



Musées de France & Climat

Conservation des collections dans un contexte de sobriété et de transition énergétique

Thème 1 : Collections & Stabilité climatique

GÉNÉRALITES SUR LA GESTION DU CLIMAT LORS D'UNE MODIFICATION DE LA TEMPÉRATURE



Mise en ligne : Octobre 2023

Sommaire

1. Enjeux pour les musées de France
 - 1.1 Conditions de conservation des collections
 - 1.2 Bâtiment et équipements de traitement d'air
 - 1.3 Utilisateurs
2. Conservation des collections et changements de température
 - 2.1 Baisses hivernales de l'ordre de 1 à 2 °C
 - 2.2 Baisses hivernales strictement supérieures à 2 °C
 - 2.3 Hausse estivale de la température

SIGLES

ACI : armoire climatique

AN : air neuf

BC : bien(s) culturel(s)

CTA : centrale de traitement d'air

CVC : chauffage, ventilation et climatisation

C2RMF : centre de recherche et de restauration des musées de France

ERP : établissement accueillant du public

GTB / GTC : gestion technique du bâtiment / gestion technique centralisée

HR : humidité relative

PCP : plan de conservation préventive

PSBC : plan de sauvegarde des biens culturels

T : température

La présente fiche permet, pour une institution patrimoniale, d'identifier les enjeux lui permettant de maîtriser et réduire les consommations d'énergies tout en préservant les collections.

Pour répondre à cet objectif de réduction, le premier levier consiste à modifier la température (T) volontairement en modifiant la programmation dans les automates (consigne).

Il faut toutefois également prévoir le cas où cette variation de la température est imposée (coupures d'urgence).

Cette modification, qui agit directement sur l'humidité relative (HR), doit être maîtrisée pour préserver les collections.

1. Enjeux pour les musées de France

Pour une institution patrimoniale, les enjeux pour maîtriser et réduire sa consommation énergétique globale se situent principalement à trois niveaux : les conditions climatiques pour la conservation des collections, le bâtiment et ses équipements techniques et le confort des utilisateurs (visiteurs et personnels).

1.1 Conditions climatiques de conservation des collections

Afin de pouvoir transmettre aux générations futures les BC, les responsables des collections doivent maîtriser leurs environnements de conservation et de présentation. **HR et T sont les piliers de cette conservation, tant en termes de niveau que de stabilité** : cela se concrétise par le respect des plages de conservation qui dépendent des matériaux constitutifs et de l'état des BC. **La gestion de HR est prioritaire sur T**, et généralement plus cette dernière est basse, plus la conservation des BC est prolongée. Dans le domaine patrimonial, il est par conséquent impératif de toujours considérer simultanément ces deux paramètres climatiques, sous peine que la réflexion aboutisse à des mesures inadaptées, voire dangereuses pour la conservation des BC.

À poids d'eau constant de l'air, les deux paramètres, T et HR, varient en sens inverse et T a un impact mécanique direct sur HR (voir *Tableau 1 infra*) : travailler sur T aura donc également un impact sur HR, avec des conséquences qu'il faudra évaluer puis éventuellement compenser, parfois au plus près des collections par des conditionnements, du matériel mobile spécifiques (voir *Fiche 3*).

Tableau 1 : Variations mécaniques moyennes de l'humidité relative (HR) lorsque la température varie de 1 °C (à la hausse ou à la baisse). Les données présentées sont valables de 5 à 35 °C.

Zone HR considérée dans la salle (%)	Variation de HR pour une hausse de +1 °C (%)	Variation de HR pour une baisse de -1 °C (%)
40	- 2	+ 2
50	- 3	+ 3
60	- 4	+ 4

Pour les espaces sans traitement hygrométrique, avec des ambiances plutôt sèches à très sèches, situées dans des bâtiments chauffés, une baisse de T en hiver et l'évolution à la hausse de HR, est bénéfique pour les collections (notamment organiques) et en termes de sobriété énergétique (baisse attendue des consommations énergétiques)¹.

En revanche, pour les espaces traités hygrométriquement, les équipements techniques spécifiques pour traiter HR avec les fonctions de déshumidification et d'humidification, ainsi que les ventilateurs nécessaires à la diffusion de l'air sont sources de consommations d'énergies. Les économies d'énergie ne seront pas forcément significatives, et les consommations pourront même globalement évoluer à la hausse. Tout dépendra de l'installation technique et du bâtiment.

L'enjeu principal consiste à ce que HR reste dans la plage de conservation validée par l'équipe de la Conservation, généralement comprise entre 40 et 60 %². En deçà ou au-delà de ces limites, il est nécessaire de limiter ou d'éviter que HR :

- aille durablement dans les plages extrêmes de l'hygrométrie, c'est-à-dire en deçà de 35 % ou au-delà de 65 % (cela peut aller jusqu'à 70 % en Outre-mer), avec respectivement comme conséquences, par exemple, des fissures suite

¹ Tant que le climat évolue et reste dans la plage de conservation des biens culturels présents dans l'espace concerné.

² Selon les collections, leur histoire du point de vue de la conservation, leur réactivité vis-à-vis du climat et leur état sanitaire, cette plage peut être étendue, restreinte ou déplacée par rapport à ces limites.

à une rétractation ou un gonflement de la plupart des matériaux hygroscopiques, un développement de moisissures ;

- devienne instable avec des variations fréquentes, voire brutales et d'amplitudes importantes, engendrant une fatigue mécanique des surfaces, surtout si elles sont déjà fragilisées, avec potentiellement une perte de matière ;
- ou dépasse un seuil, synonyme d'initiation puis d'entretien de mécanismes d'altérations, tels la corrosion des métaux, la perte de cohésion de couches superficielles ou le développement de moisissures.

À noter que le département de la conservation préventive du C2RMF a travaillé sur un nouveau module au sein de son application d'étude climatique automatisée « Cli-Matrice », téléchargeable sur son site internet (<https://c2rmf.fr/le-climat>). Ce nouveau module de prévision (« mp ») permet d'anticiper l'évolution du taux d'humidité relative en fonction d'une modification de la température dans un espace considéré.

1.2 Bâtiment et équipements techniques de traitement d'air

En fonction des installations techniques qui permettent un chauffage seul ou, au contraire un véritable traitement de l'air (chauffage, rafraîchissement³ ou climatisation⁴, gestion de l'hygrométrie, ventilation), l'impact ne sera pas le même. Il dépendra également étroitement du comportement thermique du bâtiment, de son étanchéité à l'air et des quantités d'air neuf⁵ (AN) introduites en son sein (voir § 1.3).

Si les entrées d'air neuf ne sont pas gérées correctement lors d'un abaissement de T, elles seront alors un facteur aggravant pour l'évolution du climat.

De nombreux bâtiments de musées ou de réserves sont équipés d'équipements techniques de traitement d'air.

1.3 Les utilisateurs (visiteurs et personnels)

Pour les utilisateurs des musées, seule T est un enjeu, même si HR (importante ou faible) à l'instar de la vitesse de l'air, en modifie la perception et explique que, pour une même température, une ambiance est agréable ou non.

Pour le confort des utilisateurs, les établissements recevant du public (ERP) doivent respecter la réglementation en termes d'apport d'AN, en fonction du nombre de personnes simultanément présentes (*minimum 18 m³ par heure et par personne*). Pour les espaces d'exposition, et contrairement aux réserves, cela peut signifier de plusieurs centaines à plusieurs milliers de m³/h d'AN, qui doivent être traités en température et en humidité.

Par conséquent, **la gestion d'AN** permettant de moduler son apport, *via* les registres d'entrée, de reconvertir la chaleur avec un échangeur (entre l'AN et l'air extrait) ou d'évacuer la chaleur et l'excès d'humidité par extraction, est un enjeu majeur pour le confort des utilisateurs, la conservation des collections et la sobriété énergétique. L'entrée d'air neuf peut néanmoins être limitée en dehors des horaires de présence du public.

2. Conservation des collections et changements de température

Comme évoqué *supra*, une modification de la température de l'ambiance autour des collections aura des conséquences différentes sur les collections selon sa rapidité, son amplitude, sa durée et la saison considérée (hiver ou été).

Que cette modification soit dû à un changement de consigne, un arrêt des installations techniques, à une coupure, volontaire ou non d'alimentation en énergie, ou une panne sur les équipements, il est essentiel de vérifier, puis de surveiller durant la période impactée, surtout si elle se prolonge, que l'augmentation de HR associée ne soit pas à l'origine d'une ambiance durable trop humide pour les collections.

2.1 Baisses hivernales de l'ordre de 1 à 2 °C

D'une manière générale, une baisse⁶ de T de cet ordre reste dans la gamme des variations, notamment journalières, tolérées pour un climat lié à la conservation des collections. Elle engendre une faible variation mécanique sur HR.

³ Les installations techniques de rafraîchissement sont conçues pour abaisser de quelques degrés, généralement de 4 à 6 °C, l'ambiance par rapport à l'extérieur (maîtrise partielle de la température) : il s'agit de répondre au confort des personnes. Par conséquent, cet abaissement ne vise pas une température cible particulière, et la valeur T atteinte ne sera pas forcément celle de la plage de conservation pour les collections.

⁴ Les installations techniques pour climatiser permettent, en revanche, d'atteindre puis de maintenir une température cible, dans une plage spécifique, notamment celle validée pour la conservation des collections, et ce, quelle que soit la valeur de T en extérieur (maîtrise complète de T). Le dimensionnement et les consommations énergétiques des équipements sont alors plus important que pour le rafraîchissement.

⁵ Encore nommé « air hygiénique ».

⁶ Il en ira de même si cette variation est à la hausse.

Tableau 2 : Rappel des consignes cibles édictés par le Code de l'énergie (articles R241-25 à 31), rappelées dans la circulaire n° 6343 du Premier Ministre en date du 13 avril 2022

Période	Température T de consigne Hiver (°C)	Température T de consigne Été (°C)
Occupation Inoccupation nocturne quotidienne	19 T - 2	Rafraîchissement ou Climatisation si T intérieure > 26
24 h ≤ Inoccupation < 48 h	16 max.	

Les plages classiques de conservation tiennent compte des valeurs mentionnées dans la circulaire n° 6343 du Premier Ministre du 13 avril 2022 (voir *Tableau 2 ci-contre*), et ce, depuis de nombreuses années, notamment pour les bâtiments neufs et rénovés : les températures cibles, de 19 °C en hiver et maximale de 26 °C en été, sont généralement retenues, tant pour les réserves que pour les espaces d'exposition. Elles servent également, le cas échéant, pour le dimensionnement des équipements techniques.

Des baisses, de l'ordre de 1 à 2 °C, sont acceptables pour

les collections, dès lors que le taux d'hygrométrie reste stable.

2.2 Baisses hivernales strictement supérieures à 2 °C

En revanche, une baisse de température hivernale strictement supérieure à 2 °C peut avoir des effets mécaniques significatifs sur HR. Elle sort généralement des variations journalières tolérées. Il est alors impératif :

- de faire en sorte qu'elle soit progressive et lente, pour que les collections puissent s'acclimater ;
- de maintenir une température au-dessus de 15 °C, hors stockage au froid des BC⁷, pour :
 - limiter une évolution importante de HR, surtout pour les bâtiments où ce paramètre n'est pas traité : HR doit rester en deçà de la limite haute de la plage validée par l'équipe de conservation ;
 - continuer à déshumidifier, si besoin, avec l'installation technique comportant cette fonction. En effet, en deçà de 15 °C, la déshumidification par condensation est beaucoup moins efficace, voire impossible. Lorsque cela est prévu, dès la conception de l'installation de traitement d'air, une déshumidification par déshydratation est alors préférée (roue avec du gel de silice en général). Peu d'installations dans les musées sont équipés avec ce matériel.
- d'assurer un suivi du comportement des collections sensibles et du climat (*voir Fiche 3*) ;
- d'intervenir sur le climat de l'espace et les collections (*voir Fiche 3*).

2.3 Hausse estivale de la température

Si climatiser ou rafraîchir l'air des institutions patrimoniales durant les périodes de grande chaleur est avant tout destiné à assurer le confort des visiteurs, il est néanmoins important de rappeler qu'un dépassement des 30 °C peut être préjudiciable aux BC à base de cires naturelles, restaurés avec des colles à bas point de transition vitreuse ou en cours d'altération⁸. Par conséquent, selon les collections et leur état, avoir une limite haute pour la température peut s'avérer nécessaire pour leur conservation à long terme : 26 °C est une limite haute généralement acceptée par les professionnels.

⁷ Cas possibles des photographies ou des films selon leur support et le procédé d'obtention de l'image. Voir la norme ISO 11799:2003, les standards de l'ouvrage de B. Lavédrine, JP Gandolfo et S. Monod, les collections photographiques, le guide de conservation préventive, Arsag, Paris, 2000.

⁸ Les vitesses d'altération augmentent avec la température : elles doublent environ tous les 5 °C.