris effectués, l'une des manières pour les représenter graphiquement sont les histogrammes. Rappelons que pour la mise en forme des données, les fourchettes climatiques sont choisies en fonction des plages climatiques de conservation de référence⁷ et des extrema pour chacun des paramètres (voir Document 3).

Figure 3

Les histogrammes - Répartition des mesures brutes d'humidité relative (à gauche) et de température (à droite) selon divers lieux et différentes fourchettes de valeurs.

Graphique I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

Les histogrammes - Répartition des mesures brutes d'humidité relative (à gauche) et de température (à droite) selon divers lieux et différentes fourchettes de valeurs.

Graphique I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

- 21 Les calculs puis les tris autorisent aussi la mise en évidence des variations des paramètres climatiques, par exemple sur une heure ou sur la journée. Il est alors possible de vérifier si ces amplitudes sont ou non compatibles avec les variations tolérées pour la collection considérée (voir Document 4).
- 22 Généralement, lorsqu'un système de traitement/conditionnement d'air existe dans un établissement, il est nécessaire de resserrer les plages climatiques de conservation puis celles utilisées pour les tris des données pour l'étude, car les exigences et les attentes des responsables des collections, en termes de climat, peuvent être légitimement plus fortes. Ce traitement des données permet aussi de discuter, à partir de bases solides sous la forme d'informations quantifiées et localisées, avec les prestataires responsables de la gestion ou de la maintenance du système de traitement d'air : des améliorations ciblées peuvent alors être préconisées.

Figure 4

Les histogrammes - Répartition des variations journalières $\Delta 24h$ et horaires $\Delta 1h$ pour l'hygrométrie pour une salle.

Graphique I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

Figure 5

Les boursiers – Répartition de mesures brutes hygrométriques, avec une visualisation des extrema (*minima* et *maxima*), de la moyenne et de cette moyenne $\pm$ l'écart type e (rectangle matérialisant la stabilité hygrométrique du lieu) pour différents locaux en régime chauffage.

Graphique I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

- 23 Une troisième mise en forme peut être employée, pour présenter visuellement les valeurs statistiques courantes (extrema, moyenne) : il s'agit des graphiques boursiers. L'emploi combiné, de l'écart-type et de la moyenne⁸, met en évidence la stabilité de l'un des paramètres climatiques, selon différents lieux ou selon divers régimes de régulation de la température pour une même zone par exemple. Rappelons ici, que dans un établissement sans système de traitement d'air, le climat est généralement régi par le chauffage, ce qui représente sous nos latitudes, environ 8 mois de l'année (voir Documents 5 et 6) !
- 24 Enfin, les graphiques de dispersion permettent de vérifier que les deux paramètres climatiques se trouvent ou non simultanément dans les plages climatiques de

conservation⁹ (voir Document 7). En effet, l'objectif final, et trop rarement atteint, d'une gestion du climat est que la température et l'humidité se situent en même temps dans les plages requises : or trop souvent, seul l'un des paramètres se trouve dans ce cas (généralement la température).

Figure 6

Les boursiers - Répartition de mesures brutes hygrométriques de la salle en fonction de divers régimes (chauffage, sans chauffage et périodes intermédiaires lors de l'arrêt et de la mise en service du chauffage) dans le même musée que celui du document précédent.

Graphique I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

Figure 7

Les dispersions – chaque couple (Température – Humidité relative au même instant) est matérialisé par un point. L'ensemble de tous les couples forme un nuage. Le rectangle rouge représente la plage climatique acceptable de référence, déterminée pour une zone géographique, ici 20 – 24°C et 40 – 50 % HR. Un gros effort sur la température permettrait de se rapprocher de la plage climatique recherchée.

Graphique I. Colson, F. Boyer. © C2RMF.

- 25 La matérialisation, sur ce genre de représentation, de l'étendue des mesures acceptables pour les deux paramètres (T et HR), illustre parfaitement la compatibilité réelle du climat avec celui souhaité. Il est alors possible d'évaluer visuellement l'ampleur des corrections à apporter et sur quels paramètres elles doivent

prioritairement porter. Il permet également de prendre conscience qu'il est parfois nécessaire de revoir les plages de conservation initialement prévues, surtout lorsque la réactivité (c'est-à-dire le comportement ou la sensibilité) réelle des collections le permet.

- 26 Les courbes classiques, et plus spécifiquement des portions de courbes, restent toujours un élément incontournable d'une étude climatique. Elles permettent essentiellement des découpages, des regroupements des données dans les campagnes de mesure, à la suite :
- d'une visualisation rapide des limites des valeurs à prendre en compte pour les fourchettes climatiques ;
 - d'un repérage des événements exceptionnels, des incidents climatiques, avec leur localisation, leur ampleur et leur durée ;
 - d'un repérage et d'une détermination de la durée des périodes intermédiaires, lors de la mise en route ou de l'arrêt du chauffage par exemple.
- 27 Arrivés à ce point de l'étude climatique, l'interprétation des données prend ici toute son importance puisqu'elle permet de mettre en relief toutes les particularités du musée dans ce domaine.

Interprétation des données

- 28 Cette interprétation s'appuie sur l'exploitation des données que nous venons de voir. Elle est illustrée par les graphiques dont le choix de la mise en forme est essentiel. Son objectif est triple :
- chercher et expliquer les origines, certaines ou probables, des phénomènes observés ;
 - mettre en évidence l'impact réel du climat actuel sur les collections puis extrapoler les risques pour leur conservation à long terme ;
 - enfin, il est indispensable de déterminer les corrections (sur quel paramètre et de quelle ampleur) à apporter pour atteindre les plages climatiques ciblées et améliorer les conditions de conservation des collections.
- 29 Pour cette phase, les moyens à mettre en œuvre touchent aussi bien le bâtiment que les collections et les personnels. Cette interprétation n'est possible que par :
- une mise en relation des mesures exploitées avec :
 - les référentiels de plages climatiques de conservation préalablement établies ;
 - l'histoire matérielle des collections (inventaire, récolement, état sanitaire, observations, photographies, publications...) ;
 - le bâtiment et les espaces dont les contraintes externes et internes ont été vues dans les enjeux ;
 - la main-courante des événements (techniques, expositions temporaires...) pouvant influencer le climat global ou local (une salle en particulier) ;
 - leur nature : une proposition comparative de plusieurs alternatives est souhaitable, notamment en ce qui concerne leurs avantages et leurs inconvénients ;
 - leur localisation ;
 - l'ampleur corrective à apporter.

Préconisations et recommandations

- 30 Ces préconisations doivent permettre de programmer puis de budgétiser les actions correctives, tout en tenant compte des moyens humains, techniques et financiers du musée. Il devient alors indispensable de :
- les hiérarchiser (par urgence, coût...) et, si cela s'avère nécessaire, du court au long terme ;
 - justifier leur choix : en effet, leur impact peut être plus ou moins important ou rapide sur la conservation des collections par rapport aux risques extrapolés à long terme.
- 31 Par conséquent, ce dernier volet est particulièrement important pour les responsables des collections, car il leur présente une véritable feuille de route réaliste pour, par exemple, mettre en place les différentes améliorations ou une aide à la décision dans le cadre d'un projet plus ambitieux tel qu'une rénovation par exemple.

Premières conclusions et perspectives

- 32 Une étude climatique doit être par la suite régulièrement réévaluée. La vérification des actions engagées et surtout leur efficacité, à la suite des préconisations, appellera ultérieurement d'autres analyses de terrain, souvent plus rapides et moins complexes, sous la forme de bilans par exemple. Toutefois, ces derniers peuvent, si cela est nécessaire, se transformer occasionnellement en une nouvelle étude climatique qui mettra en avant la nécessité de futures interventions avec, pour conséquence, une nouvelle hiérarchisation et une nouvelle budgétisation des opérations à mettre en place.
- 33 En guise de conclusion partielle de notre propos, l'étude climatique est, de par son contenu, comme nous l'avons vu, l'un des outils de base pour une gestion régulière des collections par le personnel du musée pour :
- la surveillance du climat ;
 - l'amélioration et le suivi des conditions climatiques de conservation des collections ;
 - la rédaction de protocoles d'intervention en cas d'alarmes de sortie des plages climatiques établies ;
 - la mise en place de projets.
- 34 Pour élargir le débat à l'occasion de ce colloque, il devient alors pertinent de s'interroger sur les raisons du « quasi échec » actuel de l'emploi de l'étude climatique, et ce quel que soit le moment considéré du cycle de vie d'un musée. Quelles sont donc les difficultés à surmonter pour la mise en place d'une intégration du climat dans le quotidien des musées ?
- 35 Plutôt que d'en présenter abruptement les raisons multiples, il nous apparaît plus intéressant de les aborder à partir d'exemples empruntés à certains moments clefs de projets et qui parleront encore davantage aux lecteurs/auditeurs parce que (trop !) souvent vécus. Les exemples mettent en évidence les impacts engendrés par une méconnaissance du climat ou par le défaut d'une exploitation des données¹⁰, comme cela peut être le cas lors d'une rénovation ou d'une construction de musée, d'une exposition temporaire ou d'une absence de mesures du climat par le musée.

Vers une intégration du climat ?

- 36 Cette seconde partie sera l'occasion de mettre en avant non seulement toute la difficulté qu'il y a encore pour passer des préconisations aux prescriptions techniques lors de la rédaction d'un cahier des charges par exemple, mais aussi de comprendre l'importance des éléments contenus dans une étude climatique.
- 37 Ainsi, pour chaque type d'exemple, quelques points bloquants seront évoqués, avec leurs conséquences pour le musée et ses collections. Nous essaierons aussi de déterminer à quel(s) niveau(x) ces blocages se situent et les solutions pour les faire disparaître.

Rénovation/Construction de musée

- 38 Dans ce contexte, les points bloquants sont essentiellement liés à la qualité des informations transmises à des tiers par les musées. Nous illustrerons notre propos à partir d'exemples :
- liés à la confusion des termes employés lors de la rédaction des projets scientifiques et culturels (PSC) ou du programme fonctionnel ;
 - à propos de la maintenance envisagée pour les équipements techniques de traitement d'air : que ce soit pour des raisons de coûts (lors de l'investissement ou du fonctionnement), ou que ce soit sur son contenu (entretien et régulation) ;
 - concernant la mise en service du bâtiment et de ses installations techniques.
- 39 Les exemples retenus ici sont particulièrement lourds de conséquences, soit pour le projet qui répondra difficilement aux besoins climatiques initialement demandés, soit pour le fonctionnement futur du musée du fait de dysfonctionnements plus ou moins graves, en raison notamment :
- d'installations techniques inadaptées, et parfois mal dimensionnées ;
 - d'une humidité relative non traitée ;
 - d'un système de traitement d'air qui ne permet pas de maîtriser correctement le climat : aux raisons précédentes peuvent ainsi s'ajouter, par exemple, les problèmes de régulation.
- 40 À terme, le risque d'altération pour les collections est donc réel.

Le problème du vocabulaire

- 41 Lors d'une rénovation ou d'une construction de musée, la méconnaissance des implications techniques derrière les termes employés peut s'avérer particulièrement préjudiciable pour le futur climat du musée.
- 42 En effet, les termes *rafraîchissement*, *free cooling*, *puits canadien* et *climatisation* (voir le Glossaire) ne permettent techniquement qu'un traitement de la température, avec une plus ou moins grande maîtrise, et non celui de l'humidité relative :
- *rafraîchissement*, *free cooling*, puits provençal : ces systèmes, essentiellement efficaces durant les périodes chaudes, permettent un abaissement de la température de quelques degrés Celsius, sans qu'il soit pour autant toujours possible d'atteindre et surtout de rester dans la plage exigée pour les collections. Par conséquent, si une certaine régulation de la température est possible, elle permet difficilement une réelle maîtrise de ce paramètre dans le temps à un niveau précis ;

- climatisation : les systèmes techniques permettent alors non seulement d'abaisser ou de réchauffer la température mais aussi d'atteindre et de rester dans une fourchette préalablement déterminée et ce quelles que soient les conditions extérieures, pourvu qu'ils soient correctement dimensionnés (par rapport à la zone d'implantation géographique, l'isolation thermique et à l'étanchéité à l'air du bâtiment...);
 - puits (canadiens/provençaux) : durant les périodes froides, les puits permettent de récupérer une partie de la chaleur emmagasinée dans le sol et de la transmettre à l'air du musée : l'énergie à apporter, pour le réchauffer, est donc moins importante que pour un air directement pris à l'extérieur. Pendant les périodes chaudes, ils permettent, sur le principe inverse, de limiter la consommation d'énergie pour abaisser la température des locaux.
- 43 Rappelons qu'un traitement de l'air d'un point de vue hygrométrique, associé à celui de la température, s'appelle un conditionnement d'air.
- 44 S'il est question de « ventilation », le plus souvent sans davantage de précisions dans les documents¹¹, les termes de simple flux, double flux, ventilation hygroréglable¹², et surtout de taux de renouvellement d'air neuf ou de brassage sont plus rarement rencontrés, surtout avec un chiffrage et une localisation. Pourtant, ils sont essentiels pour la stabilité et l'homogénéité du futur climat.
- 45 Il est particulièrement important de rappeler l'impact du choix du taux de renouvellement d'air neuf, puisqu'il existe un volume minimal à respecter lors d'une rénovation pour un établissement recevant du public (ERP¹³). Si un taux faible de renouvellement d'air neuf est parfaitement applicable dans les réserves d'un ERP (moins de 10 %), il est beaucoup plus difficile de le mettre en pratique dans les salles d'exposition pour lesquelles il est imposé de respecter au minimum 18 m³ par heure et par personne¹⁴. Généralement, les calculs de base partent du nombre moyen estimé de visiteurs présents simultanément. La présence d'une régulation et d'une programmation¹⁵ de la ventilation limitent quelque peu cet apport d'air neuf en répartissant son introduction sur l'ensemble de la journée. Néanmoins, lors d'une rénovation ou d'une création de musée, si aucun traitement hygrométrique n'est mis en place, le climat risquera d'être encore plus instable qu'avant les travaux avec des amplitudes (journalières ou saisonnières) plus importantes et surtout plus nombreuses¹⁶ ! Pour les œuvres particulièrement sensibles, le rôle des vitrines devient alors primordial.
- 46 Le brassage de l'air n'a pas d'impact sur le niveau hygrométrique ou de la température proprement dits mais seulement sur l'homogénéité du climat dans l'ensemble du volume de la salle. Grâce au brassage :
- les zones de confinement peuvent être limitées ou évitées ainsi que la prolifération de moisissures ou une reprise de corrosion par exemple ;
 - la stratification de la température (et donc mécaniquement celle de l'hygrométrie) peut aussi être ainsi limitée ou évitée. Ce phénomène est souvent constaté dans les salles hautes de plafond : une attention particulière (surveillance du climat à différents niveaux) est à apporter pour les œuvres présentées sur toute la hauteur des murs.
- 47 La filtration à l'arrivée d'air neuf permet d'arrêter certains polluants et contaminants biologiques en fonction du niveau recherché. Le renouvellement périodique des filtres est indispensable.
- 48 L'adéquation de ces choix techniques avec les exigences des collections et le comportement du bâtiment apparaît ici comme essentielle pour la gestion future du

climat et la conservation des collections du musée. Or, au niveau du PSC et surtout du programme, s'il est demandé de respecter certaines plages climatiques, les moyens techniques mis en face, lorsqu'ils sont mentionnés, sont malheureusement souvent en contradiction avec les résultats escomptés. D'où les déceptions, voire la colère de certains responsables de collections lorsque des altérations sont constatées sur les œuvres dans les mois qui suivent la réouverture du musée !

La maintenance

- 49 Si les coûts d'investissement sont bien pris en compte, il est encore trop rare que les coûts de fonctionnement et de maintenance soient pris en considération dès le début d'un projet. Ils peuvent pourtant être considérés comme un véritable critère de choix entre les diverses solutions techniques pour le climat. Lorsqu'une politique de développement durable est choisie pour le projet comme ligne conductrice, la connaissance de ces coûts est déterminante. De plus, ils finissent aussi par conditionner et impacter très fortement le climat, une fois le projet terminé, tant en fonctionnement normal que lors de pannes.
- 50 Pour les installations de conditionnement d'air, le contrat de maintenance doit aussi prévoir du « temps-homme » pour la régulation de l'installation, pour sa vérification et les ajustements périodiques (en raison de la dérive, toujours possible, des installations ou lors du passage entre les périodes froides et chaudes). Plus l'installation est complexe, plus la période d'ajustage est longue, de quelques mois à plusieurs années¹⁷.
- 51 Pour une maintenance efficace et durable, les musées doivent impérativement posséder les dossiers d'ouvrages exécutés (DOE). En effet, ce travail est le plus souvent confié à des sous-traitants qui sont amenés à changer au gré des appels d'offre ou n'ont pas installé les équipements climatiques.
- 52 Si ces différents points ne sont pas pris correctement et suffisamment tôt dans le projet, ils deviennent très rapidement des points bloquants, à l'origine d'un climat inadapté aux collections et qui participera activement à leur dégradation.
- 53 Le projet de Carpentras, qui prévoit le déménagement de la bibliothèque Inguimbertaine vers l'Hôtel-Dieu après sa réhabilitation prend en compte, dans sa phase actuelle de réflexion (pré APS¹⁸), les coûts de fonctionnement et de maintenance afin de vérifier que la ville sera capable, par la suite, de les assumer.
- 54 Une étude thermique dynamique du bâtiment a permis d'affiner la nature et l'épaisseur des isolants thermiques selon les pièces, les fonctions envisagées ou encore l'exposition, pour estimer leur impact sur les coûts de fonctionnement (consommation énergétique). Ce travail permettra de trouver un compromis entre les besoins contradictoires en hiver et en été : chauffage et bonne isolation thermique dans le premier cas, climatisation et inertie naturelle des murs existants (en raison de leur épaisseur et de leurs matériaux¹⁹) durant la saison chaude. Le conditionnement d'air n'est prévu que pour les zones où des collections le nécessitent (réserves, traitement, étude/recherche...).

La mise en service

- 55 Il est important de rappeler que cette phase doit précéder l'installation des œuvres, afin de « purger » le bâtiment des poussières, de la vapeur d'eau ou encore des solvants

volatils émis lors du chantier. Cette mise en service est aussi l'occasion d'une transmission des informations par les installateurs des équipements techniques aux personnels du musée ou des services techniques des tutelles directes (municipalités, conseils généraux). Il est d'ailleurs recommandé que cette période de transmission soit exigée dans l'appel d'offre.

- 56 Elle permet aussi de vérifier le comportement du bâtiment et de valider les fonctionnements des équipements techniques. Dans le cas contraire, des corrections devront être apportées.
- 57 C'est enfin une façon d'acclimater progressivement le bâtiment aux exigences thermiques et hygrométriques qui ont été formulées depuis le programme.
- 58 Le suivi climatique et le bilan associé, voire l'étude, si besoin est, peuvent être, lors de la mise en service, d'une aide précieuse pour faciliter, affiner et valider les actions correctives à apporter. Il est recommandé d'effectuer ce suivi avant la réception finale des travaux.
- 59 Après sa rénovation, le musée d'Angoulême a « oublié » le contrat de maintenance des équipements climatiques. Les dysfonctionnements, apparus dès la phase de mise en service, ont montré que les équipements sont particulièrement sollicités durant la première année, avec l'élimination des poussières de chantiers par exemple.
- 60 Cette phase peut nécessiter un contrat de maintenance plus étoffé durant les premiers mois, voire pendant de la première année de mise en service.

Exposition temporaire

- 61 Lors de la préparation d'une exposition temporaire, il n'est pas rare de constater que l'établissement emprunteur ne connaisse pas ou très mal :
 - le climat réel d'origine pour la période d'exposition temporaire envisagée, voire au moment du transfert : en effet l'exigence de conditions climatiques standards ne sont pas toujours celles supportées par les œuvres²⁰. L'existence d'archives climatiques peut être d'une aide précieuse pour la mise en place de ce type de projet ;
 - son propre climat, au moment de l'arrivée ou durant la période d'exposition envisagée ;
 - les solutions techniques qu'il pourrait mettre en œuvre pour atteindre les conditions exigées.
- 62 En raison du manque de communication, volontaire ou non²¹, dès le début puis tout au long du projet entre les différentes parties prenantes, les conséquences peuvent être très diverses : du simple refus de la part du prêteur à l'acceptation tacite, de part et d'autre, des risques d'altération des œuvres prêtées ! Plus généralement, il est observé :
 - des installations techniques inadaptées, au niveau de la salle ou de la vitrine ;
 - une hygrométrie ou un climat peu ou pas maîtrisés.

Exigences prêteur :	18 - 20 °C 50 - 55 % HR	Période d'exposition : Février - juin
Lieu d'origine	Transport	Exposition temporaire
Salle	Camion	Vitrine

18 – 20 °C 28 % HR	18 – 19 °C 29 % HR	18 – 25 °C 38 – 49 % HR
-----------------------	-----------------------	----------------------------

Figure 8

Exemple du transfert d'Allemagne du nord du trône de Bad Bederkesa pour une exposition temporaire au Château de Versailles.

Phot. F. Boyer. © C2RMF.

- 63 Les moments clefs, d'un point de vue climatique, des trois exemples qui suivent permettent de présenter des cas extrêmes, dans le bon ou le mauvais sens : à savoir le climat du lieu d'origine, lors du transport ou du transfert et enfin dans l'espace accueillant l'exposition temporaire.
- 64 Premier exemple, le Trône de Bad Bederkesa (Allemagne), en bois archéologique lyophilisé, prêté au Château de Versailles pour l'exposition *Trônes en majesté* (du 1^{er} mars au 19 juin 2011).
- 65 Des conditions standards ont été exigées par le prêteur, alors qu'aucune mesure climatique n'avait été effectuée, sur place, dans les mois précédents : le climat réel du lieu d'origine n'était donc ni connu, ni communiqué. Par conséquent, le vécu climatique de l'œuvre n'a pas été pris en compte, ni au moment du transfert, ni pour la période d'exposition temporaire. Pourtant, des exigences climatiques et une régulation de l'hygrométrie ont été exigées : un système actif de régulation de l'humidité relative a été mis en place dans la vitrine, mais selon le standard (voir Document 8) !
- 66 Ce cas montre que les plages hygrométriques entre les lieux (départ et arrivée) ne se recoupent pas, et faute d'une acclimatation progressive, ce transfert a fait encourir un risque à l'œuvre.

- 67 Second exemple, l'exposition du Rembrandt du Mas d'Agenais (Lot-et-Garonne) au musée du Louvre lors de l'exposition *Rembrandt et la figure du Christ* (21 avril – 18 juillet 2011). Il s'agit d'une peinture sur bois, encadrée et conservée dans la collégiale du Mas d'Agenais, classée au titre des monuments historiques par arrêté sur la liste de 1840.

Exigences prêteur :	18 - 20 °C 65 - 75 % HR	Période d'exposition : Avril – juillet
Lieu d'origine	Atelier de restauration	Exposition temporaire
Collégiale	C2RMF - Versailles	Musée du Louvre
5 - 20 °C 75 - 95 % HR	16 - 19 °C 70 - 75 % HR	19 - 21 °C 65 - 70 % HR

Figure 9

Le Christ par Rembrandt de la collégiale du Mas d'Agenais, un exemple d'acclimatation progressive et de prise en compte du climat d'origine dans les exigences de prêt.

Phot. F. Boyer. © C2RMF.

- 68 Dans cet exemple, une étape supplémentaire s'est insérée entre le lieu d'origine et celui de l'exposition temporaire : la restauration dans un atelier du C2RMF. Un suivi permanent du climat, sur plusieurs années, a permis de connaître le climat du lieu d'origine et de déterminer les exigences climatiques demandées au Louvre pour le prêt ainsi que pour l'atelier de restauration. Le niveau d'humidité relative (HR), particulièrement élevé dans la chapelle (lieu d'exposition permanente), a été pris en compte et a permis une acclimatation progressive de l'œuvre entre la collégiale et le

Louvre : un stockage dans une enceinte climatique (au C2RMF) et une régulation active²² de l'hygrométrie dans la salle de restauration ont été réalisés. Par la suite, une régulation passive de l'hygrométrie de la vitrine d'exposition a été mise en place selon les exigences demandées : pour cela, du gel de silice²³ (Artsorb[®]) a été conditionné au niveau requis dans les quinze jours précédents. Ces différentes opérations n'ont été possibles que par une collaboration et une coordination, sur plusieurs mois, entre l'institution propriétaire, la direction régionale des affaires culturelles (conservation régionale des monuments historiques), le musée du Louvre (département des Peintures et Délégation à la conservation préventive et à la conservation-restauration) et l'ensemble de nos départements du C2RMF.

- 69 Compte tenu des difficultés techniques pour créer puis maintenir durant l'exposition un niveau hygrométrique aussi élevé avec un système passif, les mesures prises se sont tout de même révélées concluantes, comme le montre le Document 9.
- 70 Le dernier exemple concerne l'exposition temporaire intitulée *Huysmans-Moreau - Féériques visions* (4 octobre 2007 – 14 janvier 2008) au musée Gustave Moreau (Paris). Les prêts qui nous intéressent concernaient un manuscrit ainsi qu'une peinture sur bois, provenant d'institutions différentes.

Exigences prêteur :	16 - 20 °C 50 - 60 % HR	Période d'exposition : Octobre – janvier	
Lieu d'origine	Salle	Salle	Exposition temporaire
Salle	avant	après	Vitrine
Inconnues	20 – 23 °C	19 – 22 °C	20 – 23 °C
Inconnues	20 – 40 % HR	40 – 55 % HR	45 – 55 % HR

Figure 10

Amélioration du climat du musée Gustave Moreau, suite à une étude climatique, pour une exposition temporaire. Les exigences du prêteur formulées ici sont celles du manuscrit et non celles de la peinture sur bois (dans ce dernier cas, elles n'ont pas été communiquées). Pour les deux prêteurs, les conditions d'origine n'ont pas été prises en compte.

Phot. I. Colson. © C2RMF.

- 71 L'étude climatique, réalisée durant les deux années précédentes, a permis de déterminer le type et l'ampleur des améliorations à apporter en fonction des moyens humains, techniques et financiers de l'institution : opérations correctives sur le chauffage, formation du personnel, programmation et budgétisation de l'achat d'humidificateurs mobiles, et ce malgré les moyens financiers limités du musée. Aucune régulation de l'hygrométrie des vitrines n'a été mise en place.
- 72 Un suivi climatique, durant les mois précédents l'exposition, a permis de suivre l'évolution du climat au fil des améliorations mises en place, comme l'indique le Document 10. Ainsi, sans avoir pour autant atteint les exigences climatiques du prêteur, les conditions ont été grandement améliorées, avec des recoupements de plages. Par contre, il n'a pas été possible de déterminer comment ces nouvelles conditions de conservation se sont positionnées par rapport à celles des locaux d'origine. Le risque d'un choc thermo-hygrométrique a-t-il été réel ? Nous ne le saurons jamais...

Méconnaissance du climat de la part du musée

- 73 Dans ce cas de figure, le musée fait généralement état d'une :
- absence de mesures du climat et par voie de conséquence ne serait-ce que d'un bilan climatique ;
 - absence ou méconnaissance des équipements techniques ;
 - absence ou mauvaise gestion de la maintenance de ces mêmes équipements techniques.
- 74 Ce n'est que lors d'altérations notables des collections que s'amorce une réelle prise de conscience de l'importance de leur environnement, en particulier du climat.

- 75 Malheureusement, cette prise de conscience a ses limites, car le musée pare au plus évident, voire au plus urgent, ce qui n'est pas sans dangers pour les collections. En effet, un certain nombre de questions peuvent être soulevées du fait d'un diagnostic incomplet ou erroné : les différentes origines ont-elles été bien mises en évidence, bien définies ? Toutes les améliorations nécessaires ont-elles été bien envisagées ?
- 76 Faute d'une réelle analyse de la situation (grâce à une étude climatique par exemple), d'une réflexion sur le long terme de la part du musée, la prévention reste embryonnaire. Un projet mal défini, sans informations précises et quantifiées, fait souvent apparaître un manque de cohérence dans la politique du musée et donc une absence de visibilité pour les tutelles. Cela ne les incline pas à soutenir puis à financer les opérations demandées, car elles peuvent apparaître trop ponctuelles, ou avec un résultat incertain.

Variations journalières :

Température : 15 à 26°C

Hygrométrie : 35 à 65 % HR

Conditions de conservation requises :

Température : 18 – 20°C

Hygrométrie : 50 ± 5 %

Conditions après l'isolation de la salle et l'installation d'une climatisation :

Température : 17 – 19°C

Hygrométrie : 33 – 43 % HR

Figure 11

Écorchés de Fragonard dans leur vitrine.

Phot. F. Boyer. © C2RMF.

- 77 L'exemple des écorchés de Fragonard du musée de l'école vétérinaire de Maisons Alfort est de ce point de vue très parlant. Un été caniculaire a été à l'origine de la fonte de la cire dans les vaisseaux sanguins des écorchés : la prise de conscience de l'impact du climat sur la conservation a été brutale pour le musée. Des mesures urgentes ont été entreprises pour isoler la zone des écorchés du reste de la salle, avec la réalisation d'une paroi en verre double vitrage et l'isolation thermique des ouvrants sur l'extérieur. Une climatisation réversible de type VRV (Volume Réfrigérant Variable) ainsi qu'un déshumidificateur ont été installés. À plus long terme, l'achat et la mise en place d'appareils enregistreurs de mesure du climat permettront d'en assurer un suivi et de vérifier l'efficacité des appareils de traitement d'air²⁴ mis en place.

Conclusion partielle de la seconde partie

- 78 Ces premières conclusions sont basées sur les différents exemples présentés.
- 79 Une bonne connaissance de son climat ou de ses équipements peut éviter au musée :
- de placer les œuvres prêtées ou les siennes en situation de risque d'un point de vue climatique ;
 - une maintenance défaillante ou inadaptée qui pourrait à terme entraîner une aggravation de l'état des collections.
- 80 L'emploi d'un vocabulaire correct dans un programme peut, dès les premières phases d'un projet, éviter des points bloquants. Lorsqu'elle est pointée trop tardivement (en phase APD, PRO/DCE...), l'incompatibilité des termes avec un objectif climatique pourtant clairement énoncé²⁵, rend souvent difficile, voire impossible, l'alerte de l'ensemble des partenaires. Dans de telles situations, les maîtrises d'œuvre et d'ouvrage éprouvent les plus grandes difficultés pour adapter les moyens financiers et/ou

techniques qui leur permettront de répondre correctement aux exigences climatiques formulées.

- 81 Pour les équipements de traitement d'air :
- la programmation du projet doit respecter la durée totale de leur phase de mise en service, avant le retour définitif des collections, pour faciliter les corrections sur les installations ou affiner les paramétrages de la régulation ;
 - il est fortement conseillé de prendre en compte leurs frais de fonctionnement et de maintenance. Correctement pris en compte dès les premières phases du projet, ils permettront le choix de la solution technique la plus en adéquation avec les ressources financières du musée ou de la tutelle qui en aura la charge ;
 - les documents tels que le descriptif des installations réalisées (DOE – dossier des ouvrages exécutés) ou le contrat de maintenance sont des outils de travail incontournables, qu'il convient pour le musée de se procurer impérativement ou de rédiger avec la plus grande attention.
- 82 Le questionnaire proposé ici est essentiel, car il remet partiellement en question la façon actuelle que nous, c'est-à-dire les partenaires publics et privés, avons de travailler ensemble sur un projet.
- 83 En effet, l'importance des informations que peut fournir une étude climatique, réalisée en connexion avec les collections, est souvent sous-estimée alors qu'elle permet de rassembler les données clefs pour exprimer puis imposer les besoins liés à la conservation des œuvres lors de projets plus ou moins ambitieux :
- modifications ou choix techniques des équipements de traitement d'air ;
 - prêt et choix de placement d'œuvres ;
 - modifications ou conception de vitrines ;
 - rénovation/construction de musée.
- 84 Pour un musée, l'exposition de ses collections ou celles d'autres institutions reste l'une de ses activités les plus visibles pour le public et ses tutelles. Pourtant, à l'heure des expositions temporaires, toujours plus nombreuses, plus longues puisque certaines deviennent même itinérantes, la question de la prise en compte des climats et de leur gestion dans les divers lieux devient cruciale. En l'absence de toute concertation, les stressés provoqués aux œuvres (ce sont souvent les mêmes qui voyagent !) risquent à terme d'entraîner des dégradations brutales.
- 85 Dans le cadre de projets de rénovation ou de construction, les raisons pour expliquer l'articulation difficile entre le PSC, le programme et le passage des préconisations en prescriptions techniques dans les cahiers des charges des différentes phases (APS, APD, DCE ...) existent tant du côté musée que de celui de ses partenaires.
- 86 Pour les institutions et leurs équipes, l'argument souvent répété « climatisation qui ne marche pas » a un effet négatif sur les collègues. La peur d'être jugé, sur la qualité du climat²⁶, est elle aussi très forte. L'absence d'une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) en conservation préventive²⁷, tout au long d'un projet d'envergure telle qu'une rénovation par exemple, ne leur permet pas d'appréhender facilement, rapidement et globalement tous les impacts sur les collections des décisions prises par les autres partenaires.
- 87 Les partenaires connaissent et maîtrisent généralement bien la réglementation liée à la ventilation des ERP ainsi que les techniques de chauffage, mais plus rarement les moyens de réguler et de maîtriser l'hygrométrie. Les moyens techniques et financiers

proposés par la maîtrise d'ouvrage sont alors rarement à la hauteur des besoins du musée !

Conclusion

- 88 Un grand nombre des difficultés présentées ici était déjà mis en avant lors des Troisièmes journées sur la conservation préventive, organisées par le CICL²⁸ à Arles en 1998. Malgré cela, le climat reste encore aujourd'hui paradoxalement l'un des domaines de la conservation préventive le moins bien maîtrisé ou appréhendé par l'ensemble des acteurs (publics ou privés) appelés à intervenir sur le patrimoine.
- 89 De nos jours, dans un contexte difficile, de nombreux termes en vogue, à fortes connotations (développement durable, écologie, économies d'énergie et budgétaires...) sous-tendent la plupart des projets, dès leur phase de lancement. Pour autant, les musées n'ont pas encore trouvé un juste équilibre entre l'expression de leurs besoins, dans le domaine climatique, et les contraintes économiques à respecter dans un tel cadre, surtout lorsqu'elles sont associées à une démarche durable (voir l'article d'Élise Cousin).
- 90 Malgré ces constats, l'étude climatique est l'un des rares documents écrits qui permette d'effectuer le lien entre les collections, leur état et le climat en intégrant l'impact du bâtiment, des personnels et des équipements techniques. Il est ainsi possible de vérifier, de recalculer si nécessaire, tout au long d'un projet, l'adéquation entre les besoins réels des collections, les propositions et leur réalisation. Pour qu'une telle démarche soit possible, il est indispensable que l'ensemble de ces données (climat ; nature, nombre et état sanitaire des collections...) soient les plus précises, les plus complètes possibles et connues en amont, notamment avant l'APS, voire le programme d'un projet (voir l'article de Stéphanie Kühn).
- 91 En guise de perspectives, si les solutions techniques concernant le climat ne sont pas évidentes à trouver et à mettre en œuvre, des améliorations peuvent être mises en place pour en faciliter l'intégration auprès de tous les partenaires, notamment en renforçant ou en créant :
- les liens professionnels, sur les projets de rénovation/construction, entre le C2RMF et le ministère de la culture et de la communication (département de la maîtrise d'ouvrage, de la sécurité et de la sûreté ; le bureau de l'innovation et du conseil technique du Service des musées de France...). Le département Conservation préventive du C2RMF n'étant pas partie prenante d'un projet, il peut offrir un avis impartial, des conseils ou une aide à la décision tant aux musées, aux services du SMF, qu'aux maîtres d'ouvrage ou maîtres d'œuvre, sur les questions qui lui sont soumises ;
 - les relations entre le musée et les divers services de sa tutelle (service de la culture et surtout les services techniques) ou avec les prestataires extérieurs qu'il fait intervenir dans ses locaux. Ces relations ne doivent pas être uniquement ponctuelles mais inscrites dans la durée puisque la bonne gestion du climat en dépend directement (rénovation de salles, rédaction et suivi des contrats de maintenance, entretien par les services techniques de la ville...) ;
 - la formation non seulement des personnels des musées mais aussi d'un certain nombre d'autres acteurs. Si pour les professionnels de la maîtrise d'œuvre (MOE)²⁹, la sensibilisation à la conservation préventive en général et aux spécificités climatiques en particulier est relativement bien avancée, il semble cependant inconcevable aujourd'hui qu'une telle

formation reste encore trop souvent inaccessible pour les partenaires de la maîtrise d'ouvrage³⁰. Il est important de rappeler ici que leur pouvoir décisionnaire ou d'arbitrage, d'un point de vue technique ou financier, est vital pour un projet. En effet, même si l'organisation régulière (une à deux sessions par an) de telles formations, à un niveau national, est peu évidente d'un point de vue administratif, elle permettrait néanmoins pour ces acteurs³¹ de mieux identifier et de mieux comprendre les enjeux climatiques (essentiellement vis-à-vis de l'hygrométrie) pour la gestion au quotidien des collections par les personnels d'un musée.

- 92 Pour que les collections et leur conservation à long terme restent au cœur des projets, présents à tous les niveaux du cycle de vie d'un musée, il faudra que la connaissance et la maîtrise du climat devienne un outil partagé par l'ensemble des partenaires et non plus simplement au sein des équipes d'une institution patrimoniale. Gageons alors que l'intégration de la conservation préventive dans la vie quotidienne d'un musée et auprès de l'ensemble des acteurs donne enfin ses lettres de noblesse à cette discipline.

BIBLIOGRAPHIE

NF EN 13 779. Ventilation dans les bâtiments non résidentiels – Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de conditionnement d'air. Paris : AFNOR, juillet 2007.

ODDOS, Jean-Paul. « La prise en compte de la conservation préventive dans un projet ». Dans « La climatologie dans les archives et les bibliothèques », Actes des 3^e journées sur la conservation préventive. Arles : CICL, 1998, p. 87-100.

GAGNIER, Pierre-Yves. « Processus de mise en place d'un système de climatisation dans un bâtiment rénové : l'exemple de la Grande Galerie de l'Évolution ». Dans « La climatologie dans les archives et les bibliothèques », Actes des 3^e journées sur la conservation préventive. Arles : CICL, 1998, p. 101-120.

ANNEXES

Glossaire

Free cooling : ce système permet un refroidissement n'employant pas de production de froid artificiel par cycle thermodynamique, mais se base sur des sources naturelles de froid, comme l'air extérieur nocturne en été lorsque sa température est inférieure à celle de l'air intérieur. Ce principe est aussi appelé la surventilation nocturne.

VMC : ventilation mécanique contrôlée. Il s'agit d'une circulation d'air forcée dans le bâtiment, avec la présence d'un ventilateur électrique dont le débit est régulé (d'où le terme contrôlé) pour limiter la consommation énergétique.

Autoréglable : système dont le débit est constant, ne peut pas varier et n'est donc aucunement assujéti aux besoins (en renouvellement par exemple).

Hygroréglable : se dit d'un système qui adapte ses débits en fonction de l'hygrométrie interne.

VMC simple flux : il s'agit uniquement d'extraction. L'air qui entre par les ouvertures naturelles (portes et fenêtres) n'est traité ni en température, ni en hygrométrie. Le renouvellement d'air est constant, il ne tient pas compte de l'hygrométrie ni du nombre d'occupants. Le ventilateur est placé sur la gaine d'extraction.

VMC double flux : à la différence de la VMC simple flux, celle à double flux possède deux gaines, l'une pour le soufflage, la seconde pour l'extraction, ce qui implique aussi l'installation sur chacun des circuits d'une ventilation (source de consommation énergétique). La présence d'un caisson échangeur permet de récupérer l'énergie de l'air chaud extrait pour réchauffer l'air neuf entrant, avant qu'il ne soit soufflé dans les locaux. Dans un tel système, l'air entrant n'est pas non plus traité en température et en hygrométrie. Pour atteindre une bonne rentabilité énergétique, il est généralement préférable que le bâtiment possède une excellente étanchéité à l'air, des ventilateurs (sur les gaines d'extraction et d'entrée d'air neuf) à faible consommation ainsi qu'une maintenance régulière.

VMC hygroréglable : il s'agit d'une VMC simple flux dont les bouches de sorties modulent le débit de ventilation en fonction de l'occupation et de l'hygrométrie des locaux considérés. Ces systèmes sont essentiellement conçus pour pouvoir évacuer rapidement les surplus de vapeur d'eau (notamment des pièces d'eau ou de la cuisine par exemple chez le particulier). Les locaux pour le personnel (douches, zone de repos avec coin cuisine...) dans une institution patrimoniale peuvent être équipés par ce type de système.

Puits canadien et puits provençal : ces deux termes dénomment le même système, à savoir « puiser » la fraîcheur ou la chaleur dans le sol, en faisant circuler l'air extérieur dans des canalisations enterrées, avant de transférer cet air dans les locaux. La dénomination de puits canadien désigne plutôt le préchauffage de l'air extérieur alors que le puits provençal concerne davantage le rafraîchissement de l'air extérieur.

NOTES

1. Décédé le 2 mars 2012.
2. En effet, selon les sources et les époques, les valeurs indiquées peuvent être différentes.
3. À côté des paramètres climatiques, il est intéressant voire indispensable de prendre en compte la réactivité des collections vis-à-vis des polluants ou leur sensibilité à la poussière.
4. *Minima* et *maxima* peuvent être regroupés sous le vocable *extrema*.
5. Pour trouver d'autres données telles que l'humidité absolue HA, le rapport de mélange...
6. Il s'agit des principales représentations graphiques des données climatiques.
7. Les plages acceptables et dangereuses doivent être facilement identifiables.
8. Pour chaque paramètre considéré du climat (température T ou humidité relative HR), cette combinaison est visuellement représentée par le rectangle de couleur, dont la valeur supérieure est le résultat (moyenne + écart-type) et la valeur inférieure, le résultat de l'opération (moyenne - écart-type). D'un point de vue statistique, avec un taux de confiance de 95 %, la taille de ce

rectangle représente 68 % des mesures. Par conséquent, plus ce rectangle est de taille restreinte, plus le climat est stable, varie peu pour le paramètre considéré (T ou H^R). Ce type de graphique est donc particulièrement intéressant pour les responsables des collections ou de la gestion du climat.

9. La baisse de température entraînerait mécaniquement une élévation de HR qu'il conviendra d'évaluer avant d'envisager une quelconque intervention sur ce paramètre.

10. Dans de nombreux musées, des mesures climatiques sont effectuées à l'aide de thermohygrographes ou d'appareils électroniques d'enregistrement (les fameux data logger) mais elles restent trop souvent « pieusement archivées » au fond d'un placard ou dans les méandres de la mémoire d'un poste informatique...

11. Notamment ceux qui feront partie de l'appel d'offre pour le choix de la maîtrise d'œuvre d'un projet. Il est donc difficile de se faire une idée des moyens techniques et financiers à mettre en face alors que la présence d'un bureau d'étude dans le génie climatique s'avère souvent indispensable. Une prise en compte trop tardive, c'est-à-dire une fois l'APS lancé, se fera généralement au détriment d'autres phases (muséographie, vitrine...) ou dans le meilleur des cas avec des dépassements budgétaires !

12. Ces trois derniers termes sont définis dans le glossaire.

13. ERP : établissement recevant du public. Compte tenu de l'activité du public dans les salles, la base de calcul pour un musée est de 18 m³ par heure et par personne d'air neuf. Le retour d'expérience de l'emploi de sondes de CO₂ pour piloter la régulation (ventilation, conditionnement d'air) ne permet pas encore de savoir si les résultats escomptés sont atteints. Quoi qu'il en soit, cette technique de pilotage, couplée ou non avec des plages horaires, impose la présence d'une véritable GTC (gestion technique centralisée) ce qui complexifie rapidement la gestion du climat et nécessite des compétences techniques spécifiques que seuls les bons bureaux d'études, en génie climatique, possèdent. En effet, le traitement de l'hygrométrie est un paramètre rarement traité dans le tertiaire, la maison individuelle ou dans l'industrie.

14. Aujourd'hui, pour obtenir un air dit excellent, selon la norme NF EN 13 779, l'apport d'air neuf peut aller jusqu'à 36 m³ par heure et par personne.

15. En fonction des plages horaires de fréquentation, des fermetures... Un certain nombre de nouveaux équipements emploient des sondes de CO₂ pour piloter l'introduction d'air neuf en fonction de la fréquentation des locaux en temps réel. Leur étude permettra de vérifier si les résultats seront conformes aux attentes économiques et climatiques.

16. Ce problème est particulièrement grave quand aucun recyclage de l'air n'est fait : c'est-à-dire pour un système fonctionnant en tout air neuf.

17. Surtout si une installation d'équipements correctifs s'avère incontournable.

18. APS : avant-projet sommaire.

19. L'ajout d'une isolation thermique trop importante annihile les bénéfices apportés, en été, par l'inertie naturelle du bâtiment.

20. Il arrive que ces conditions standard correspondent à celles qui existent dans l'institution.

21. Peut-être en raison de la peur d'être jugé.

22. À l'aide d'un humidificateur mobile.

23. De l'Artsorb[®] a été retenu en raison de ses qualités particulièrement performantes dans la fourchette climatique relativement haute envisagée.

24. Une étude sur les performances de ce système a été effectuée par le musée en 2008/2009 sous l'égide de Pierre-Antoine Gérard (musée Aquarium de Nancy) et avec la collaboration du C2RMF.

25. Respect de plages, même larges, sur la température et l'hygrométrie, de la stabilité climatique...

26. Essentiellement lors des expositions temporaires, dès que celui-ci n'est pas conforme aux recommandations publiées.

27. Actuellement, cette AMO en conservation préventive, n'est souvent exigée que pour les phases qui précèdent et qui forment la programmation. Elle est généralement absente, dès le choix de la maîtrise d'œuvre, puis de l'APS et des phases suivantes qui correspondent à la réalisation du projet.

28. CICL : Centre international de conservation du livre.

29. Architectes, muséographes...

30. Services techniques et services culturels des municipalités ou des conseils généraux.

31. Notamment, tous les services territoriaux qui démarrent un projet de rénovation de musée par exemple.

RÉSUMÉS

Maîtriser le climat est aujourd'hui indispensable pour tout responsable soucieux de la conservation à long terme des biens à sa charge. L'étude climatique est l'un des outils pour atteindre cet objectif : à l'exploitation des données sont associées une interprétation et des recommandations qui seront autant de pistes pour améliorer ou maintenir les conditions climatiques. Nos observations sur le terrain montrent qu'il subsiste des lacunes ou méconnaissances lors d'un prêt, d'une rénovation d'un musée ou d'un incident climatique responsable de l'altération des collections. Des pistes de réflexions sont proposées aux institutions et à leur tutelle pour y remédier progressivement.

Nowadays any concerned person in charge for the long-term conservation of cultural heritage cannot ignore the climate control. The climatic study is one of the tools to achieve this goal: indeed, with an exploitation of data an interpretation and recommendations are associated which will be considered as many tracks to improve or maintain the climatic conditions. However in the field, in particular during a loan, a museum renovation or a climatic incident responsible for a deterioration of the collections, it appears gaps and ignorance on behalf of the institutions and their supervisions' authority. Some reflexions are suggested to the institutions and their supervision to cure it gradually.

INDEX

Mots-clés : conservation préventive, étude climatique, exploitation des données climatiques, prêt et climat

AUTEURS

ISABELLE COLSON

chef de travaux d'art, département Conservation préventive, C2RMF
isabelle.colson@culture.gouv.fr

FRANÇOIS BOYER

département Conservation préventive, C2RMF francois.boyer@culture.gouv.fr