



MINISTÈRE
DE LA CULTURE

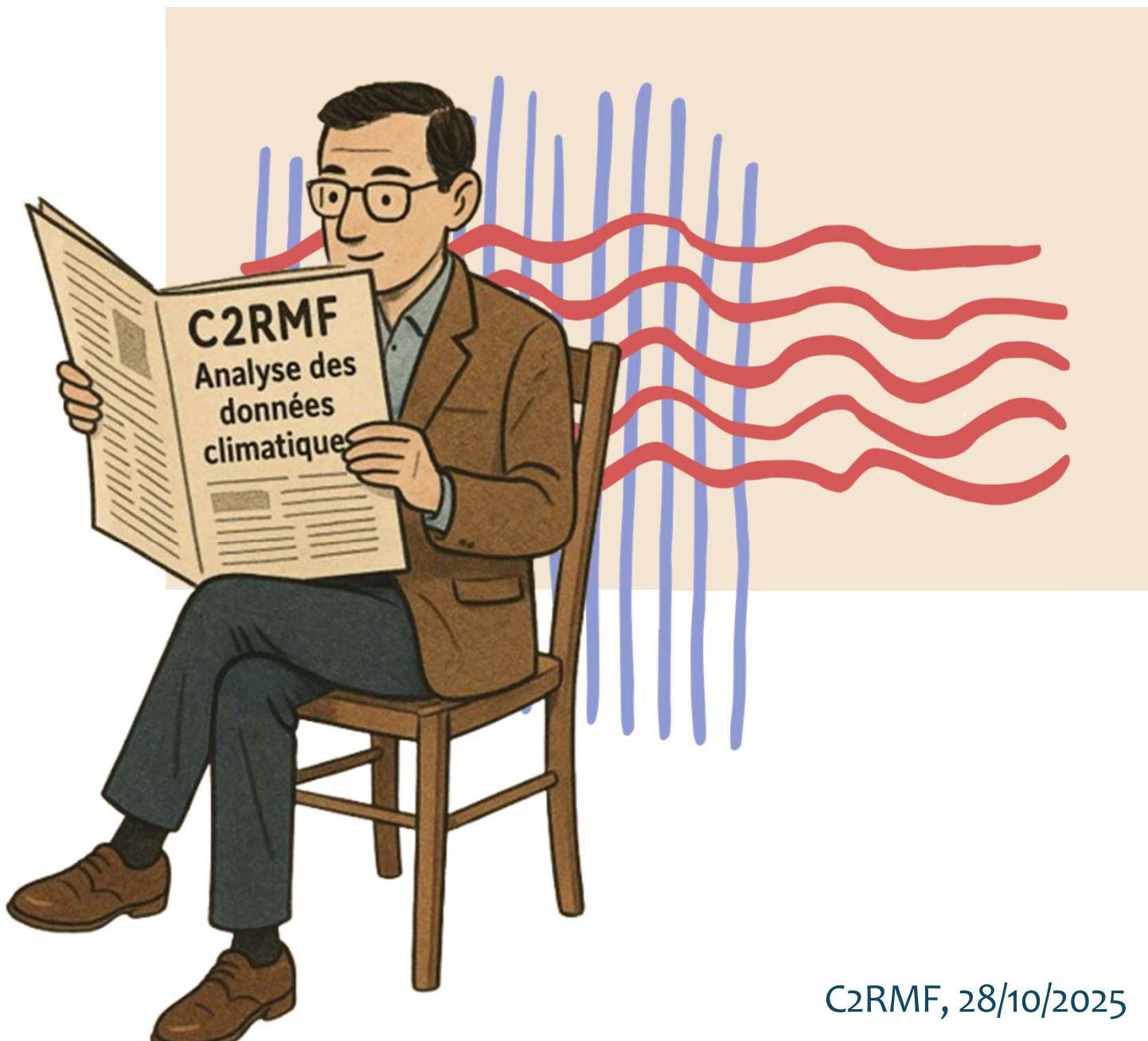
Liberté
Égalité
Fraternité

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE

Webinaire « Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025
Auditorium Palissy
C2RMF - Paris

Dossier documentaire



C2RMF, 28/10/2025



MINISTÈRE
DE LA CULTURE

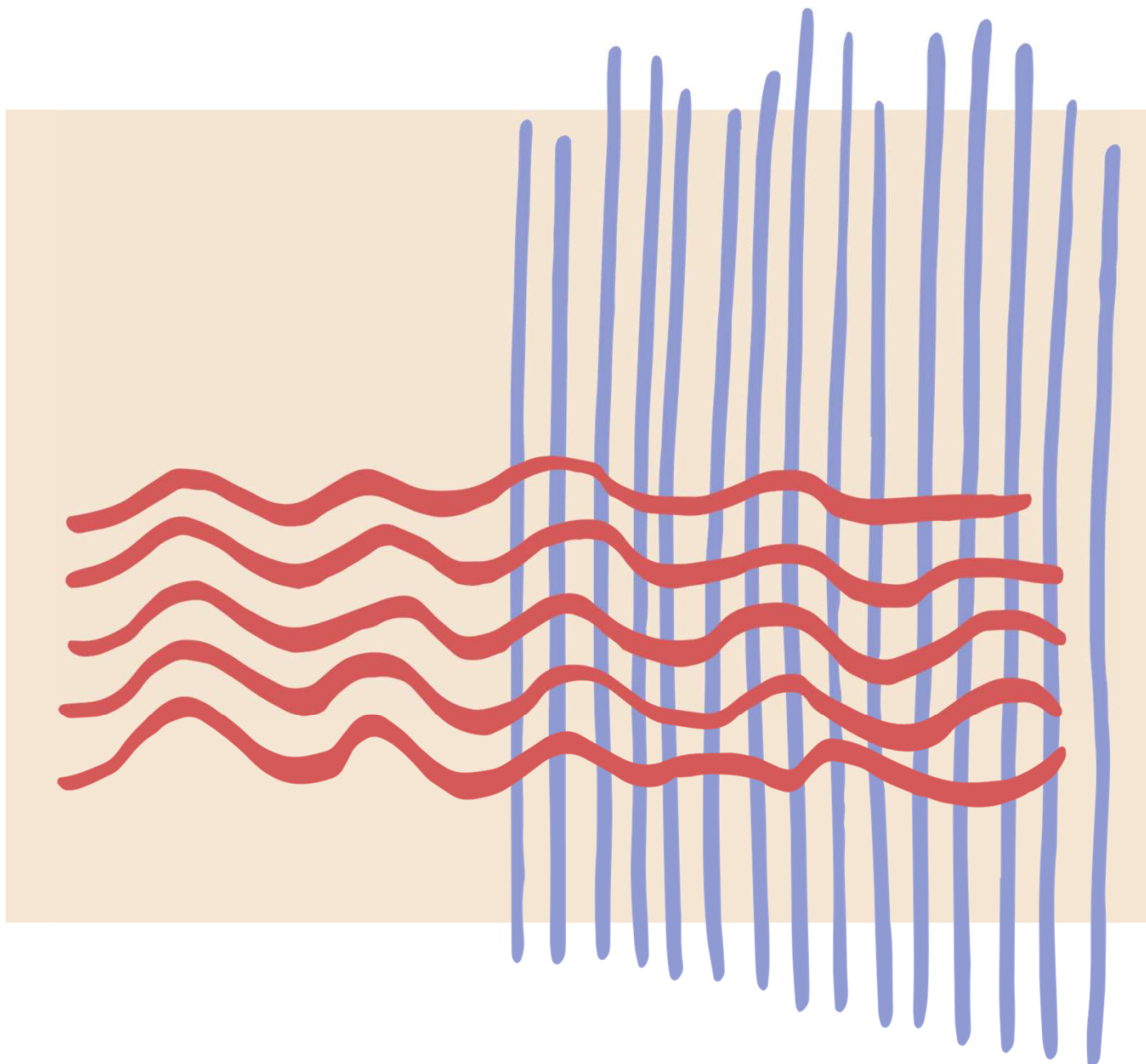
*Liberté
Égalité
Fraternité*

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE

Webinaire « Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025
Auditorium Palissy
C2RMF - Paris

Préambule



Dans le cadre général de la gestion du climat et au regard de difficultés exprimées par des musées concernant l'analyse de leurs conditions thermohygrométriques, le département de la conservation préventive du C2RMF a organisé un webinaire « Exploitation des données climatiques », les 02 et 03 octobre 2025 dans l'auditorium du C2RMF à Paris.

Ce webinaire a pour objectif d'aider les institutions patrimoniales à mieux collecter, étudier et comprendre les données climatiques. Il s'est articulé en quatre demi-journées thématiques :

- 1/ Recommandations climatiques pour la conservation des collections
- 2/ Acquisition de mesures climatiques fiables
- 3/ Traitement des données climatiques
- 4/ Analyse et diagnostic des données climatiques

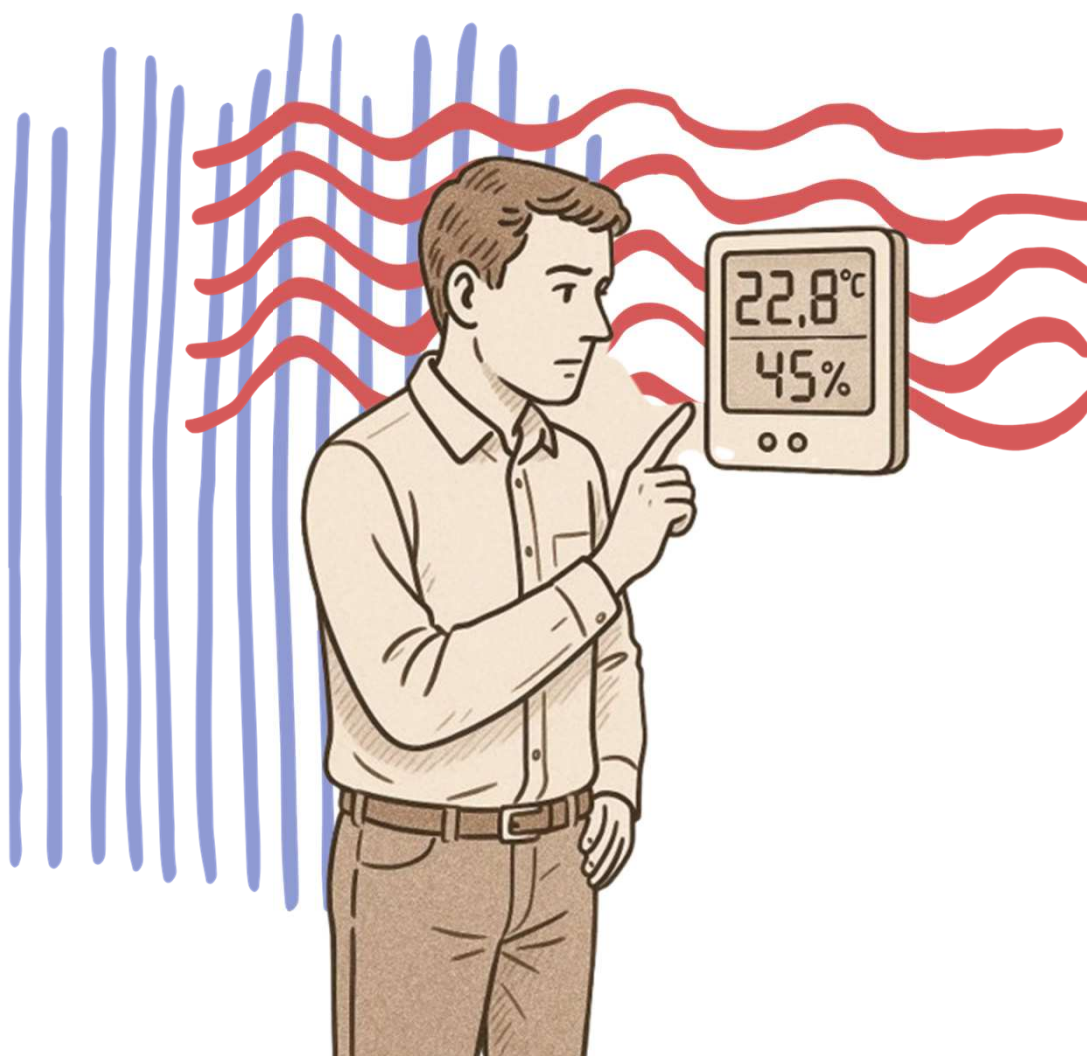
Remerciements

Le département de la conservation préventive du C2RMF remercie :

- la direction du C2RMF pour avoir soutenu dans cette initiative,
- les équipes du C2RMF qui ont contribué à la bonne organisation de ces journées, notamment le service de la communication et le service financier du C2RMF,
- et la société Simultane / Plug TV pour la réalisation de la captation et la diffusion des enregistrements.

Le département de la conservation préventive du C2RMF exprime toute sa gratitude à l'ensemble des intervenants du webinaire qui ont fait confiance au C2RMF. Le département les remercie chaleureusement d'avoir accepté de présenter leurs expériences, de témoigner et de partager leurs réflexions avec la communauté de professionnels.

Tous les intervenants se sont investis avec passion et enthousiasme pour cet événement et le département leur est profondément reconnaissant.





MINISTÈRE
DE LA CULTURE

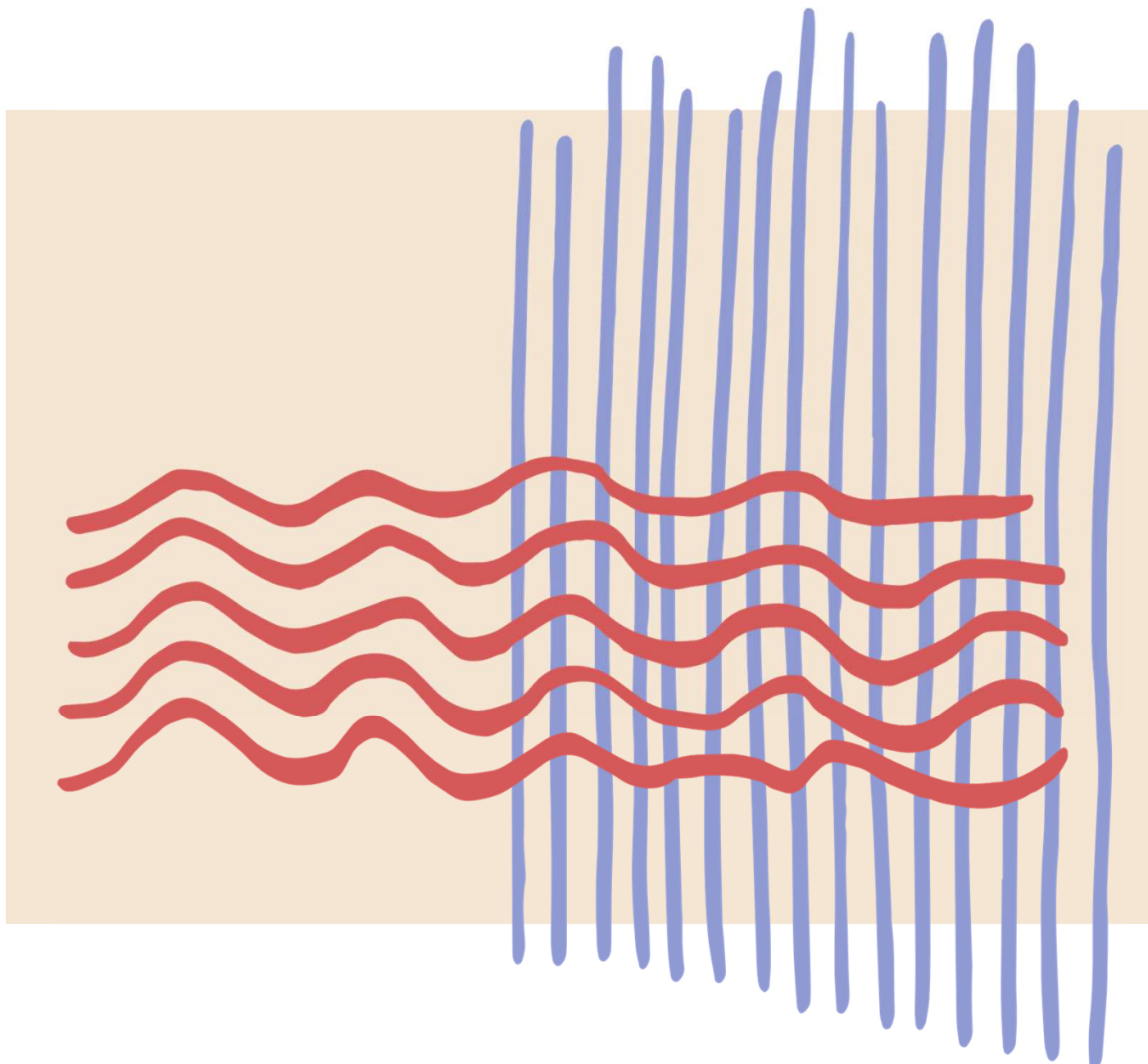
*Liberté
Égalité
Fraternité*

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE

Webinaire « Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025
Auditorium Palissy
C2RMF - Paris

Programme



02 octobre 2025 – matin

Préambule

9h00 – 9h30 : **Ouverture de l'auditorium**

9h30 – 9h40 : **Mot d'accueil**

Juliette RÉMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

PARTIE 1 – Recommandations climatiques pour la conservation des collections

- **Introduction à la partie 1**

9h40 – 10h00 : **Les grandes orientations pour la transition écologique et la conservation du patrimoine**

Karine DUQUESNOY, haute fonctionnaire à la transition écologique et au développement durable - Mission transition écologique et développement durable, Ministère de la culture - Secrétariat général

- **Fondamentaux**

10h00 – 10h30 : **Les notions relatives au climat**

Marie COURSELAUD, chargée de mission en conservation préventive, C2RMF

10h30 – 11h30 : **Les critères pour définir les plages climatiques**

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

- **Retour d'expériences et études de cas**

11h40 – 12h00 : **SERVICE DES MUSÉES DE FRANCE, Bureau de l'expertise architecturale, muséographique et technique (Île-de-France) : l'accompagnement du Service des musées de France au regard des recommandations gouvernementales pour une adaptation des consignes climatiques**

Gaëlle CROUAN, cheffe du bureau de l'expertise architecturale, muséographique et technique, Service des musées de France - Sous-direction de la politique des musées

12h00 – 12h20 : **VICQ-SUR-BREUILH, Musée Cécile Sabourdy (Nouvelle-Aquitaine) : expérimentations pour une évolution des plages climatiques**

Stéphanie BIREMBAUT, directrice de l'Établissement Public de coopération Culturelle, Musée Cécile Sabourdy

12h20 – 12h45 : **Échanges avec la salle**

Juliette RÉMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

**Déjeuner libre
(reprise à 14h15)**



02 octobre 2025 – après-midi

PARTIE 2 – Acquisition de mesures climatiques fiables

- Introduction à la partie 2

14h15 – 14h30 : ICOM-France : le programme « Prenons le contrôle du climat », approche méthodologique pour soutenir les musées dans leur transition énergétique
Émilie GIRARD, conservatrice en chef du patrimoine, directrice des Musées de la Ville de Strasbourg, présidente d'ICOM France

- Fondamentaux

14h30 – 15h15 : Les critères pour choisir les capteurs
Marie COURSELAUD, chargée de mission en conservation préventive, C2RMF

15h15 – 15h45 : L'utilisation des capteurs
Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

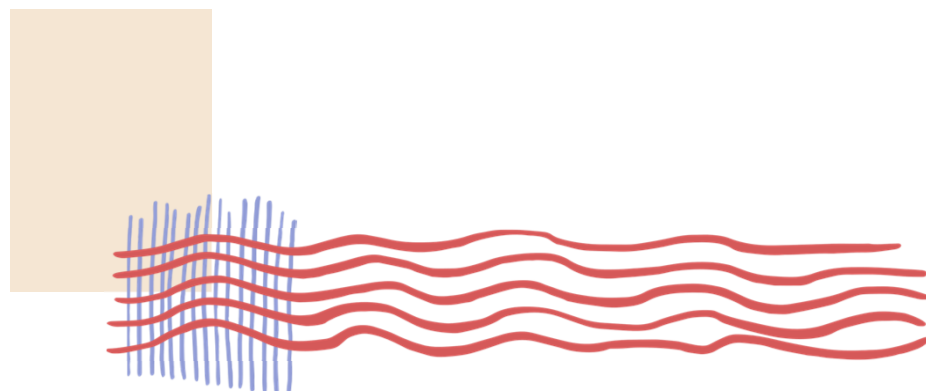
- Retour d'expériences et études de cas

16h00 – 16h20 : BIBRACTE, Centre de conservation et d'étude - service régional de l'archéologie (Bourgogne-Franche-Comté) : mission externalisée de collecte et de suivi des mesures climatiques dans les réserves
Christine RIQUIER-BOUCLET, conservatrice-restauratrice d'objets archéologiques, consultante en conservation préventive, société IN/EX SITU

16h20 – 16h40 : MARSEILLE, Pôle muséal (Provence-Alpes-Côte-d'Azur) : le choix d'un système de suivi climatique en Lorawam pour les établissements patrimoniaux marseillais
Valérie LUQUET, conservatrice-restauratrice du Patrimoine - spécialisée arts graphiques, responsable des réserves des musées et de la conservation préventive, Pôle muséal de Marseille

16h40 – 17h00 : NANTES, Musée Dobrée, Grand Patrimoine de Loire-Atlantique (Pays de la Loire) : méthodologie développée pour la collecte des données climatiques dans des espaces d'exposition
Stéphane LEMOINE, conservateur-restaurateur secteur métal, laboratoire Arc'Antique

17h00 – 17h30 : Échanges avec la salle
Juliette RÉMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF



03 octobre 2025 – matin

PARTIE 3 – Traitement des données climatiques

9h00 - 9h30 : Ouverture de l'auditorium

- **Introduction à la partie 3**

9h30 – 9h45 : **C2RMF : de SensMat à Refresh, les actions de recherche menées pour appréhender un contexte climatique**

Juliette RÉMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

- **Fondamentaux**

9h45 – 10h15 : **La collecte et le nettoyage des données climatiques**

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

10h15 – 10h45 : **L'utilisation de l'application du C2RMF Cli-Matrice (partie 1)**

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

11h00 – 11h30 : **L'utilisation de l'application du C2RMF Cli-Matrice (partie 2)**

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

- **Retour d'expériences et études de cas**

11h30 – 11h50 : **NARBONNE, Palais-musée des Archevêques (Occitanie) : étude des données climatiques dans les réserves d'un monument historique**

Camille HAUMONT, consultante en conservation préventive, société Page à Page Conservation

11h50 – 12h10 : **SAINT-LEU, Musée Stella Matutina / SAINT-LOUIS, Musée des Arts décoratifs de l'Océan Indien (La Réunion) : projet d'aménagement de réserves délocalisées et mutualisées en milieu tropical et les apports d'une étude climatique**

Agnès JEAN-JACQUES, attachée de conservation du patrimoine, Direction Développement Culturel et Sportif - Cellule musées et collections, Département de La Réunion

12h10 – 12h30 : **Échanges avec la salle**

Juliette RÉMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

**Déjeuner libre
(reprise à 14h)**



03 octobre 2025 – après-midi

PARTIE 4 – Analyse et diagnostic des données climatiques

- Introduction à la partie 4

14h00 – 14h15 : Institut canadien de conservation ICC : ClimaSpec, un outil de conseils et de calcul pour l'analyse des risques relatifs au climat

Simon LAMBERT, gestionnaire, conservation préventive, Institut canadien de conservation

- Fondamentaux

14h15 – 14h45 : La collecte des informations nécessaires pour une étude climatique

Marie COURSELAUD, chargée de mission en conservation préventive, C2RMF

14h45 – 15h30 : L'interprétation des graphiques climatiques

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

- Retour d'expériences et études de cas

15h45 – 16h05 : COLMAR, Musée Unterlinden (Grand Est) : un site, trois comportements climatiques - une étude des conditions thermohygrométriques comme support à une gestion différenciée des collections

Vincent HUSSEY, régisseur des collections, Musée Unterlinden

16h05 – 16h25 : POITIERS, Musée Sainte Croix (Nouvelle-Aquitaine) : regard sur le comportement climatique d'un bâtiment de réserves conçu passif

Nathalie LOUIS, régisseuse d'œuvres d'art, Musée Sainte Croix

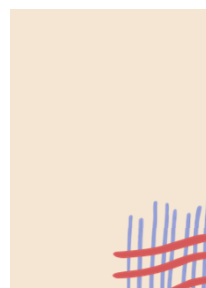
16h25 – 16h45 : Enjeux et limites des modélisations et études climatiques de simulation thermique dynamique (STD) dans les phases de conception de projets muséographiques

Stéphanie LIKES, assistante à maîtrise d'ouvrage – muséographie - conservation préventive – programmation, ASK

Rémi FOURMENTIN, ingénieur chargé d'affaires - fluides et environnement, concepteur Européen Bâtiment Passif, IMPACT Conseils et Ingénierie

16h45 – 17h15 : Échanges avec la salle

Juliette RÉMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF





MINISTÈRE
DE LA CULTURE

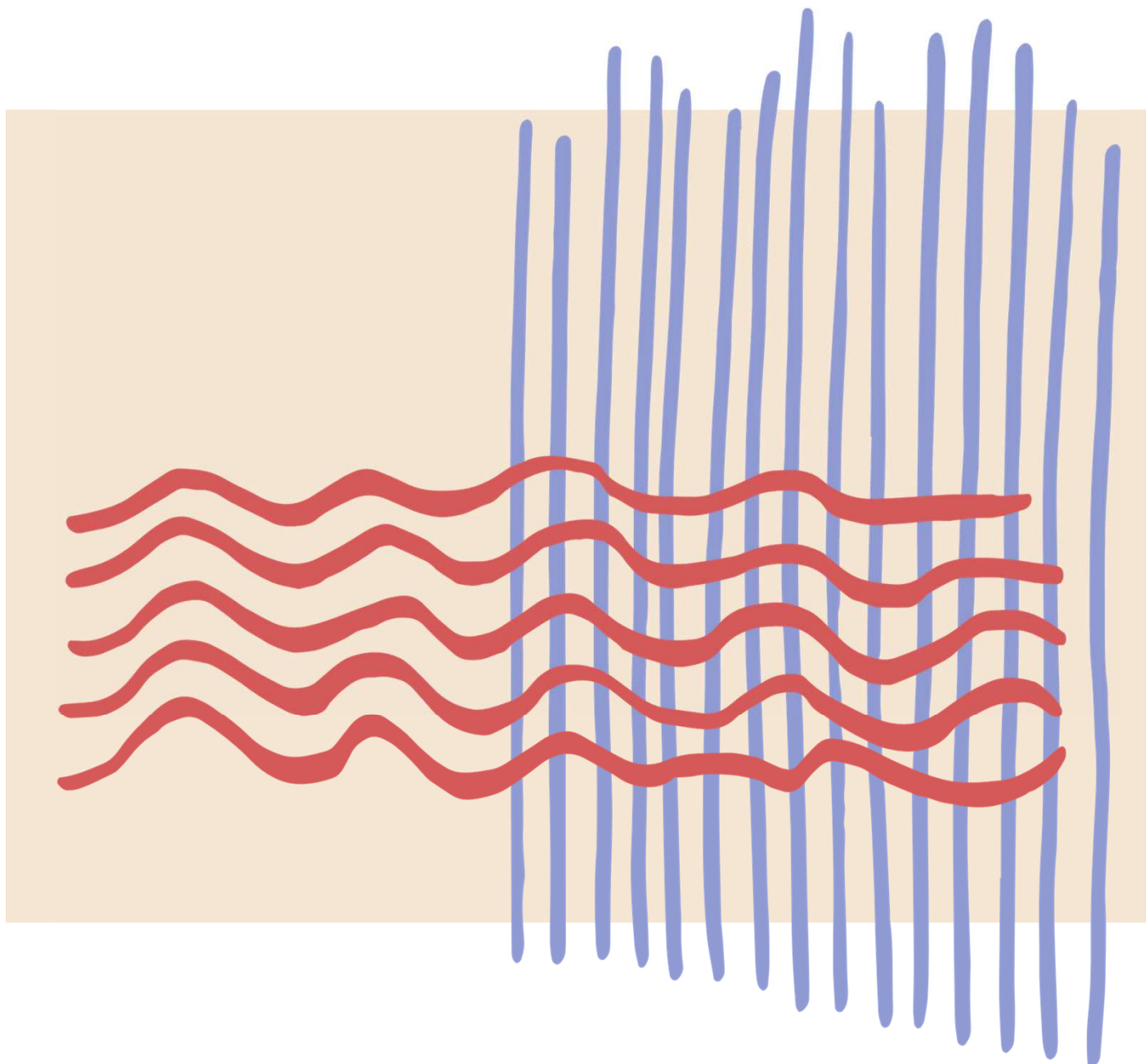
*Liberté
Égalité
Fraternité*

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE

Webinaire « Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025
Auditorium Palissy
C2RMF - Paris

Biographie des intervenants



BIREMBAUT Stéphanie, Directrice de l'Établissement Public de Coopération Culturelle (EPCC)
« Musée Cécile Sabourdy »

Stéphanie Birembaut suit un cursus initial en Lettres, Histoire des arts et études médiévales. Après une première expérience professionnelle dans le domaine du tourisme à Paris, elle obtient en 2012 un Master en Administration culturelle. Sensible aux enjeux du monde rural, elle intervient d'abord en Normandie pour la protection-valorisation du patrimoine (Monuments Historiques, sites remarquables, musée) auprès d'acteurs privés et publics. Nommée en 2014 directrice du Musée Cécile Sabourdy en Limousin, elle est chargée de forger son identité en constituant ses collections. Elle a conçu pour ce musée dédié aux « inclassables » 30 expositions temporaires explorant de manière ouverte la question de l'altérité en arts - réelle ou perçue. En 2023, l'EPCC devient musée de France. S. Birembaut accompagne actuellement la réalisation de l'extension du musée (doublement de sa surface utile, incluant des réserves). Ce projet est marqué par de fortes ambitions éco-responsables.

COURSELAUD Marie, Chargée de missions en conservation préventive, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France - Département de la conservation préventive

Diplômée en histoire de l'art, muséologie et conservation préventive, Marie Courselaud a été responsable pendant sept ans du service de conservation préventive des Archives nationales. Aujourd'hui, elle est chargée, depuis 2018, au sein du Département de la conservation préventive du Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF), de conseiller et d'assister les musées de France dans leurs problématiques et projets de conservation préventive.

Elle mène à ce titre des missions d'étude, de conseil et d'expertise, notamment dans le domaine de la gestion des risques sur les établissements patrimoniaux. Dans ce cadre, elle produit des guides, des manuels et des fiches techniques et participe à la formation initiale et continue des professionnels de la conservation.

Parallèlement à ses fonctions, elle s'investit activement dans la sensibilisation et la protection du patrimoine culturel en situation d'urgence, en présidant depuis 2022 l'association du Bouclier bleu France, comité national du Blue Shield International. À ce titre, elle contribue à renforcer la coordination entre les acteurs du patrimoine, les services de l'État et les intervenants de la sécurité civile, tout **en promouvant une culture de la prévention et de la résilience face aux risques majeurs**.

CROUAN Gaëlle, Cheffe du bureau de l'expertise architecturale, muséographique et technique, Service des musées de France - Sous-direction de la politique des musées

Gaëlle Crouan, attachée principale d'administration, a rejoint le ministère de la Culture en septembre 2014 : tout d'abord au secrétariat général en qualité de chargée de tutelle de l'Opérateur du patrimoine et des projets immobiliers de la Culture et du suivi des grands projets d'investissements du ministère et de ses opérateurs, puis en qualité d'adjointe au chef du bureau de la politique immobilière.

Depuis le 1er juin 2022, elle est cheffe du bureau de l'expertise architecturale, muséographique et technique au sein du service des musées de France de la direction générale des patrimoines et de l'architecture. Ce bureau, composé d'experts (muséographe, ingénieur et architectes) participe au contrôle scientifique et technique de l'État sur les opérations d'investissement dans les musées de France (nationaux et territoriaux). À ce titre, il conseille les équipes des musées et les collectivités territoriales dans les domaines de l'architecture et de la muséographie et les accompagne pour intégrer les enjeux liés à l'accessibilité et à la transition écologique dans leurs projets muséaux.



DUQUESNOY Karine, Haute fonctionnaire à la transition écologique et au développement durable - Mission transition écologique et développement durable, Ministère de la culture - Secrétariat général

Karine Duquesnoy, haute fonctionnaire à la transition écologique et au développement durable du ministère de la Culture, depuis fin juin 2023, occupait jusque-là les fonctions de Directrice adjointe du cabinet de la ministre de la Culture, Rima Abdul-Malak, en charge des politiques sociales, environnementales et territoriales. Ancienne élève de l'institut d'études politiques de Bordeaux, de l'université Bordeaux-Montaigne, Karine Duquesnoy a débuté sa carrière comme inspectrice du travail en 1996. Cheffe du bureau de l'emploi du spectacle vivant à la direction de la musique, de la danse, du théâtre et des spectacles du ministère de la Culture en 2006, elle devient directrice des ressources humaines de l'établissement public du parc et de la grande halle de la Villette en 2010.

Conseillère sociale et chargée de l'égalité entre les femmes et les hommes au cabinet de la ministre de la Culture et de la Communication Audrey Azoulay en 2016, Karine Duquesnoy est nommée, en 2017, directrice régionale adjointe des affaires culturelles d'Île-de-France, puis secrétaire générale de Public Sénat de 2020 à 2022.

FROMENTIN Rémi, Ingénieur – chargé d'affaires / Concepteur Européen Bâtiment Passif, IMPACT Conseils & Ingénierie

Rémi Fourmentin est diplômé de l'école HEI (Hautes Études d'Ingénieur) de Lille en 2018, en tant qu'ingénieur généraliste. Depuis 2020, il est également titulaire de la formation de Concepteur Passif, associée à la certification Passivhaus. Depuis 2018, il évolue au sein du bureau d'études IMPACT Conseils & Ingénierie basé à Lille comme chargé d'affaires Fluides et Environnement.

Il intervient principalement sur des missions de maîtrise d'œuvre, de la conception au suivi de chantier, sur des projets d'ERP et de bâtiments tertiaires. Ses domaines de compétence couvrent notamment les fluides (chauffage, ventilation, rafraîchissement, plomberie, électricité) et l'environnement (thermique du bâtiment, efficacité énergétique, énergies renouvelables, confort, matériaux biosourcés, etc.).

GIRARD Émilie, Conservatrice en chef du patrimoine, directrice des Musées de la Ville de Strasbourg, Présidente d'ICOM France

Émilie Girard est Conservatrice générale du patrimoine et Directrice des onze musées de la Ville de Strasbourg depuis le 1er janvier 2024. Parallèlement, elle préside le Comité français de l'ICOM depuis octobre 2022, après avoir été vice-présidente de l'association à partir de 2019. Son engagement porte sur les transformations socio-environnementales des musées et l'accompagnement des changements à l'œuvre.

Précédemment, elle a exercé les fonctions de Directrice scientifique et des collections du Mucem (Musées des civilisations de l'Europe et de la Méditerranée) à Marseille de 2019 à fin 2023, après avoir été responsable du département des collections de l'établissement (entre 2012 et 2019) où elle est entrée à sa sortie de l'Institut national du Patrimoine en juillet 2006.

Elle a assuré le commissariat de nombreuses expositions au Mucem (notamment la Galerie de la Méditerranée en 2013 ; Food en 2014, Un génie sans piédestal, Picasso et les arts et traditions populaires en 2016, On danse ? et Les reliquaires de A à Z en 2019, Jeff Koons Mucem et Le Désir de regarder loin avec l'artiste Ilaria Turba en 2021, Populaire ? en 2023).



HAUMONT Camille, Consultante en conservation préventive, société Page à Page Conservation

Restauratrice du patrimoine documentaire diplômée en 2003, ainsi que consultante en conservation préventive, Camille Haumont exerce son activité en tant qu'indépendante depuis 2013. Elle a créé l'entreprise Page à Page conservation, installée en Ariège, qui propose un éventail varié de prestations de service dans le domaine de la conservation préventive, essentiellement pour les collectivités.

Elle a également conçu et co-développé la Chambre 40, dispositif démontable et transportable servant à prévenir les contaminations aux micro-organismes ou à les traiter. En parallèle, elle est bénévole au Bouclier bleu France depuis 2007.

HUSSER Vincent, Régisseur des collections, Musée Unterlinden

Après un cursus universitaire en histoire et histoire de l'art, Vincent Husser débute un parcours professionnel dans le domaine du patrimoine écrit en tant que responsable du service des archives municipale de la Ville d'Erstein. Il poursuit ensuite sa carrière comme chargé de projet pour la rénovation de la Bibliothèque humaniste de Sélestat.

Confronté à de forts et multiples enjeux de conservation des collections, avec notamment la programmation d'espaces de réserves, il intègre le musée Unterlinden en 2017 où il assure depuis les fonctions de responsable des réserves et de la conservation préventive.

JEAN-JACQUES Agnès, Attachée de conservation du patrimoine, Direction Développement Culturel et Sportif - Cellule musées et collections, Département de La Réunion

Agnès JEAN-JACQUES est attachée de conservation du patrimoine au sein de la Direction du Développement Culturel et Sportif de la Région Réunion. Elle est chargée de la Cellule Musées et collections qui assure le pilotage des projets de travaux, entretien et valorisation des musées de la Région Réunion, ainsi que les opérations de conservation et restauration des collections régionales.

LAMBERT Simon, Gestionnaire, conservation préventive, Institut canadien de conservation

Simon Lambert est titulaire d'un baccalauréat en histoire de l'art et littérature italienne (McGill), d'un diplôme en conservation des peintures (Université d'Urbino, Italie) et d'une maîtrise en soin des collections (Université de Cardiff, Royaume-Uni). Lauréat d'une bourse du Commonwealth et d'un prix de l'Institute of Conservation (2010), il a débuté sa carrière à l'ICCROM, où il a coordonné des formations internationales en conservation et contribué au développement de la méthode RE-ORG, dont il est co-auteur avec Gaël de Guichen.

En 2012, il a rejoint l'Institut canadien de conservation (ICC), où il a fourni pendant huit ans des services en conservation préventive, notamment en lien aux installations, et en formation. Il a également dirigé le programme RE-ORG : Canada. Il occupe actuellement le poste de gestionnaire de la Division de la conservation préventive et est membre accrédité de l'Association canadienne des restaurateurs professionnels – Conservation préventive.



LEMOINE Stéphanie, Conservateur-restaurateur secteur métal, laboratoire Arc'Antique

Spécialiste en conservation-restauration d'objets archéologiques métalliques, Stéphane Lemoine a rejoint l'équipe d'Arc'Antique en 1990 après son diplôme de MST de l'Université de Paris I Sorbonne. Il a obtenu le grade de master par validation des acquis d'expérience en 2010. Il a développé une maîtrise de l'ensemble des étapes de traitement de l'objet archéologique : de la micro-fouille à sa préparation pour exposition, en passant par son étude technologique, la prise d'empreinte pour la réalisation de moulages ou encore la mise en œuvre et du suivi des bains de stabilisation. Grâce à cette expérience professionnelle, il est impliqué dans la formation des étudiants et des professionnels. Formé à la réalisation des études climatiques (dans les monuments, les musées et les réserves), il accompagne depuis 2017 différentes institutions patrimoniales de la Loire-Atlantique dans le suivi de leurs conditions environnementales ainsi que pour la définition des solutions climatiques passives par matériaux tampons.

LIKES Stéphanie, Fondatrice ASK, Vice Présidente APREVU, Co Présidente de XPO

Stéphanie Likes a fondé ASK, une agence dédiée aux projets patrimoniaux, en 2010 après quinze années d'expériences en institution muséale et en cabinet de programmation. Disposant d'une triple compétence de programmiste, muséographe et préventeur lui permettant de couvrir de nombreux paramètres de la conception d'un musée, elle intervient depuis près de vingt-cinq ans autant en études préalables (faisabilité, évaluation des collections, analyses climatiques, analyse lumière, analyse des risques et PSBC) qu'en suivi de projets opérationnels et de Maîtrise d'œuvre (notamment suivi des études de conception, CCTP mobiliers, vitrines, OPR, ...). Elle est également engagée dans la transmission (Université Paris 1 Master CRBC, parcours conservation préventive) et sur les questions de transition écologique dans le secteur muséal et de la conservation. Elle a coordonné la rédaction du Manifeste de l'écoconception de XPO et participe à la rédaction de la norme AFNOR/CNCBC/GE Eco-conception des expositions.

LOUIS Nathalie, Régisseuse d'œuvres d'art, Direction Musées - Ville de Poitiers

Après avoir été co-responsable d'un musée d'une ville de 10.000 habitants dans lequel elle exécutait toutes les missions afférentes à un musée, Nathalie LOUIS pris pendant quatre années la fonction de régisseuse des réserves au Château des ducs de Bretagne à Nantes, tout en ayant également en charge l'installation de 800 œuvres dans le nouveau musée d'histoire au sein d'un château entièrement restauré et doté d'une toute nouvelle muséographie. Elle a pu aménager les réserves déjà existantes et ranger les œuvres dans des mobiliers adaptés. Depuis 16 ans, elle est régisseuse d'œuvres d'art pour les musées de la Ville de Poitiers et occupe toutes les fonctions d'un régisseur. Elle a eu la chance de suivre et de participer de très près au projet de construction de réserves externalisées et de piloter le chantier des collections afin de transférer toutes les collections dans ces réserves qui sont sorties de terre en 2019. Ce bâtiment qui a été construit dans une optique d'inertie climatique est régulièrement visité par d'autres professionnels des musées.



LUQUET Valérie, Responsable des réserves des musées et de la conservation préventive, Pôle muséal de Marseille

Valérie Luquet est conservatrice-restauratrice spécialisée en arts graphiques, diplômée de l'Institut national du patrimoine. Elle a travaillé comme conservatrice-restauratrice indépendante de 1999 à 2016 puis en tant que conservatrice-restauratrice et responsable de la conservation préventive des musées d'Orléans de 2016 à 2019.

Depuis 2022, Elle est responsable des réserves des musées de la ville de Marseille et de la conservation préventive. Ces réserves conservent environ 120.000 items répartis sur deux sites présentant des configurations et caractéristiques bâtementaires très différentes.

PÉRILLAT-MERCEROT Jocelyn, Chargé d'études en conservation préventive, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France - Département de la conservation préventive

Diplômé du master de Conservation préventive (université Paris 1 - Panthéon Sorbonne) en 2008, Jocelyn Périllat-Mercerot a été lauréat du concours de chargé d'études documentaires en 2017. Il a participé au chantier des collections du Musée d'Argenteuil en 2008, a occupé ensuite la fonction d'assistant au musée de la Grande Guerre de Meaux en 2010, puis dès 2011 et pendant six ans, a été responsable de la régie des œuvres au département des Restaurateurs de l'Institut national du patrimoine (Inp).

Aujourd'hui, il effectue des missions d'étude et de conseil au département de la Conservation préventive du Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF). Il élabore des ressources documentaires accessibles en ligne, parmi lesquelles des fiches techniques ou des outils tels que l'application Cli-Matrice qu'il a développée. Il intervient par ailleurs dans le cadre de la formation initiale et de la formation continue des professionnels du patrimoine (Institut national du patrimoine, Direction générale du patrimoine et de l'architecture, Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne, Université de Rennes 2) et soutient activement l'association du Bouclier bleu France en tant que membre.

RÉMY Juliette, Conservateur en chef du patrimoine, chef du Département de la conservation préventive, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France - Département de la conservation préventive

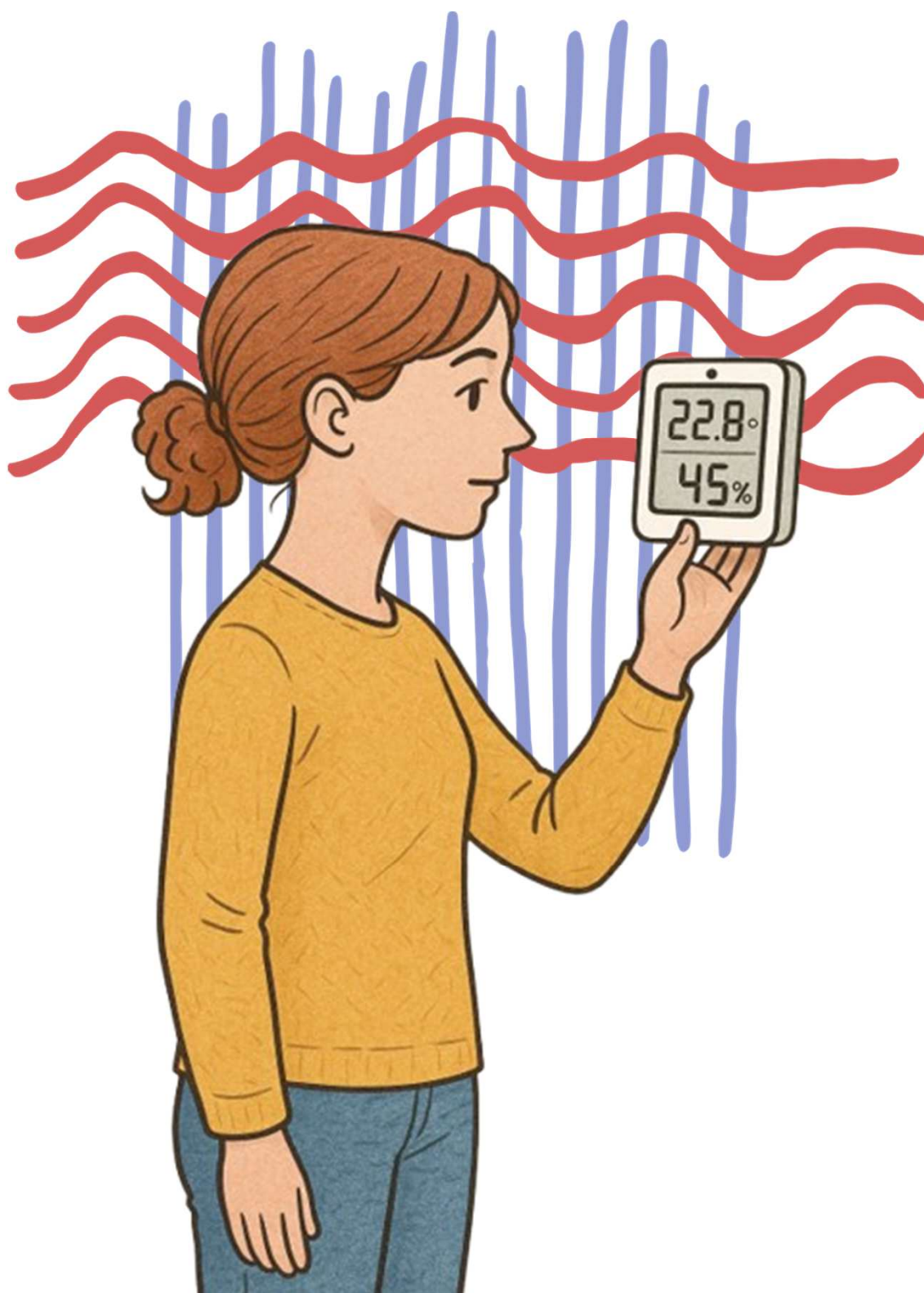
Diplômée de l'École du Louvre et de l'Institut national du patrimoine, Juliette Rémy débute sa carrière de conservateur au Service régional de l'archéologie de la DRAC Alsace, où elle est chargée de la gestion et de la conservation des biens archéologiques mobiliers. Elle intègre ensuite l'équipe des musées du Palais de Compiègne, où elle pilote le récolement, l'aménagement des réserves, les chantiers de collections et la régie interne.

Elle rejoint en 2018 le Département de la conservation préventive (DCP) du C2RMF, qu'elle dirige depuis 2021. Chargé de mettre en œuvre les orientations stratégiques du ministère de la culture en matière de conservation préventive, le DCP assure notamment la bonne conservation des œuvres confiées au C2RMF par les musées, prodigue assistance et conseils aux musées de France, développe ou participe à des projets de recherche et contribue à la formation des professionnels.



RIQUIER-BOUCLET Christine, Conservatrice-restauratrice d'objets archéologiques, consultante en conservation préventive, société IN/EX SITU

Christine Riquier-Bouclet, fondatrice d'In Ex Situ, est consultante en conservation préventive et conservatrice-restauratrice diplômée. Son parcours à la tête de différents laboratoires de conservation-restauration lui a permis d'acquérir une solide expérience, qu'elle met aujourd'hui au service des collections patrimoniales. Elle accompagne musées et collectivités dans la conception de réserves, la réalisation d'études climatiques et les chantiers des collections.





MINISTÈRE
DE LA CULTURE

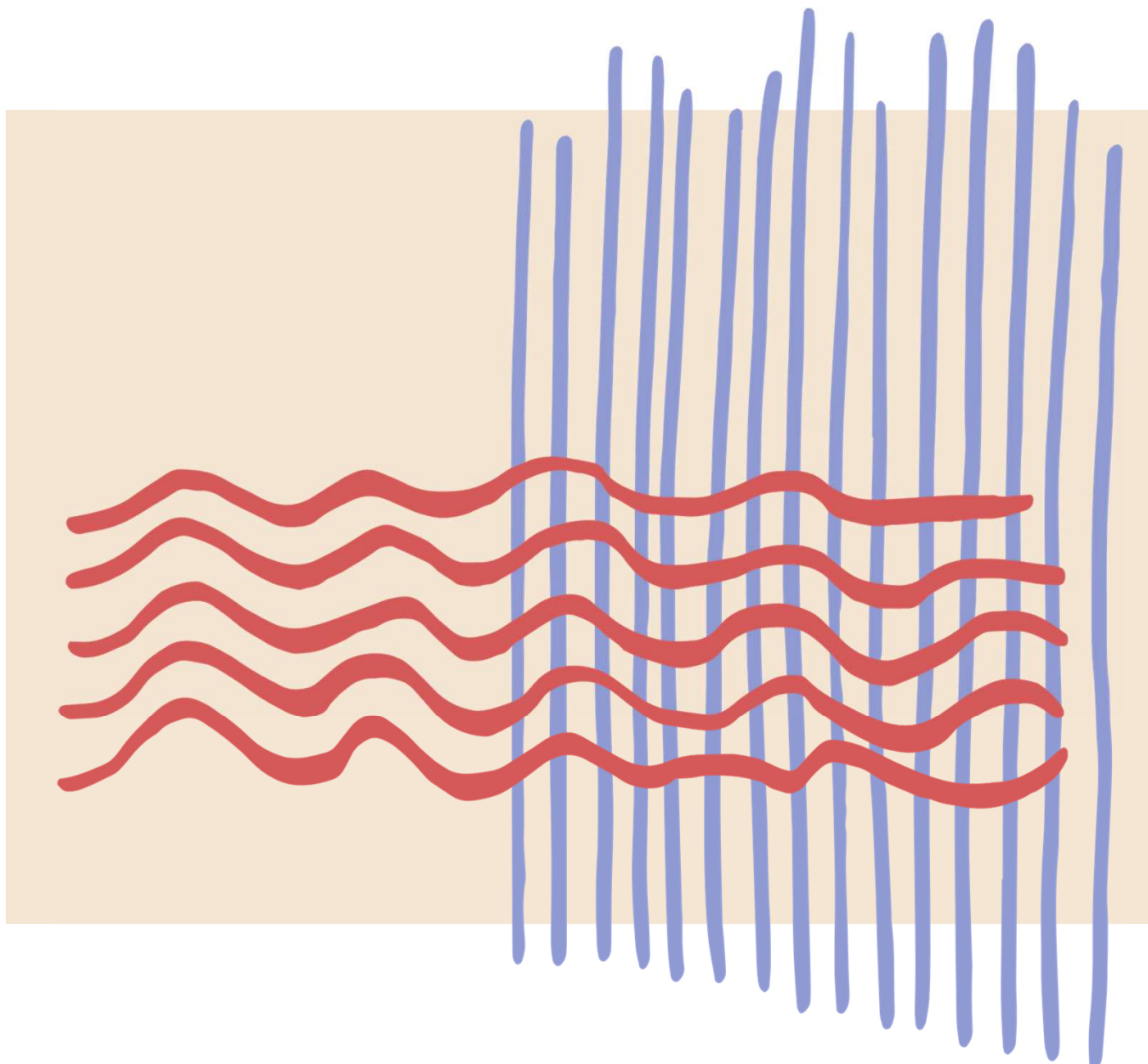
*Liberté
Égalité
Fraternité*

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE

Webinaire « Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025
Auditorium Palissy
C2RMF - Paris

Interventions



Webinaire

« Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025, auditorium du C2RMF - Paris

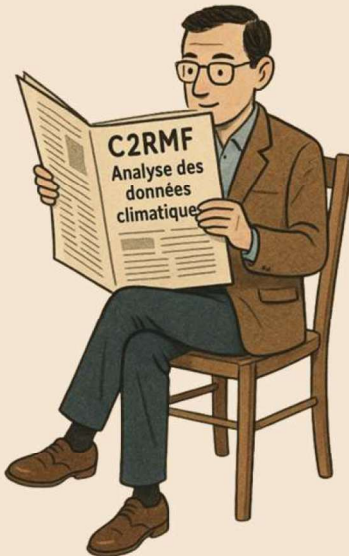
CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Mot d'accueil

Juliette RÉMY
Conservateur en chef du patrimoine
Chef du Département de la conservation
préventive - C2RMF



Enjeux et objectifs du webinaire

1) Répondre à vos besoins

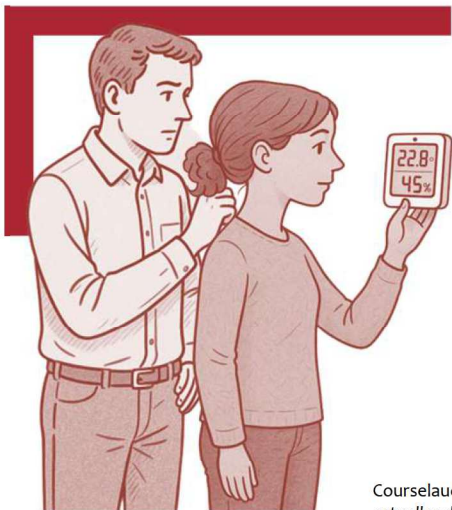
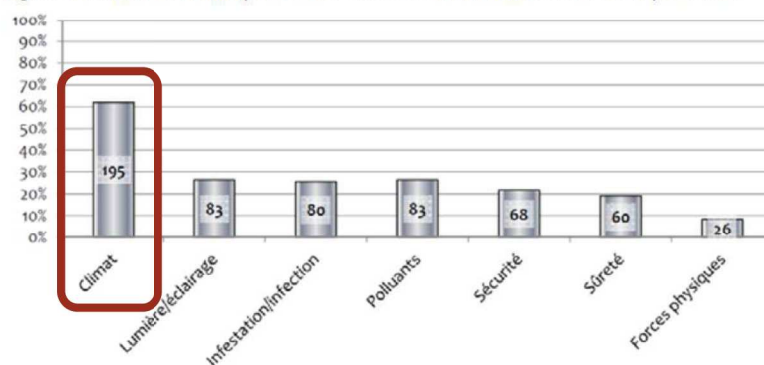


Fig. 3f : résultats de l'analyse des DI - facteurs d'altération concernés par les DI

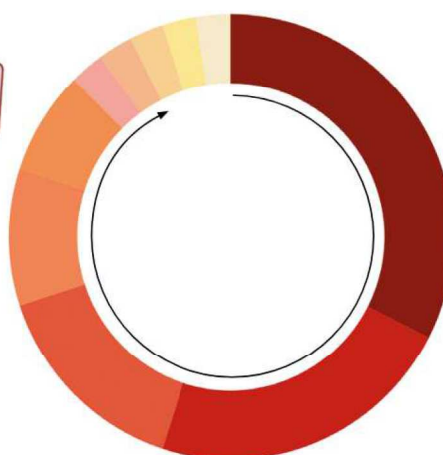
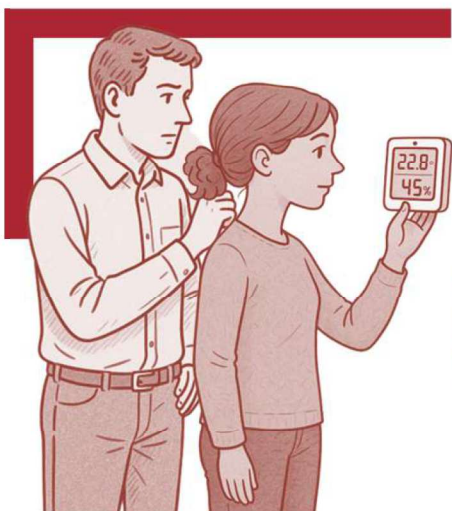


Courselaud M., Périllat-Mercerot J., *Anticipation, prédiction : l'étude statistique pour répondre aux problématiques actuelles de prévention dans les musées*, CRBC 36, 2020, p. 6-23

<https://araafu.com/wp-content/uploads/2020/09/1511.pdf>

Enjeux et objectifs du webinaire

1) Répondre à vos besoins



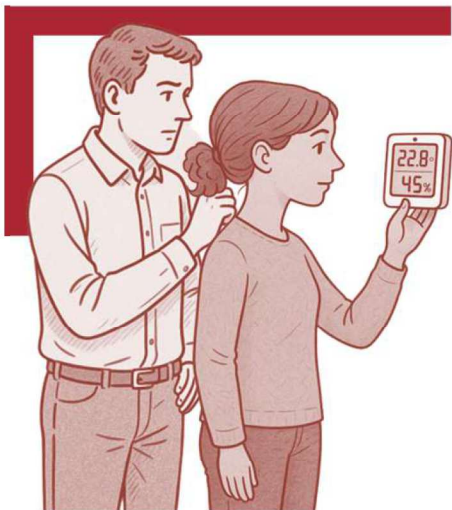
DI 2024

Répartition des thématiques
des demandes :

Gestion du climat	22,5%
Gestion matérielle des collections, matériaux ou typologies particulières	15%
Conditions globales de conservation	10%
Construction / rénovation / aménagement réserves	7,5%
Aide à la rédaction PSC/ PSBC	2,5%
Eclairage	2,5%
Vibrations	2,5%
Chantiers de collections, démnagement	2,5%
Autres	2,5%

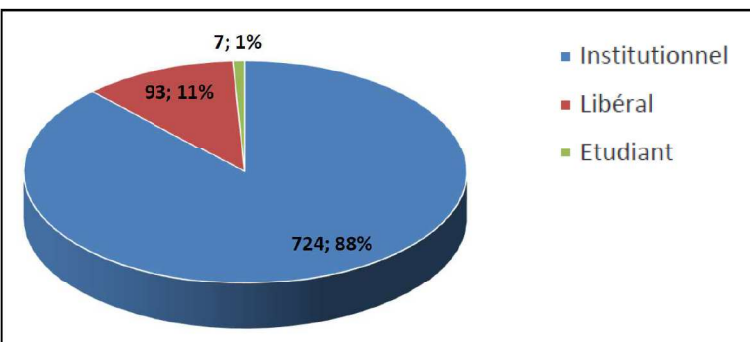
C2RMF, Rapport d'activités 2024

Profils des auditeurs

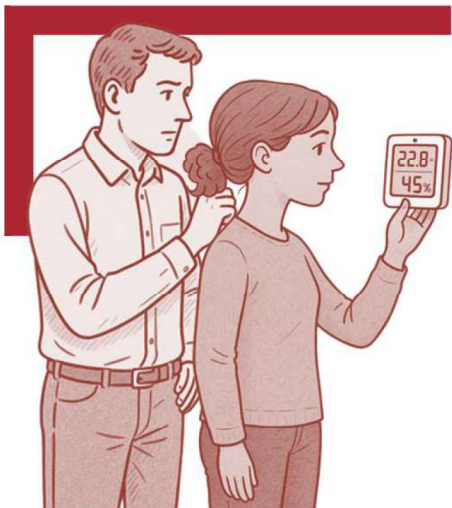


Statuts

Présentiels	Distanciels
75	749
824	

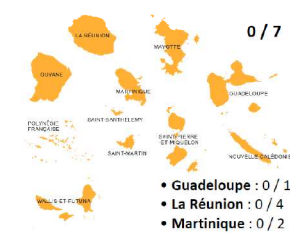
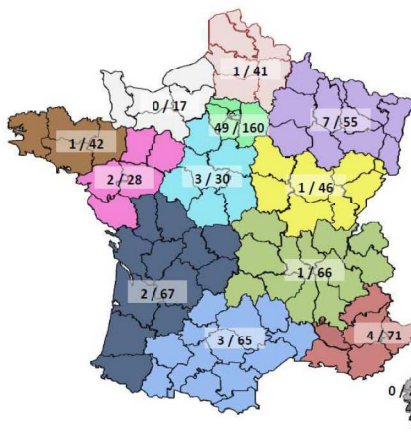


Profils des auditeurs

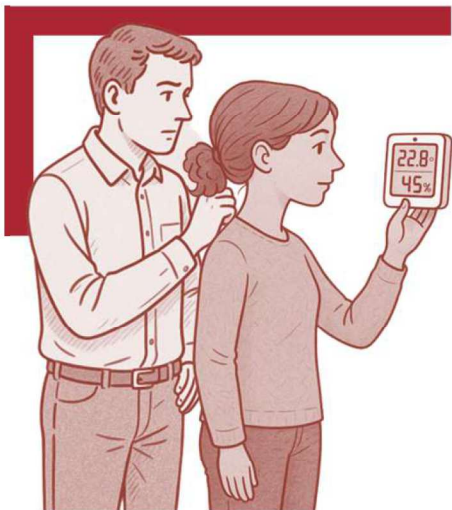


Répartition géographique (représentation cartographique)

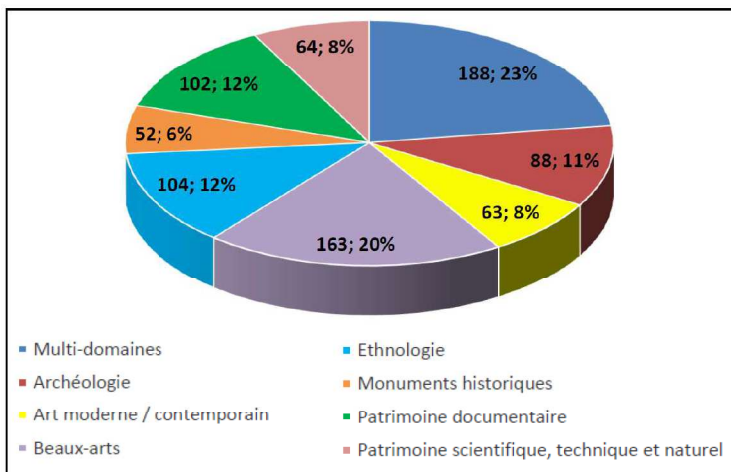
Nombre d'inscrits en présentiel / Nombre d'inscrits en distanciel



Profils des auditeurs



Domaines patrimoniaux



Enjeux et objectifs du webinaire



2) S'adapter aux changements

MESURE 44

**Protéger notre patrimoine
naturel et culturel des
impacts du changement
climatique**

PNACC
Plan national d'adaptation
au changement
climatique (2024)

LA FRANCE S'ADAPTE

LA METHODE

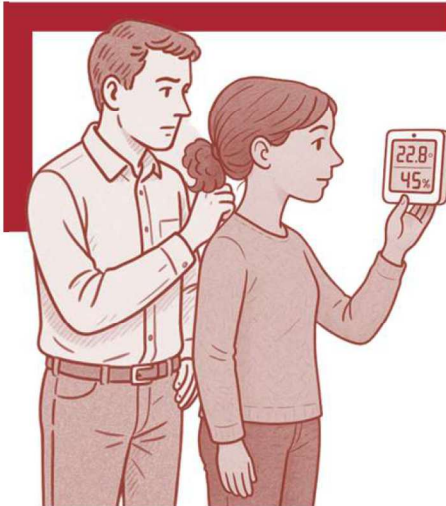
- 1 TRAJECTOIRE
« LA FRANCE S'ADAPTE 2024 »
- 4 GROUPES DE TRAVAIL
territoires, biodiversité, économie, patrimoine
- 2 MOIS DE CONSULTATION PUBLIQUE

Protéger la population
Construire la résilience de la société

+200 ACTIONS
CONCRÈTES À COURT, MOYEN ET LONG TERME

- confort et bien-être des personnes
- préservation de la biodiversité
- réilience de l'économie
- protection du patrimoine culturel
- vulnérabilité face aux risques climatiques
- coût économique du changement climatique
- émissions de CO₂
- artificialisation des sols

Enjeux et objectifs du webinaire



2) S'adapter aux changements

CONTEXTE


L'objectif des actions présentées dans cette fiche est de permettre que les bâtiments patrimoniaux culturels et les biens culturels qu'ils hébergent puissent être préservés face aux effets du dérèglement climatique. Certains sites, y compris classés dans les instances internationales, sont fragiles face à ces effets, notamment sur :

- La conservation des œuvres, qui nécessite de nouveaux équipements pour protéger les biens culturels de l'augmentation des températures et des taux d'humidité ;
- Certains sites archéologiques (en particulier ceux situés sur le trait de côte et les grottes ornées) ;
- Les bâtiments, qui n'ont généralement pas été conçus pour faire face à de telles conditions climatiques.
- Les espaces patrimoniaux naturels (parcs, jardins, etc.).

Il s'agit aussi d'utiliser la culture comme vecteur de sensibilisation et de représentation des effets du dérèglement climatique sur l'environnement.


MESURE 44

Protéger notre patrimoine naturel et culturel des impacts du changement climatique




Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

9



Enjeux et objectifs du webinaire




2) S'adapter aux changements

ACTIONS NOUVELLES

1. Créer une cartographie des risques climatiques pour les patrimoines culturels
2. Élaborer ou mettre à jour et mettre en œuvre des plans de prévention intégrant les risques climatiques dans les sites et les établissements patrimoniaux (archives, bibliothèques, musées, monuments historiques et sites archéologiques)
3. Renforcer l'entretien régulier du patrimoine culturel (sites, monuments et institutions patrimoniales avec leurs abords, etc.) et la maintenance préventive des bâtiments et, le cas échéant, des équipements techniques assurant la conservation des collections patrimoniales, notamment les conditions climatiques de conservation et/ou de présentation des biens culturels
4. Enrichir les parcours de formation des professionnels du patrimoine dans le domaine de la prévention des risques et des sinistres et de l'adaptation au changement climatique
5. Faire évoluer, aux plans national, européen et international, les plages climatiques de conservation et d'exposition du patrimoine culturel
6. Accompagner un panel de sites patrimoniaux pour étudier leur vulnérabilité au changement climatique et tester des solutions d'adaptation


MESURE 44

Protéger notre patrimoine naturel et culturel des impacts du changement climatique

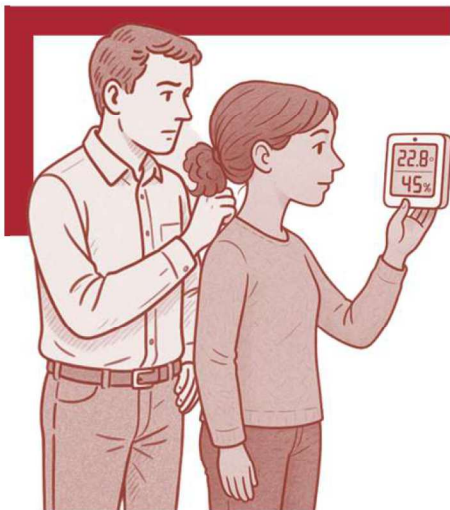


Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

10



Programme



02 octobre 2025, matin

PARTIE 1 – Recommandations climatiques pour la conservation

- Introduction à la partie 1

9h40 – 10h00 : Les grandes orientations pour la transition écologique et la conservation du patrimoine
Karine DUQUESNOY, Haute fonctionnaire à la transition écologique et au développement durable - Mission transition écologique et développement durable, Ministère de la culture - Secrétariat général

- Fondamentaux

10h00 – 10h30 : Les notions relatives au climat
Marie COURSELAUD, chargée de mission en conservation préventive, C2RMF

10h30 – 11h30 : Les critères pour définir les plages climatiques
Jocelyn PERILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

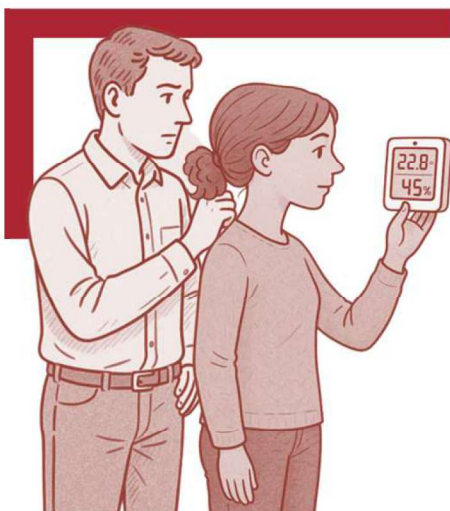
- Retour d'expériences et études de cas

11h40 – 12h00 : SERVICE DES MUSÉES DE FRANCE, Bureau de l'expertise architecturale, muséographique et technique (le-de-France) : l'accompagnement du Service des musées de France au regard des recommandations gouvernementales pour une adaptation des consignes climatiques
Goëlle CROUAN, Cheffe du bureau de l'expertise architecturale, muséographique et technique, Service des musées de France - Sous-direction de la politique des musées

12h00 – 12h20 : VICQ-SUR-BREUILH, Musée et Jardins Cécile Sabourdy (Nouvelle-Aquitaine) : expérimentations pour une évolution des plages climatiques
Stéphanie BIREMBAUT, directrice, Musée et Jardins Cécile Sabourdy

12h20 – 12h45 : Échanges avec la salle
Juliette REMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

Programme



02 octobre 2025, après-midi

PARTIE 2 – Acquisition de mesures climatiques fiables

- Introduction à la partie 2

14h15 – 14h30 : ICOM France : le programme « Prenons le contrôle du climat », approche méthodologique pour soutenir les musées dans leur transition énergétique
Emilie GIRARD, conservatrice en chef du patrimoine, directrice des Musées de la Ville de Strasbourg, présidente d'ICOM France

- Fondamentaux

14h30 – 15h15 : Les critères pour choisir les capteurs
Marie COURSELAUD, chargée de mission en conservation préventive, C2RMF

15h15 – 15h45 : L'utilisation des capteurs
Jocelyn PERILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

- Retour d'expériences et études de cas

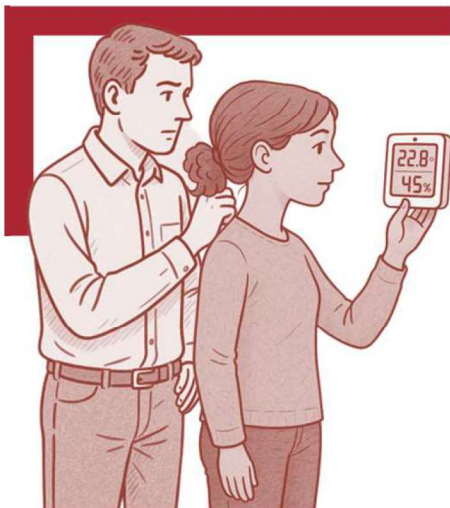
16h00 – 16h20 : BIBRACTE, Centre de conservation et d'étude - service régional de l'archéologie (Bourgogne-Franche-Comté) : mission externalisée de collecte et de suivi des mesures climatiques dans les réserves
Christine RIQUIER-BOULET, conservatrice-restauratrice d'objets archéologiques, consultante en conservation préventive, société INEX-SITU

16h20 – 16h40 : MARSEILLE, Pôle muséal (Provence-Alpes-Côte d'Azur) : le choix d'un système de suivi climatique en Lorrain pour les établissements patrimoniaux marseillais
Valérie LUQUET, conservatrice-restauratrice du Patrimoine - spécialisée arts graphiques, responsable des réserves des musées et de la conservation préventive, Pôle muséal de Marseille

16h40 – 17h00 : NANTES, Musée Dobrée, Grand Patrimoine de Loire-Atlantique (Pays de la Loire) : méthodologie développée pour la collecte des données climatiques dans des espaces d'exposition
Stéphane LEMOINE, conservateur-restaurateur secteur métal, laboratoire Arc'Antique

17h00 – 17h30 : Échanges avec la salle
Juliette REMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

Programme



03 octobre 2025, matin

PARTIE 3 – Traitement des données climatiques

03 octobre 2025 – matin

PARTIE 3 – Traitement des données climatiques

9h00 - 9h30 : Ouverture de l'auditorium

• Introduction à la partie 3

9h30 - 9h45 : C2RMF : de SensMut à Refresh, les actions de recherche menées pour appréhender un contexte climatique
Juliette REMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

• Fondamentaux

9h45 - 10h15 : La collecte et le nettoyage des données climatiques
Jocelyn PERILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

10h15 - 10h45 : L'utilisation de l'application du C2RMF Cl-Matrice (partie 1)
Jocelyn PERILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

11h00 - 11h30 : L'utilisation de l'application du C2RMF Cl-Matrice (partie 2)
Jocelyn PERILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

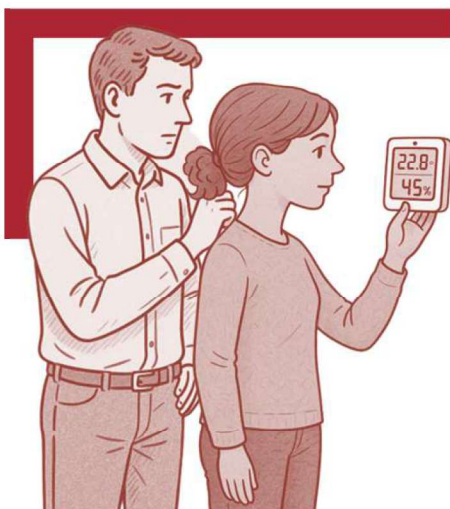
• Retour d'expériences et études de cas

11h30 - 11h50 : NARBONNE, Palais-musée des Archevêques (Occitanie) : étude des données climatiques dans les réserves d'un monument historique
Camille FALMONT, consultante en conservation préventive, société Page à Page Conservation

11h50 - 12h00 : SAINT-LEU, Musée Stella Matutina / SAINT-LOUIS, Musée des Arts décoratifs de l'Océan Indien (La Réunion) : projet d'aménagement de réserves
Séraphine LUCAS, assistante à maîtrise d'ouvrage - muséographie - conservation préventive - programmation, ASK
Agnès JEAN JACQUES, attachée de conservation du patrimoine, Direction Développement Culturel et Sportif - Cellule musées et collections, Département de La Réunion

12h00 - 12h30 : Échanges avec la salle
Juliette REMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

Programme



03 octobre 2025, après-midi

PARTIE 4 – Analyse et diagnostic des données climatiques

• Introduction à la partie 4

14h00 - 14h15 : Institut canadien de conservation ICC : ClimaSpec, un outil de conseils et de calcul pour l'analyse des risques relatifs au climat
Simon LAMBERT, gestionnaire, conservation préventive, Institut canadien de conservation

• Fondamentaux

14h15 - 14h45 : La collecte des informations nécessaires pour une étude climatique
Marie COURSELAUD, chargée de mission en conservation préventive, C2RMF

14h45 - 15h30 : L'interprétation des graphiques climatiques
Jocelyn PERILLAT-MERCEROT, chargé d'études documentaires spécialisé en conservation préventive, C2RMF

Pause

• Retour d'expériences et études de cas

15h45 - 16h05 : COLMAR, Musée Unterlinden (Grand Est) : un site, trois comportements climatiques - une étude des conditions thermohygrométriques comme support à une gestion différenciée des collections
Vincent HUSSEY, régisseur des collections, Musée Unterlinden

16h05 - 16h25 : POITIERS, Musée Sainte Croix (Nouvelle-Aquitaine) : regard sur le comportement climatique d'un bâtiment de réserves conçu passif
Nathalie LOUIS, régisseuse d'œuvres d'art, Musée Sainte Croix

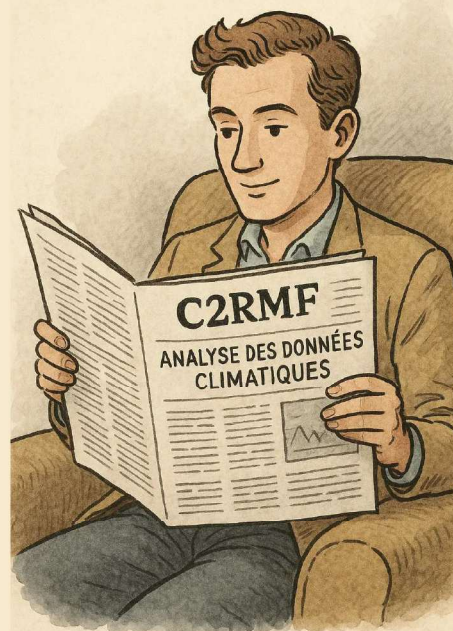
16h25 - 16h45 : Enjeux et limites des modélisations et études climatiques de simulation thermique dynamique (STD) dans les phases de conception de projets muséographiques
Stéphane LUCAS, assistante à maîtrise d'ouvrage - muséographie - conservation préventive - programmation, ASK
Régis FOURMENTIN, ingénieur chargé d'affaires - fluides et environnement, concepteur Européen Bâtiment Passif, INPACT Conseils et Ingénierie

16h45 - 17h15 : Échanges avec la salle
Juliette REMY, conservateur en chef du patrimoine - chef du Département de la conservation préventive, C2RMF

Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Webinaire

« Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025, auditorium du C2RMF - Paris

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE

Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Les notions relatives au climat

Marie COURSELAUD
Chargée de mission en conservation
préventive - C2RMF

Introduction

1) Pourquoi la gestion du climat intérieur représente un enjeu central en conservation préventive ?



Introduction



1) Pourquoi la gestion du climat intérieur représente un enjeu central en conservation préventive ?

- Le **climat intérieur** (température, humidité, qualité de l'air) influence directement la **stabilité physique et chimique** des matériaux constitutifs des biens culturels.
- Contrairement aux causes brutales de dégradation (incendie, inondation, vol), les **altérations liées au climat sont souvent lentes et cumulatives**.
- Un climat inadapté peut provoquer :
 - Des **dégradations mécaniques**
 - Des **réactions chimiques**
 - Des **développements biologiques**
- Il est donc crucial de **contrôler et stabiliser** les conditions climatiques.

Notions relatives au climat :

1) Définitions

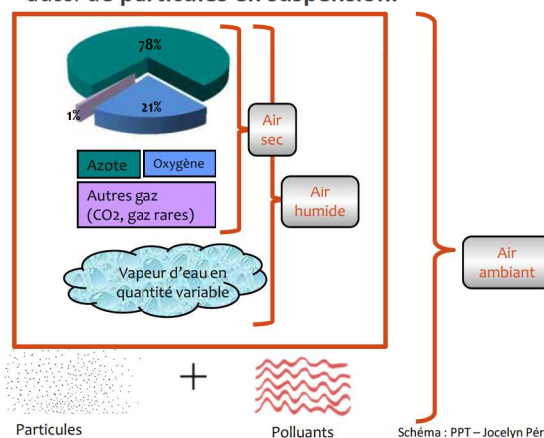


Notions relatives au climat

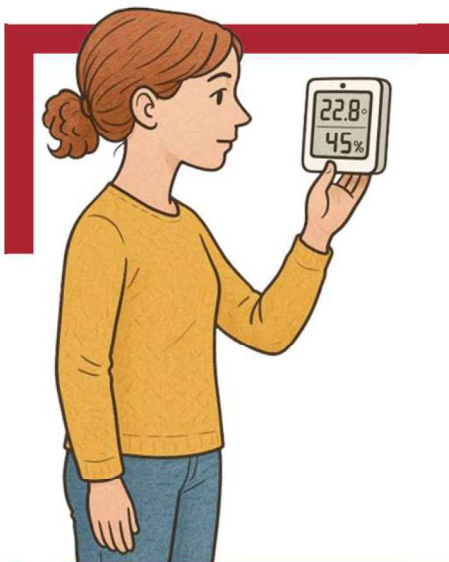


1) Définitions

- **L'air ambiant** est composé de différents **éléments gazeux** mais aussi de **particules en suspension**.

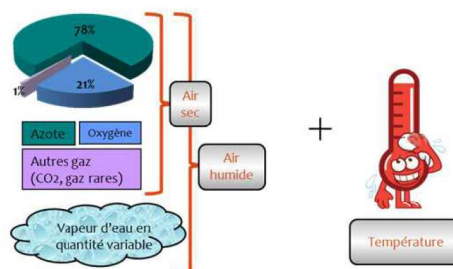


Notions relatives au climat



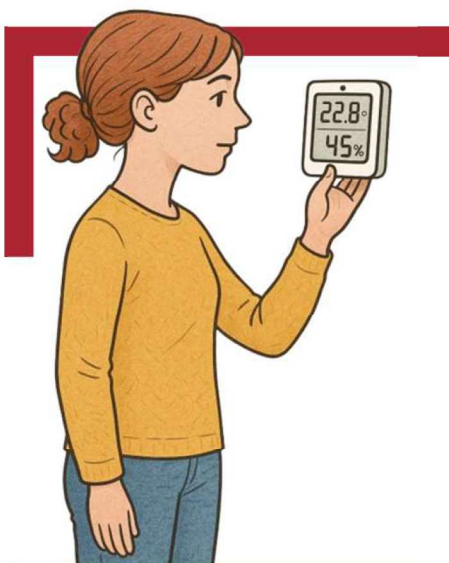
1) Définitions

- Le **climat intérieur** se caractérise par la prise en compte de deux paramètres : l'**air humide** + la **température**



- Les êtres humains sont plus sensibles à la température. Les matériaux constituant les **objets** sont **plus sensibles à l'humidité** et à ses variations qu'aux phénomènes thermiques.

Notions relatives au climat

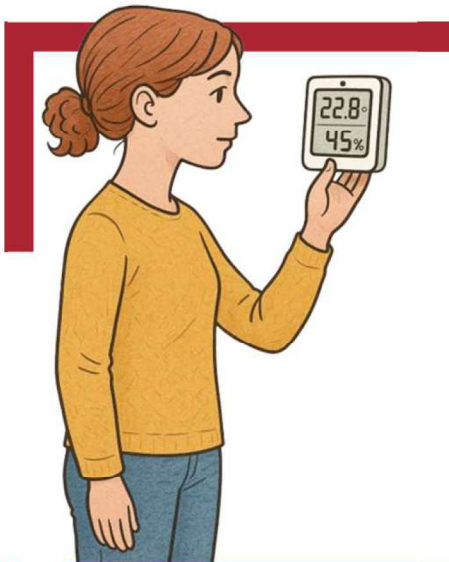


1) Définitions

- La température** : Degré de chaleur ou de froid de l'atmosphère.
- La notion de température trouve son origine dans les sensations de chaud ou de froid que nous éprouvons lorsque nous sommes en contact avec des « objets » (que nous les touchions ou qu'ils nous enveloppent (comme l'air)).
- unité de mesure : degré celsius ($^{\circ}$ C) ou fahrenheit ($^{\circ}$ F)



Notions relatives au climat



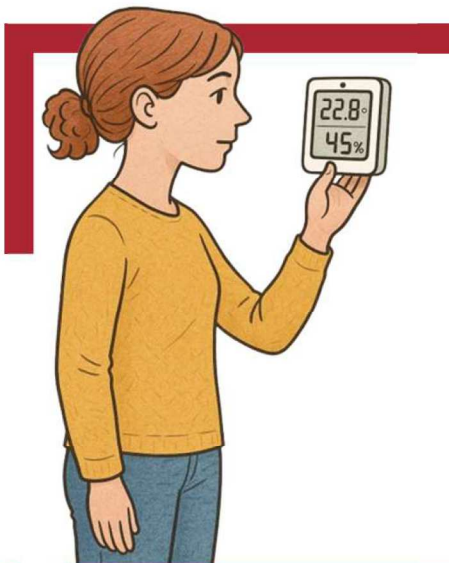
1) Définitions

- L'humidité :
 - Humidité de l'air ou humidité absolue (HA) : masse de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air étanche à une température et une pression donnée. (g/m³)
 - Humidité saturante (S) : quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir un volume d'air étanche à une température et une pression donnée. (g/m³)
 - Rapport de mélange : masse de vapeur d'eau à une température et une pression donnée, rapportée à la masse d'air sec. (g/kg air sec)
 - Humidité relative (HR) : rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air étanche et la quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir ce même volume.



(% : formule $HR = (HA \times 100) / S$)

Notions relatives au climat

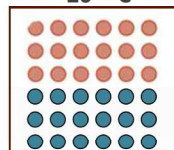


1) Définitions

- L'humidité :
 - Calcul de l'humidité relative (HR%) :

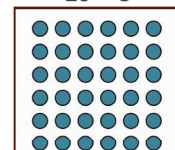
Rappel de la formule = $HR = (HA \times 100) / S$

20° C



Humidité absolue

20° C



Humidité saturante

$$HR = (18 \times 100) / 36 = 50\%$$

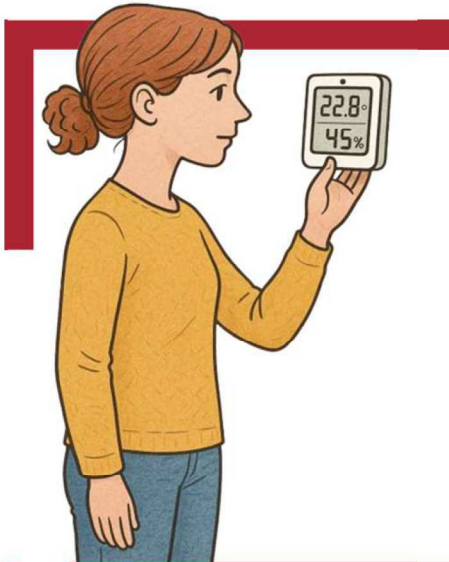


Auditorium du C2RMF

Places occupées (par les participants = vapeur d'eau!)

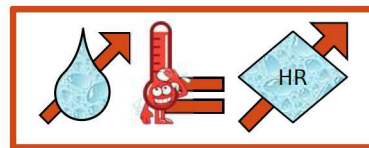
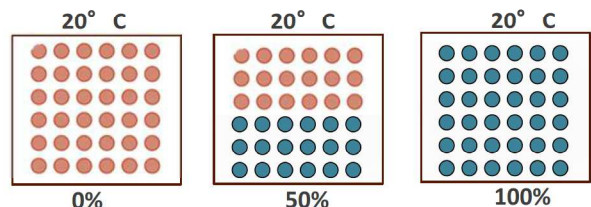
Places libres

Notions relatives au climat



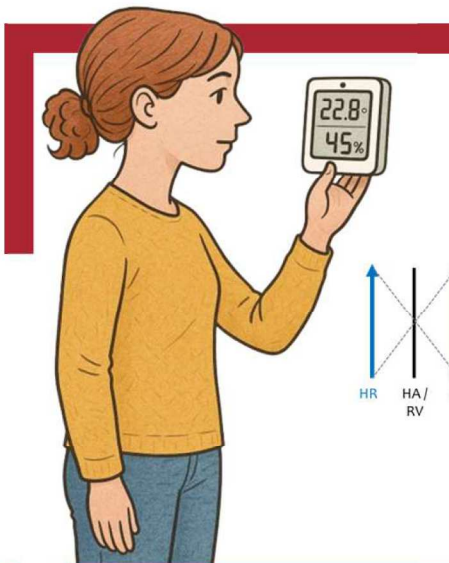
1) Définitions

■ Relation

 $T^{\circ}\text{C} / \text{HR}\%$ - Exemple 1 : Variations HR% à $T^{\circ}\text{C}$ constante

Auditorium du C2RMF
 Places occupées (par les participants = vapeur d'eau)
 Places libres

Notions relatives au climat

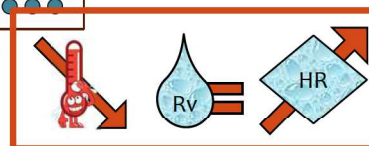
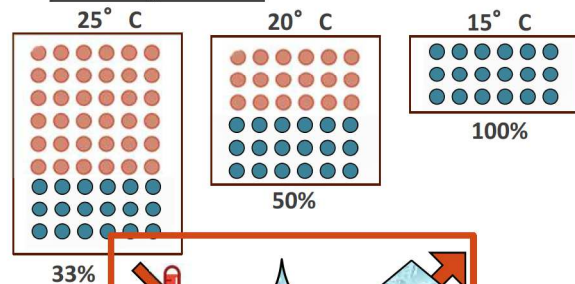


1) Définitions

■ Relation

 $T^{\circ}\text{C} / \text{HR}\%$

- Exemple 2 : Diminution de la température à rapport de mélange constant



Auditorium du C2RMF
 Places occupées (par les participants = vapeur d'eau)
 Places libres

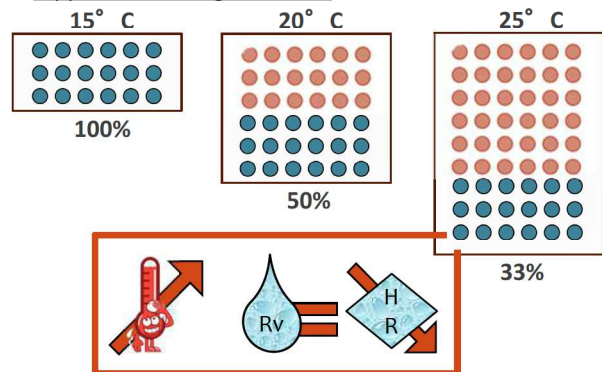
Notions relatives au climat

1) Définitions

■ Relation

$T^{\circ}\text{C} / \text{HR}\%$

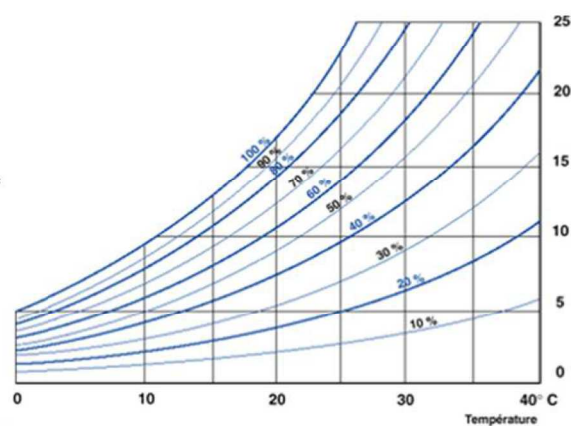
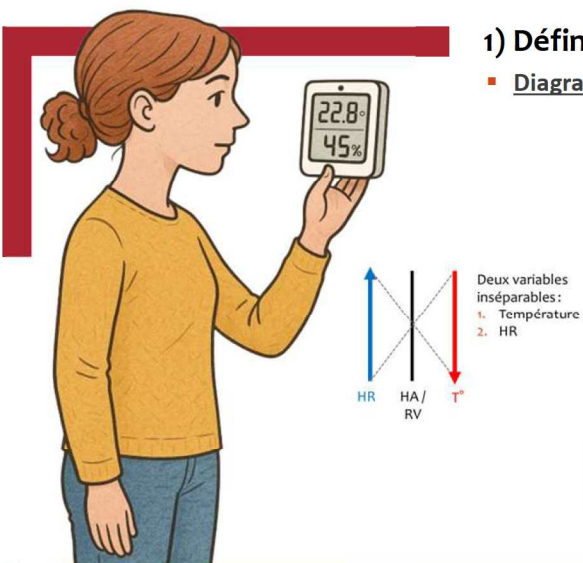
- Exemple 3 : Augmentation de la température à rapport de mélange constant



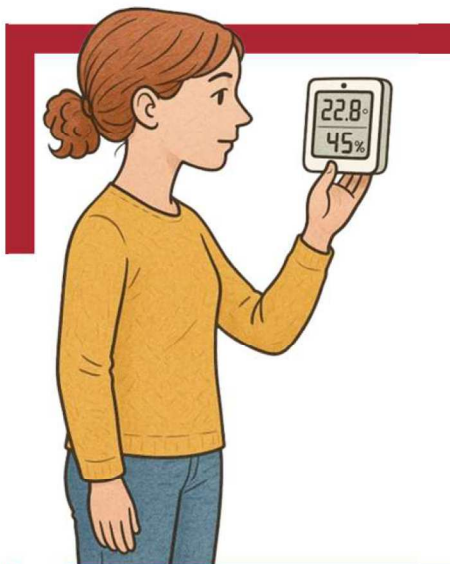
Notions relatives au climat

1) Définitions

■ Diagramme psychrométrique / de l'air humide / de Mollier



Notions relatives au climat



1) Définitions

■ Relation

$T^{\circ}\text{C} / \text{HR}\%$



- Relation $T^{\circ}\text{C}/\text{HR}\%$ \Rightarrow effets sur les collections :

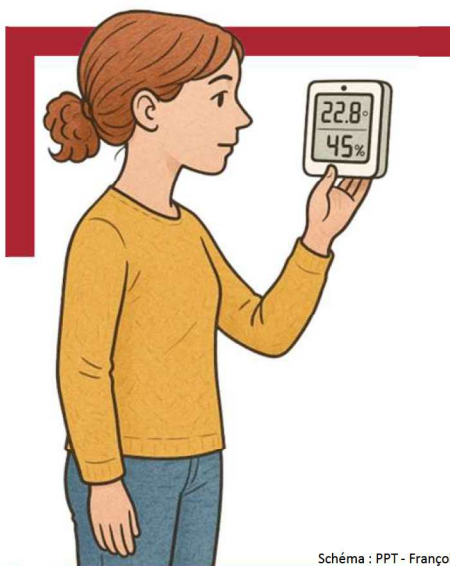
La variation de quantité de vapeur d'eau modifie l'humidité relative de l'air. Il s'en suit une mise à l'équilibre de l'objet hygroscopique, de sa teneur en eau avec celle de l'air ambiant.

\Rightarrow La variation de l'humidité de l'air modifie la quantité de vapeur d'eau contenue dans celui-ci.

La variation de la température modifie l'humidité relative de l'air. Il s'en suit une mise à l'équilibre de l'objet hygroscopique, de sa teneur en eau avec celle de l'air ambiant.

\Rightarrow La variation de la température modifie la quantité de vapeur d'eau contenue dans celui-ci.

Notions relatives au climat



1) Définitions

■ Relation

$T^{\circ}\text{C} / \text{HR}\%$

- Relation $T^{\circ}\text{C}/\text{HR}\%$ \Rightarrow effets sur les collections :

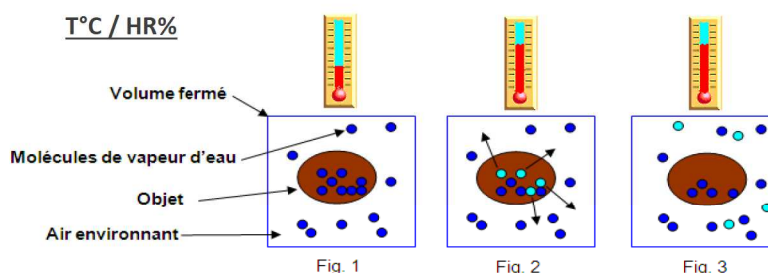


Fig. 1 : à température et humidité relative constantes l'objet est en équilibre avec son environnement.

Fig. 2 : la température de l'air augmente et provoque une baisse de l'humidité relative l'objet désorbe une partie de la vapeur d'eau jusqu'à l'obtention d'un nouvel équilibre.

Fig. 3 : l'objet est à nouveau en équilibre avec son environnement mais il contient moins de vapeur d'eau.

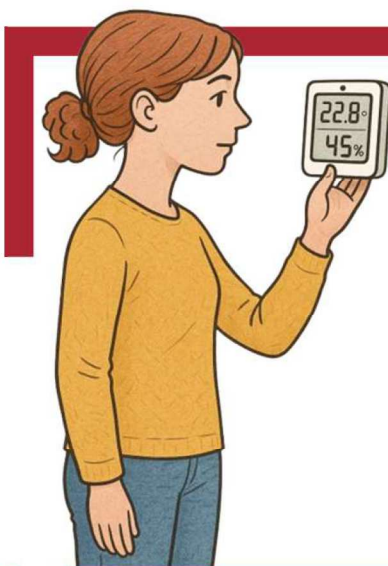
Schéma : PPT - François Boyer/C2RMF

Éléments-clés

- 1) Eau libre / eau liée
- 2) Hygroscopicité
- 3) Impact du climat sur les collections
- 4) Que retenir ?



Éléments-clés



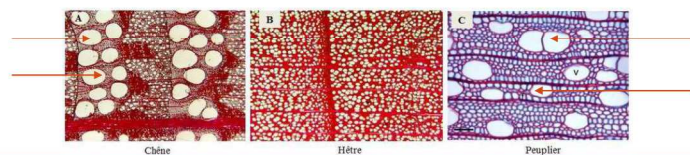
1) Eau libre / eau liée

- Prendre en compte l'eau constitutive des matériaux (sans confondre l'humidité de l'air et l'humidité de l'objet)

■ Eau libre

Elle est **présente dans les pores** et n'est pas retenue chimiquement. Elle **circule et migre** dans le matériau (capillarité, gravité).

=> Si son taux augmente (humidification) ou diminue (assèchement), cela peut provoquer des **tensions mécaniques** – gonflement, retrait), favoriser les **remontées de sels** et/ou le **développement de moisissures**.

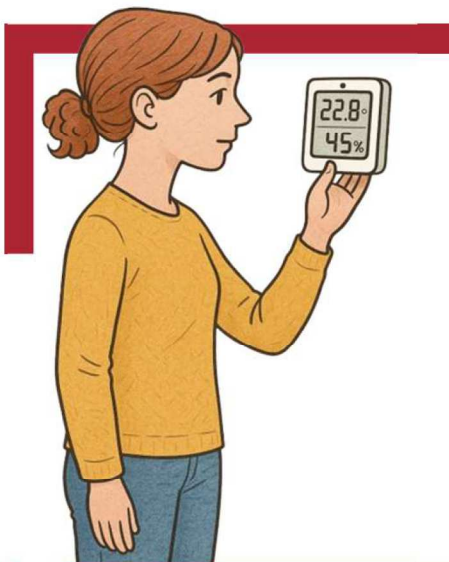


Chêne

Hêtre

Peuplier

Éléments-clés

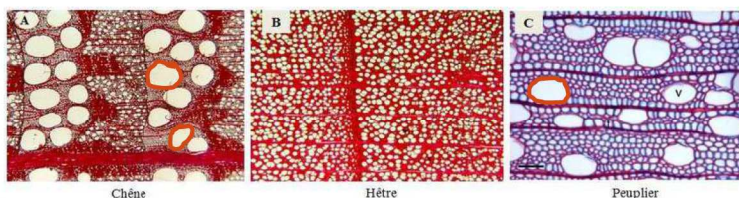


1) Eau libre / eau liée

■ Eau liée

Elle est **retenue à l'intérieur** des matériaux par **liaisons chimiques** (intégrée dans la structure du matériau) ou **physiques** (retenue à la surface du matériau par phénomène d'adsorption).

=> Elle **ne peut généralement pas s'évaporer** (par ventilation ou chauffage) et **nécessite des conditions extrêmes pour être extraite** (chaleur élevée, vide). **Toute perte d'eau liée entraînera des dégâts irréversibles.**



Chêne

Hêtre

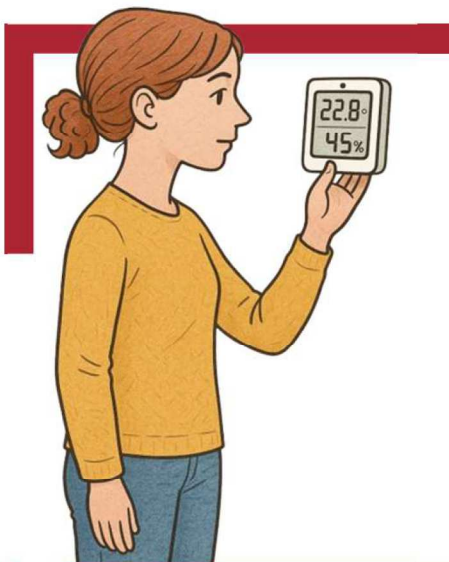
Peuplier

Éléments-clés :

- 1) Eau libre / eau liée
- 2) **Hygroscopicité**
- 3) Impact du climat sur les collections
- 4) Que retenir ?



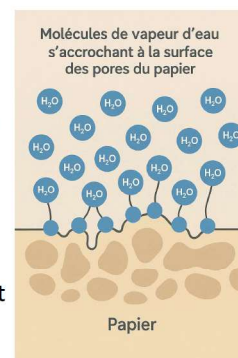
Éléments-clés



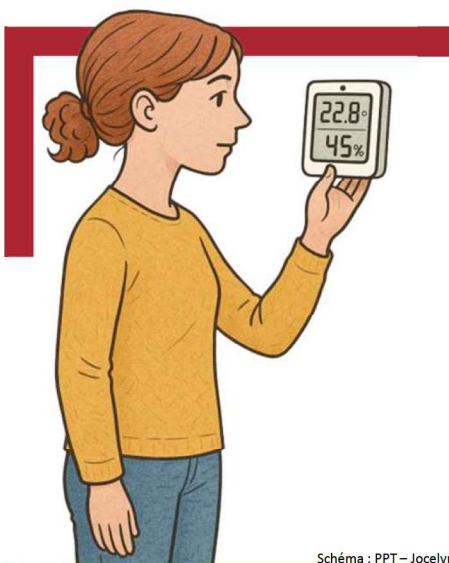
2) Hygroscopicité

Ainsi, pour les matériaux poreux (pores ouverts), le **taux d'humidité interne se réajustera en fonction de l'humidité ambiante** pour trouver un **équilibre** entre sa propre humidité et celle de son environnement.

Les matériaux hygroscopiques à « pores fins » sont plus sensibles à l'humidité. La vapeur d'eau se fixera plus facilement aux liaisons hydrogènes faibles contenues à la surface des pores entraînant ainsi une **plus grande réactivité à l'humidité** (ex : papier).



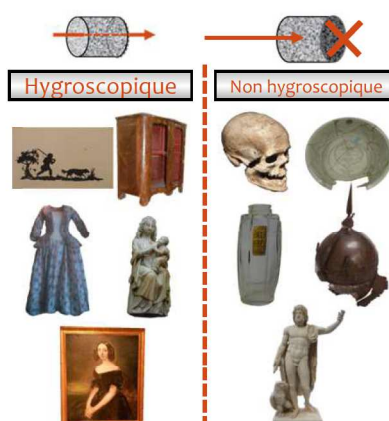
Éléments-clés



2) Hygroscopicité

- L'hygroscopicité est aussi liée à la **capacité de rétention** de l'eau d'un matériau, **en fonction de la T° C et de l'humidité de l'air** ambiant pendant plusieurs semaines.

- « **Teneur en humidité à l'équilibre** » (THE en frçs ou EMC en eng) est le **contenu en eau** à une humidité relative donnée (kg/m^3)



Éléments-clés :

- 1) Eau libre / eau liée
- 2) Hygroscopicité
- 3) Impact du climat sur les collections
- 4) Que retenir ?



Éléments-clés



3) Impacts du climat sur les collections

■ Conséquences en cas de variation de l'humidité

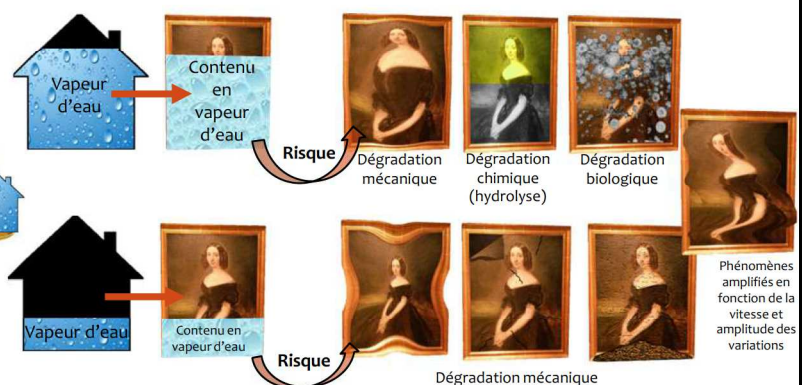


Schéma : PPT – Jocelyn Perillat-Mercerot/C2RMF

Éléments-clés



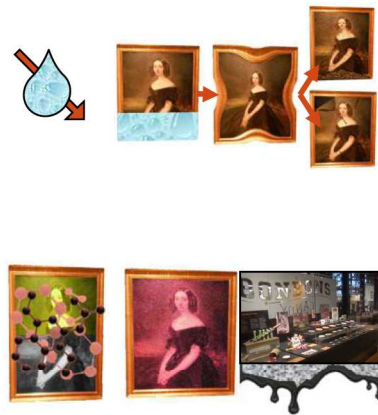
Schéma : PPT – Ibid

3) Impacts du climat sur les collections

■ Conséquences en cas de variation de la température

- Effets indirects :
- **Baisse de l'HR** (entraînant les dégradations induites)
- Effets directs :

Catalyse les réactions chimiques
(accélération du processus de dégradation induisant une modification des propriétés mécaniques : résistance/rigidité/fusion (cire, etc.)

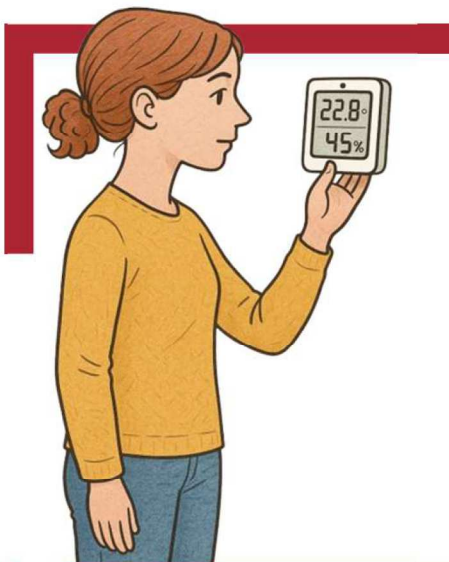


Éléments-clés

- 1) Eau libre / eau liée
- 2) Hygroscopicité
- 3) Impact du climat sur les collections
- 4) **Spécificités**
- 5) Que retenir ?



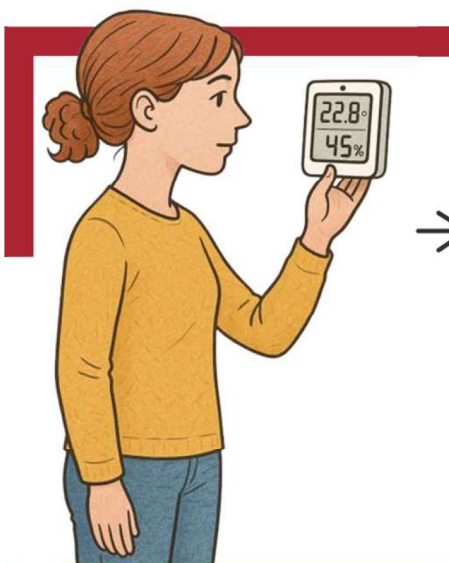
Éléments-clés



4) Spécificités

- **Réactivité variable selon la nature du matériau constitutif :**
 - Formes et dimensions des pores différentes d'un matériau à l'autre
 - Contenu en eau différent d'un matériau à l'autre
 - Par exemple, pour un même item tel un costume, la réactivité sera variable s'agissant qu'il contient + ou – de cellulose (coton ou le lin), le chanvre ou le jute réagiront moins.

Éléments-clés



4) Spécificités

■ La conception de l'objet

Épaisseur et densité : pour des matériaux durs et épais, la proportion volume de l'objet / surface d'échange avec l'air étant faible, ces matériaux seront peu réactifs aux variations climatiques.

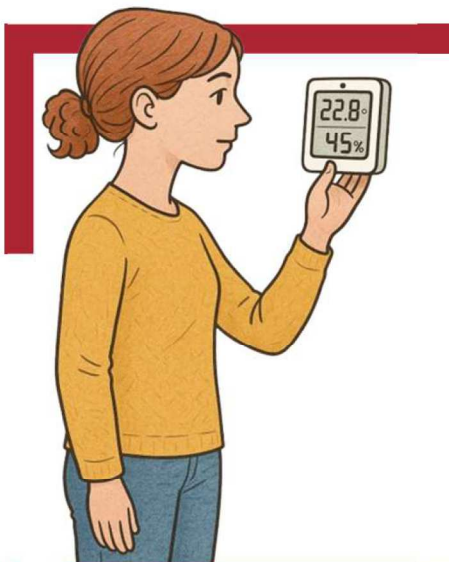
À l'inverse, un objet de masse faible subira plus rapidement les variations climatiques qu'un objet de forte masse.

Objet « libre » ou « contraint » :

- Objets souples et libres (textiles, papiers) présenteront des déformations généralement réversibles.
- En revanche, les objets contraints se déformeront en créant des tensions internes provoquant fentes et déchirures.



Éléments-clés

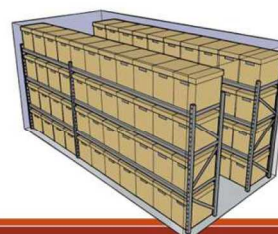
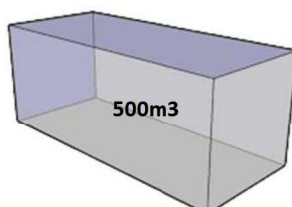


4) Spécificités

- L'influence de la collection sur le climat : un élément important à prendre en compte
Pour les musées abritant de nombreux objets organiques/hygroscopiques, pour les archives ou les bibliothèques, **les collections jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydrique d'un espace.**

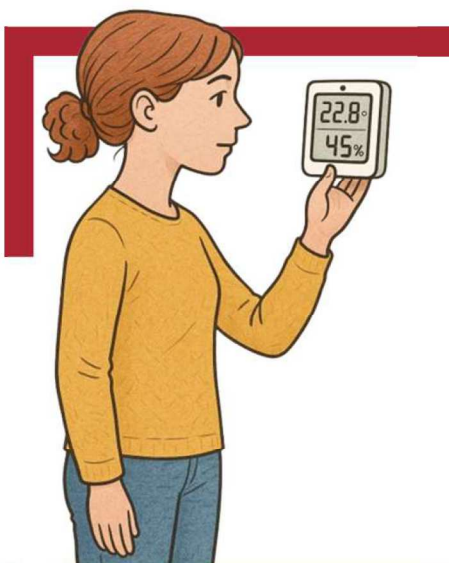
Ex. P. Diaz Pedregal dans *Climat des magasins d'archives : objectifs, moyens, méthode*, 2009.

Volume magasin-type :



65t à 100t
d'archives
selon le
rayonnage
-
450m3 d'air

Éléments-clés



4) Spécificités

- L'influence de la collection sur le climat : un élément important à prendre en compte
Pour les musées abritant de nombreux objets organiques/hygroscopiques, pour les archives ou les bibliothèques, **les collections jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydrique d'un espace.**

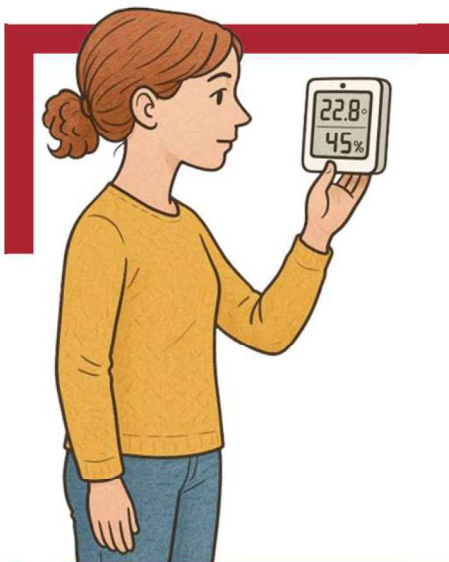
Ex. P. Diaz Pedregal dans *Climat des magasins d'archives : objectifs, moyens, méthode*, 2009.

Spécificités:

A 20° C, 50%HR = 8,65 g/m³ (soit mois de 4kg d'eau pour l'espace)

A 20° C, 50% = 63 g/kg de papier

Éléments-clés



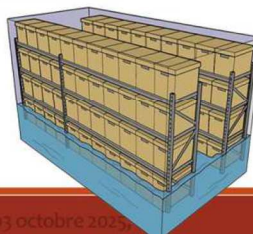
4) Spécificités

- L'influence de la collection sur le climat : un élément important à prendre en compte
Pour les musées abritant de nombreux objets organiques/hygroscopiques, pour les archives ou les bibliothèques, **les collections jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydrique d'un espace.**

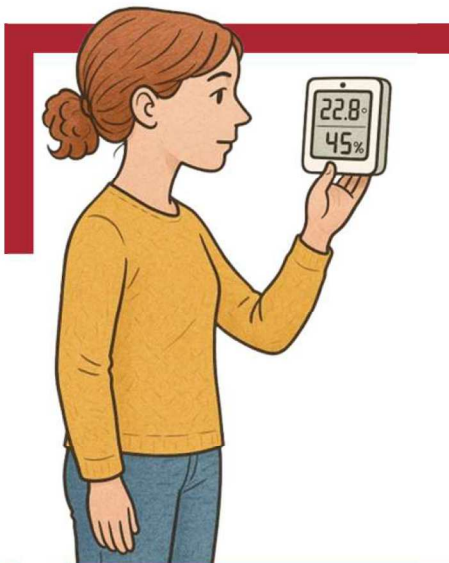
Ex. P. Diaz Pedregal dans *Climat des magasins d'archives : objectifs, moyens, méthode*, 2009.

Conséquences :

⇒ Pour 65 tonnes d'archives = le contenu en eau est **4 tonnes d'eau !**



Éléments-clés



4) Spécificités

- L'influence de la collection sur le climat : un élément important à prendre en compte
Pour les musées abritant de nombreux objets organiques/hygroscopiques, pour les archives ou les bibliothèques, **les collections jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydrique d'un espace.**

Ex. P. Diaz Pedregal dans *Climat des magasins d'archives : objectifs, moyens, méthode*, 2009.

Conséquences :

⇒ « Toute initiative visant à modifier ou contrôler l'évolution du climat intérieur [...] **devra impérativement tenir compte de cette réalité.** »

Éléments-clés

- 1) Eau libre / eau liée
- 2) Hygroscopicité
- 3) Impact du climat sur les collections
- 4) La prise en compte de l'objet
- 5) **Que retenir ?**



Éléments-clés

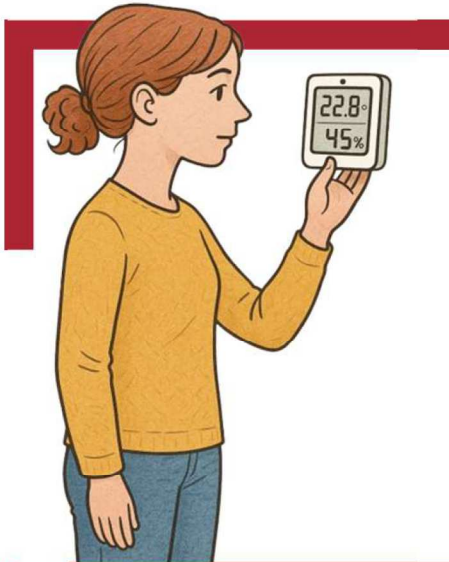


4) Que retenir ?

- Les **paramètres climatiques** (température, humidité) ont un **effet direct ou cumulatif** sur les biens culturels, **selon la nature** des matériaux qui les constitue. Ainsi **chaque typologie de matériau répondra spécifiquement** à ces facteurs. **L'humidité est le paramètre le plus important** (mais aussi le plus difficile) à gérer. **Il est donc primordial de disposer de données climatiques fiables** et de **connaître les caractéristiques/sensibilités des collections** pour modifier positivement le climat intérieur.



Pour en savoir plus



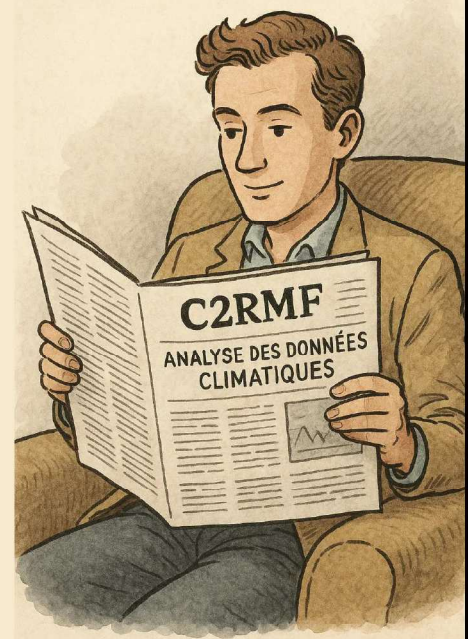
Vidéos SIAF – C2RMF « Climat : notions de base / bâtiments anciens / bâtiments neufs »

- <https://youtu.be/5sJDe-rFIN4>
- <https://youtu.be/yxX4p6ialJw>
- <https://youtu.be/ZdE-xlCAjOE>



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

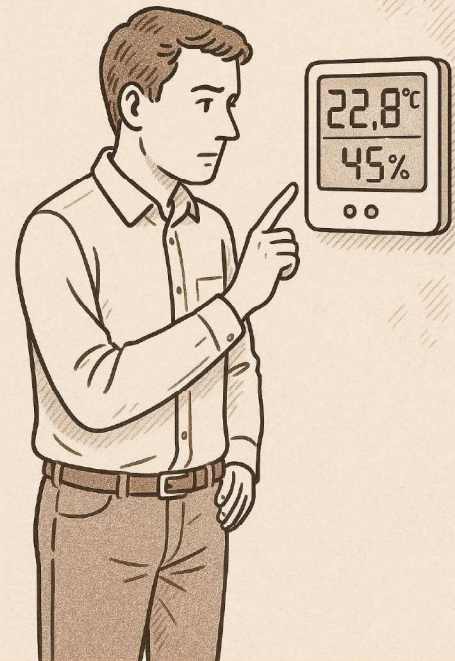
Merci de votre attention



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Les critères pour définir les plages climatiques

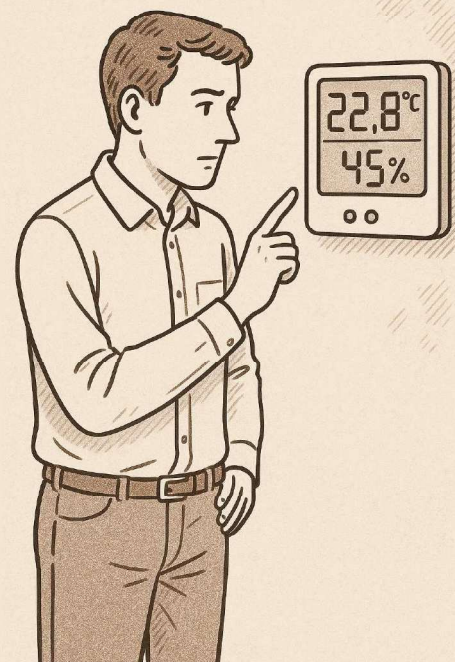
Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT
Chargé d'études documentaires spécialisé
en conservation préventive - C2RMF



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Les critères pour définir les plages climatiques

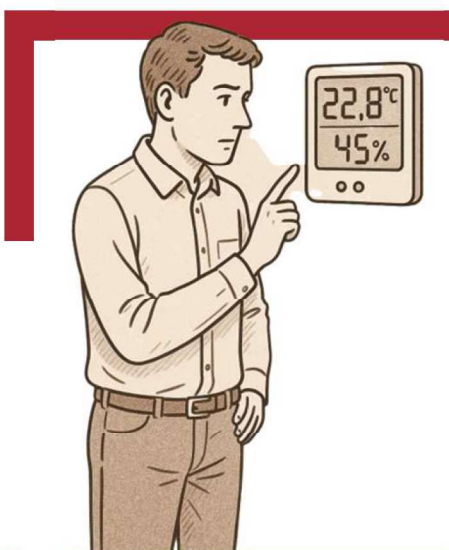
- I. Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique
- II. Consignes climatiques et comportement des collections
- III. Évolution des consignes climatiques



Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique



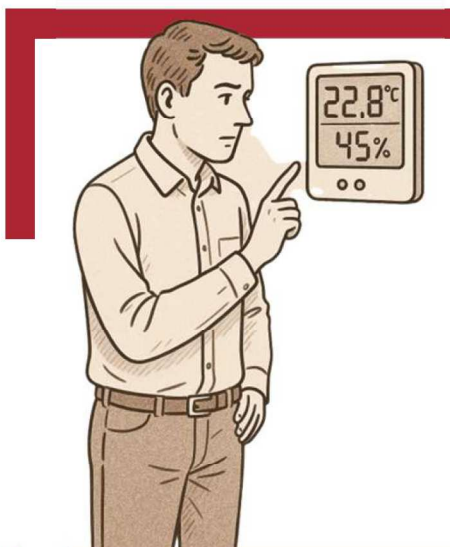
Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique



1/ Recours au terme de « norme » ?

- Selon le Centre national de ressources textuelles et lexicales, une « norme » constitue :
 - « Règle, principe auquel on doit se référer pour juger ou agir »
 - « Conditions que doit respecter une réalisation ; prescription qu'il convient de suivre dans l'étude d'une science, la pratique d'une activité, d'un art ».
- Or, les experts en conservation ne peuvent pas tous s'accorder consensuellement sur des chiffres communs qui feront autorité car les structures, leurs fonds et leurs contextes sont trop variés.
- Ainsi, une plage climatique chiffrée ne peut pas figurer dans une norme. Le terme de « norme » est alors impropre.
- Néanmoins, il existe bien une norme - NF EN 15757 (2010, en vigueur en 2025) - qui énonce les principes théoriques conduisant à l'établissement d'une plage climatique, sans pour autant afficher des recommandations chiffrées.

Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique



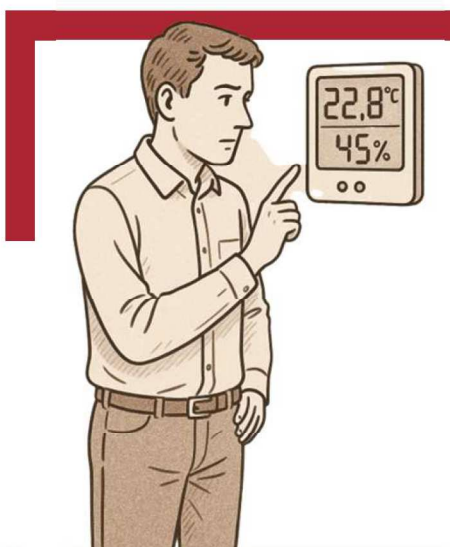
1/ Recours au terme de « norme » ?

Norme EN 15757 (2010, en vigueur en 2025)

« Spécifications applicables à la température et à l'humidité relative pour limiter les dommages mécaniques causés par le climat aux matériaux organiques hygroscopiques »

- « Les objets organiques hygroscopiques nécessitent des niveaux et des plages de température et d'humidité relative **déterminés de manière individuelle** car en général ils se sont **acclimatés à leur environnement** quand ils y ont été exposés pendant de longues périodes (**un an au minimum**). »
- « La stratégie de la présente norme porte donc sur le **maintien du microclimat en termes de plages, de cycles saisonniers et de fluctuations** de la température et de l'humidité relative (...). »

Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique

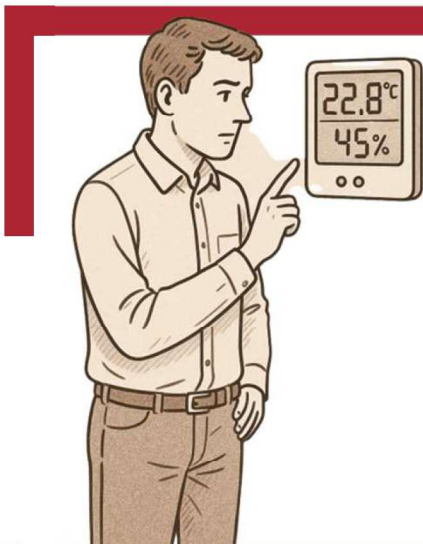


1/ Recours au terme de « norme » ?

Cette norme, indiquant les bases de réflexion pour déterminer une plage climatique, trouve son écho dans **d'autres normes abordant les réponses techniques de gestion** à envisager :

- NF EN 15759-1 (janvier 2012) : Environnement intérieur – Partie 1 : **Recommandations pour le chauffage** des églises, chapelles et autres édifices cultuels
- NF EN 15759-2 (janvier 2018) : Climat intérieur – Partie 2 : **gestion de la ventilation** pour la protection des bâtiments et des collections appartenant au patrimoine culturel
- NF EN 16883 (juin 2017) : Principes directeurs pour l'**amélioration de la performance énergétique** des bâtiments d'intérêt patrimonial
- **Février 2024** : l'International Accreditation Forum (IAF) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO) ont émis deux **déclarations impactant les normes des systèmes de gestion du climat**, considérant les effets du changement climatique

Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique

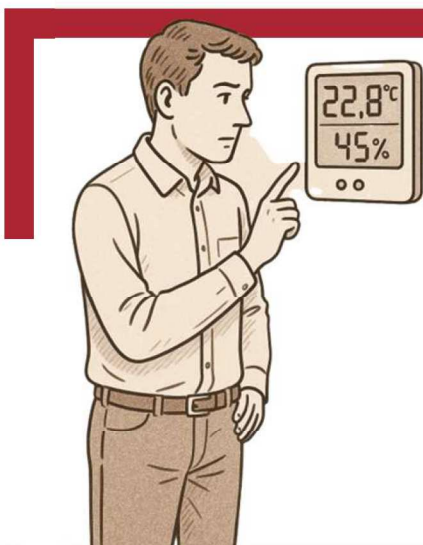


2/ « Consigne » ou « recommandation » à privilégier

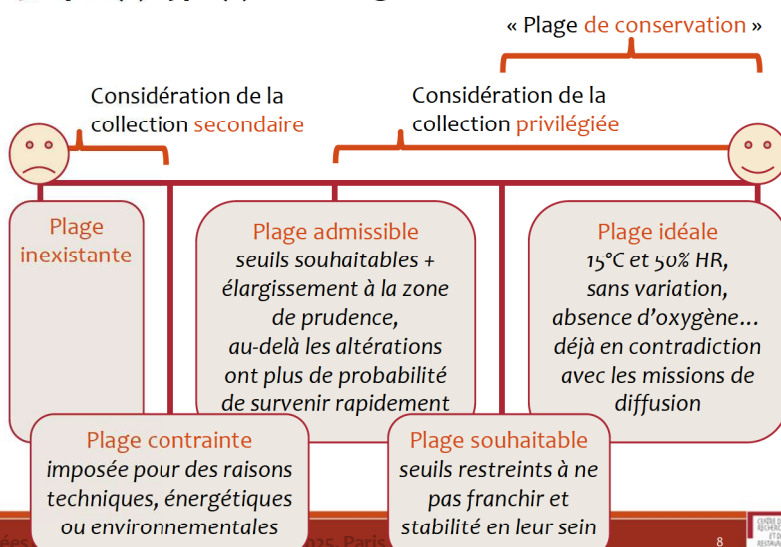
- Il existe donc des **lignes directrices** qui permettent à chaque établissement de proposer **sa propre plage climatique**, au regard de sa **situation**, de ses **contraintes** et de ses **besoins**.
- Les termes de « **consigne** » ou « **recommandation** » s'avèrent alors plus adaptés car ils ne font pas écho à des **valeurs universellement admises** (par ailleurs inexistantes et inapplicables).

Inconvénient	Intérêt
☹ Nécessité de prendre une décision et de ne plus transférer sa responsabilité	😊 Réaffirmation de l' expertise des professionnels de la conservation
☹ Sentiment de perte de la sécurité	😊 Souplesse bénéfique pour une adaptation raisonnée à la situation
	😊 Libération d'un caractère prescriptif , « obligatoire »

Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique

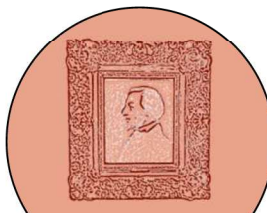
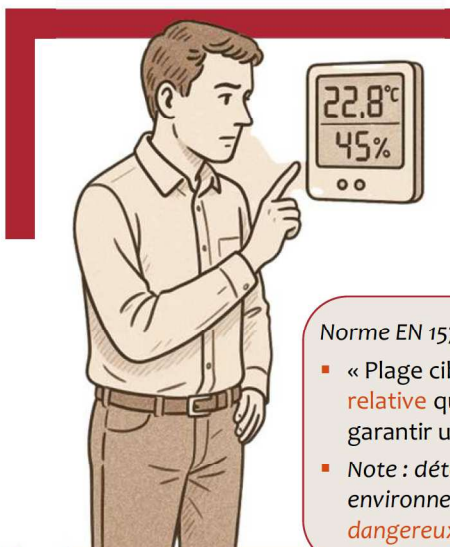


3/ Quel(s) type(s) de consignes rechercher ?



Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique

4/ Trois catégories de critères à étudier simultanément



Norme EN 15757

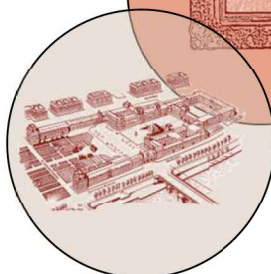
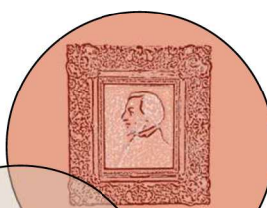
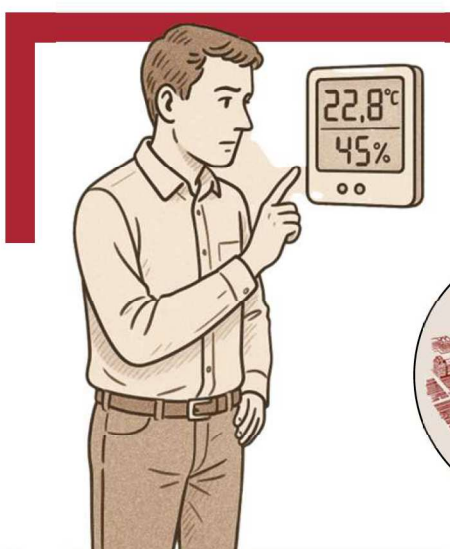
- « Plage cible : plage des **fluctuations de l'humidité relative** qu'il convient de ne pas dépasser afin de garantir une **bonne conservation** »
- Note : déterminé par le **climat historique** d'un environnement donné qui s'est révélé **non dangereux** pour la conservation d'objets (...). »

Critères de **préservation**, relatifs aux **biens culturels**

- Matériau constitutif du bien culturel
- État sanitaire du bien culturel
- Moyenne **historique** d'acclimatation
- Mode de **stockage** ou d'**exposition** (en armoire, conditionnés, en vitrine)
- Exigences des **prêteurs** ou des **déposants** pour des expositions

Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique

4/ Trois catégories de critères à étudier simultanément

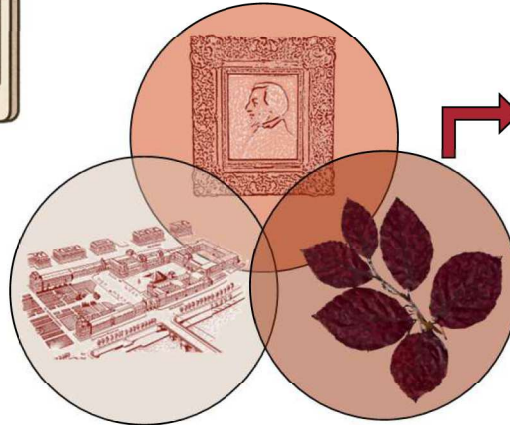
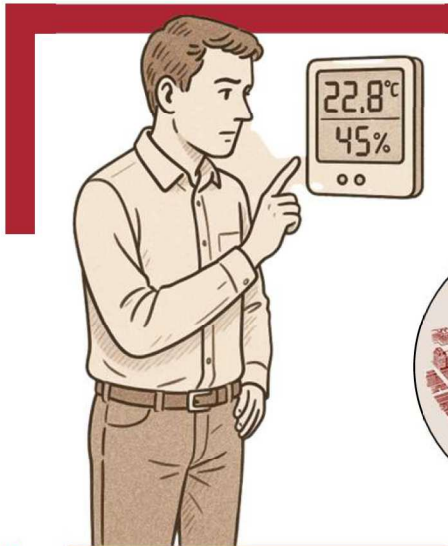


Critères de **situation**, relatifs au **fonctionnement de l'institution**

- Localisation** (métropole / outre-mer, nord / sud, ville / rural)
- Ancienneté du bâtiment** (MH / bâtiment neuf)
- Performances et inertie du bâtiment** (matériau, épaisseur, surface d'ouvertures, étanchéité)
- Système de traitement d'air** (possibilités d'installation)

Réflexions et méthode pour déterminer une plage climatique

4/ Trois catégories de critères à étudier simultanément



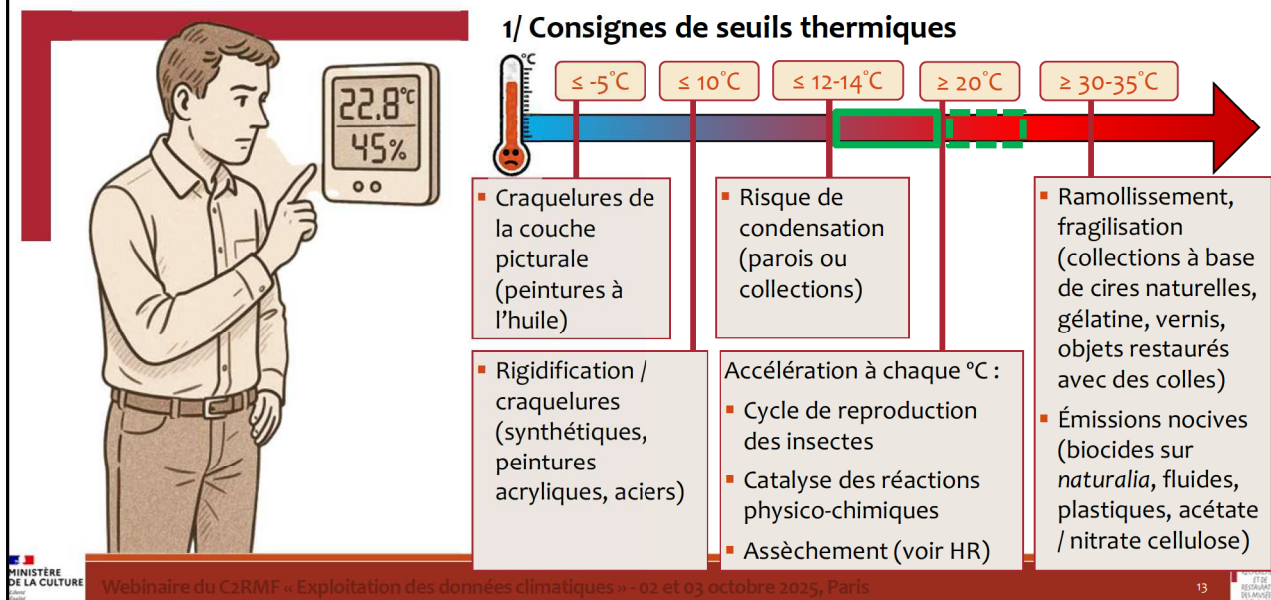
Critères de **durabilité**, relatifs aux **enjeux humains et sociétaux**

- Besoins en **confort** humain (personnels, publics)
- Nécessités **écologiques**

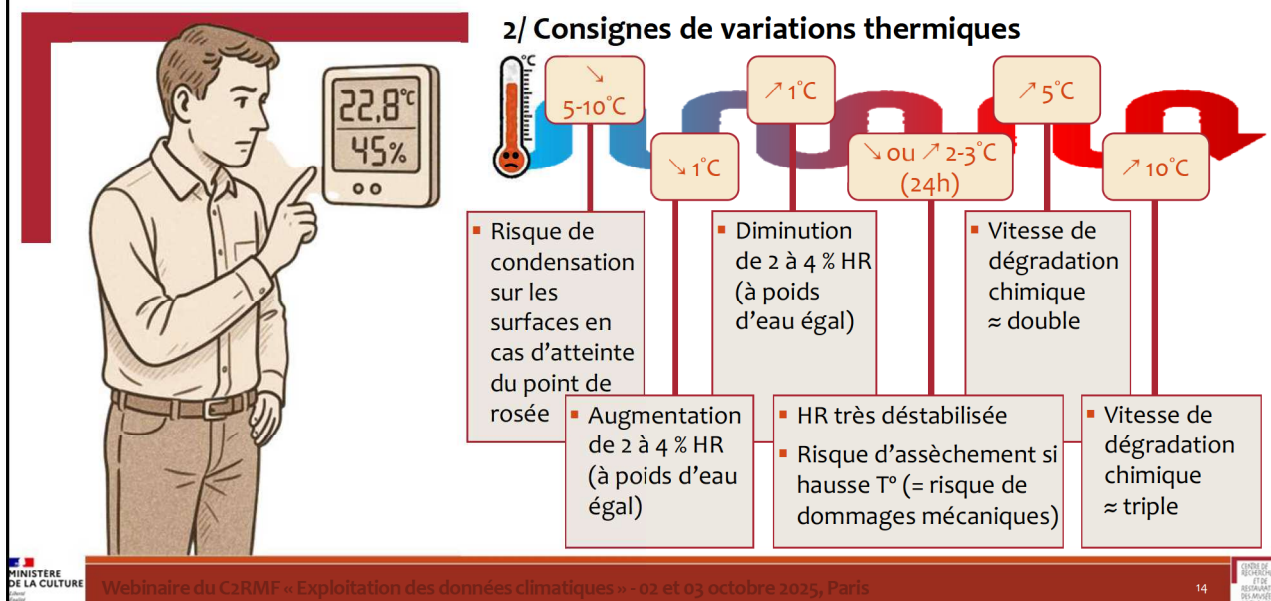
Consignes climatiques et comportement des collections




Consignes climatiques et comportement des collections




Consignes climatiques et comportement des collections



Consignes climatiques et comportement des collections




2/ Consignes de variations thermiques



Svante August Arrhenius (1859-1927)

- Chimiste suédois
- Loi d'Arrhenius (1889): la température accélère les réactions physico-chimiques

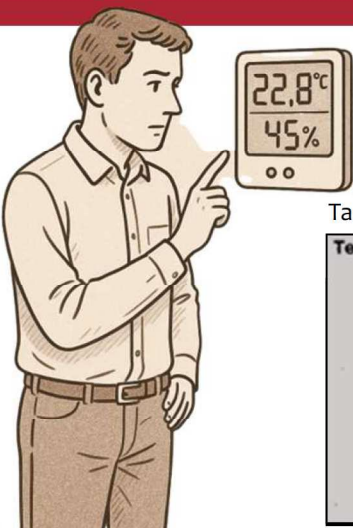


Vitesse de dégradation chimique \approx double


Vitesse de dégradation chimique \approx triple

MINISTÈRE DE LA CULTURE | Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris | 15 | C2RMF

Consignes climatiques et comportement des collections



2/ Consignes de variations thermiques



Taux de dégradation chimique du papier*


Température (°C)	Humidité relative (%)		
	25	50	75
45	6,6	13	20
40	4	8	12
35	2,4	4,8	7,1
30	1,4	2,8	4,2
25	0,8	1,6	2,4
21	0,5	1	1,5
20	0,45	0,89	1,3
15	0,25	0,49	0,74
10	0,13	0,26	0,39
5	0,07	0,14	0,21

Vitesse de dégradation chimique \approx double

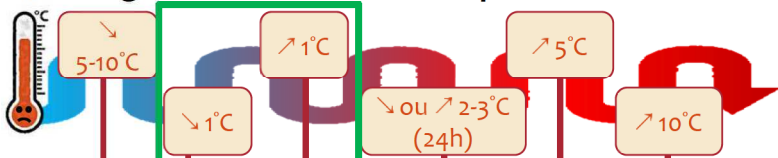
Vitesse de dégradation chimique \approx triple

MINISTÈRE DE LA CULTURE | * Shahani Chandru XJ., Hengemihle F.H., Weberg N., "The effect of variations in relative humidity on the aging of paper", American Chemical Society, Washington, 1989 | 16 | C2RMF

Consignes climatiques et comportement des collections



2/ Consignes de variations thermiques



- Risque de condensation sur les surfaces en cas d'atteinte du point de rosée
- Diminution de 2 à 4 % HR (à poids d'eau égal)
- Vitesse de dégradation chimique ≈ double
- Augmentation de 2 à 4 % HR (à poids d'eau égal)
- HR très déstabilisée
- Vitesse de dégradation chimique ≈ triple
- Risque d'assèchement si hausse T° (= risque de dommages mécaniques)


MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

17

LOI DE RECHERCHE ET DE RESTAURATION DES MONUMENTS

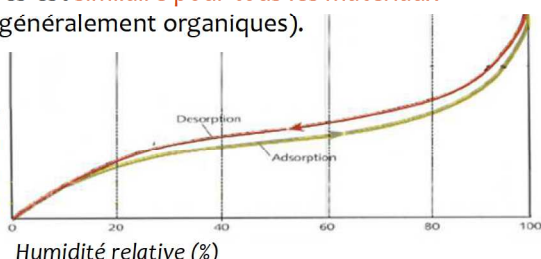
Consignes climatiques et comportement des collections



3/ Consignes de seuils hygrométriques

- Les **courbes d'adsorption et de désorption** de vapeur d'eau permettent de déterminer les **risques d'altération mécanique**.
- On parle de **courbes « hystérésis »** car les courbes ne se superposent pas : le phénomène de **désorption est plus lent et s'opère plus difficilement** que l'adsorption.
- Le profil de courbes est **similaire pour tous les matériaux hygroscopiques** (généralement organiques).

Contenu en vapeur d'eau dans le matériau (ou « teneur en humidité à l'équilibre »)



Humidité relative (%)

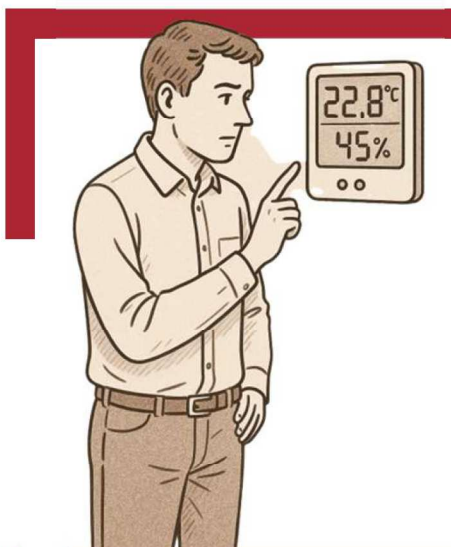
MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

18

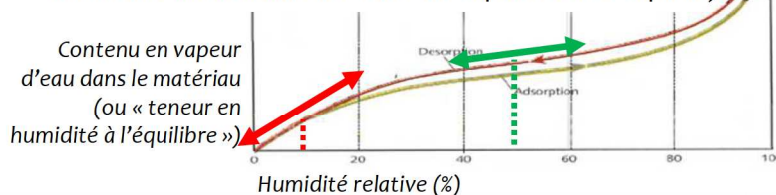
LOI DE RECHERCHE ET DE RESTAURATION DES MONUMENTS

Consignes climatiques et comportement des collections

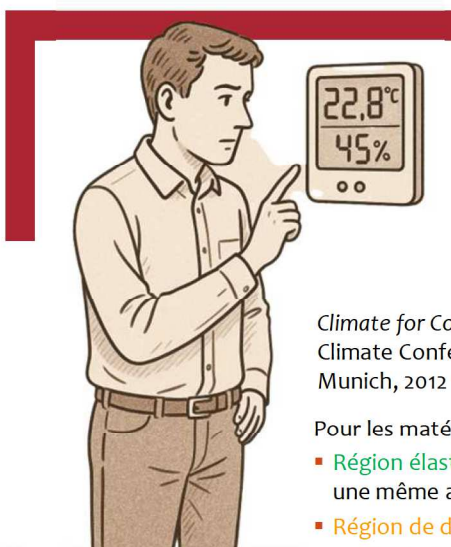


3/ Consignes de seuils hygrométriques

- Plus la **pente de la courbe** (tangente) est **inclinée** entre deux points, plus la **réactivité d'échange de vapeur d'eau** entre l'air et les pores du matériau est importante.
- Ce **déséquilibre brutal** entraîne un risque d'altération mécanique.
- On remarque un **plateau autour de 40%-60% d'HR** (= flux hydrique limité en cas de changement d'HR) et des **tangentes plus prononcées au-deçà et au-delà** (= la moindre variation d'HR de l'environnement induit une forte désorption ou absorption).



Consignes climatiques et comportement des collections

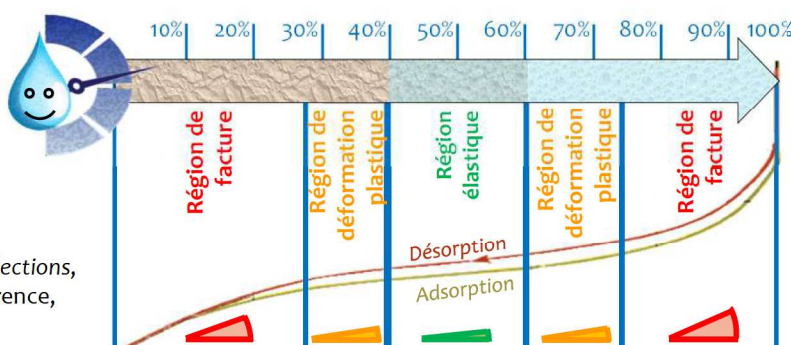


3/ Consignes de seuils hygrométriques

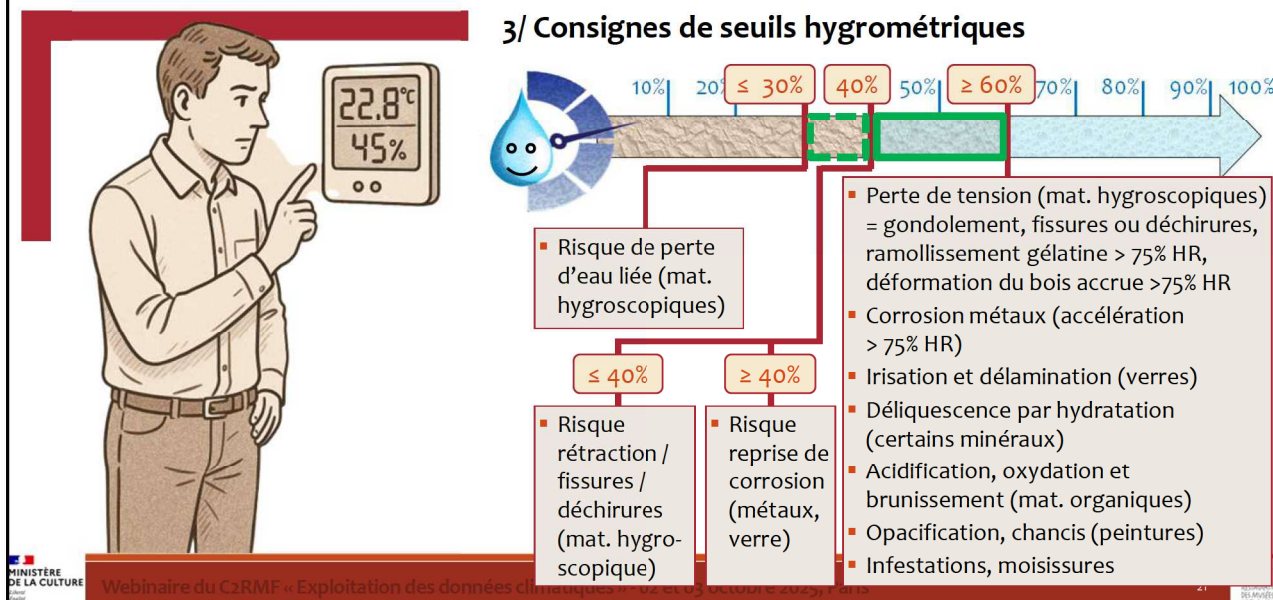
Climate for Collections,
Climate Conference,
Munich, 2012

Pour les matériaux hygroscopiques :

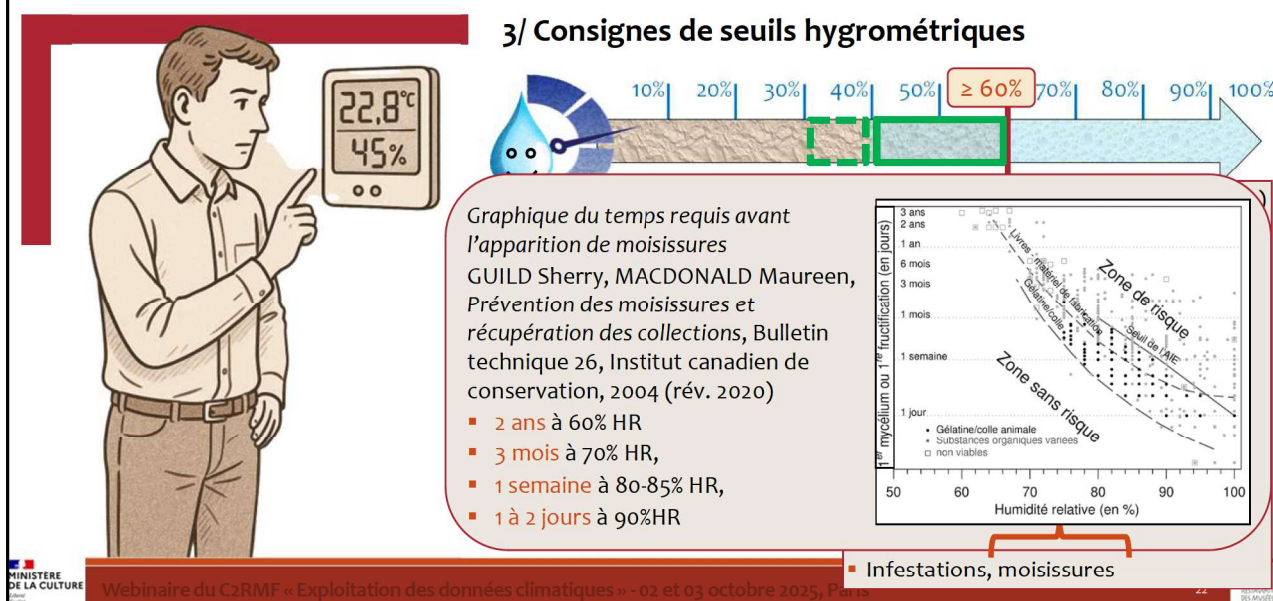
- Région élastique** : dommage mécanique négligeable / faible (stress moins importants qu'à une même amplitude dans les extrêmes)
- Région de déformation plastique** : altérations mécaniques (variations dimensionnelles) peuvent survenir après plusieurs cycles de fluctuations hygrométriques
- Région de fracture** : tout changement produit des dégradations mécaniques irréversibles



Consignes climatiques et comportement des collections



Consignes climatiques et comportement des collections



Consignes climatiques et comportement des collections

4/ Consignes de variations hygrométriques



> 5% HR
(24h)

> 25% HR

Norme EN 15757

« Les variations du degré d'humidité d'équilibre provoquent des **changements dimensionnels** dans les matériaux qui peuvent engendrer des fissures et des **déformations**. La détérioration est souvent de nature **cumulative**. Les variations provoquent des changements physiques **irréversibles** qui ne sont **pas toujours visibles**. »

- Gonflement / rétraction (mat. hygroscopiques)
- Fragilisation mécanique du support

- Accélération des dégradations chimiques (+ 50% d'altérations)

Température (°C)	Humidité relative (%)		
	25	50	75
45	6,6	13	20
40	4	8	12
35	2,4	4,8	7,1
30	1,4	2,8	4,2
25	0,8	1,6	2,4
21	0,6	1	1,5
20	0,45	0,89	1,3
15	0,26	0,49	0,74
10	0,13	0,26	0,39
5	0,07	0,14	0,21

Taux de dégradation chimique du papier*

Consignes climatiques et comportement des collections

5/ « Passé hygrométrique »



- Le concept de « **fluctuation (é)prouvée** » ou « **variation démontrée** » considère que le risque de dommages mécaniques est **très faible** tant que les **fluctuations ne dépassent pas les extrema** subis par le passé.
- Ainsi, les consignes d'HR peuvent être déterminées par **les plus grandes fluctuations passées d'HR**.

Norme EN 15757

- « Il est essentiel de **respecter l'histoire climatique** des objets qui s'adaptent à leur environnement, même si elle **ne correspond pas aux standards recommandés**. »
- « Toute **variation par rapport à un climat historique** particulier peut être risquée (...) [et peut] générer un « **choc climatique** » ayant pour conséquence des niveaux de dommages plus conséquents. »
- « (...) Il est recommandé de **rester dans les plages climatiques que l'objet a connues par le passé**. »

Évolution des consignes climatiques

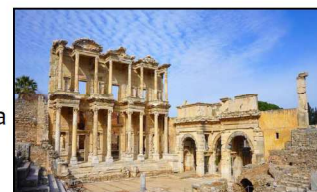
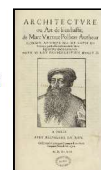


Évolution des consignes climatiques

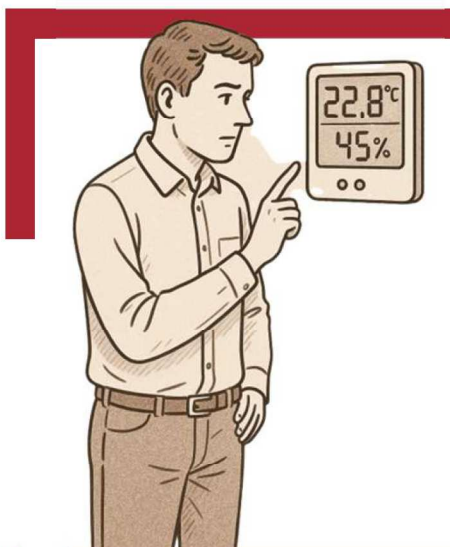


1/ Connaissance empirique depuis l'Antiquité

- Traité technique *De architectura*
Les dix livres d'architecture, Vitruve
(Empire romain, le siècle avant J.-C.) :
« [Les bibliothèques] qui sont
exposées au midi et au couchant, les
teignes et l'humidité gâtent les livres,
parce que les vents humides font naître et nourrissent ces
insectes, et altèrent les livres en les faisant moisir ».
- Bibliothèque de Celsus à Ephèse
(Turquie ; 110-120 après J.-C.) : les
vestiges en place témoignent de
dispositifs architecturaux adaptés à la
conservation comme la double paroi
constituant un système d'aération.



Évolution des consignes climatiques

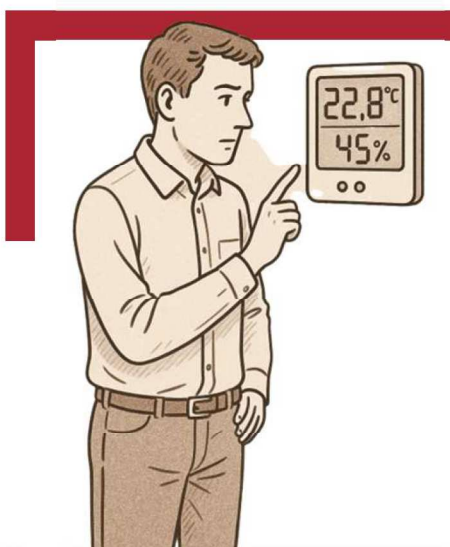


2/ Recherches depuis l'Entre-deux-Guerres

- Fouilles de la Vallée des Rois (Égypte, 1922) : la **dégradation rapide** des objets à la sortie des tombes incite la création d'une première **chaîne opératoire de conservation** avant l'envoi des objets au musée.
- Plusieurs **laboratoires de recherche en conservation** rattachés aux musées apparaissent (British Museum en 1920, musée d'ethnographie du Trocadéro en 1923, musée du Cinquantenaire de Bruxelles en 1934).
- British Museum** (mai 1941) : les **bombardements** de l'aviation allemande (« Blitz ») entraînent le transfert des œuvres dans des **carrières** ; leur très forte inertie prouve l'intérêt d'un climat stable et initie le début d'une **réflexion globale** sur la prise en compte du climat dans les **musées britanniques**.



Évolution des consignes climatiques



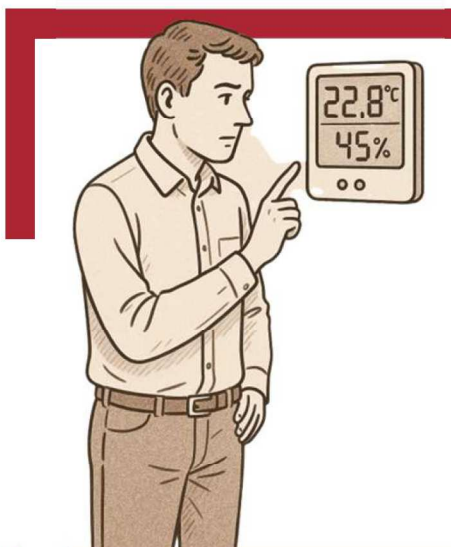
3/ Consignes par cible ou typologie entre 1970-2000

- La **première consigne** apparaît avec Garry Thomson (« The Museum Environment », 1978) qui propose une **valeur cible médiane de 50% HR et de 15-25°C** établie par rapport au climat extérieur moyen en Europe du nord.





Year	Source or Institution issuing the specification	Temperature [°C]	RH [%]			Remarks
			Long-term average	Seasonal cycle	Short-term fluctuations	
1978	Garry Thomson The Museum Environment	19 (winter) Up to 24 (summer)	50 or 55	~	± 5	Class 1 - appropriate for major national museums, old or new, and also for all important new museum buildings
		Reasonably constant to stabilise RH	40 to 70	Cible globale		Class 2 - aimed at avoiding major dangers whilst keeping costs and alteration to a minimum, for example, climate control in historic houses and churches may have to be limited to class 2 specifications

Évolution des consignes climatiques

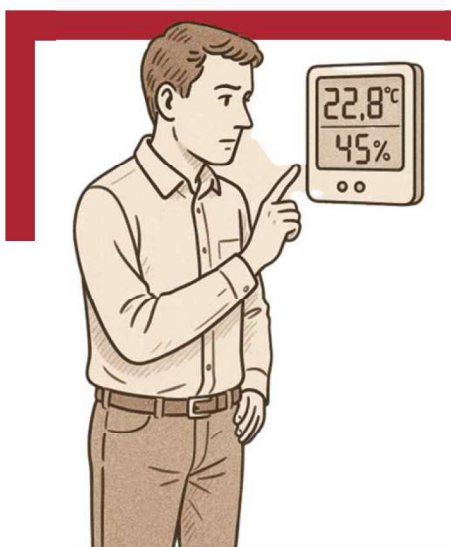


3/ Consignes par cible ou typologie entre 1970-2000




- La **première consigne** apparaît avec Garry Thomson (« The Museum Environment », 1978) qui propose une **valeur cible médiane de 50% HR et de 15-25°C** établie par rapport au climat extérieur moyen en Europe du nord. 
- L'Institut canadien de conservation (1979) s'accorde, avec des consignes **saisonnnières** et **±2% HR de prudence**. 

Year	Source or institution issuing the specification	Temperature [°C]	RH [%]			Remarks
			Long-term average	Seasonal cycle	Short-term fluctuations	
1979	Canadian Conservation Institute	21 (Seasonal variation from 20 to 25 allowed)	Between 47 and 53	38 to 55	± 2	The allowed seasonal changeover of the set points is 1 °C and 5 % RH per month, respectively. Occasional variations of ± 5 % RH are tolerable if these are the exception

Évolution des consignes climatiques



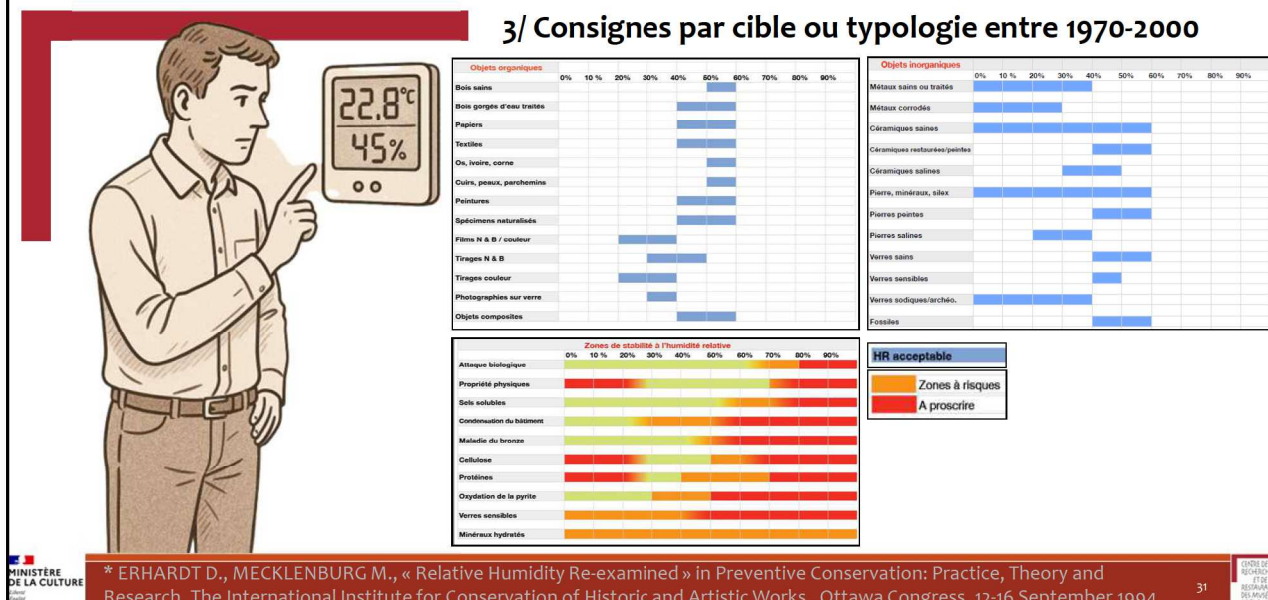
3/ Consignes par cible ou typologie entre 1970-2000

- La **première consigne** apparaît avec Garry Thomson (« The Museum Environment », 1978) qui propose une **valeur cible médiane de 50% HR et de 15-25°C** établie par rapport au climat extérieur moyen en Europe du nord. 
- L'Institut canadien de conservation (1979) s'accorde, avec des consignes **saisonnnières** et **±2% HR de prudence**. 
- Dans les **années 1990**, grâce à l'instrumentation des institutions, les consignes se développent selon les contextes : **nature de l'institution, types de collections...** 

Year	Source or institution issuing the specification	Temperature [°C]	RH [%]			Remarks
			Long-term average	Seasonal cycle	Short-term fluctuations	
1994	National Trust	5 to 22	58	50 to 65 (alarm level 1) 40 to 75 (alarm level 2)		The recommended strategy involved control of RH to as constant a level as possible principally by adjusting heat input

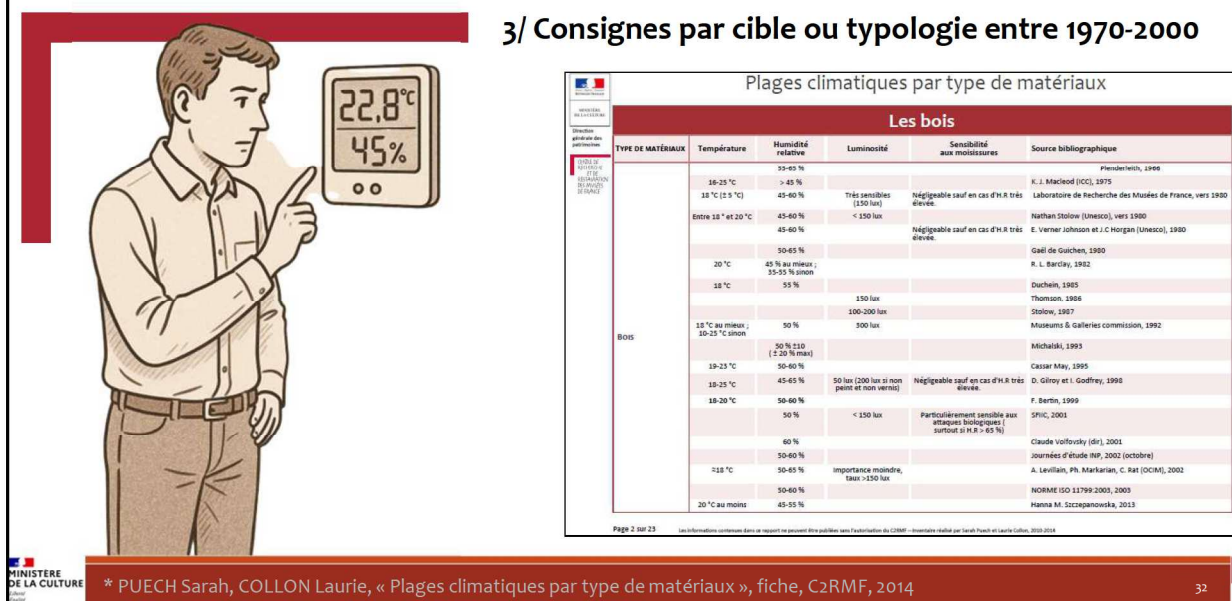
Évolution des consignes climatiques

3/ Consignes par cible ou typologie entre 1970-2000

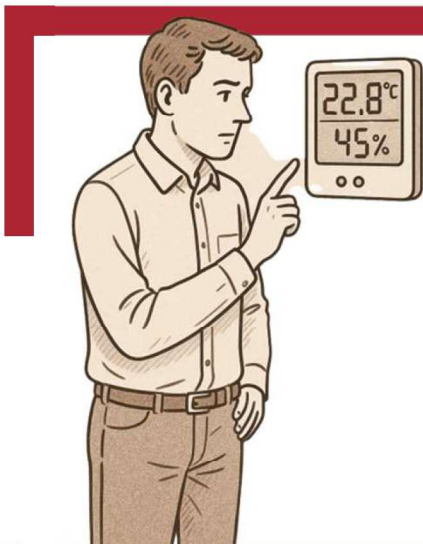


Évolution des consignes climatiques

3/ Consignes par cible ou typologie entre 1970-2000



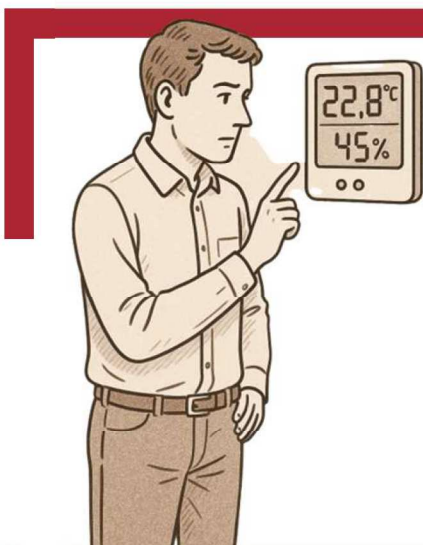
Évolution des consignes climatiques



4/ Consignes par catégories climatiques en 2000-2020

- Dès les **années 2000**, la standardisation par plages climatiques est **remise en question** car elle est **difficilement applicable** (les collections, essentiellement composites, partageant un même espace).
- Les consignes s'orientent vers plus de **pragmatisme** avec la rencontre entre **deux mondes** : celui **patrimonial** (responsables de collections, scientifiques de la conservation) et celui **technique** (ingénieurs-technicien du climat).
- En 1999, l'**ASHRAE** (organisation internationale technique dans le domaine des génies thermiques et climatiques) établit un **guide** s'adressant aux ingénieurs chargés de la conception et de l'entretien des systèmes de traitement d'air, intégrant un **chapitre dédié aux musées / galeries / archives / bibliothèques** spécifiant des **classes de vulnérabilité des collections selon le niveau de régulation climatique** (guide révisé en 2019).

Évolution des consignes climatiques

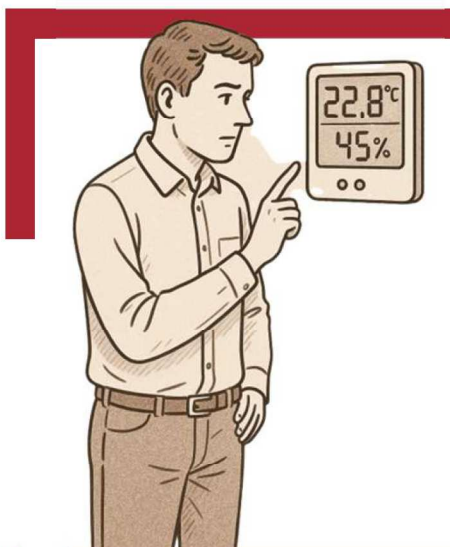


4/ Consignes par catégories climatiques en 2000-2020

- SORET Alain, Archives nationales de France, 2000 :
 - Zones de sécurité climatique de **15-25°C et 40-65% HR** **pour la plupart des collections** ;
 - Tolérance : **± 5% HR pour les collections fragiles** et expositions temporaires ; **± 10% HR acceptables pour collections moins fragiles**
- MAEKAWA Shin, Getty, 2015 :
 - **Entre 25 et 65% HR** : faible variation de la quantité d'humidité contenue à l'équilibre en cas de changement de l'HR = faibles variations dimensionnelles
 - **De 0-25% HR et 65-100% HR** : plus **agressives** (changements dimensionnels des matériaux hygroscopiques)
- Déclaration conjointe IIC et ICOM-CC, 2014 / Bizot Green Protocol, 2015 : recherches sur la réaction des matériaux concluent que les collections des musées **peuvent supporter des variations d'HR plus importantes qu'on ne le pensait auparavant**.



Évolution des consignes climatiques

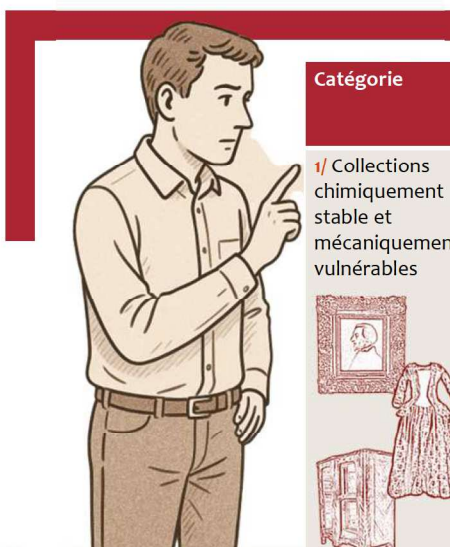


4/ Consignes par catégories climatiques en 2000-2020

- GRATTANET David, MICHALSKI Stefan, ICC, 2018 :
 - « Entre 25% et 75% d'HR, la réaction hygroscopique n'est que de la moitié ou du tiers de celle constatée à moins de 25% ou à plus de 75% d'HR. »
 - « De nouvelles variations de la même ampleur [que celles connues] présentent un très faible risque de dommages ultérieurs. »
 - « Certains types d'objets sont beaucoup plus sensibles que d'autres aux variations d'humidité relative et il n'est ni économique, ni acceptable sur le plan environnemental, de maintenir des conditions très strictement régulées si elles ne sont pas essentielles. »
 - Proposition raisonnée par trois catégories climatiques (les collections insensibles ne bénéficiant pas de contrôle spécifique)



Évolution des consignes climatiques





4/ Consignes par catégories climatiques en 2000-2020

Catégorie	Consigne	Variations courte durée	Variations saisonnières	Classification ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers)
1/ Collections chimiquement stable et mécaniquement vulnérables	<ul style="list-style-type: none"> Entre 15°C et 25°C 50 % HR 	<ul style="list-style-type: none"> ± 2°C ± 5 % HR 	<ul style="list-style-type: none"> ± 5°C Ø HR 	ASHRAE AA : régulation de précision
		<ul style="list-style-type: none"> ± 2°C ± 5 % HR 	<ul style="list-style-type: none"> + 5°C et - 10°C ± 10 % HR 	ASHRAE A : bonne régulation avec variation saisonnière
		<ul style="list-style-type: none"> ± 2°C ± 10 % HR 	<ul style="list-style-type: none"> + 5°C et - 10°C Ø HR 	
		<ul style="list-style-type: none"> ± 5°C ± 10 % HR 	<ul style="list-style-type: none"> + 10°C (et > 30°C) et - 10°C ± 10 % HR 	ASHRAE B : régulation correcte avec variation saisonnière
		Seuils à ne pas franchir : <ul style="list-style-type: none"> > 25°C (dépassé rarement 30°C) 25 % à 75 % HR 		ASHRAE C : prévention des conditions thermohygrométriques extrêmes
		Seuils à ne pas franchir : <ul style="list-style-type: none"> > 75 % HR 		ASHRAE D : prévention d'une hygrométrie excessive

Évolution des consignes climatiques

4/ Consignes par catégories climatiques en 2000-2020



Catégorie	Consigne	Variations courte durée	Variations saisonnières	Précisions
2/ Documents chimiquement instables 	<ul style="list-style-type: none"> 10°C 30-50 % HR 	Seuils à ne pas franchir : ▪ > 65 % HR		<u>Frais</u> = matériaux cellulosiques (papier, livres), parchemin, cuir et supports synthétiques (négatifs, pellicules cinématographiques, bandes magnétiques)
	<ul style="list-style-type: none"> - 20°C 40 % HR 	<ul style="list-style-type: none"> ± 2°C ± 10 % HR 		<u>Froid</u> = possible pour archives (hors cuir et parchemin) et plastiques en cours de dégradation chimique (esters de cellulose, mousse PUR, caoutchouc naturel)
3/ Métaux 	<ul style="list-style-type: none"> 0-30 % IIR 	Seuils à ne pas franchir : ▪ > 30 % IIR		

Évolution des consignes climatiques

5/ Vers une orientation raisonnée depuis 2022



- En 2022, la **crise énergétique mondiale** précipite un revirement écologique. Les **organisations culturelles** de chaque pays européen établissent leur **protocole de préparation à la raréfaction des ressources** et s'accordent à **élargir les consignes climatiques** pour leur patrimoine.
- En France, les institutions culturelles doivent répondre à la **stratégie nationale de transition écologique** :
 - Dispositif « **Éco-énergie tertiaire** » (dit « **décret tertiaire** »), juillet 2019
 - Décret n°2023-259 « **BACS** » (building automation and control system), avril 2023
 - Circulaire n°6343** du Premier Ministre, avril 2022
 - Troisième **Plan national d'adaptation au changement climatique** (PNACC-3, mesure 43), mars 2025



Plan N°1 2022
N°1 2022
N°1 2022



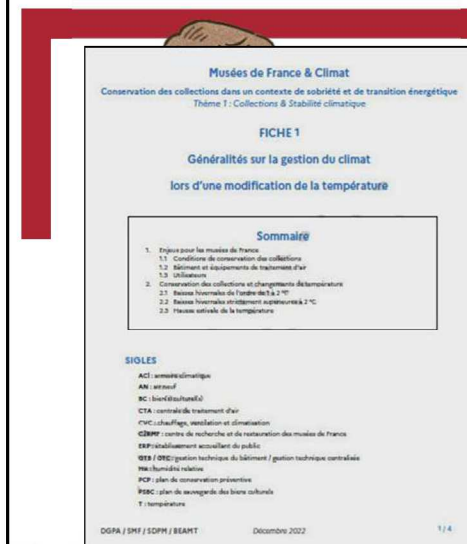
Évolution des consignes climatiques

5/ Vers une orientation raisonnée depuis 2022

- Service des musées de France (Sous-direction de la politique des musées)



- Plage climatique de base ajustable** (selon le passé et l'état sanitaire) : 40% à 60% HR ; $\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{jour}$ HR stable
- Zone de prudence** : ne pas franchir durablement < 35% HR et > 65% HR
- Adaptation à la saison** : cible 19°C ; seuils été < 26°C et hiver $\geq 15^{\circ}\text{C}$; + acceptation hors seuil 5% du temps



Évolution des consignes climatiques

5/ Vers une orientation raisonnée depuis 2022

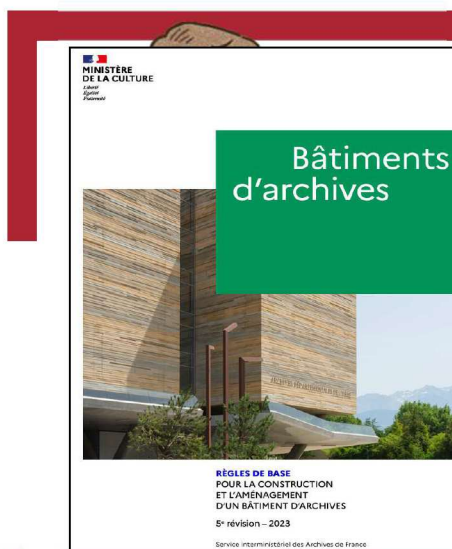
- Service des musées de France (Sous-direction de la politique des musées)
- Service du patrimoine (Sous-direction de l'archéologie)



- Réserve non contrôlée** (lapidaire, terre cuite, verre sain, mosaïque, vestiges anthro) : $\geq 12^{\circ}\text{C}$; $\leq 75\% \text{ HR}$
- Réserve contrôlée** :
 - Métaux : $15^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{jour}$) ; $\leq 30\%$ ($\pm 5\%/\text{jour}$)
 - Matériaux organiques ou restaurés par colle, verre altéré : $18^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{jour}$) ; 50-60% ($\pm 5\%/\text{jour}$)
 - Documents papier, moulages : $16^{\circ}\text{C}-22^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{jour}$) ; 50-60% ($\pm 5\%/\text{jour}$)
 - Documents photos/audio : $4^{\circ}\text{C}-6^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1^{\circ}\text{C}/\text{jour}$) ; 50-55% ($\pm 2\%/\text{jour}$)
 - Organiques gorgés d'eau : $4^{\circ}\text{C}-12^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{jour}$) ; 100%



Évolution des consignes climatiques



5/ Vers une orientation raisonnée depuis 2022

- Service des musées de France (Sous-direction de la politique des musées)
- Service du patrimoine (Sous-direction de l'archéologie)
- Service interministériel des archives de France (Bureau de l'expertise numérique et de la conservation durable)

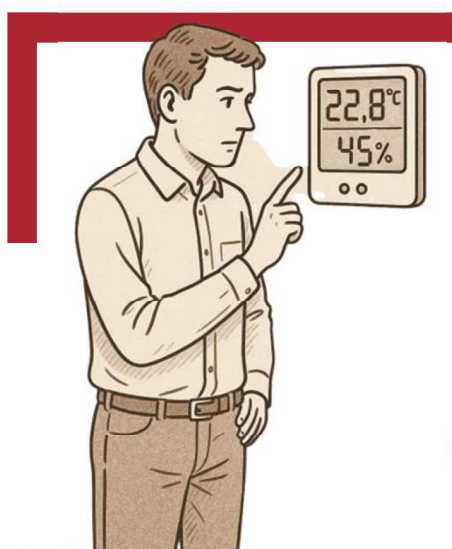


- Température : 16°C - 23°C ; variations $\leq 1^\circ\text{C}/\text{jour}$, $\leq 2^\circ\text{C} / \text{semaine}$; été : 22°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) et hiver 17°C ($\pm 1^\circ\text{C}$)
- Humidité relative : 40% - 55% ; variations $\leq 5\%/\text{jour et / semaine}$; été 50% HR ($\pm 5\%$) et hiver 45% HR ($\pm 5\%$)

* Bâtiments d'archives – Règles de base pour la construction et l'aménagement d'un bâtiment d'archives, Service interministériel des archives de France, Direction générale des patrimoines et de l'architecture, 2023

41

Évolution des consignes climatiques



5/ Vers une orientation raisonnée depuis 2022

- Service des musées de France (Sous-direction de la politique des musées)
- Service du patrimoine (Sous-direction de l'archéologie)
- Service interministériel des archives de France (Bureau de l'expertise numérique et de la conservation durable)
- Service du patrimoine (Sous-direction des monuments historiques et des sites patrimoniaux)



- Il est **difficile** de suggérer des consignes pour les MH.
- Dès les années 2010, des expérimentations ont orienté vers une **stratégie** plutôt que des **mesures strictes**, reposant sur la **maîtrise** de l'un des deux facteurs : soit la température (« **chauffage de conservation** »), soit l'humidité relative dans des espaces réduits.

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

42

Évolution des consignes climatiques

6/ Consignes pour les prêts internationaux en 2023

- Lors de la **crise énergétique** en 2022, les professionnels européens de la conservation ont suggéré des **consignes nationales**.



Association des musées suisses (août 2022)

- Pas de plage climatique précisée mais une méthodologie



Association des musées allemands (septembre 2022)

- Expo et réserves : entre 18-26°C et 40-60%
- Expo fermée en hiver : supérieure à 15°C
- Stabilité sur 24h : $\pm 2^\circ\text{C}$ et $\pm 5\%$



IRPA, Institut royal du patrimoine artistique à Bruxelles (novembre 2022)

- Pas de plage climatique précisée
- Température minimale à respecter : 12-13°C
- Baisse de température 1°C / jour
- Variations HR : $\pm 5\%$ HR par semaine (= moins contraignant que les $\pm 5\%$ quotidiens allemands)



IRPA + RCE, Agence du patrimoine culturel des Pays-Bas (mars 2023)

- 12-26°C, 40-60%
- $\pm 10\%$ en 24h (= moins contraignant que les $\pm 5\%$ quotidiens allemands)

Évolution des consignes climatiques

6/ Consignes pour les prêts internationaux en 2023

- Lors de la **crise énergétique** en 2022, les professionnels européens de la conservation ont suggéré des **consignes nationales**.

- En 2023, le **groupe Bizot** (groupe international des organisateurs d'expositions créé en 1992, comptant des représentants de 54 musées dans le monde) publie un **protocole international** servant de **référence** notamment pour les **prêts** entre établissements.

Ce document-guide « The Bizot Green Protocol » propose :

- des **axes actionnels d'éco-conservation** (exposition, transport),
- des **recommandations**,
- des **explications justifiant l'élargissement** des plages climatiques.

Plupart des matériaux hygroscopiques (peintures sur toile, textiles, objets ethnographiques)

Objets plus sensibles

- Température stable de 16°C à 25°C
- HR stable entre 40% à 60% HR ; fluctuations $< \pm 10\%$ HR par 24h

Contrôle spécifique et strict d'HR (déterminé par un restaurateur en fonction des matériaux, de l'état et de l'histoire du bien culturel)





ICOM conseil international des musées France



Prenons le contrôle du climat !

Getting Climate Control Under Control



Mucem
PALAIS
BEAUX-ARTS
LILLE

CHÂTEAU
DES DUCS DE
BRETAGNE
MUSÉE
D'HISTOIRE
DE NANTES

MUSÉE DU QUAI BRANLY
JACQUES CHIRAC
CONSEIL INTERNATIONAL
DES MUSÉES
FRANCE

musée des
confluences
Petit Palais
Musée des Beaux-Arts
de la Ville de Paris

MUSEUM
TAIN
CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES ANCIENNES
DE FRANCE

MUSEES DE LA VILLE DE STRASBOURG

Réviser les pratiques de contrôle climatique

Ce n'est pas qu'une question de chiffres, mais un processus de changement qui interroge...

Cadre éthique

Relations avec
d'autres
institutions

Priorités et
valeurs
professionnelles

Compréhension
systémique

Relations
interservices

Pratiques
opérationnelles

Un programme de formation et action Ki Futures

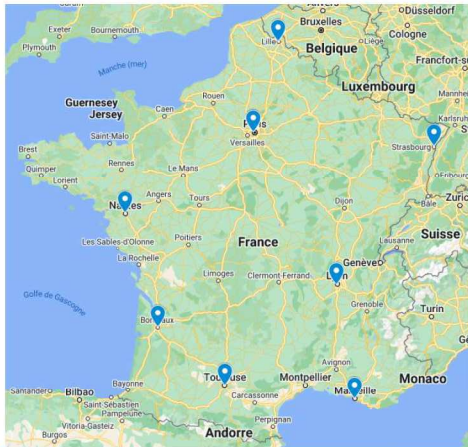
- lancé en octobre 2024 et d'une durée de 24 mois,
- fondé sur le contexte spécifique de chaque musée,
- avec l'objectif de réviser les pratiques de contrôle climatique vis-à-vis des défis écologiques.

Cette opération est soutenue par l'État dans le cadre du dispositif « Soutenir les alternatives vertes 2 » de France 2030, opéré par la Banque des territoires (Caisse des Dépôts).



Les musées partenaires





- Château des ducs de Bretagne - Musée d'histoire de Nantes (Nantes)
- Mucem (Marseille)
- Musée d'Aquitaine (Bordeaux)
- Musée des Confluences (Lyon)
- Musée du quai Branly - Jacques Chirac (Paris)
- Musée Edgar Clerc (Le Moule, Guadeloupe)
- Musée Tomi Ungerer - Centre international de l'illustration (Strasbourg)
- Museum Toulouse (Toulouse)
- Palais des Beaux-Arts de Lille (Lille)
- Petit Palais - Paris Musées (Paris)

Un programme de formation...

- Communiquer la durabilité
- Histoire du contrôle climatique et lignes directrices
- Travailler avec l'environnement extérieur et le contrôle du climat intérieur
- La stabilité du climat
- Les besoins des collections
- L'humidité relative
- La consommation d'énergie
- Connaître son établissement
- Mécanismes de contrôle climatique
- Stratégies pour l'économie d'énergie des systèmes CVC

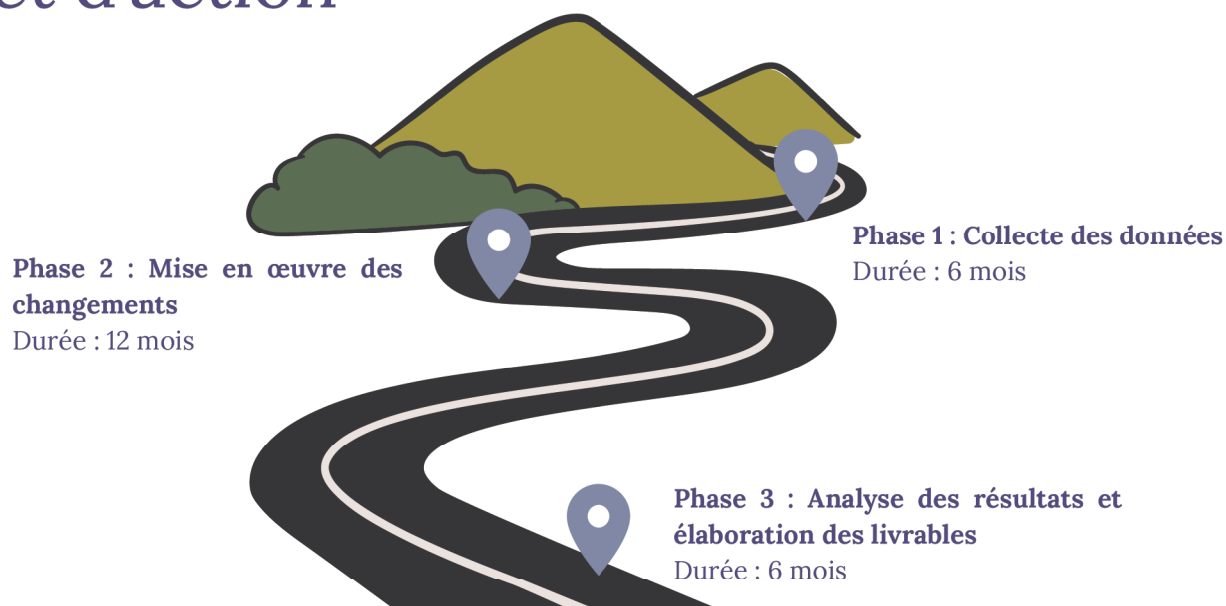
Les accords de prêt

Formations

Feuille de travail

Sessions interactives avec Caitlin Southwick

...et d'action



Phase 1 : Collecte des données

Bâtiment

Collections

Installations
techniques

Consommation
énergétique

Climat et
consignes actuelles

Responsabilités

► **Plan d'action**

Espaces test

Oeuvres test

Expérimentations

► **Équipement**



Ki Port
Discover your Ki potential at Ki Port!

Phase 2 : Mise en œuvre des changements

Espaces	Expérimentations
Une grande salle d'exposition permanente	Variation des plages T et HR selon le climat extérieur
8 salles de réserve	Coupures progressives des CTA
Musée en entier : salles d'exposition et réserves	Variation des plages T et HR selon la saison
2 bâtiments : 5 salles d'exposition et réserves	Variation des plages T et HR selon occupation / inoccupation (+ d'autres ajustements selon la salle)
1 salle d'exposition et 2 salles réserve	Variation des plages T et HR selon la saison
2 salle d'exposition et 2 salles réserve	1) ouverture des portes 2) régulation de la vitesse de soufflage 3) élargissement des plages T et HR
Musée en entier : salles d'exposition et réserves	Réduire la vitesse de soufflage
Paroi vitrée	Augmenter la température en été
Salles d'exposition permanente	Variation des plages T et HR selon la saison
Réserves et salles d'exposition	Observer le comportement des objets dans des espaces avec des variations climatiques.

● **Surveillance**

● **Ajustements**

Le programme comme dispositif d'accompagnement du changement

Favoriser la montée en compétences

Introduire de nouvelles manières de travailler

Stimuler la réflexion sur les pratiques institutionnelles

Renforcer la connaissance de son institution

Encourager les échanges interservices

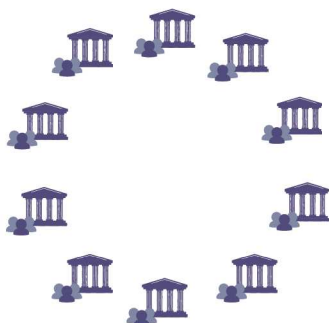
Faciliter les échanges inter-institutions



Benjamin Cimerman
Coach - climat



Fiona Graham
Coach - conservation



Nathalie Le Dantec
Conservatrice-restauratrice
Experte



Laurent Ricard
Chef de service bâtiment et sécurité
Expert



Agnès Gall-Ortlík
Conservatrice-restauratrice
Experte



Frédéric Ladonne
Architecte programmateur
Expert



Juliette Rémy
Chef du Département de la
conservation préventive
Experte - C2RMF



Jocelyn Perillat
Chargé d'études documentaires et
des missions de conseils en
conservation préventive
Expert - C2RMF



Phase 3 : Analyse des résultats et élaboration des livrables



Un rapport d'impact



10 cas d'étude et présentations



Webinaire ICOM France



Un manuel méthodologique - C2RMF



Publication ICOM France



Thèse CIFRE - CNAM et Université d'Avignon

Merci !



ICOM conseil international des musées France

Webinaire

« Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025, auditorium du C2RMF - Paris

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Quels critères pour le choix de ses capteurs ?

Marie COURSELAUD
Chargée de mission en conservation
préventive - C2RMF



Introduction



Introduction

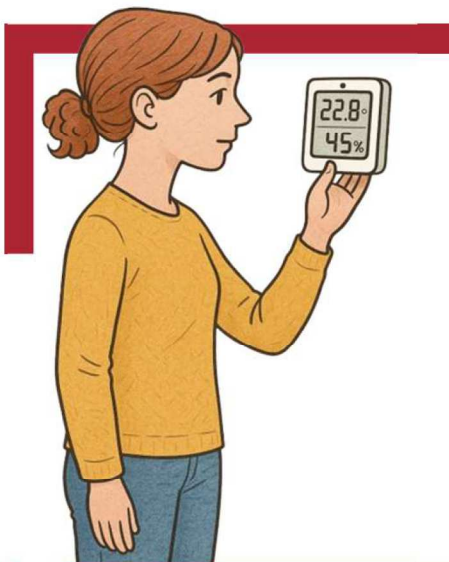


Une situation disparate et contrastée

- Sur l'analyse des DI – OSCAR (2014-2018 sur 314 demandes) :
- 62% des demandes portaient sur le climat
- 68% des musées déclaraient disposer d'appareils de surveillance climatique (thermohygrographe, capteur ponctuel ou capteur-enregistreur)
- 27% procédaient à leur étalonnage
- Seuls 43% des musées exploitaient les données enregistrées.



Introduction

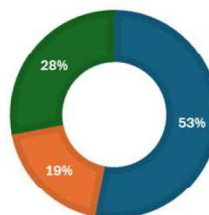


Une situation disparate et contrastée

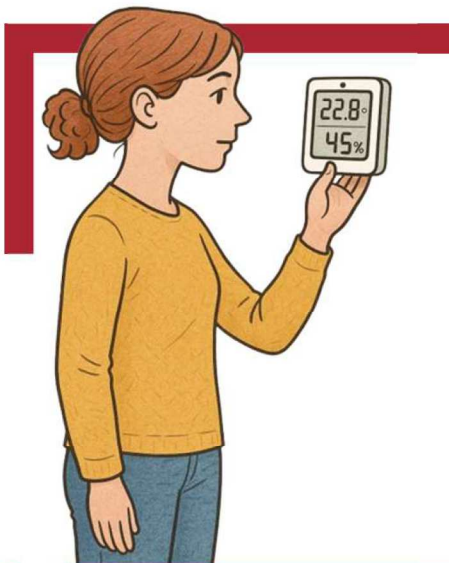
- Données 2024 issues de l'enquête annuelle des musées de France /MC (925 répondants sur 1220) => **72% des musées sont équipés de capteurs-enregistreurs.**

BILAN SURVEILLANCE CLIMATIQUE

■ Surveillance globale ■ Surveillance partielle ■ Non équipés de C-E



Introduction

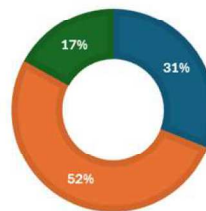


Une situation disparate et contrastée

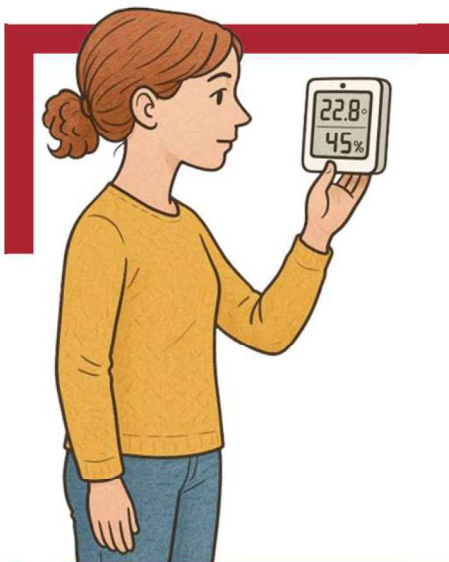
- Données 2024 issues de l'enquête annuelle des musées de France /MC (925 répondants sur 1220) => **Sur les 28% qui ne sont pas équipés de capteurs-enregistreurs :**

TYPLOGIE CAPTEURS (HORS CAPTEURS-RENGISTREURS)

■ Capteur ponctuel à affichage ■ Relevé manuel ■ Thermo-hygrographe



Introduction

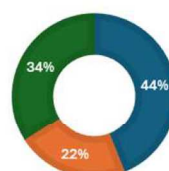


Une situation disparate et contrastée

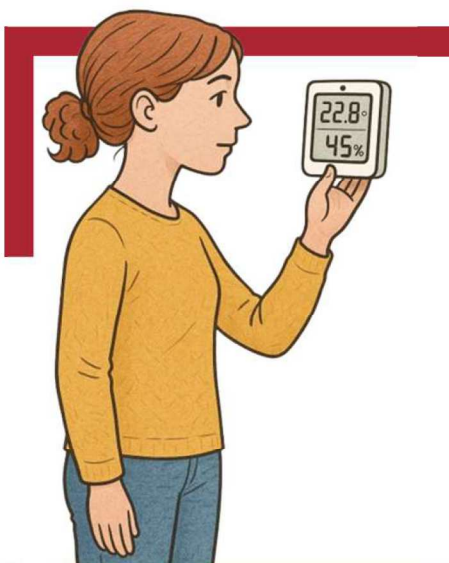
- Données 2024 issues de l'enquête annuelle des musées de France /MC (925 répondants sur 1220) => **Seuls 44% des musées archivent et exploitent leurs données climatiques (= 2018)**

ARCHIVAGE ET EXPLOITATION DES DONNÉES

- Archivage et exploitation des données
- Aucun archivage ni exploitation des données
- Archivage et exploitation partiels des données



Introduction

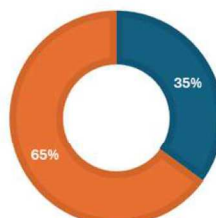


Une situation disparate et contrastée

- Données 2024 issues de l'enquête annuelle des musées de France /MC (925 répondants sur 1220) => **65% des musées exploitent manuellement leurs données climatiques (pas de logiciel dédié).**

TYPLOGIE D'EXPLOITATION

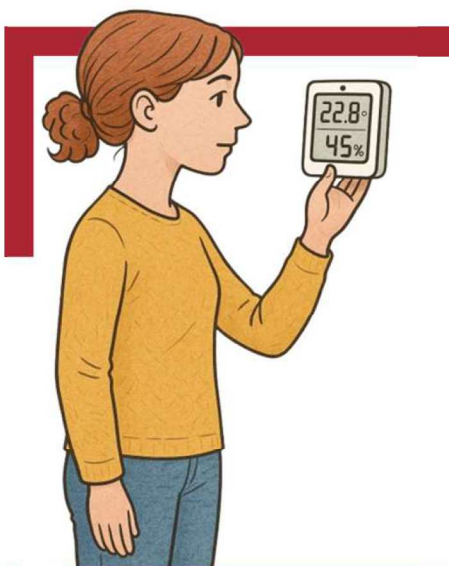
- Exploitation automatisée via un logiciel
- Exploitation manuelle



Les capteurs électroniques enregistreurs



Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

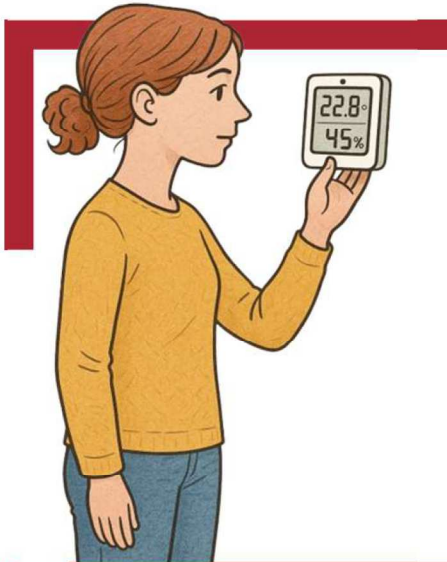
■ Composition

- Une sonde en contact avec l'air

- Protégée des chocs par un **capuchon perforé** et généralement muni d'un **filtre à poussière**
- Constituée d'une **résistance en platine sensible à la T°C** et d'un **corps hygroscopique sensible à l'humidité ambiante** (polymère hydrophile positionné entre deux électrodes métalliques). Le corps hygroscopique chargé en vapeur d'eau est traversé par un **courant électrique**. La **résistance du courant électrique** dans le corps humide **détermine la valeur qui s'affichera sur le capteur**



Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

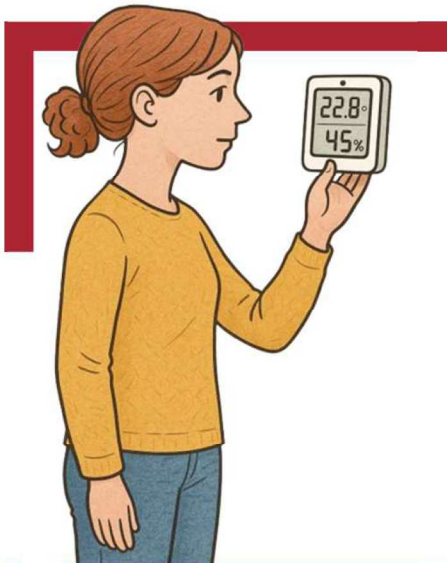
Composition

- Un boîtier plastique:

- **Étanche** (ou du moins le plus possible) notamment pour les modèles destinés à un usage extérieur
- Intégrant un **convertisseur** relié à la sonde qui **transcrit les variations électriques en signaux numériques**
- Pouvant intégrer un « data logger » qui **trie et stocke les données**, pour les modèles enregistreurs



Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

Composition

- Un écran d'affichage :

- **Facultatif mais vivement recommandé** car il permet une lecture directe des valeurs
- **Valeurs qui peuvent apparaître simultanément** ou par **alternance** sur l'écran

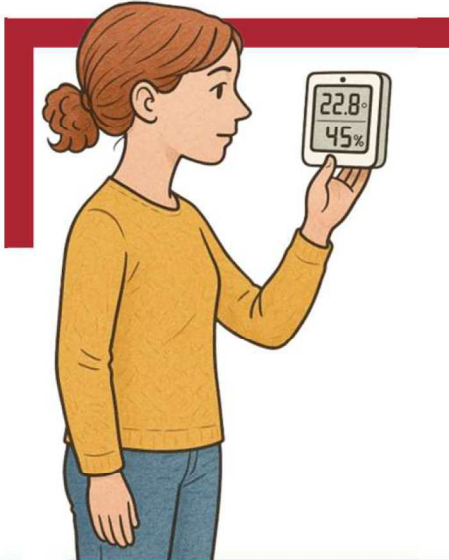
- Une antenne transmettrice (pour les modèles transmission radio):

- **Envoi des données** recueillies vers un boîtier informatique raccordé à un ou plusieurs ordinateurs



Schéma : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Fonctionnement des capteurs climatiques

Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission manuelle des données :

- **Déchargement des données** pour chaque capteur **via port USB** relié directement à l'ordinateur (=capteur enregistreur uniquement)
- Attention ! En cas d'un parc important de capteurs, cette **opération est chronophage et contraignante** : obligeant l'agent à se connecter à chaque capteur individuellement sur place avec un ordinateur portable ou d'acheminer les capteurs jusqu'à un poste fixe...

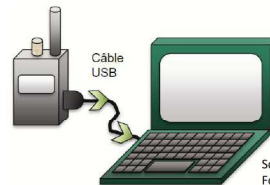
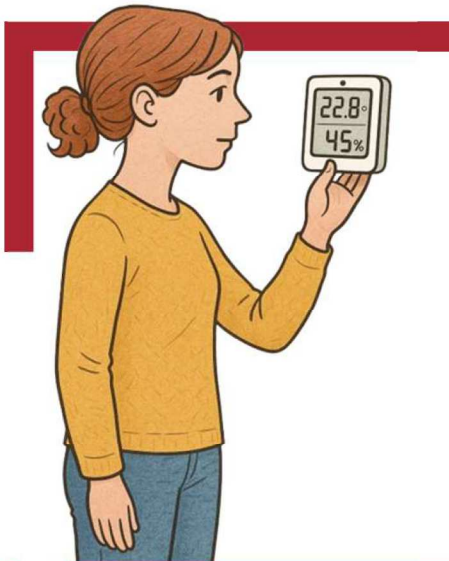


Schéma : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Fonctionnement des capteurs climatiques

Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

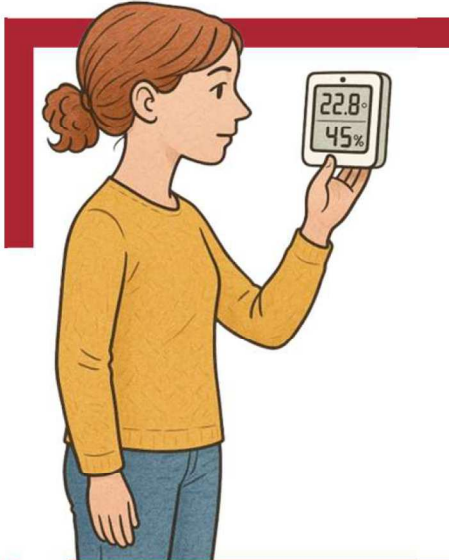
- Transmission manuelle des données par unité de récupération portable :

- La transmission des données se fait **par Bluetooth, RFID ou NFC** (=capteur enregistreur uniquement). Les données sont collectées par **une unité de récupération portable (généralement un téléphone)** = interception des mesures sans contact direct avec le capteur.
- Attention ! En cas d'un parc important de capteurs, cette **opération est chronophage et contraignante** : obligeant l'agent à se rendre physiquement devant chaque capteur et y approcher l'unité de récupération des données...



Schéma : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Fonctionnement des capteurs climatiques

Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

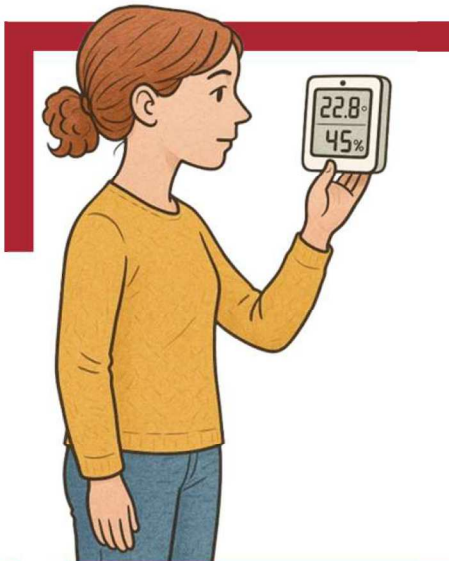
■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

- Une transmission de données « sans fil » recourt généralement soit à des ondes de basses fréquences (telles les ondes radio ou les ondes LoRa), soit des ondes de hautes fréquences (comme le Wi Fi ou les télécommunications 2 G à 5 G)

	Ondes BF (basses fréquences)	Ondes HF (hautes fréquences)
Portée	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Longues distances 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Courtes distances
<ul style="list-style-type: none"> ■ Une grande portée permet au signal de peu faiblir sur la distance et de franchir plus facilement certains obstacles (murs épais pour un accès à l'extérieur ou aux sous-sols, interférences d'autres fréquences radio). ■ Une longue portée réduit le recours à un équipement supplémentaire (tels des répéteurs). 		

Les capteurs électroniques enregistreurs



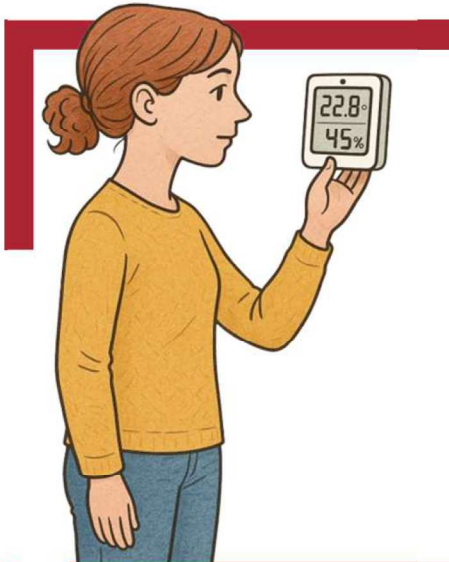
Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

	Ondes BF (basses fréquences)	Ondes HF (hautes fréquences)
Débit	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Bas débit... ☑ ... mais suffisant pour des données climatiques 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Haut débit
<ul style="list-style-type: none"> ■ Un bas débit ne permet pas de transporter d'importantes quantités d'informations. ■ Les données climatiques sont des valeurs alphanumériques, donc peu volumineuses (contrairement aux photos ou vidéos). 		
Consommation et longévité	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Consommation d'énergie faible (car bas débit) 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Consommation d'énergie importante (envoi des données en continue)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Un bas débit permet d'être moins énergivore. ■ Une baisse de la consommation d'énergie permet une meilleure longévité des batteries (plusieurs années), ce qui s'avère adapté pour les capteurs difficilement accessibles 		

Les capteurs électroniques enregistreurs



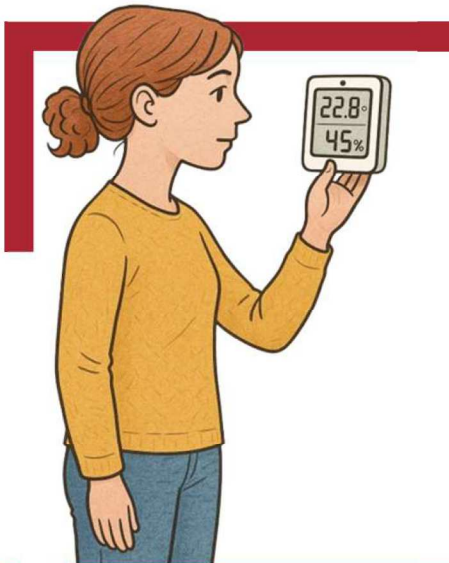
Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

	Ondes BF (basses fréquences)	Ondes HF (hautes fréquences)
Installation		
<ul style="list-style-type: none"> Un système indépendant induit : <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Construction intégrale car ne se raccorde pas à un réseau existant ⊕ Liberté car ne nécessite pas de système sans fil existant ; système adapté en cas d'absence de Wi-Fi (ou impossibilité de s'y connecter) ⊕ Interférences inexistantes avec le réseau Wi-Fi (bande passante distincte) Un système raccordé à un système sans fil existant (Wi-Fi ou autres) induit : <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Économie de mise en place ⊗ Possibles interférences par la mutualisation de la bande passante ⊕ Accès aisé aux données enregistrées 	Système indépendant	Système raccordé au réseau Wi-Fi existant

Les capteurs électroniques enregistreurs



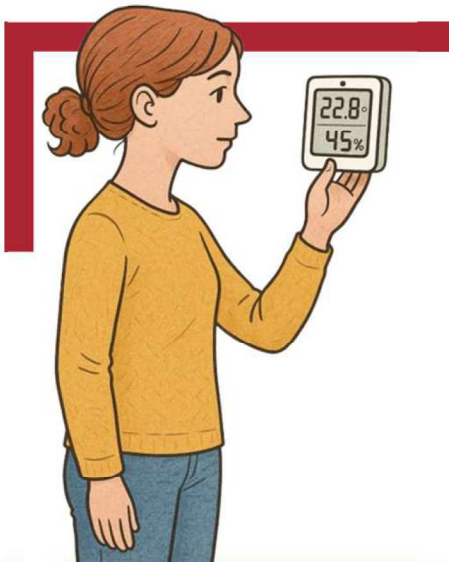
Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

	Ondes BF (basses fréquences)	Ondes HF (hautes fréquences)
Fiabilité et maintenance		
<ul style="list-style-type: none"> Plus la bande passante est mutualisée avec d'autres services, plus le réseau est impacté par des interférences (« embouteillages » d'informations numériques transitant par la même bande). En cas de rupture du signal, la batterie des capteurs se fatiguera en essayant de rétablir la connexion au routeur 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ BF moins mutualisées ⊕ Peu sujet aux problèmes de connexion ⊕ Sollicitation réduite du service informatique 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ HF souvent mutualisées ⊗ Problèmes éventuels de connexion ⊗ Implication nécessaire du service informatique

Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

- Une transmission de données en 3 étapes :

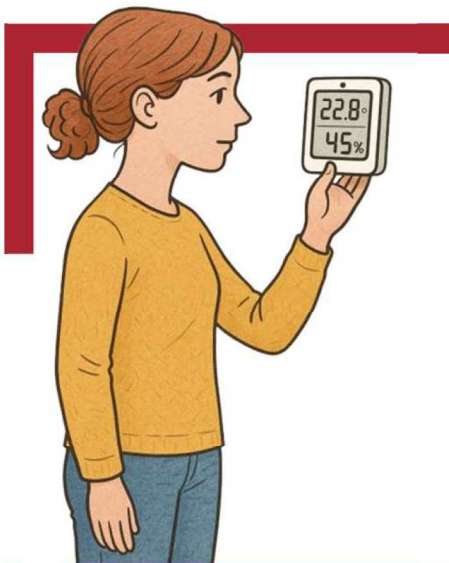
1) Transmission émetteur/concentrateur :

Les données sont **automatiquement envoyées par ondes** depuis leur antenne **vers une station réceptrice dite « concentrateur » ou « passerelle »**.

Attention aux risques de rupture ou d'interférences liés à une trop longue distance ou obstacles (épaisseur des murs, structures métalliques)



Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

- Une transmission de données en 3 étapes :

2) Transmission concentrateur/serveur :

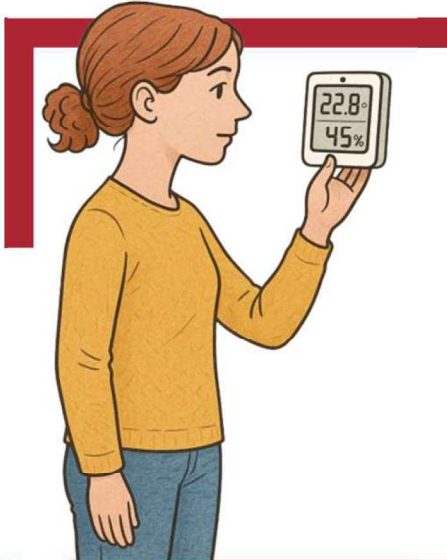
Le **concentrateur** peut stocker les mesures en **temps réel** (en continu) ou à **intervalles réguliers** et **verser les données sur :**

- Un ordinateur unique dédié au contrôle du climat

- Un serveur local (réseau LAN = réseau informatique local (Ethernet)) généralement serveur privé de l'institution qui permet à plusieurs ordinateurs de consulter les données (selon les autorisations d'accès accordées par le service informatique = logiciels à installer individuellement)

=> intérêt : **plusieurs utilisateurs possibles + accès à distance**

Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

- Une transmission de données en 3 étapes :

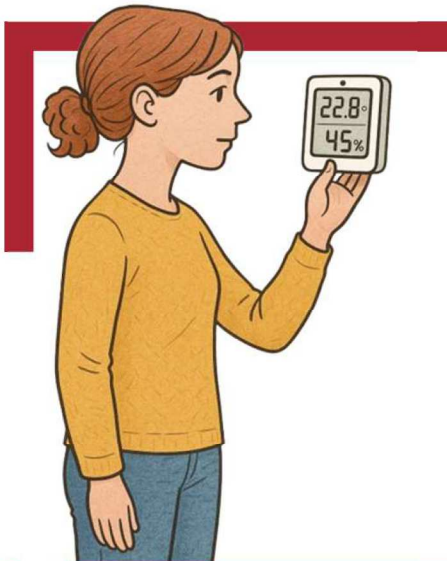
2) Transmission concentrateur/serveur :

- Un serveur délocalisé (Cloud privé hébergé chez le prestataire) consultable en ligne (Internet) avec **transmission des données soit par voie filaire (Ethernet) soit sans fil via radiofréquences** (ondes basses ou longues fréquences).

Ce système permet une **consultation à distance depuis n'importe quel terminal** (PC, smartphone, etc.) qui serait autorisé et qui disposerait des codes d'accès.

=> **intérêt** : **pas d'installation logiciel** car interface directement accessible par navigateur web MAIS nécessite un abonnement mensuel (stockage, consultation, sécurisation des données).

Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

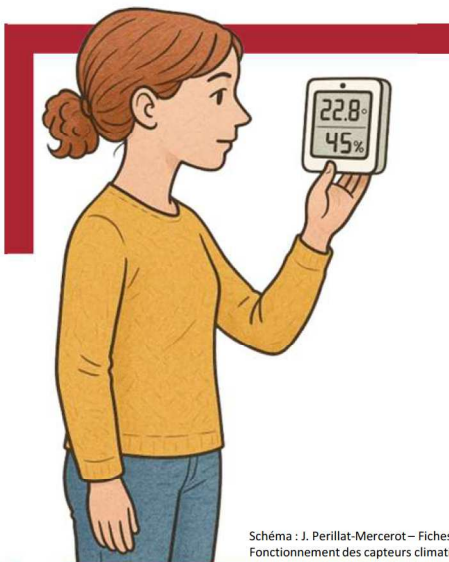
- Une transmission de données en 3 étapes :

3) Transmission serveur/terminal :

Les données sont consultables par le terminal (ou les terminaux) qui est **autorisé à accéder** au serveur local ou délocalisé.

Les données et les courbes climatiques s'affichent automatiquement, en direct et sans se déplacer, pour une meilleure réaction en cas d'incident ou de dérive climatique importante.

Les capteurs électroniques enregistreurs



Fonctionnement

■ Transmission et collecte des données

- Transmission automatique des données par ondes et consultation à distance (ondes basses ou hautes fréquences) :

- Schéma récapitulatif :

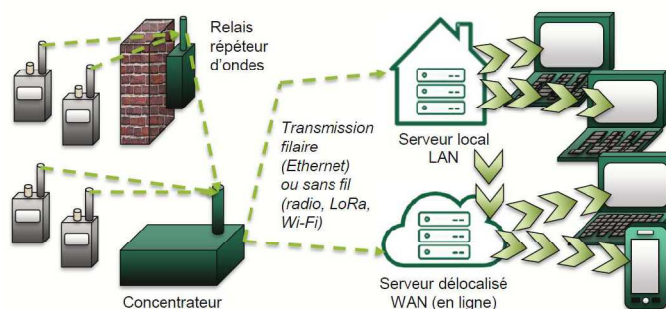


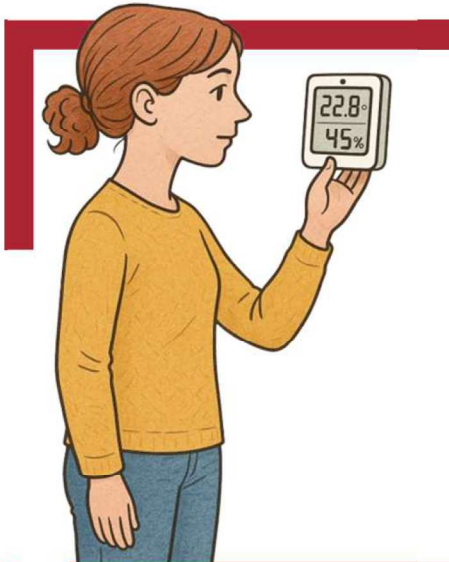
Schéma : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF –
Fonctionnement des capteurs climatiques

Critères de choix :

1) Besoins / contraintes de l'utilisateur



Critères de choix

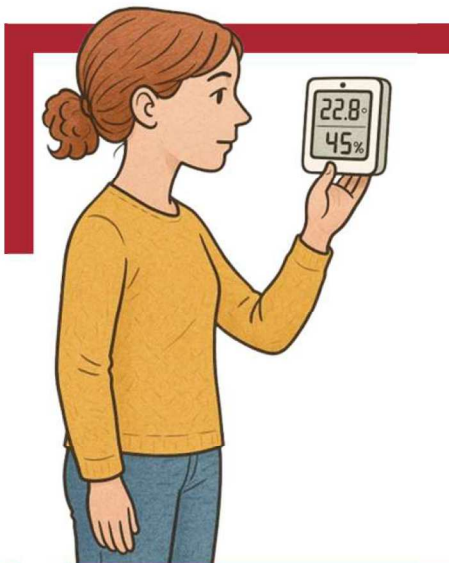


1) Besoins/contraintes de l'utilisateur

■ Définition de l'objectif et des contraintes

- Surveillance in situ / transport ?
- Mesures enregistrées / ponctuelles ?
- Modalité d'exploitation des données (automatique / manuelle)
- Surveillance multi-sites ?
- Caractéristiques du réseau informatique (nombre de sessions souhaitées, mise en réseau des données (= serveur), connexion Intranet (= accès internet filaire ou wifi).

Critères de choix



1) Besoins/contraintes de l'utilisateur

■ Le coût

- **Coût d'investissement** : équipement (capteurs, concentrateurs, relais), interface informatique (logiciel dédié, nombre de sessions).
- **Coût d'exploitation** : mises à jour, abonnements (alarmes, télécommunication, stockage des données sur un cloud prestataire).
- **Coût d'entretien** : contrat d'entretien, étalonnage, piles, etc. Intranet (= accès internet filaire ou wifi).

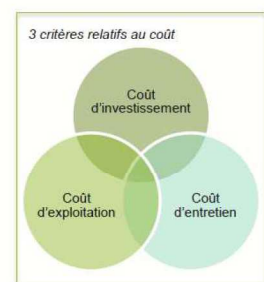



Schéma : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Choix des capteurs climatiques

Critères de choix



1) Besoins/contraintes de l'utilisateur

- Le coût

Critères	Appareil / Système / Service	Prix approximatifs	Critères	Appareil / Système / Service	Prix approximatifs
Coût d'investissement	Capteur thermohygromètre enregistreur avec transmission par contact USB	≈ 150 - 250€ HT	Coût d'exploitation	Abonnement (intégrant l'interface et l'hébergement des données)	Indexé selon le nombre de capteurs (chez un prestataire : ≈ 100€ HT / mois pour 8 capteurs + 5€ par capteur supplémentaire + 100€ par concentrateur supplémentaire)
	Capteur thermohygromètre enregistreur avec transmission par ondes	≈ 450 - 550€ HT			
	Système LoRa (hors coût du logiciel)	≈ 10.000€ HT pour un pack (8 capteurs et 1 passerelle), avec 350€ HT par capteur supplémentaire et 2.500€ HT par passerelle supplémentaire	Coût d'entretien	Étalonnage d'un capteur (+ remplacement des piles)	≈ 50 - 100 HT / capteur
	Logiciel d'exploitation	≈ 800 - 1.000€ HT			
	Pré-visite du site pour étude et test	≈ 1.500€ HT			
	Installation et prise en main	≈ 1.500 - 2.000€ HT			

Tableau : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Choix des capteurs climatiques


Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

27

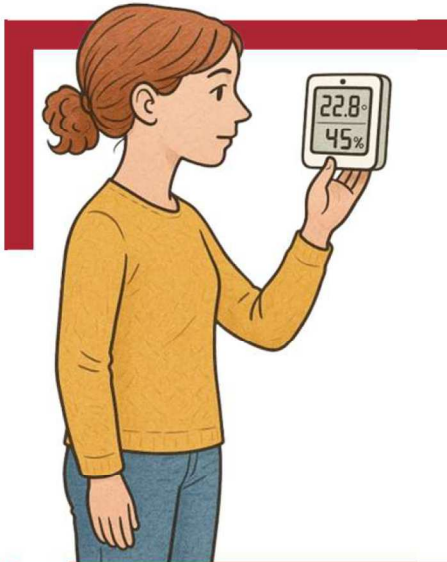
Critères de choix :

1) Besoins / contraintes de l'utilisateur

2) Caractéristiques de l'appareil



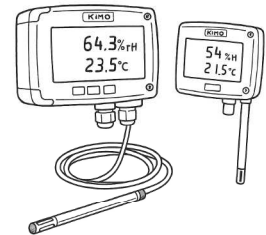
Critères de choix



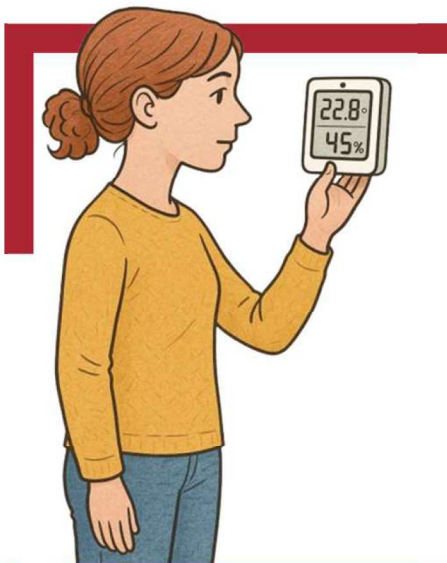
2) Caractéristiques de l'appareil

■ Conception du capteur

- **Mobiles, légers, parfois esthétiques** pour pouvoir s'intégrer dans un tiroir, une vitrine
- **Pourvu d'une sonde externe** pour limiter l'inertie du boîtier (= meilleure réactivité du capteur aux changements de T°C/HR%)
- **Capacité de la mémoire** pour les capteurs enregistreurs sans transmission
- **Autonomie supérieure à 12 mois** pour un pas de mesure ttes les 15 min à 25°C
- **Avec affichage ou sans affichage**
- **Longévité** supérieure à 10 ans



Critères de choix



2) Caractéristiques de l'appareil

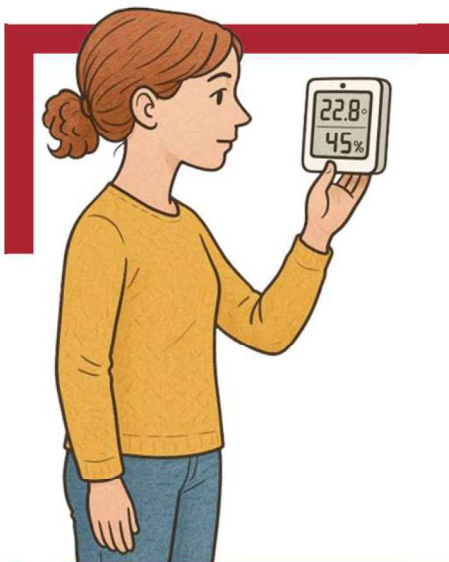
■ Justesse et fiabilité

- **Justesse** : Capacité d'un capteur à restituer au mieux la mesure (= représentatif de la réalité sans amortir ni déphaser le signal reçu). La justesse repose sur 2 paramètres :
 - **La plage de mesures** (= gamme d'utilisation)
 - **La précision** : Ecart Maximal Garanti (EMG) = incertitude de la mesure. L'EMG est précisé par le fabricant sur une plage de T°C. Plus on s'éloignera de ces conditions, plus le niveau de précision se réduira. **Précision visée** = T°C ± 1°C / HR ± 5% (très précis ± 2%)

La justesse trop grande n'est pas indispensable pour les musées contrairement au domaine scientifique, médical, industriel, etc.

- **Fiabilité de la sonde** est associée à son **entretien** (réétalonnage). Si le capteur est soumis à un environnement pollué, trop chaud/humide, il devient moins fiable et doit être réétalonné plus souvent.

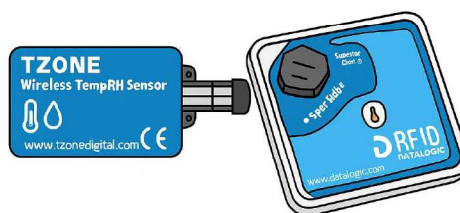
Critères de choix



2) Caractéristiques de l'appareil

■ Les différents types de capteurs enregistreurs

- **Thermohygromètre** : Pour une **utilisation continue**, avec ou sans affichage, pas des mesures réglable, données à décharger par port USB ou envoi par ondes vers un ordinateur.
- **Puce RFID / NFC** (sous ensemble RFID) : Pour une **utilisation ponctuelle** (transport, par exemple), petit, discret, sans affichage, envoi par onde mais portée limitée), possibilité d'ajouter d'un couplage avec un tag de géolocalisation.

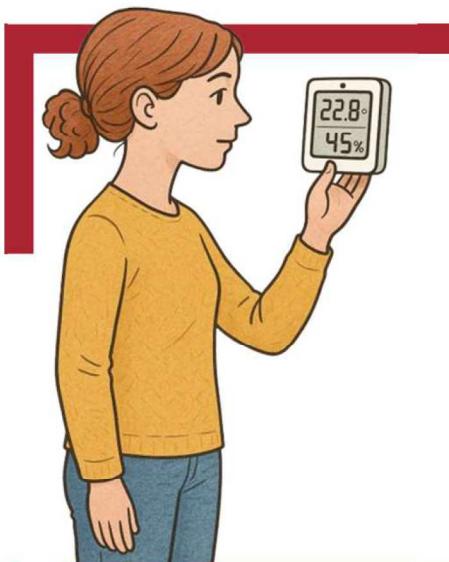


Critères de choix :

- 1) **Besoins / contraintes de l'utilisateur**
- 2) **Fonctionnement de l'appareil**
- 3) **Exploitation des données**



Critères de choix



3) Exploitation des données

Critères suivants valables pour les capteurs-enregistreurs qui doivent être privilégiés aux appareils à mesure ponctuelle (=pas d'exploitation efficace des données).

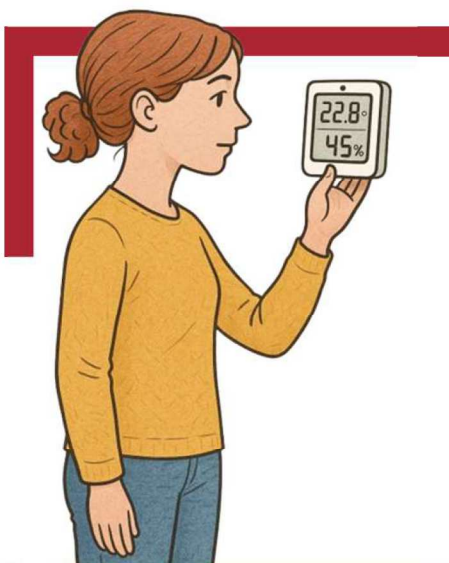
▪ Système de collecte des données

- Filaire (Ethernet)
- Ondes :
 - Basses fréquences (radio, Lo-Ra)
 - Hautes fréquences (Wifi, télécommunication)

La portée des ondes doit être importante pour des capteurs dispersés, pour des bâtiments avec des murs épais ou sources d'interférences (éléments métalliques, etc.)

La visite d'un prestataire est obligatoire pour tester la puissance et ajouter si besoins des relais ou des concentrateurs

Critères de choix



3) Exploitation des données

▪ Système de stockage et accessibilité des données

- **Système indépendant** via un serveur local dédié ou serveur hébergé dans le cas d'une gestion multi-sites sans réseau informatique commun entre les sites
- **Système intégré** au réseau existant

Dans tous les cas, le service informatique doit être associé à la réflexion sur l'étude de faisabilité. La prise en compte des contraintes de l'établissement (sécurité des données, choix du logiciel ou accès via navigateur web, compatibilité avec le système d'exploitation (Windows, Linux), etc.

Critères de choix

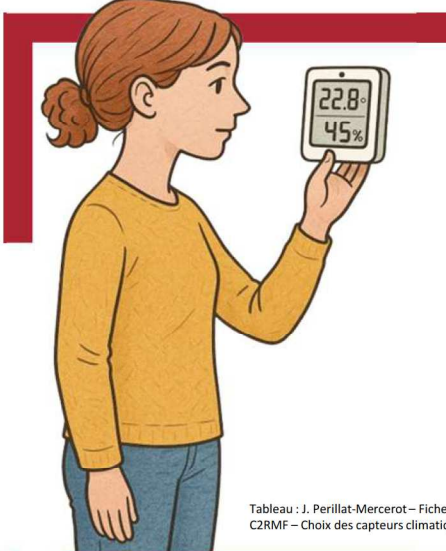


Tableau : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Choix des capteurs climatiques

Annexe – Arbre décisionnel pour le choix d'un système de consultation

Cet arbre permet d'orienter le choix le plus adapté d'un système de gestion climatique, selon les contraintes et l'usage. Cet arbre considère :

- la transmission des données manuelle par branchement du port USB / automatique par fil (Ethernet), par ondes basses fréquences de courte portée BF-CP (Bluetooth, NFC, RFID, etc.), par ondes basses fréquences de longue portée BF-LP (radio, Lo-Ra, etc.) ou par ondes hautes fréquences HF (Wi-Fi, télécommunication 2G à 5G) ;
- la consultation sur serveur local SL ou sur serveur hébergé SH.

1/ Budget d'investissement maximum au départ ?

< 500 euros > 500 euros

2/ Institution s'étalant sur plusieurs sites disposant chacun d'un réseau informatique distinct (absence de serveur commun) ?

Oui Non

3/ Utilisation mobile des capteurs (mise en caisse de transport) ?

Oui Non

(sans lire les données en temps réel) (besoin de lire les données en temps réel) (utilisation en localisation fixe uniquement : salles d'exposition, réserves ou extérieur du bâtiment)

	BF-CP	BF-LP	HF	SL	SH
4/ Absence de connexion internet ou de Wi-Fi (ou interdiction de s'y raccorder) dans l'établissement ? Si oui →	+	+	++	++	⊘
5/ Présence d'interférences (murs épais, site étendu, éloignement des capteurs entre eux) ? Si oui →	+	+	++	+++	++
6/ Consultation des données sur tablettes ou sur smartphone ? Si oui →	⊘	⊘	Si serveur hébergé	Si serveur hébergé	Si serveur hébergé
7/ Nombre de capteurs enregistreurs envisagés	5 max		Possible dès 1 : À privilégier si ≥ 5		


Légende :

- BF-CP : Bluetooth, NFC, RFID
- BF-LP : radio, Lo-Ra
- HF : Wi-Fi, 2G à 5G
- SL : serveur local
- SH : serveur hébergé

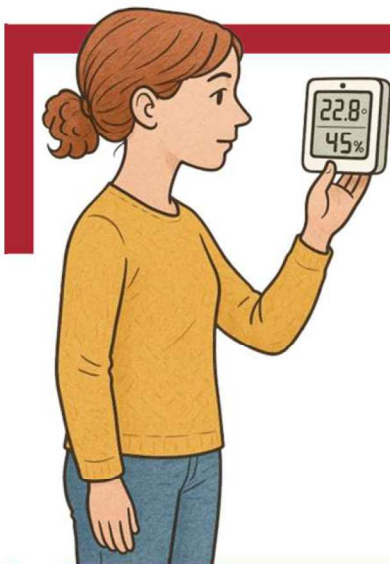
35

Critères de choix :

- 1) **Besoins / contraintes de l'utilisateur**
- 2) **Fonctionnement de l'appareil**
- 3) **Exploitation des données**
- 4) **Que retenir ?**



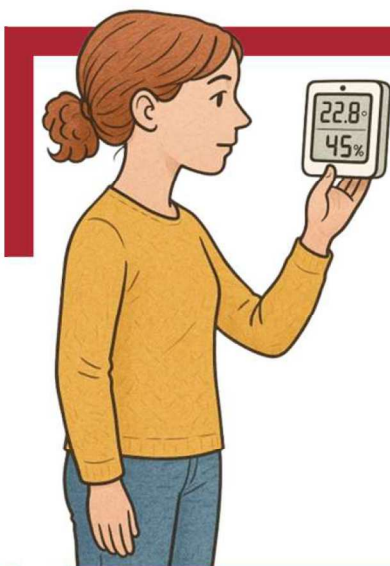
Cirières de choix



4) Que retenir ?

- **L'analyse des données climatiques reposent sur l'acquisition de données fiables, régulières** (les relevés manuels ou thermohygrographes ne sont pas suffisamment fiables). Elle nécessite donc **l'acquisition et l'utilisation de capteurs-enregistreurs**. En fonction des régions l'acquisition peut être en partie **subventionnée par la DRAC** et peut faire l'objet d'un investissement programmé notamment dans le cadre du **Plan de conservation préventive (PCP)**.
- **Le choix des capteurs** et son système d'exploitation doivent être déterminés en fonction des **besoins utilisateurs**, des **faisabilités techniques** et des **ressources de l'établissement**.
- **Mieux vaut peu de capteurs** (priorisation en fonction de la valeur/sensibilité des certains objets / espaces identifiés comme vulnérables) **mais avec des données fiables !**

Pour en savoir plus



Fiches pratiques C2RMF

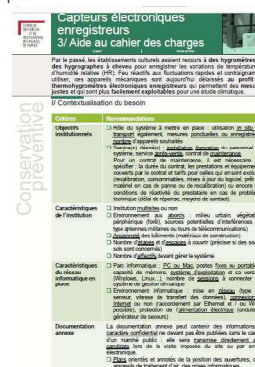
■ Choix des capteurs :

<https://c2rmf.fr/media/document/c2rmffichecapteursclimatiques2choix2023pdf>



■ Cahier des charges :

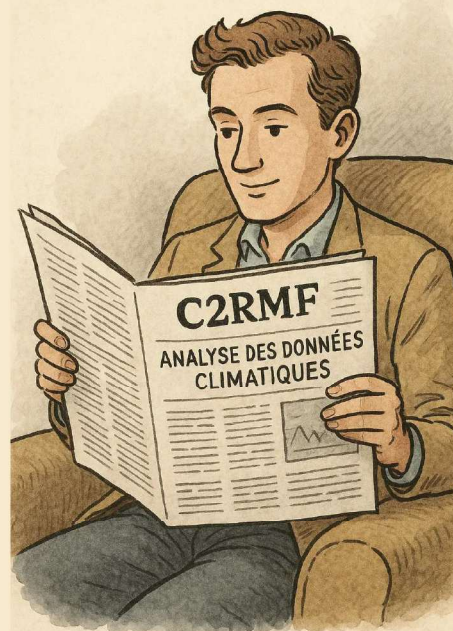
<https://c2rmf.fr/media/document/c2rmffichecapteursclimatiques3cahiercharges2023-1pdf>



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

L'utilisation des capteurs

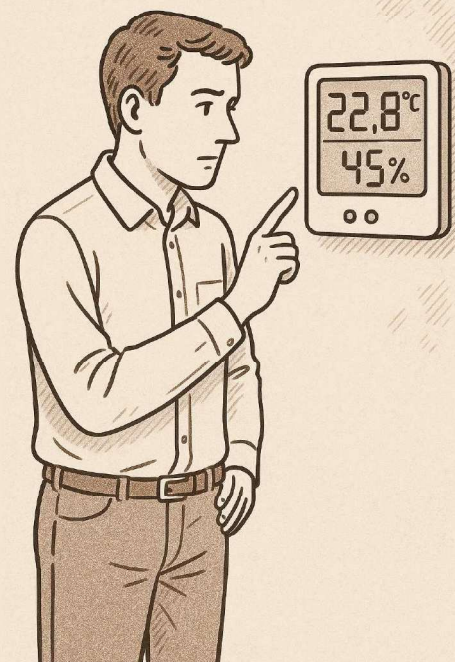
Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT
Chargé d'études documentaires spécialisé
en conservation préventive - C2RMF



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

L'utilisation des capteurs

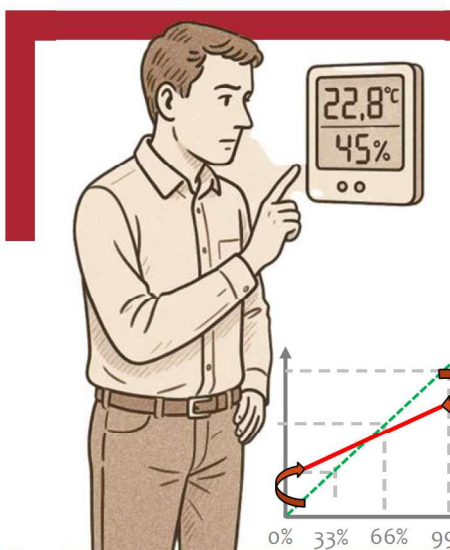
- I. Étalonnage et entretien des capteurs
- II. Paramétrage et mise en place des capteurs
- III. Consultation et récupération des données collectées



Étalonnage et entretien des capteurs

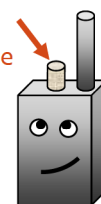


Étalonnage et entretien des capteurs

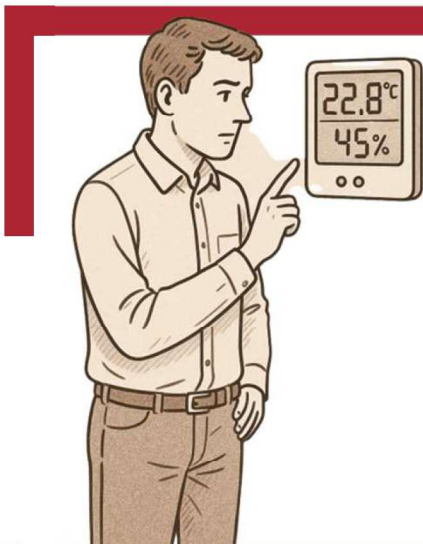


1/ Nécessité du calibrage et de l'ajustage

- La sonde des capteurs renferme une **résistance en platine** sensible à la température et un **corps hygroscopique** réceptif à l'humidité relative ambiante - **polymère hydrophile entre deux électrodes** (sa résistance au courant électrique définit la valeur reçue par le capteur).
- Ces parties se **dilatant / gonflant / rétractant**, elles se **fragilisent** avec le temps ou dans un environnement trop sec ou trop humide, ce qui fait perdre de la **justesse** à la mesure.
- Il s'opère une **dérive de la précision**, avec tendance au **lissage** :
 - en **milieu sec**, les valeurs sont repérées comme **plus humides** que dans la réalité ;
 - en **milieu humide**, les valeurs sont notées comme **plus sèches** que dans la réalité.
- Les mesures **erronées** faussent l'étude, ignorant si les consignes de conservation sont respectées.



Étalonnage et entretien des capteurs

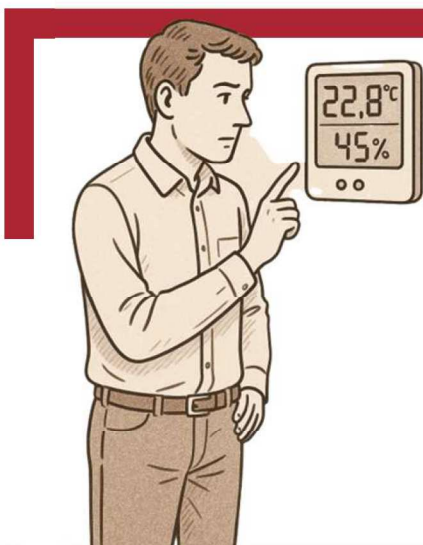


1/ Nécessité du calibrage et de l'ajustage

Trois termes peuvent être distingués :

- « **Étalonnage** » : **comparaison** entre une référence (étalon de référence national) et l'appareil de mesure à tester, **sans intervention** sur l'appareil ; l'étalonnage est une vérification **obligatoire et réglementaire**, imposée par la législation en vue de maintenir les valeurs de mesure prescrites afin de protéger les consommateurs
- « **Calibrage** » : **comparaison** entre un appareil de référence et l'appareil de mesure à tester, **sans intervention** sur l'appareil ; l'étalonnage est donc un calibrage rendu obligatoire pour des raisons de sécurité et pour rendre conforme l'appareil
- « **Ajustage** » : **intervention sur l'appareil** testé et pour lequel la mesure avait dérivé (selon ce qui a été constaté au calibrage), afin de lui permettre de **restituer la valeur exacte qu'il doit mesurer**

Étalonnage et entretien des capteurs

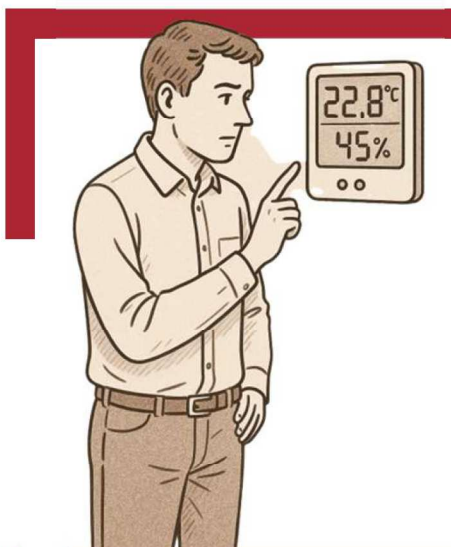


2/ Fréquence et durée du calibrage / ajustage

- La fréquence de calibrage doit être **régulière**, étant **variable** selon le type de capteurs enregistreurs.
 - ← « mécaniques » : ≈ tous les **3 mois**
 - électroniques : ≈ tous les **2-3 ans**
- Pour prioriser les capteurs à calibrer, il est possible de placer la série dans un **carton fermé pendant 48 heures** puis de **comparer la cohérence des courbes** entre elles : les appareils aux valeurs les plus **fluctuantes ou éloignées** des autres seront prioritaires.
- Le calibrage ou l'ajustage s'effectue **souvent chez le fabricant** (ou société certifiée COFRAC) qui dispose d'une étuve pour stabiliser la température : les capteurs sont immobilisés **environ un mois**.
- Il est conseillé de procéder à une **campagne pluriannuelle** de calibration, par lots pour ne pas **déshabiller tout le parc** et pour **faciliter l'exercice budgétaire** en consacrant la même enveloppe chaque année (ex : réviser un tiers du parc tous les trois ans).



Étalonnage et entretien des capteurs

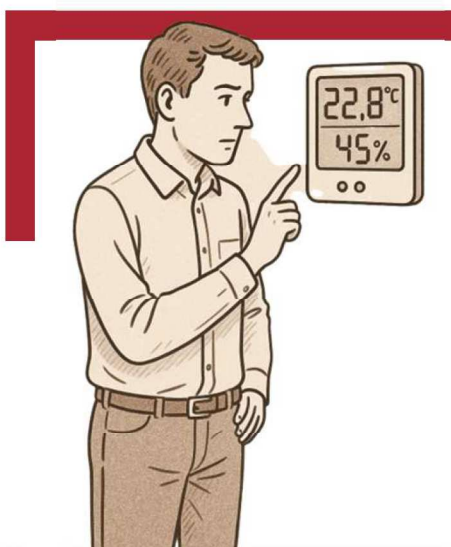


3/ Méthodes de calibrage

- La méthode de calibrage la plus fiable, pratiquée par les fabricants, est celle des « **trois points d'HR** » : le capteur reçoit sur sa sonde **successivement trois solutions salines saturées** (sèche / médiane / humide), chacune pendant environ 1 heure chacune.
- Il est possible de comparer visuellement le capteur avec un **appareil de référence juste** (psychromètre à aspiration, capteur déjà recalibré). Cette technique est **moins précise**, s'effectuant qu'en **un seul point d'HR** (celui du constat).
- Il est **déconseillé** de recourir à la **technique du milieu clos humide** (chambre humide, linge humide essoré autour de la sonde) car elle ne considère qu'**un seul point d'HR, qui plus est extrême**.
- Dans tous les cas, le capteur est **reparamétré** – « **ajusté** » - **informatiquement** pour être conforme.

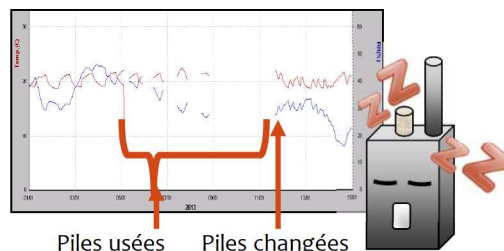


Étalonnage et entretien des capteurs



4/ Entretien des capteurs

- Qu'ils soient mécaniques ou électroniques, les capteurs doivent être **protégés de l'empoussièrement**.
- Chaque année, il est recommandé de **dépoussiérer** la sonde avec un **micro-aspirateur** (ou, pour les appareils mécaniques, les fibres synthétiques avec un pinceau et de l'eau distillée).
- Il est nécessaire de veiller au **niveau de batterie** affiché sur l'écran : plus les batteries approchent leur **limite d'utilisation**, moins la **qualité du signal électrique** sera performant, ce qui nuit à la précision de la mesure.



Paramétrage et mise en place des capteurs



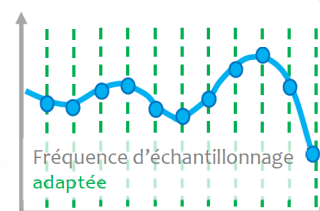
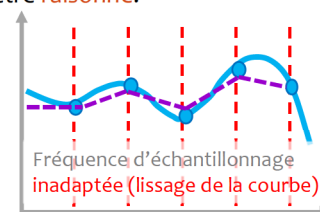
Paramétrage et mise en place des capteurs



- De la même façon, il ne sera pas possible d'étudier des données notées ponctuellement, **une fois le matin et une fois le soir**.
- Deux données quotidiennes ne permettront **pas d'apprécier de façon fiable** les variations climatiques sur 24h.

1/ Programmer les capteurs

- Le capteur doit être **bien adressé** afin que les données soient bien **transmises** vers le concentrateur et/ou le serveur.
- Le choix du pas d'enregistrement doit être **raisonné**.
- Plus les mesures relevées sont **nombreuses et régulières**, plus l'analyse sera **fiable**.
- Il faut éviter un pas trop fréquent pour ne pas **saturer la mémoire** de l'appareil, **fatiguer prématurément les batteries**, ou rallonger le **temps de traitement** des données.
- Il faut trouver un juste équilibre :
 - Adapté** : toutes les **30 ou 60 min**
 - Pas assez** : **2 heures** et plus
 - Trop** : chaque **minute** voire toutes les **10-15 minutes**, sauf dans le cas de tests



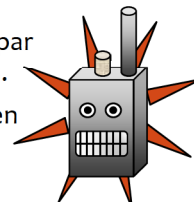
Paramétrage et mise en place des capteurs



- Cette gestion des capteurs (à associer si possible à la régulation du climat) doit être convenue avec le **responsable bâtiment / technique**.
- Il est également bienvenu d'associer les **agents de surveillance** à ce suivi des alertes.

1/ Programmer les capteurs

- Des **alertes** - envoyées sur l'**interface du logiciel**, par **SMS** ou par **courriel** - peuvent être programmées.
- Elles peuvent vérifier les conditions climatiques en s'assurant que les **seuils thermo-hygrométriques** préétablis ne sont pas **franchis**.
- Elles peuvent contrôler le **système** : **coupures de la transmission** des données, **panne** de matériel, **niveau de batterie** (même si les alarmes de batterie sont généralement peu fiables), etc.
- Il faut toutefois demeurer **pragmatique** :
 - les seuils climatiques doivent être **assez larges** pour éviter que l'alarme ne se déclenche trop fréquemment, uniquement en situation critique, et ne pas importuner le gestionnaire ;
 - des alarmes **climatiques** peuvent **se limiter à certains espaces** abritant des collections très sensibles ;
 - les alarmes **techniques** doivent être **systématisées**.

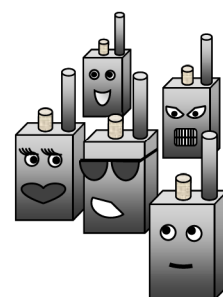


Paramétrage et mise en place des capteurs

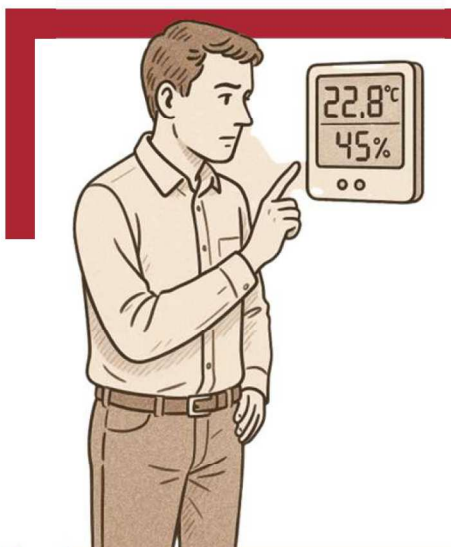
- Il est préférable de disposer d'un système de capteurs **indépendant** des sondes intégrées aux unités de traitement d'air UTA (sondes par ailleurs rarement étalonnées).
- Cela permet à l'institution d'être **autonome** sur le suivi des données et d'assurer le **contrôle du bon fonctionnement de ces UTA**, sans se reposer uniquement sur les retours du prestataire en charge de la gestion climatique.

2/ Répartir les capteurs

- La **répartition** des capteurs climatiques dans les espaces doit être **équilibrée** :
un **trop grand nombre** de capteurs se traduira par un **traitement chronophage** des données climatiques et par une **gestion onéreuse** du parc de capteurs (entretien, étalonnage).
- Le **juste nombre** de capteurs à acquérir dépend :
 - du parc d'appareils **déjà disponible**,
 - de la **configuration** du bâtiment (nombre d'étages, orientation cardinale, murs en contact avec l'extérieur...),
 - du **contexte d'utilisation** (réserve, exposition perm. ou temp.),
 - des **collections** (sensibilité, valeur patrimoniale ou financière),
 - et des **désordres climatiques** déjà constatés.
- Il faut s'assurer que la **plupart des zones climatiques** de l'institution soit **couverte** : au moins **un capteur par étage** contenant des collections patrimoniales, un capteur pour une **série d'espaces** présentant les **mêmes conditions climatiques**.



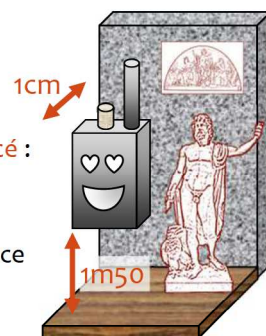
Paramétrage et mise en place des capteurs



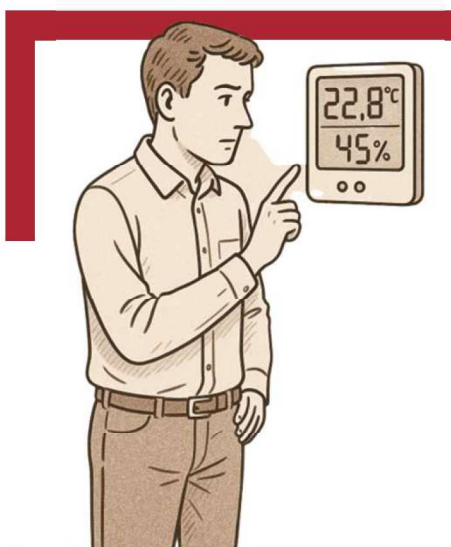
3/ Positionner les capteurs

Dans un espace, le capteur doit être **bien placé** :

- Le plus **au centre** de l'espace pour une tendance homogène et représentative ;
à côté d'une œuvre spécifique pour savoir ce qu'elle subit en particulier ;
- Décalé d'**1 cm de la paroi** pour ne pas mesurer la température du mur ou subir de la condensation ;
- À **hauteur d'homme, entre 1m20 et 1m50** : cela correspond à la zone où l'air est le plus mobile, permettant un meilleur **brassage** de l'air et un **flux régulier** vers la sonde ;
- À un **endroit accessible** par le personnel ;
- À **l'extérieur**, la sonde du capteur doit être protégée par un **petit toit** (contre l'ensoleillement direct, les intempéries ou les déjections de volatiles), **sans être totalement enfermée** pour le passage d'air.



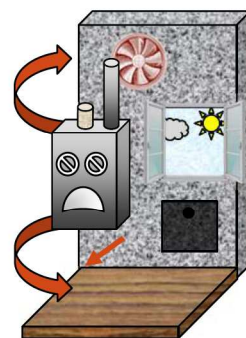
Paramétrage et mise en place des capteurs



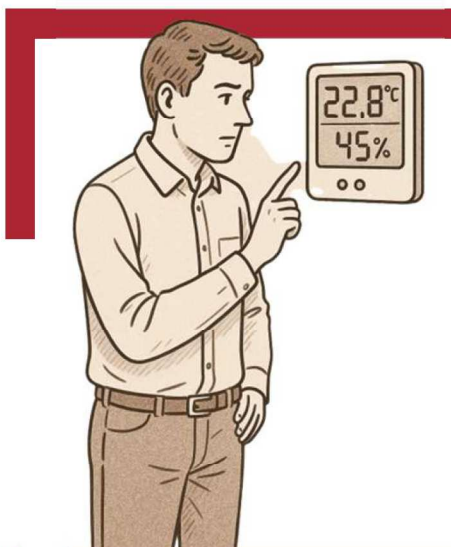
3/ Positionner les capteurs

A contrario, il faut **éviter** :

- Sur un **mur donnant sur l'extérieur** ou **à côté d'une fenêtre** (mauvaise isolation, ensoleillement sur le capteur...) ;
- Dans un **recoin** (où l'air est mal brassé) ;
- Trop **en hauteur** (stratification thermique) ou **sur le sol** (brassage d'air réduit, souvent trop froid) ;
- Dans la **trajectoire d'un appareil de régulation** du climat (grilles de soufflage d'air, VMC, radiateur, (dés-)humidificateur, ACL...) ;
- Dissimulé dans un **placard technique** (ne pouvant pas être représentatif de l'espace) ;
- À la **portée du visiteur** (risque de vol ou de dégradation) ;
- Zones de **travaux** ou d'**activités salissantes** (projections d'aérosols, d'eau ou de poussières, altérant ses performances).

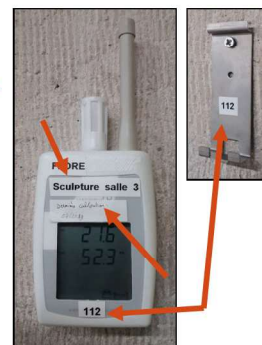
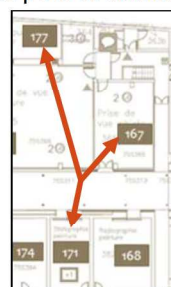


Paramétrage et mise en place des capteurs



3/ Positionner les capteurs

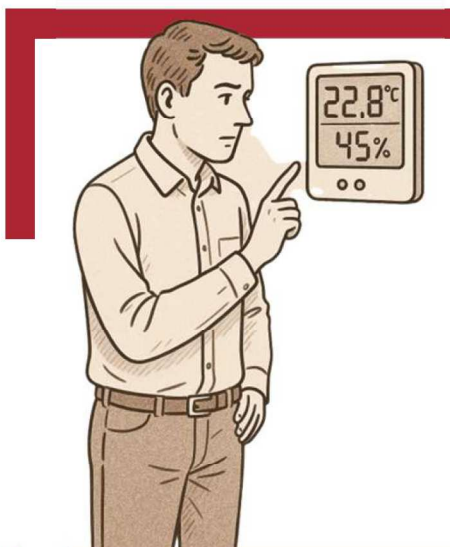
- Chaque capteur doit être identifié par **un nom ou un numéro**. Cette information peut être reportée sur la **patte de fixation**.
- Une **cartographie d'implantation des capteurs** doit être dressée pour localiser les capteurs.
- Lors de l'interprétation des données, la cartographie peut accompagner l'étude afin d'établir une **corrélation entre les désordres constatés et le contexte**.



Consultation et récupération des données collectées

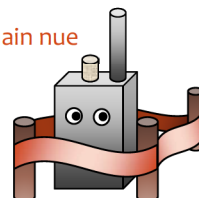


Consultation et récupération des données collectées

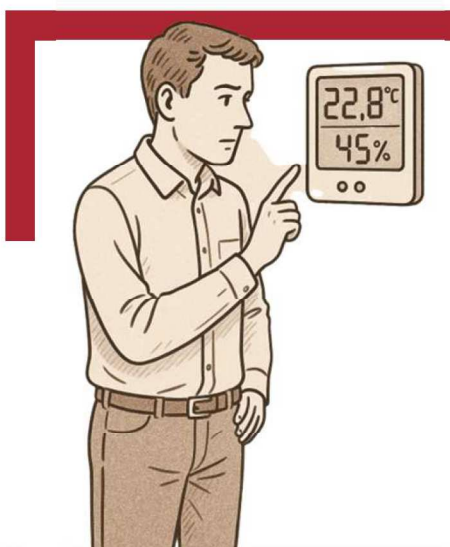


1/ Initialisation et vérification de la prise de mesures

- Une fois placée, il ne faut **pas toucher la sonde à main nue** au risque de nuire à son fonctionnement par la formation d'une **pellicule limitant l'entrée d'air** à analyser (dépôt graisseux, poussière, salissure...).
- De **jamais lire les données aussitôt** un appareil venant d'être allumé ou venant d'être déplacé car il affichera d'abord les **valeurs à l'intérieur** du boîtier. Il lui faut **quelques minutes** pour capter l'air : **l'agiter** légèrement pendant 2 minutes permet de forcer la pénétration d'air.
- Les données doivent être **consultées régulièrement** (hebdomadairement *a minima*, quotidiennement idéalement) :
 - directement sur l'écran d'affichage** du capteur, favorisant une **surveillance en temps réel** et d'être **réactif en cas d'incident**,
 - et/ou **indirectement sur un écran de terminal** qui enregistre les données climatiques, permettant de **connaître les variations climatiques** ou de **comparer les conditions** de différents espaces.



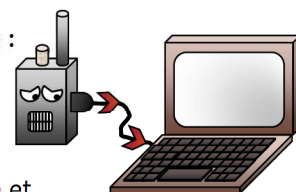
Consultation et récupération des données collectées



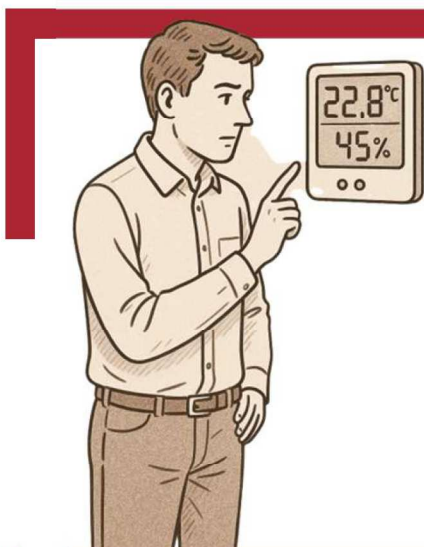
2/ Captation et récupération des données

Pour les capteurs à **transmission manuelle** :

- Les données sont récupérées par **branchement filaire (port USB)** vers un ordinateur.
- Cette opération peut être **chronophage** et **contraignante** selon l'ampleur du parc (branchement individuel).
- Elle peut s'effectuer :
 - idéalement chaque fin de semaine** pour agir **rapidement en cas d'incident ou de panne** et plus pragmatiquement chaque mois ;
 - une fois par trimestre ou semestre** peut suffire pour établir un **bilan climatique** saisonnier ou annuel.
- Le déchargement est l'occasion de **vérifier l'état de la mémoire** : saturée, le capteur s'arrêtera d'enregistrer.



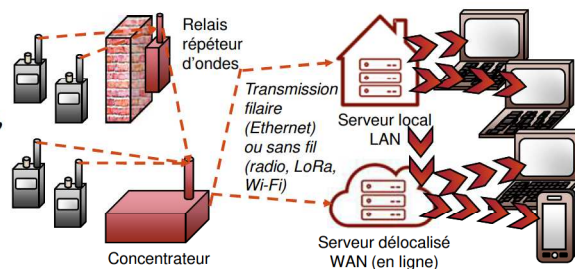
Consultation et récupération des données collectées



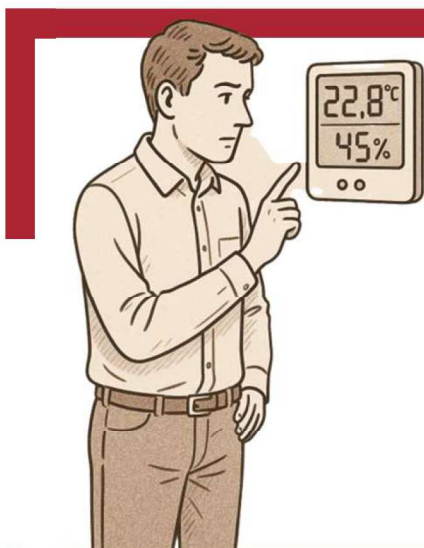
2/ Captation et récupération des données

Pour les données des capteurs à **transmission automatique** :

- Les données sont relayées en temps réel directement par câble **Ethernet** ou par **ondes** - soit **basses fréquences pour une longue portée** (ex : radio, LoRa), soit **hautes fréquences sollicitant la bande passante** (ex : Wi-Fi, télécommunications 2G à 5G).
- Elles sont envoyées vers un **concentrateur**, puis vers un **serveur local ou délocalisé (Cloud)**.

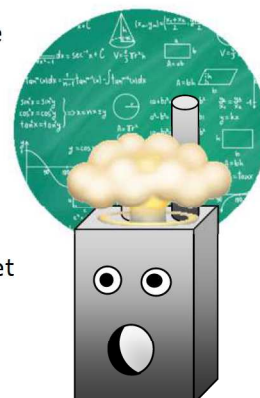


Consultation et récupération des données collectées



2/ Captation et récupération des données

- La plupart des **logiciels** retranscrivent directement les données sous la forme de **quelques valeurs statistiques** (moyenne, minima et maxima généralement) et de **graphiques**.
- Il est souhaitable qu'elles puissent être exportées sous la forme d'un **tableur numérique** (xls, csv ou txt) de façon à pouvoir travailler sur les **données brutes** et réaliser des **études complémentaires** soi-même.
- Les données doivent être **archivées** : identifiées, classées et sauvegardées.



Conclusion



Fiche C2RMF
« Capteurs
électroniques
enregistreurs »
1/ Fonctionnement
&
4/ Utilisation

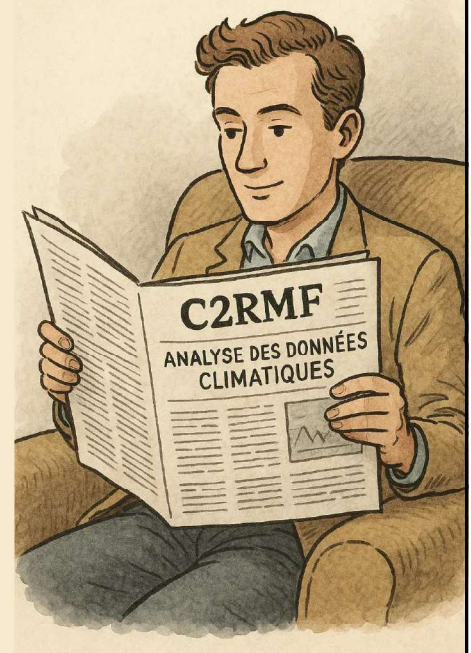
Auteur : Jocelyn Périllat-
Mercerot (2023)

<https://c2rmf.fr/le-climat>



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention





Webinaire

« Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025
C2RMF - Paris

**Acquisitions de mesures climatiques fiables
Retour d'expériences et études de cas**

Bibracte, centre de conservation et d'étude - SRA Bourgogne-Franche-Comté
Mission externalisée de collecte et de suivi des mesures climatiques dans les réserves

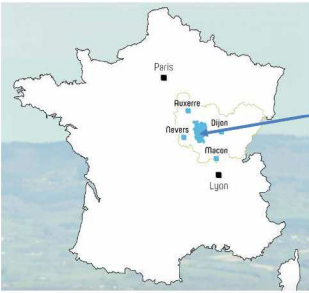


Christine RIQUIER-BOUCLET




1


Présentation du CCE de Bibracte



Glux-en-Glenne (58)
Parc du Morvan



Bibracte
Site
Musée
Centre archéologique



2

Présentation du CCE de Bibracte

Mise en service en 2012



Centre archéologique européen

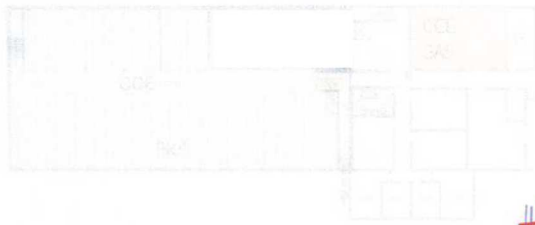


Présentation du CCE de Bibracte



PLAN EN REZ-DE-CHAUSSÉE

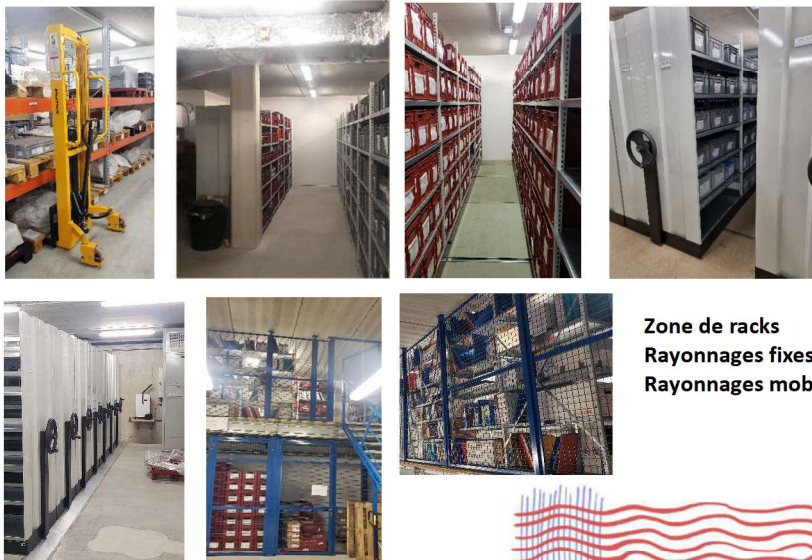
Espaces du CCE en rez-de-chaussée



- Bureau : 15 m²
- SAS : réception des BAM/ quarantaine : 85 m²
- SAS mezzanine pour la documentation : 36m²
- Nef réserve générale : 700 m²
- Métal, salle sèche : 105 m²

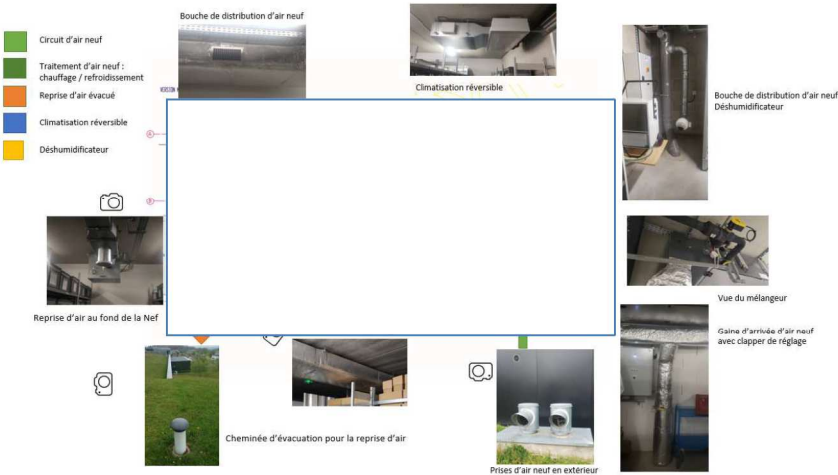


Présentation du CCE de Bibracte



Zone de racks
Rayonnages fixes
Rayonnages mobiles

Les équipements de traitement du climat



Risque Radon du sous-sol de Bibracte

Risque Radon : gaz radioactif naturel inodore exposition cancérigène à limiter

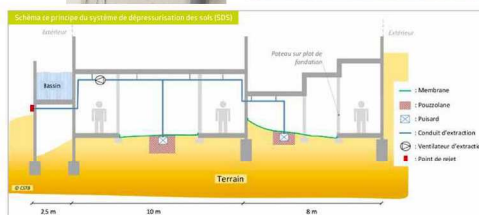
Mesures structurelles pour abaisser le taux à $< 300 \text{ Bq/m}^3$ mesuré en permanence

La concentration importante a justifié de gros travaux de remédiation comme au musée.



Puisards avec extraction
et ventilation du sous-sol

**Augmentation du taux de
renouvellement d'air**



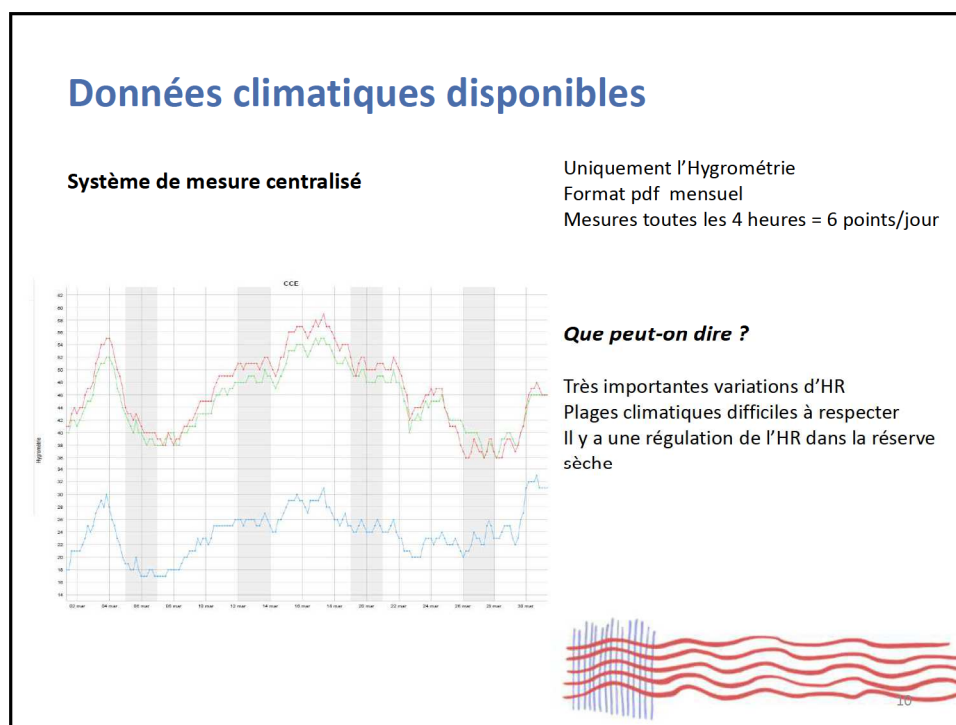
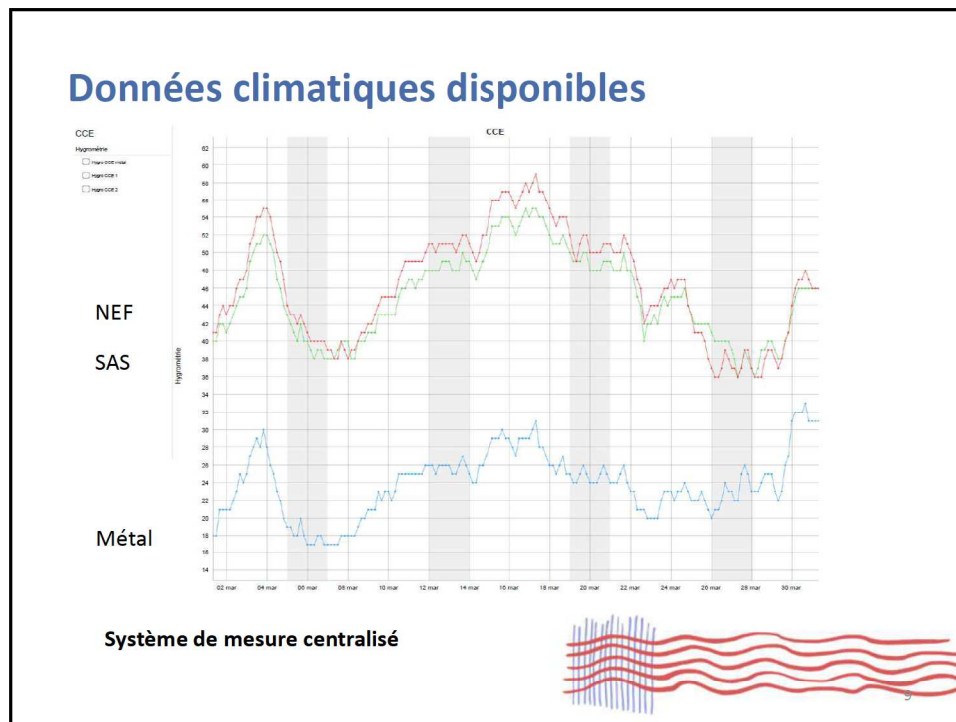
Contexte de l'intervention

Problématique

- Constat d'un climat avec de fortes variations d'humidité relative
- Humidité relative trop importante une partie de l'année
- Difficulté à stabiliser le climat dans la réserve sèche
- Problème de climat dans la réserve de la documentation archéologique
- Manque d'une réserve à climat contrôlé dite « humide » ou « stable » pour les matériaux organiques et les objets restaurés

Violaine Bresson, Conservatrice du patrimoine,
Responsable de la gestion et de la valorisation des DSA, SRA BFC
Florence Denaire, régisseuse du CCE, EPCC Bibracte





Données climatiques disponibles



Uniquement l'Hygrométrie
Format pdf mensuel
Mesures toutes les 4 heures : 6/jour

Que peut-on dire ?

Très importantes variations d'HR
Plages climatiques difficiles à respecter
Il y a une régulation de l'HR dans la réserve sèche

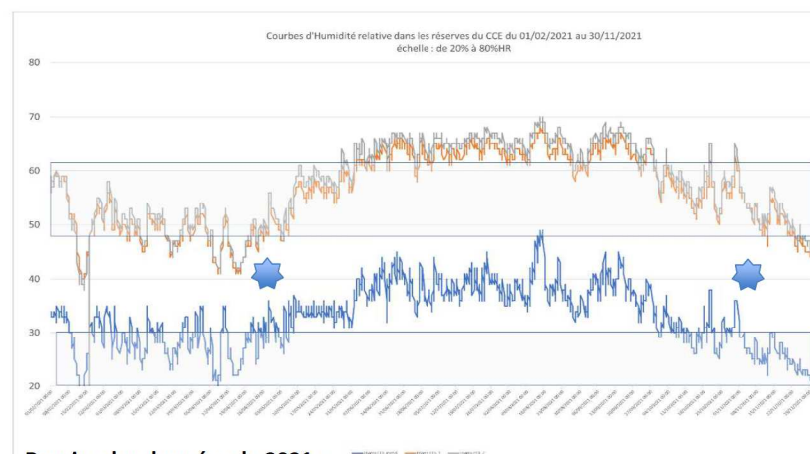
Il manque

Température
Mesures plus rapprochées
Période d'enregistrement plus longue
Référence : climat extérieur
Format données ouvert : csv ou Excel



11

Données climatiques disponibles



Reprise des données de 2021 :

- Sur Excel
- de février à novembre : 10 mois

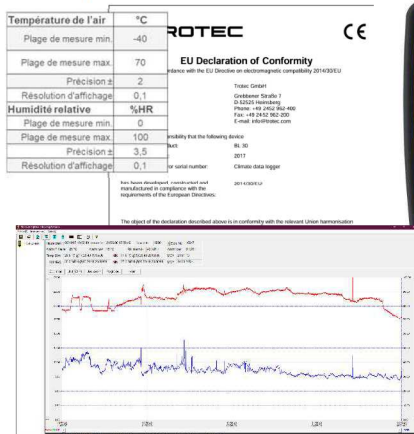


12

Campagne de mesure : les outils de mesure

Dès le mois de novembre 2021 l'équipe du CCE a mis en place des enregistrements

Capteur : Trotec BL30



Critères de choix

- Précision des mesures + fonctions
- Robustesse
- Prix
- Livré avec câble + logiciel + housse + support
- Simplicité de l'interface + export Excel
- Facilité de trouver une pile

Contraintes

- Affichage T°C ou %HR
- Déchargement via USB
- Esthétique : pas en vitrine !
- Taille (?) : 94 x 50 x 32 mm

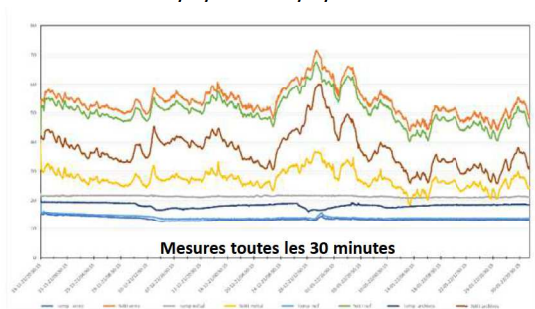


64,99 euros TTC (24/09/2025) Trotec.com

Campagne de mesure : résultats

Dès le mois de novembre 2021 l'équipe du CCE a mis en place des enregistrements complémentaires

16/11/2021 au 30/01/2022

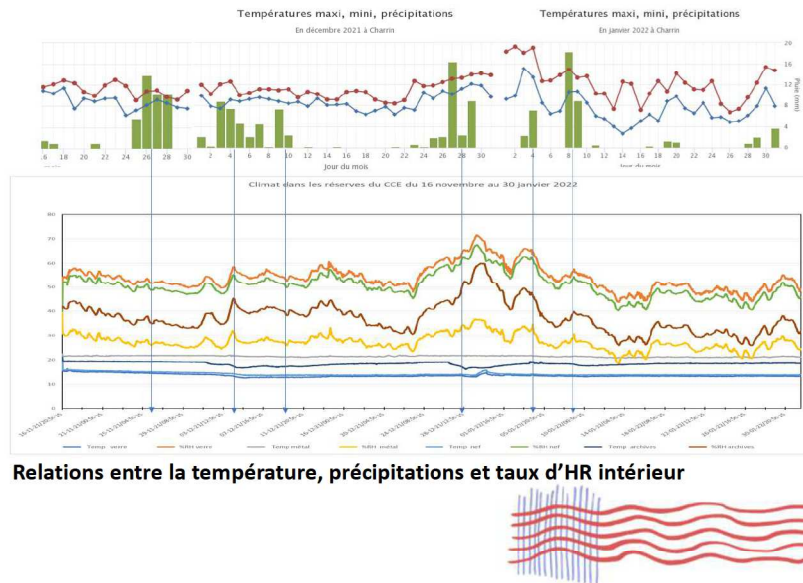


Constat :

Températures assez stables

Réserves	Plages de températures de 95 % des données	
Nef (compactus)	12,9	15,3
Nef (verre)	12,3	14,8
SAS	17,1	20,1
Salle sèche	20,8	22,0

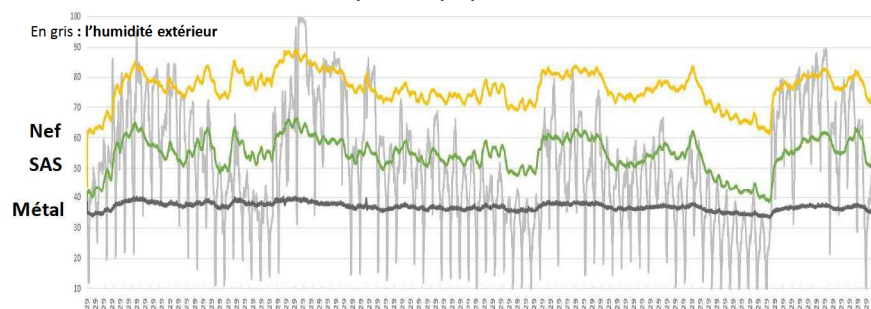
Compléments de la mesure : climat extérieur



Compléments de la mesure : climat extérieur

La ventilation (CTA) est arrêtée
Mise en place d'un capteur extérieur

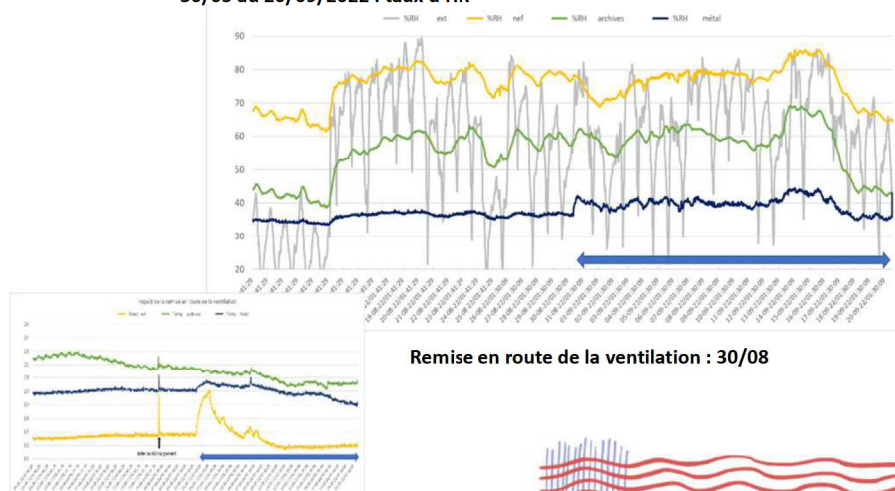
30/05 au 24/08/2022 : Taux d'HR



L'HR est moins fluctuante
Le déshumidificateur régule bien l'HR
MAIS le taux de Radon est trop élevé

Compléments de la mesure : noter les dates

30/05 au 20/09/2022 : taux d'HR



Remise en route de la ventilation : 30/08



17

Premières conclusions

- Apport d'air neuf trop important et trop humide
- La température est relativement bien maîtrisée
- Le climat de la Nef est donc difficilement contrôlable
- Création d'une réserve stable pour la conservation des BAM sensibles non métalliques
- Le climat de la réserve métal est maîtrisé grâce au déshumidificateur + chauffage, il faut baisser le taux d'apport d'air extérieur pour mieux maîtriser le climat
- Le taux de Radon (à surveiller) impose un taux de renouvellement de l'air à ajuster car il influence la maîtrise du climat
- **Mise en place d'un journal** pour noter
 - Le taux de Radon
 - Les températures et l'HR
 - Les événements particuliers : pannes, chauffage etc.



18

Compléments de la mesure : débit d'air neuf



Mesures dans la nef et la salle sèche

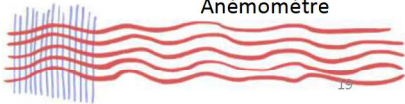


Caractéristiques salle métal	Données chiffrées
Surface	105 m²
Volume	273 m³
Volume maximum du taux de renouvellement : 0,03 v/h	8,19 m³/h
Mesures	68 m³/h



Anémomètre

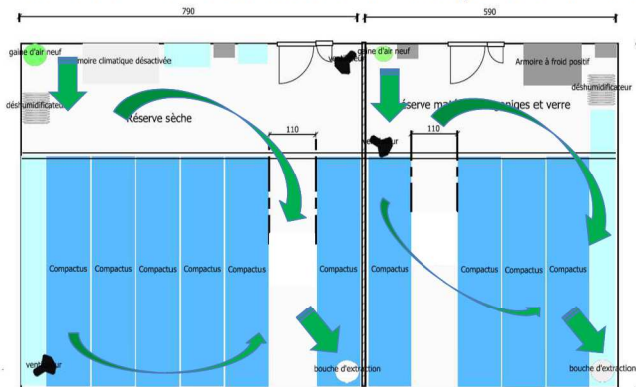
Caractéristiques	Salle sèche	Salle Stable
Surface	60 m²	45 m²
Volume	156 m³	117 m³
Volume maximum du taux de renouvellement : 0,03 v/h	4,68 m³/h	3,51 m³/h
Débit moyen inchangé (caractéristiques machine)	1,9 m/s	1,9 m/s
Diamètre à prévoir pour la bouche d'air neuf	3 cm	2,5 cm



19

Suites de l'étude : création d'une réserve stable

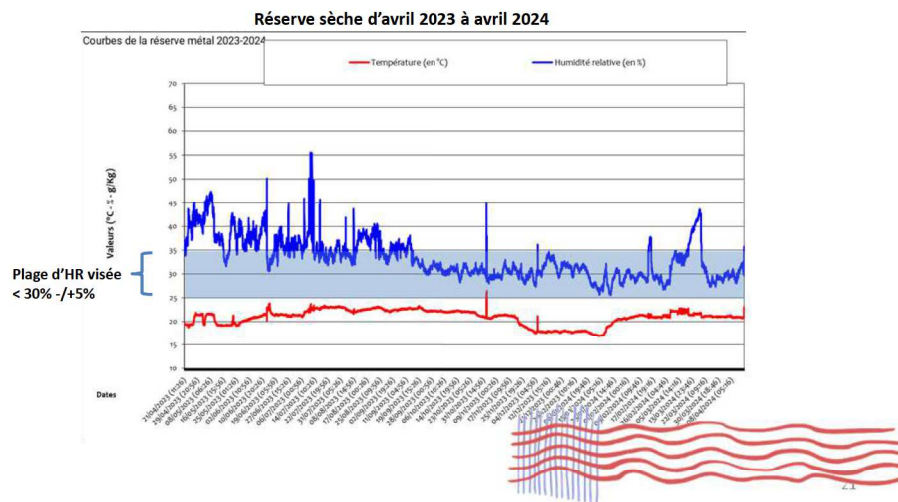
Division de la réserve métal de 107 m² et 2 espaces : 60 m² et 45m²



20

Suites de l'étude : le « journal »

Les courbes donnent des informations mais pour les interpréter il manque une **contextualisation**



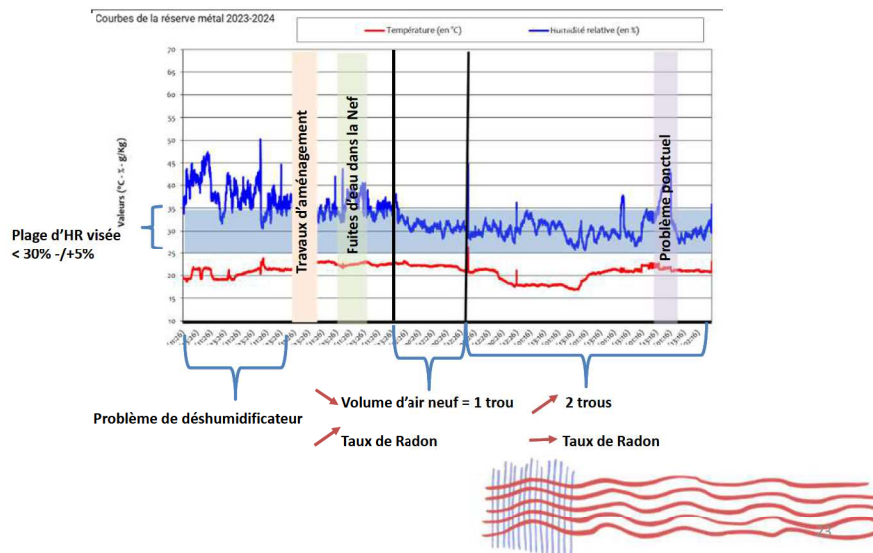
Suites de l'étude : le « journal »

Mise en place du journal en 2023 lors de l'arrivée sur le site de Florence Denaire en cogestion CCE et EPCC Bibracte

[illegible]

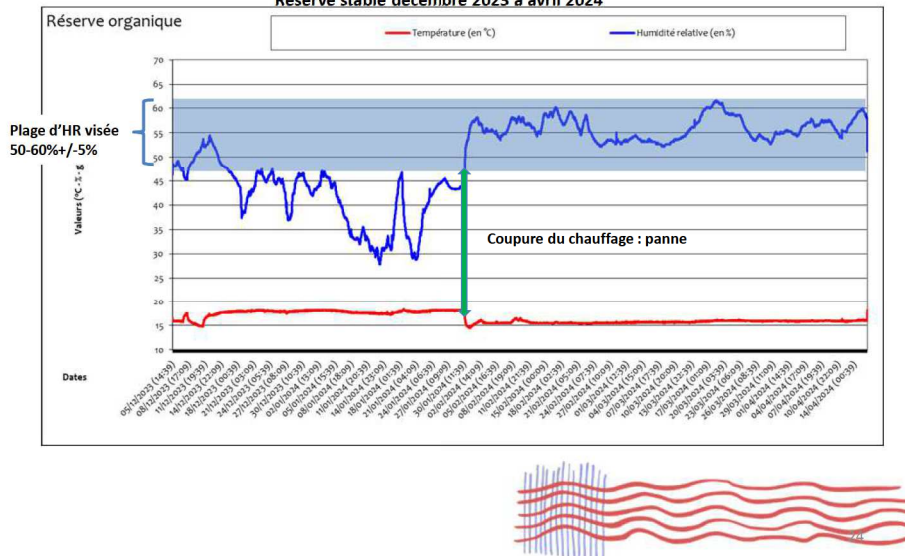
Suites de l'étude : le « journal »

Réserve sèche d'avril 2023 à avril 2024



Suites de l'étude : le « journal »

Réserve stable décembre 2023 à avril 2024



Conclusion

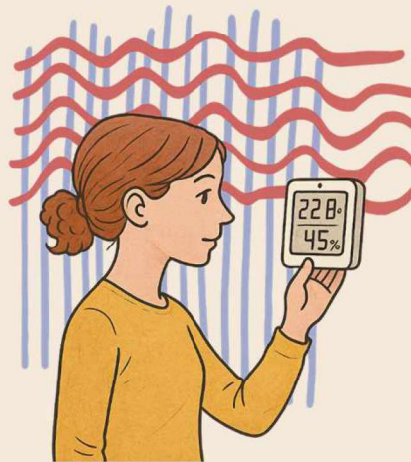
Acquisitions de mesures climatiques fiables

- Un appareillage adapté qui enregistre les données
- Faire des mesures d'Humidité relative ET de température
- Respecter un écart entre les mesures à 30 minutes ou 1 heure
- Disposer de données sur une durée assez longue pour repérer les saisonnalités

Pour suivre et comprendre les mesures enregistrées : « le journal »

Il est intéressant de tenir un journal pour


- faire le lien entre les mesures et les événements de terrain
- Intégrer d'autres facteurs qui peuvent
 - Expliquer ou influencer les mesures (ex : climat extérieur)
 - Conditionner les réglages des appareils pour atteindre les plages climatiques de conservation (ex : radon)



Merci de votre attention

26

"Le choix d'un système de suivi climatique en LoraWam pour les établissements patrimoniaux marseillais".



Webinaire "Exploitation des données climatiques"

2 et 3 octobre 2025 - C2RMF - Paris



Valérie Luquet, responsable des réserves des musées de Marseille et de la conservation préventive
Clément Teyssie, chef de Projet Études et Développement des Systèmes d'Information, DSI Ville de Marseille

Les réserves du Service des Collections



10 000 m² répartis sur 2 sites

Le site de la **Belle-de-Mai** : 6000 m² Le site de **Gay Lussac** : 4000 m²



- Regroupe les fonds de 9 musées de France
- 100 000 notices sur la base de données de gestion de l'inventaire
- 26 magasins sur le site de la Belle de Mai et 5 sur le site de Gay-Lussac



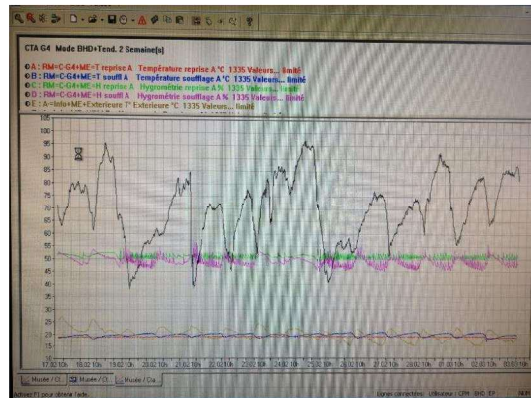
Site	Surface (m ²)	Pourcentage
Belle-de-Mai	6000	60%
Gay Lussac	4000	19%
Exposés	-	10%
Autre	-	10%

Le suivi climatique avant l'installation du nouveau système

Surveillance via des thermo-
hygromètres à cheveux installés
dans chaque magasin.



Surveillance via les données de la GTC du système de climatisation



2022 : projet d'installation un système de suivi climatique à distance

Un projet lancé en commun par le service des collections des musées, le muséum et
les services informatiques de la Ville de Marseille

- Fin 2022, début 2023 phase de tests d'un système de suivi climatique en LoraWarm sur différents sites (Réserves de la Belle de Mai, réserves de Gay-Lussac, Centre de la Ville Charité)
- 2023 plusieurs réunions pour définir des objectifs :
 - **Une conservation et une protection optimales des items patrimoniaux** : le système visé doit permettre de suivre les conditions climatiques de conservation des œuvres et d'alerter en temps réel (tableau de bord, mail, SMS) en cas de situation mettant en danger les œuvres et objets conservés afin d'assurer une intervention rapide ;
 - **Un gain d'efficacité** : permettre aux agents en charge de la conservation de visualiser sur une même interface toutes les informations relatives aux conditions de conservation des œuvres sous leur responsabilité afin de réagir au plus vite en cas d'anomalie ou d'étudier les évolutions des conditions climatiques des magasins et salles d'exposition afin d'améliorer les conditions de conservation si nécessaire ;
 - **Répondre aux exigences des prêteurs** : permettre la transmission d'informations sur les conditions climatiques de leurs œuvres aux prêteurs (grands musées et collectionneurs nationaux ou internationaux) et leurs assureurs ;
 - **Une uniformisation des outils** : mettre en œuvre le même système dans l'ensemble des institutions patrimoniales marseillaises pour faciliter la gestion et la maintenance du dispositif, même s'il est adapté selon les besoins spécifiques à chaque salle/magasin.
 - **Un système personnalisable et simple d'utilisation** : le système mis en place doit permettre à chaque utilisateur de personnaliser son tableau de bord en fonction de ses besoins de façon simple et intuitive ;
 - **Un socle évolutif et interopérable** : le système mis en œuvre doit être évolutif pour permettre d'élargir le périmètre des salles/établissements contrôlés, d'ajouter/ repositionner des capteurs, prendre en charges d'autres types de capteurs qui pourraient être nécessaires pour la conservation d'items particuliers. Le système devra aussi être interopérable pour permettre la réutilisation des données ou leur intégration au sein d'un hyperviseur pour augmenter la valeur apportée par le dispositif ;
 - **Un système aux fonctions élargies** : le système doit permettre non seulement d'assurer des fonctions de suivi climatiques et de qualité de l'air mais aussi si nécessaire d'intégrer des fonctions de protection rapprochée des œuvres ou de contrôle d'accès ;
 - **Des économies d'énergie** : couplé aux travaux en cours de remplacement des systèmes de climatisation/chauffage, le système visé permettra d'ajuster au mieux les consignes de climatisation/chauffage pour utiliser l'énergie strictement nécessaire au sein de bâtiments historiques très énergivores ;
 - **Un système pérennisé** dans sa maintenance

Choix de la connectivité LoRa : pourquoi une solution connectée ?

Pour répondre au besoin :

- Visualisation des métriques à distance
- Fonctionnalité d'alerte pour réagir rapidement en cas de problèmes
- Enregistrement et historisation des données pour permettre de faire des analyses, justifier de la maîtrise des conditions de conservations

→ **Choix d'une solution connectée**



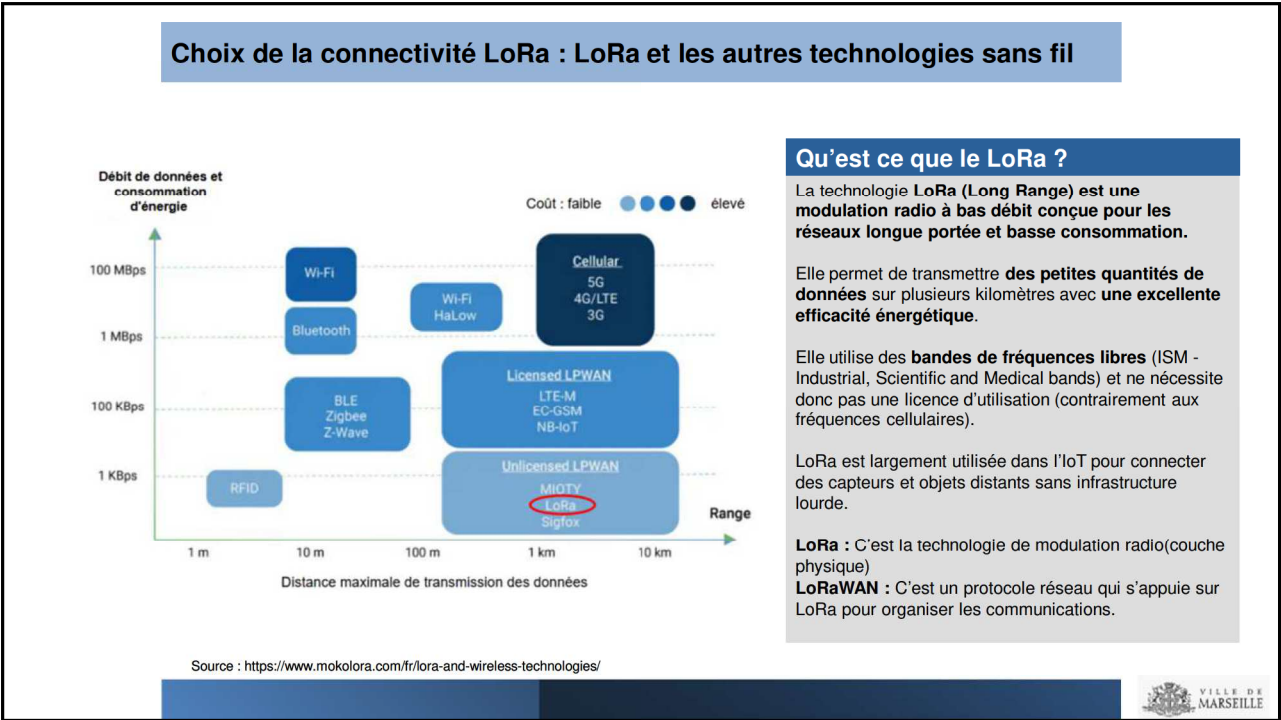
Choix de la connectivité LoRa : pourquoi une connectivité sans fil ?

Pour répondre aux contraintes d'installation :

- Besoin d'un mode de connectivité limitant les besoins en travaux de câblages
 - Bâtiments anciens (certains sont classés, présence potentielle d'amiante...)
 - Salles contenant des objets fragiles et/ou difficilement mobiles
 - Dans les salles d'exposition, nécessité de limiter l'indisponibilité des salles
- Besoin de pouvoir facilement modifier la disposition des capteurs
 - Évolution de la disposition des salles d'exposition ou des magasins
 - Évolution des besoins de mesures

→ **Choix d'une connectivité sans fil**





Choix de la connectivité LoRa : Avantages du LoRa			
Longue portée (jusqu'à 15-20 km en zone rurale) et forte pénétration	Très faible consommation d'énergie	Bon compromis coût/efficacité (infrastructures simples, modules peu coûteux)	Utilisation d'une bande libre
Répond aux contraintes des sites historiques (murs épais ...) et des magasins de réserve (densité de mobilier, densité d'objets ...)	Autonomie des capteurs de plusieurs années sur batterie/piles (il n'est donc pas nécessaire de disposer d'une alimentation électrique sur secteur)	Déploiement simple et rapide	Possibilité de déployer un réseau privé sans payer de licence d'utilisation ou d'abonnement à un opérateur télécom

Fonctionnalités des capteurs

Types de capteurs souhaités :

- Capteur de température et d'humidité ;
- Capteur de température et d'humidité avec sonde déportée pour congélateur ;
- Station météo d'extérieur ;
- Détecteur inondation ;
- Capteur de CO2 ;
- Capteur de polluants (COV) ;
- Capteur de lumière ;
- Capteur UV ;
- Détecteur de mouvements,
- Détecteur de choc et vibrations
- Détecteur d'ouverture de portes (ou de vitrines) ;
- Comptage de personne ;
- Poste de Travailleur Isolé (PTI)
- ...

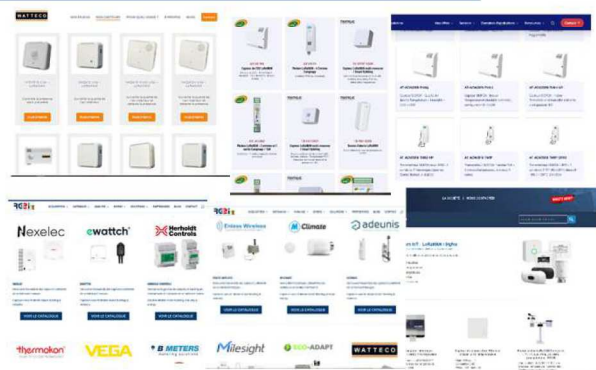
Choix de la connectivité LoRa : Avantages du LoRa

Large écosystème et standard ouvert (LoRaWAN)

Large écosystème et standard ouvert (LoRaWAN) → Le protocole LoRaWAN est aujourd'hui largement utilisé pour la télémétrie et il y a donc une large variété de capteurs, de fournisseurs et de cas d'usages adressés

→ **pour le service des musées** : large choix de capteurs, de fournisseurs et de cas d'usages adressables

→ **pour la collectivité** : possibilité de mutualisation avec un seul réseau pour adresser la plupart des cas d'usages du territoire intelligent (éclairage, arrosage, comptage, qualité de l'air, maîtrise énergétique, gestion des risques, gestions des déchets...)



SMART BUILDING

Améliorez l'efficacité énergétique et le confort des bâtiments avec nos capteurs pour la gestion de la température, la qualité de l'air et la détection d'ouverture/fermeture.



SMART CITY

Contribuez à des villes plus intelligentes et durables avec nos capteurs pour la surveillance environnementale, la gestion des déchets et l'éclairage public.



SMART ENERGY

Surveillez et contrôlez la consommation d'énergie avec nos capteurs pour la télémétrie de compteurs et le pilotage de radiateurs.

Choix de la connectivité LoRa : limitations du LoRa

Débit limité (quelques kbit/s)

Adapté pour des mesures simple mais pas pour des flux de données riches tels que l'audio et la vidéo

Une mesure toutes les 10 min dans notre cas pour être en accord avec la réglementation tout en gardant la possibilité de réagir rapidement en cas d'alerte.

Latence élevée et limitation réglementaire du nombre de message par jour

Car la bande est libre et partagée : peu adapté aux applications temps réel

Sensible aux interférences radio et au partage du spectre

Car la bande est libre et partagée

Installation de passerelles intérieures au sein des sites pour minimiser le risque + redondance

Description du projet

Suivi des conditions de conservation et protection rapprochée

- Le suivi de la **température**, de l'**hygrométrie relative** et de la **luminosité**
- Le suivi des taux de **polluants, CO2**
- La détection d'**inondation**
- La **détection de mouvement** pour la protection rapprochée des œuvres
- Tout autre suivi/détection nécessaire dans le cadre de la conservation/protection rapprochée

Solution à mettre en oeuvre

- **Matériels, capteurs et sondes** adaptés aux besoins
- **Service réseau** permettant la collecte des informations de capteurs
- **Logiciels et/ou interfaces de supervision** pour les services de conservation avec système d'alerte en temps réel
- Services associés en terme d'**installation, de maintenance, de support et de formation**

Achat de la solution via la centrale d'achat RESAH

- Le RESAH a un marché « Lot 5 – Internet des objets » auquel la ville est adhérente
- Le marché court jusqu'en 2026
- La société Sogetrel est titulaire du marché
- L'achat via le RESAH offre une flexibilité plus grande sur un projet qui peut évoluer rapidement et permet de déployer plus rapidement

Achat par la centrale d'achat public RESAH

resah

Rechercher

CL

FORMATION

17 MARCHÉS EN COURS D'ACHAT

ET CONTACT

Aide

Accès direct

Accéder à la page de l'offre "Territoire connecté, entre système d'arrosage public, pour réaliser des économies sur vos consommations d'eau"

Réf. Offre : 2021-045-005-005-0000000

Produit(s) et/ou prestation(s)

TERRITOIRES CONNECTÉS

Description de l'offre

Le Resah vous met à disposition une offre composée d'une solution Internet des objets globale dédiée aux Territoires Connectés en apportant une réponse par l'usage.

Cette offre vous permet de mieux piloter vos services grâce à :

- la donnée capée grâce à un large panel d'objets connectés (IoT, capteurs, compteurs, etc...)
- des réseaux LoRa, 4G/LTE NB-IoT, etc... qui achèteront la donnée récoltée
- des plateformes de supervision pour visualiser et analyser les données pour vous permettre de mieux piloter vos services et d'adapter en continu (Plateforme de suivi de risques, de suivi de gestion et de traduction de la donnée vers des actions et mode On-premise ou Plateforme IoT de visualisation et analyse des données (mode SaaS et mode On-premise))

Cette solution est disponible sur un ou plusieurs cas d'usage métiers (Bâtiments, Environnement, Stationnements, Sanitaires, Maintenance, Sécurité, Risques, etc...)

Présentation de l'offre

Produit(s) et/ou prestation(s)

Description de l'offre

Les + de l'offre

Bénéficiaire de l'offre

Source : <https://espace-acheteur.resah.fr/solution-territoires-connectes>

- La ville de Marseille est adhérente à la centrale d'achat RESAH (réseau des acheteurs hospitaliers)
- Ce vecteur d'achat a été utilisé car c'était à la date du projet la seule centrale d'achat à notre disposition proposant ce type de prestations
- Depuis l'UGAP a lancé l'offre « Territoire de demain » début 2025 et la Canut, centrale d'achat disponible depuis 2024, propose un marché « IoT – Internet des objets »

Déroulement et coût du projet

189

capteurs

- Température
- Hygrométrie relative
- Luminosité
- CO2
- COV
- Inondation

6

Gateways LoRa Indoor

90 000€

Coût total du projet
Incluant 2 ans de maintenance et d'abonnement

2023

T3-T4

Rédaction du cahier des charges
Sourcing
Choix achat RESAH

2024

Janvier

Passage de commande

Mi mai – mi juin

Préparation Installation

mi juin – mi juillet

Installation

Septembre

Finalisation des tableaux de bord
Formation des utilisateurs

Difficultés administratives commande

Valérie LUQUET, Pôle muséal de Marseille

7

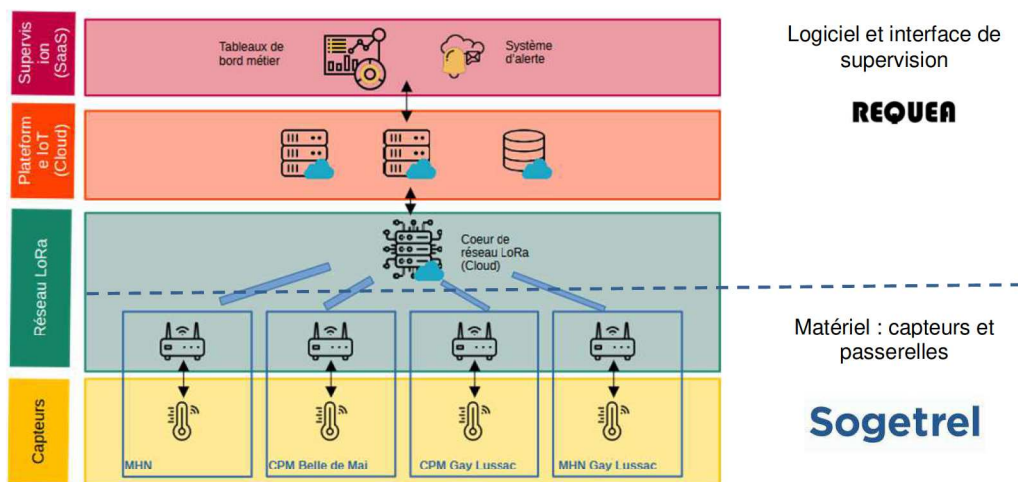
Coût de l'opération pour équiper 4 sites

Le projet a coûté environ 90 000€ HT :

- 36 000€ pour les 190 capteurs et les 7 gateways
- 11 000€ pour le déploiement
- 12 000€ pour la maintenance de 2 ans
- 3 000 € pour l'utilisation de Requea en SaaS (accès à l'application via internet) pour 2 ans
- 27 000€ pour le paramétrage, l'intégration et l'accompagnement projet



Vue d'ensemble de la solution mise en place



Vue d'ensemble de la solution mise en place

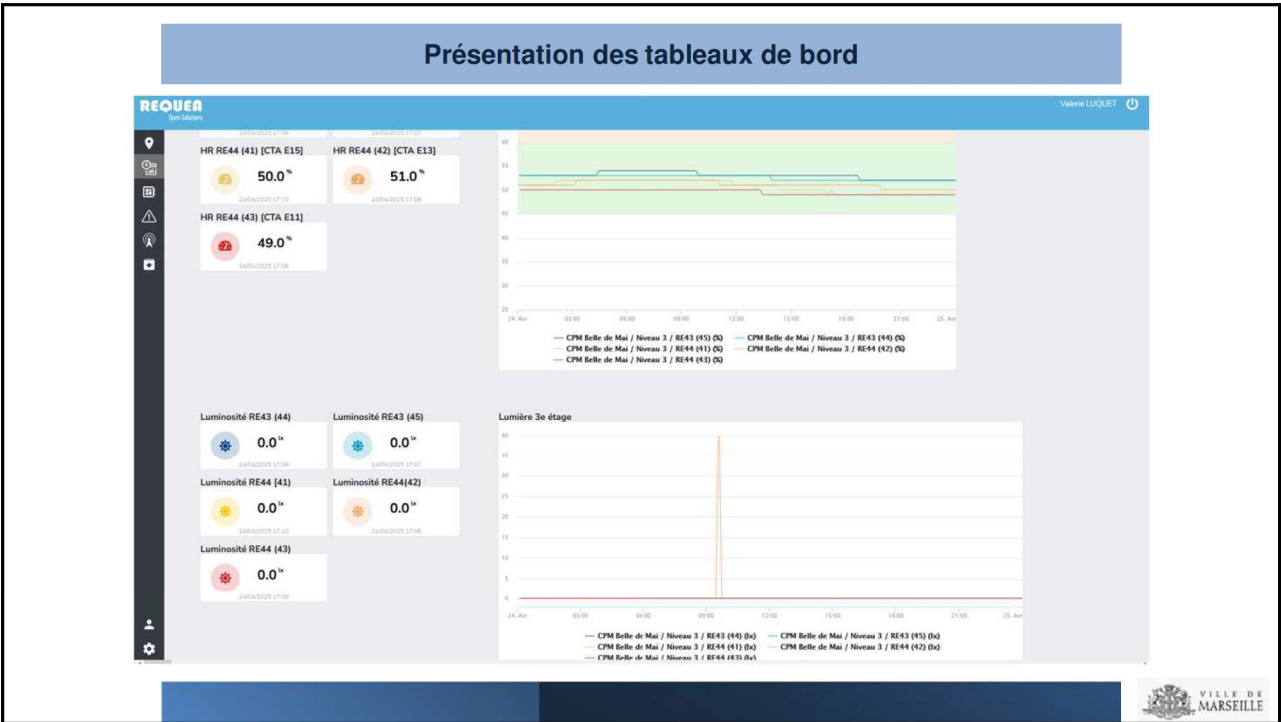
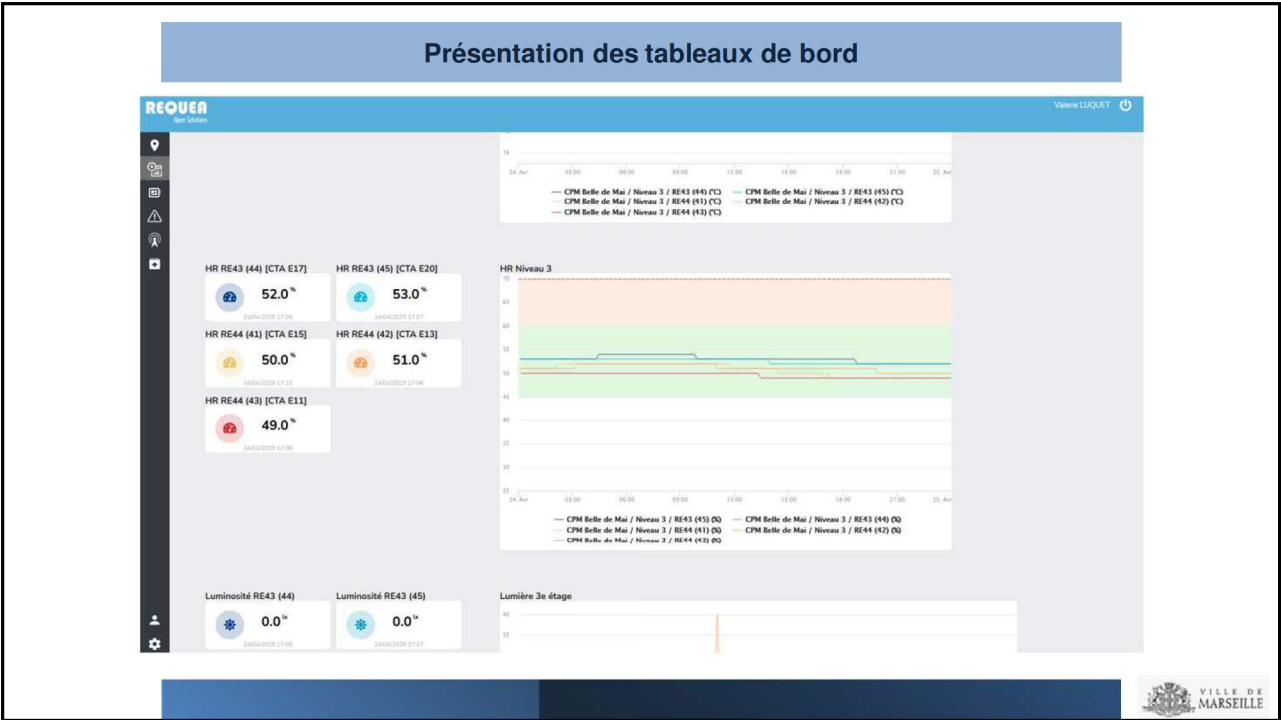
Interface de supervision

Tableaux de bord

Paramétrage des alertes

Capteurs et passerelles

Présentation des tableaux de bord



Présentation des tableaux de bord



Présentation des alarmes

REQUER

Valérie LUQUET

Objets Paramètres Configurations

Liste des configurations d'alarme d'objets

rechercher

(recherche avancée)

Nouvelle configuration

Export Excel

Libellé	Type	Active	Type d'objet	Déclenchement	Comparaison	Valeur	Période	Gravité
Lumière allumée FCAC	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Luminosité - lx	>=	150	pendant plus de 5 minutes	Alerte
HR trop élevée CPM réserve Bat D	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Humidité - %	>=	70	pendant plus de 6 heures	Alerte
Problème HR CECM	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2 CO2	Humidité - %	>=	65	pendant plus de 12 heures	Alerte
Détection d'une fuite d'eau FCAC	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ELT Lite	Détection fuite	>=	120	pendant plus de 10 minutes	Alerte
Lumière allumée réserves CPM Bat G et D	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Luminosité - lx	>=	100	pendant plus de 5 minutes	Alerte
Feu CPM RDL	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Température - °C	>=	65	pendant plus de 1 minute	Alerte
Problème HR CECM Z3 Z4	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Humidité - %	>=	65	pendant plus de 12 heures	Alerte
HR trop élevée CPM réserves Bat E	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Humidité - %	>=	70	pendant plus de 6 heures	Alerte
Feu CPM BDM	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Température - °C	>=	65	pendant plus de 1 minute	Alerte
Alerte HR Entorno CECM	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Humidité - %	>=	58	pendant plus de 6 heures	Alerte
HR trop élevée CPM RDL	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Humidité - %	>=	70	pendant plus de 24 heures	Alerte
Problème HR CECM Z1 Z2 Z5 Z6	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Humidité - %	>=	65	pendant plus de 12 heures	Alerte
Feu CPM BDM Bat E hors réserves	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Température - °C	>=	65	pendant plus de 1 minute	Alerte
Lumière allumée bâtiments G et D CPM BDM	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Luminosité - lx	>=	100	pendant plus de 5 minutes	Alerte
Alerte défilé des eaux CPM Bat G	Dépassement de seuil	oui	Eloys.se - ERS2	Humidité - %	>=	80	pendant plus de 15 minutes	Alerte

1 - 15 / total: 7777

Présentation des exports de données

REQUEA Open Museum Valérie LUQUET

Exports Definitions

Exports

[recherche avancée]

[Nouvel export](#) [Export Excel](#)

Actif	Nom de l'export	Groupe d'objets	Type	Récurrent	Récurrance	Format de fichier	Nommage de fichier
oui	test	Musée Vieille Charité	Fichier	non		CSV	test_AAAAAA@H-HH:mm:ss.csv
oui	Temperature Vieille Charité	Musée Vieille Charité	Fichier	oui	Toutes les semaines	10:00:00	Temperature Vieille Charité_JIMMAAAA.csv
oui	Climat journalier CPM BDM	CPM Belle de Mai	Fichier	oui	Tous les jours	08:30:00	T* CPM BDM_JIMMAAAA.csv
oui	Climat VC	Musée Vieille Charité	Fichier	non		CSV	VC Janvier_JIMMAAAA.csv
oui	Climat hebdomadaire CECH	MéH Gay Lussac	Fichier	oui	Toutes les semaines	08:30:00	THR CECH_JIMMAAAA.csv

1 - 5 / total 5

REQUEA S.A. Marseille - Copyright REQUEA S.A. - 2019 - Une technologie Requea d 1

Axes d'amélioration et prochaines étapes

Le projet a rempli son objectif car il permet d'avoir la visibilité sur les conditions climatiques de conservation de nos collections. Il nous permet dès aujourd'hui de faire des économies d'énergie en adaptant mieux les paramètres du système de climatisation par une meilleure connaissance des capacités d'inertie des bâtiments. Les données recueillies vont être précieuses pour l'étude du remplacement de l'ensemble du système de climatisation qui va prochainement être lancée.

Le système a ensuite été répliqué dans certaines salles d'expositions temporaires avec un déploiement plutôt rapide (2 mois entre la demande et l'installation) et l'utilisation de capteurs miniatures pour vitrines.

Axes d'amélioration

- Le module de visualisation des données de Requea est limité en terme de fonctionnalités
- Installation de capteurs avec écran de visualisation des données dans les réserves
- Transmission des alertes par SMS

Prochaines étapes

- Travail avec les équipes data de la ville de Marseille sur la valorisation de la donnée et l'enrichissement des rapports
- Déploiement d'un réseau LoRa privé à l'échelle de la collectivité
- Tests d'autres cas d'usages (sûreté, protection rapprochée des œuvres...)

Merci de votre attention.





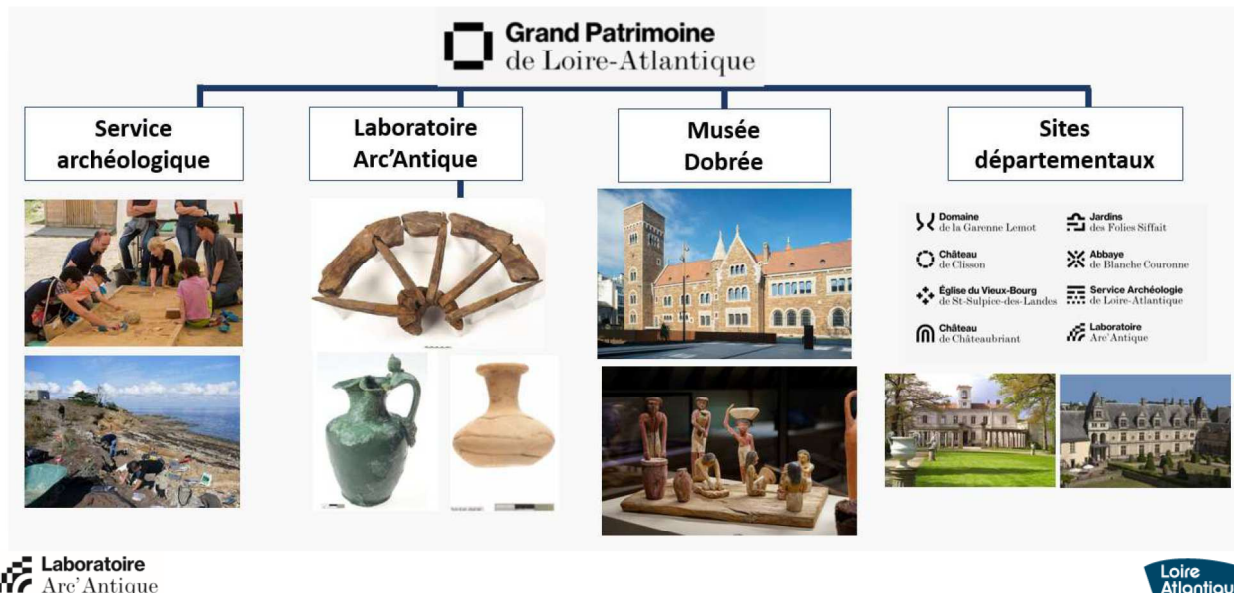
Musée Dobrée, Grand Patrimoine de Loire-Atlantique

méthodologie développée pour la collecte des données
climatiques dans des espaces d'exposition

Stéphane LEMOINE
conservateur-restaurateur – Laboratoire Arc'Antique

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris


Une sous-direction du Département rassemblant :




Projets communs

Grand Patrimoine
de Loire-Atlantique

Laboratoire
Arc'Antique



Musée
Dobrée



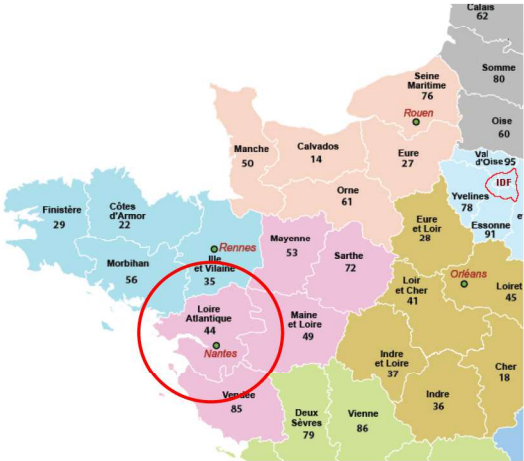
Sans limitation de durée

Laboratoire
Arc'Antique

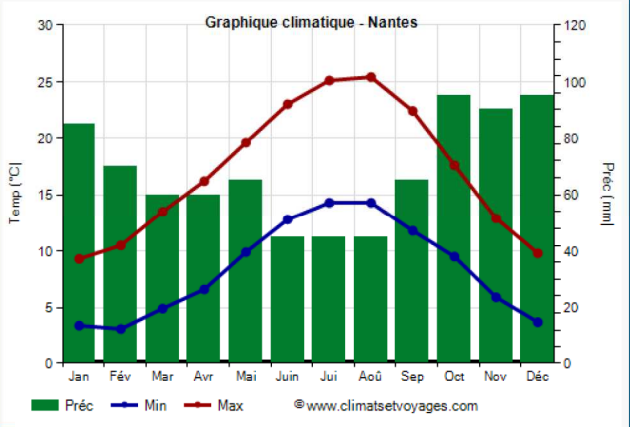
Loire
Atlantique

3

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris



Graphique climatique - Nantes



Month	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Préc (mm)	21	18	15	15	16	11	11	11	16	24	23	24
Min (°C)	3	3	5	6	10	13	14	14	10	6	4	3
Max (°C)	9	11	14	16	20	23	25	25	22	18	13	10

© www.climatsetvoyages.com

- Précipitations « généreuses »

- 4°C < T. < 25°C

Laboratoire
Arc'Antique

Loire
Atlantique

4

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Stéphane LEMOINE, Arc'Antique

2



Musée Dobrée | Loire Atlantique


ROBERTO GIANGRANDE/ATELIER NOVEMBRE/ATELIER MOABI

Ouverture en mai 2024 après 3 ans de rénovation
Centre historique d'une agglomération de 680 000 habitants


Laboratoire Arc'Antique

5 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris


Loire Atlantique




1^{er} étage
Époque moderne



2nd étage
Extra-européen



Sous-sol
archéologie



Rez-de-Chaussée
Époque médiévale

Le Palais
Collections permanentes
Sur 4 niveaux


2400 œuvres exposées
(820 traitées par Arc'antique)

Laboratoire Arc'Antique

6 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Loire Atlantique


Comportant des matériaux sensibles




Ivoires



Marqueterie



Argenterie



Métaux archéol.




Tapisseries

Laboratoire Arc'Antique

Loire Atlantique


7 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

2 fois 2400 m³/h (repris) – 3160 m³/h (soufflé)

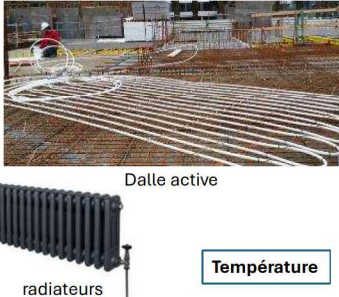


Capteurs CO₂

13500m³/h (repris) – 3160 m³/h (soufflé)

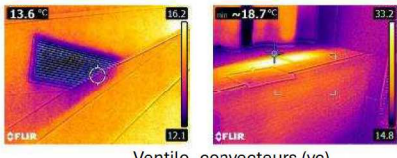


Capteurs CO₂




Dalle active

radiateurs



Ventilo- convecteurs (vc)



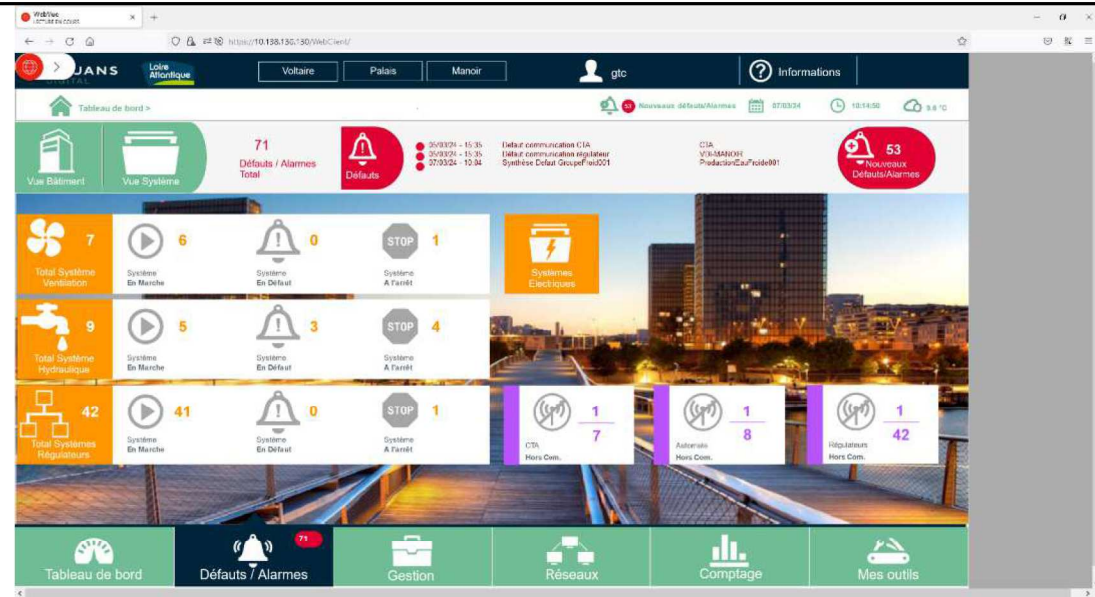
3 CTA : 2 palais + 1 manoir

Traitements d'air - CO₂ < 800ppm
Renouv. 15m³/personne.espace

Température

Loire Atlantique


8 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris



The screenshot displays the JANS web interface. At the top, there's a navigation bar with tabs for 'Voltaire', 'Palais', and 'Manoir'. Below this, a 'Tableau de bord' (Dashboard) section shows various system status indicators: 'Total Système Ventilation' (7), 'Système En Marche' (6), 'Système En Défaut' (0), 'Système A l'arrêt' (1), 'Total Système Hydraulique' (9), 'Système En Marche' (5), 'Système En Défaut' (3), 'Système A l'arrêt' (4), 'Total Systèmes Régulateurs' (42), 'Système En Marche' (41), 'Système En Défaut' (0), 'Système A l'arrêt' (1). There are also buttons for 'Défauts / Alarmes', 'Gestion', 'Réseaux', 'Comptage', and 'Mes outils'. A sidebar on the left contains icons for 'Vue Bâtiment', 'Vue Système', and 'Tableau de bord'. The bottom of the interface features a footer with the 'Laboratoire Arc'Antique' logo and the text 'Gestion et contrôle (CTAs et VC) à distance par le service Energie du Département'.

9

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris



The screenshot displays the JANS web interface, specifically the 'Cours des CTA005' (Courses of CTA005) section. It features a line graph showing data over time, with a legend indicating 'Température' (Temperature) and 'Pression' (Pressure). Below the graph, there's a table with columns for 'Date', 'Temps réel', 'Dernière heure', 'Dernière 12 h', 'Dernière 24 h', 'Semaine en cours', and 'Mois en cours'. The table contains data for 'Cours des CTA005' and 'Cours des CTA006'. The bottom of the interface features a footer with the 'Laboratoire Arc'Antique' logo and the text 'Gestion et contrôle (CTAs et VC) à distance par le service Energie du Département'.

10

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris





Laboratoire
Arc'Antique


€€€ €€€...




11
Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Outils de contrôle

20 capteurs T./HR Testo Saveris 2
Coût : #8000€ + 400€/an




*Transmission horaire par WiFi
(Salles et vitrines)*




Laboratoire
Arc'Antique

10 Bandelettes DANCHEK




vitrines


10 Portoirs échantillons métaux (99,99%)
Coût métaux : #1500€/60 échantillons



argent - cuivre - plomb



vitrines



12
Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Outils de contrôle

Réalisation de portoirs pour coupons métalliques

7cm

4,5cm

18cm

Diam. 1,2cm

Cannelé polypropylène de 3mm

Maintien assuré par 2 épingles à cheveux

Témoin verni

Métal nu

Cu

Ag

Pb

Le diamètre de 1,2cm permet d'accueillir des pastilles métalliques de 1cm de diamètre pouvant être placées dans l'électrode tournante pour mesures périodiques de Rp.

Les coupons de la rangée supérieure (« vernis ») ont été pour moitié revêtus de Paraloid B72 dans l'acétone à 100g/L

Laboratoire Arc'Antique

13

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Loire Atlantique

Niveau N-1

8

7

7

10

CTA 7

CTA 8

Implantation

Choix d'une étude générale du système avant mise en place d'une gestion passive et adaptée

Index	Bâtiment	Niveau	Salles	vitrine	décom.	date début	codence
1	Palais	N-1	5	/	age bronze	03/06/2024	horaire
2	Palais	N-1	10	/	parcophages	03/06/2024	horaire
3	Palais	N-1	14	B.13	hanaps	03/06/2024	horaire
4	Palais	N-1	15	B.9	ivoires	03/06/2024	horaire
5	Palais	N-1	17	/	argent. Méd.	03/06/2024	horaire
6	Palais	N-1	17	B.24	argent. Méd.	03/06/2024	horaire
7	Palais	N-1	18	/	ivoires	03/06/2024	horaire
8	Manoir	R+G	/	VES	/	09/07/2025	horaire
9	Palais	N-1	23	C.11	argent. Dobbel	03/06/2024	horaire
10	Palais	N+1	29	C.28a	Charmette	03/06/2024	horaire
11	Palais	N-1	31	/	Amérique Sud	03/06/2024	horaire
12	Palais	N-1	33	/	Amérique Sud	03/06/2024	horaire
13	Palais	N+2	34	D.58	Orient	03/06/2024	horaire
14	Palais	N+2	34	/	Moscou	03/06/2024	horaire
15	Palais	N-2	36	D.7c	Harpocrate	03/06/2024	horaire
16	Manoir	N+1	/	V10b	/	12/09/2025	horaire
17	Manoir	R+G	/	V8D	/	09/07/2025	horaire
18	Manoir	R+G	/	V8E	/	10/06/2024	horaire
19	Manoir	R+G	/	V8E	/	09/07/2025	horaire
20	Manoir	N-1	/	V8	/	09/07/2025	horaire

Index	Bâtiment	Niveau	Salles	vitrine	date pose	date relevé	note Rp
1	Palais	N-1	5	A.13	age bronze	03/06/2024	20/05/2025
2	Palais	N-1	10	A.1.3	arg. p. p.	24/06/2024	20/05/2025
3	Palais	N-1	14	B.13	hanaps	03/06/2024	20/05/2025
4	Palais	N-1	17	B.24	argent. méd.	03/06/2024	20/05/2025
5	Palais	N-1	15	C.11	arg. Dobbel	03/06/2024	20/05/2025
6	Palais	N+1	29	C.28a	Charmette	03/06/2024	20/05/2025
7	Palais	N-1	31	/	Amérique Sud	03/06/2024	20/05/2025
8	Palais	N-1	33	/	Amérique Sud	03/06/2024	20/05/2025
9	Palais	N+2	34	D.58	Orient	03/06/2024	20/05/2025
10	Palais	N+2	34	/	Moscou	03/06/2024	20/05/2025
11	Palais	N-2	36	D.7c	Harpocrate	03/06/2024	20/05/2025

Index	Bâtiment	Niveau	Salles	vitrine	date pose	date relevé	note Rp
1	Palais	N-1	5	A.13	03/06/2024	20/05/2025	20/05/2025
2	Palais	N-1	10	A.1.3	03/06/2024	20/05/2025	20/05/2025
3	Palais	N-1	14	B.13	03/06/2024	20/05/2025	20/05/2025
4	Palais	N-1	17	B.24	03/06/2024	20/05/2025	20/05/2025
5	Palais	N-1	15	C.11	03/06/2024	20/05/2025	20/05/2025
6	Palais	N+1	29	C.28a	03/06/2024	20/05/2025	20/05/2025

Laboratoire Arc'Antique

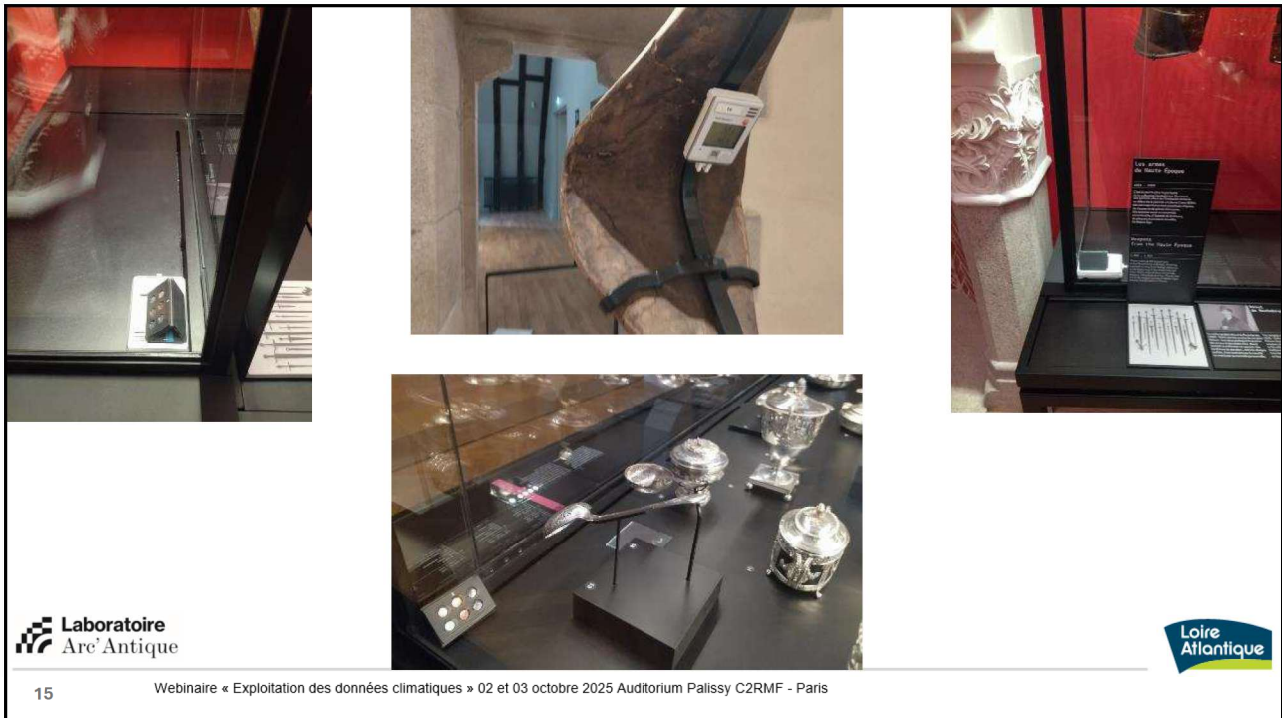
14

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

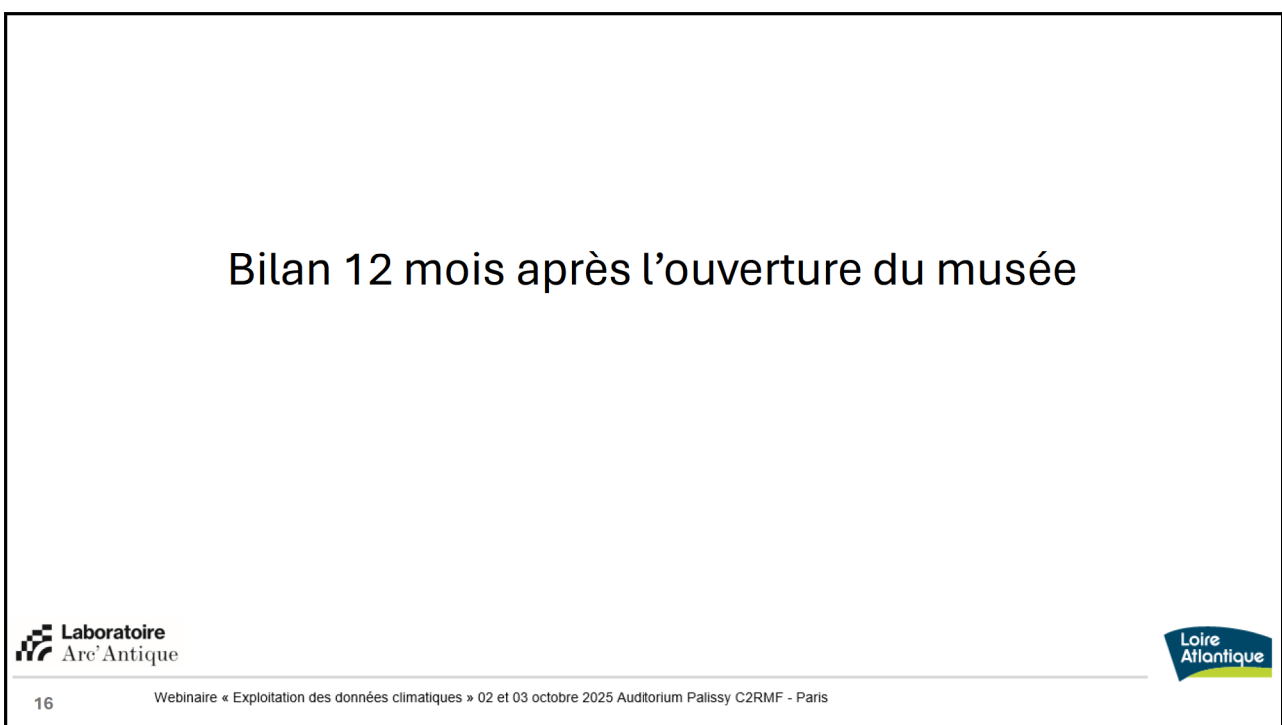
Loire Atlantique

Stéphane LEMOINE, Arc'Antique

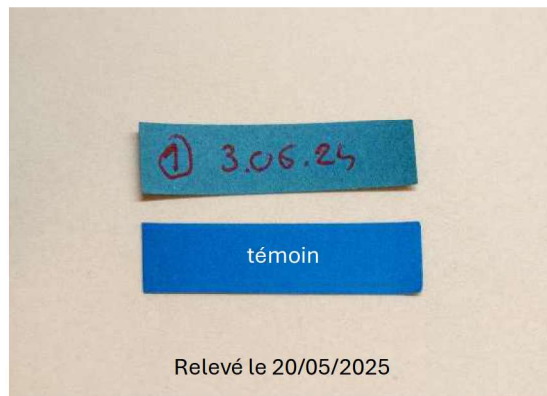
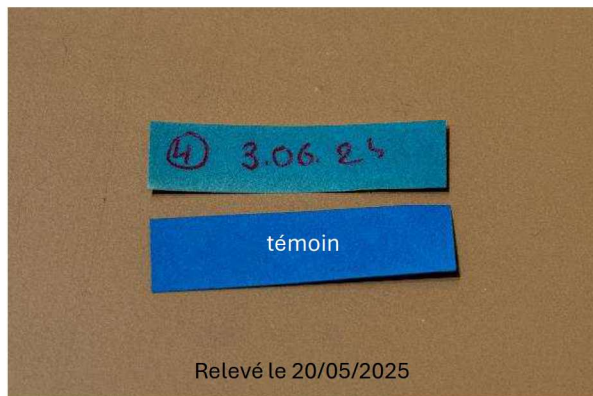
7



Bilan 12 mois après l'ouverture du musée

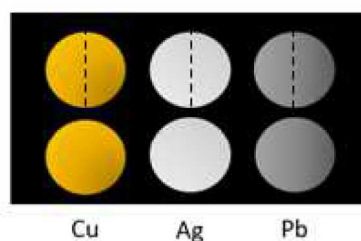


Acidité de l'air



Jaunissement progressif = présence d'acide

Polluants



Qualitatif, visuel
Témoin verni

Quantitatif, mesures
Métal nu




33 mesures colorimétriques




33 mesures de Résistance (Rp, selon protocole mis au point par V. Costa)

Témoins


Ag









Cu



Pb









index	niveau	salle	vitrine	dénom.
4	N 0	17	B.24	argent. méd.

index	niveau	salle	vitrine	dénom.
5	N+1	23	C.11	argent. Dobrée

Après 12 mois d'exposition

Incidence sur les oeuvres

- => bonne efficacité protection argent
- => reprise corrosion all cu
- => ternissement monnaies



Ag / SCI

Cu / SCI

Pb / SCI

Mesures colorimétriques

SCI (Composante Speculaire Incluse) : prend en compte la réflectance de la brillance
SCE (Composante Speculaire Exclue) : l'occulte

21 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Mesures de résistance à la polarisation (Rp)

Figure 3. LSV of coupons exposed for 5 years in (Ci) and outside (Co) a showcase in the Charles X room. Peaks beginning at -1 and -0.15 V_{MSE} correspond to Ag₂S and AgCl reduction, respectively. Electrolyte: 0.1M sodium acetate; v = 5 mV/s.

argent

Pic 1 : $\approx -0,400 \text{ V/MSE}^1 = \text{oV/ECS}^2$: AgCl (chlorures d'Argent)

Pic 2 : $\approx -1,3 \text{ V/MSE} = -0,9\text{mV/ECS}$: Ag₂S (sulfures d'Argent)

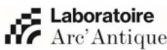
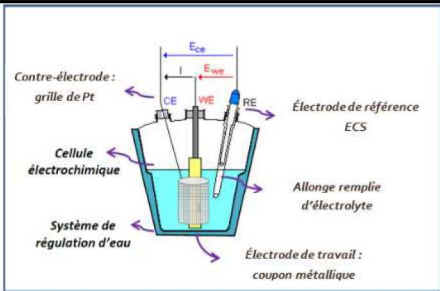
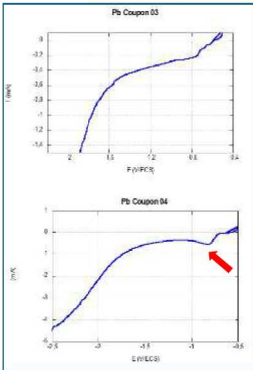
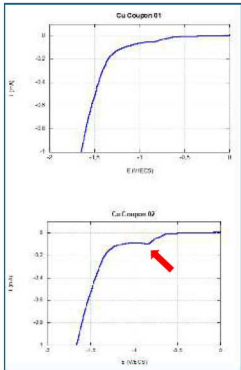
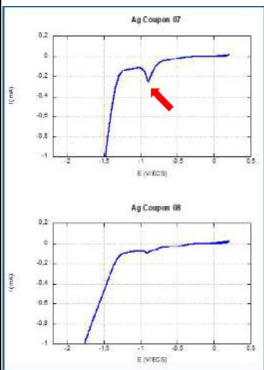
22 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Mesures de résistance à la polarisation (Rp)

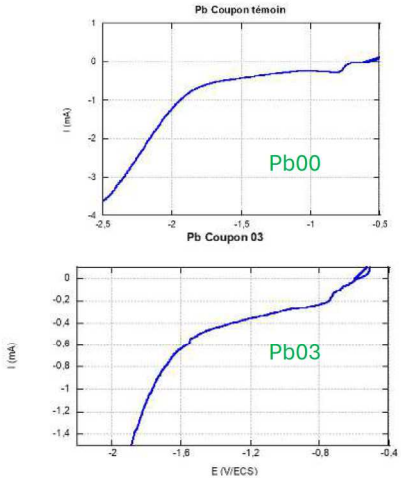
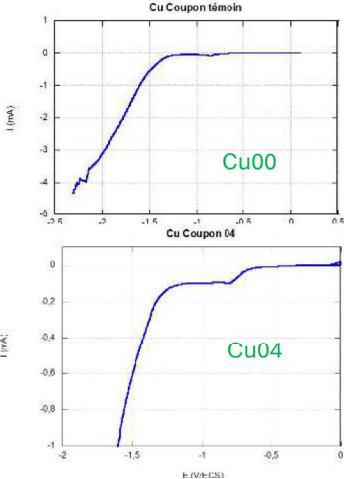
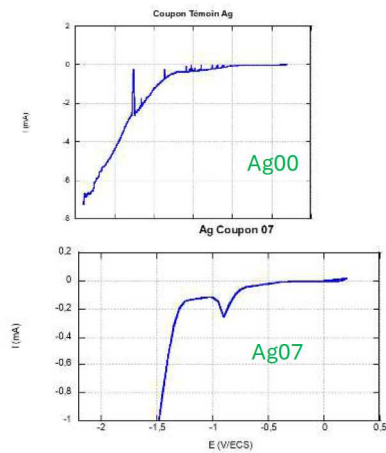
argent

cuivre

plomb



Mesures de résistance à la polarisation (Rp)



Conclusion : présence de polluants et/ou COV en vitrines





Rapports automatiques mensuels paramétrés
parviennent par e-mail

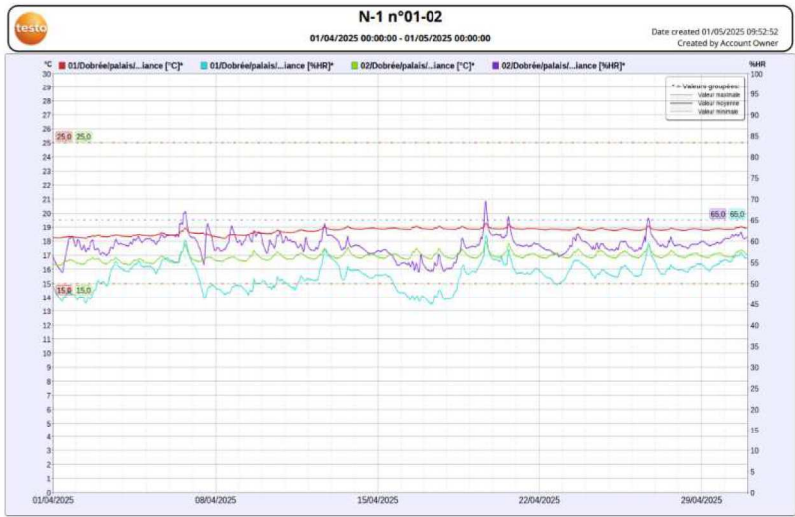
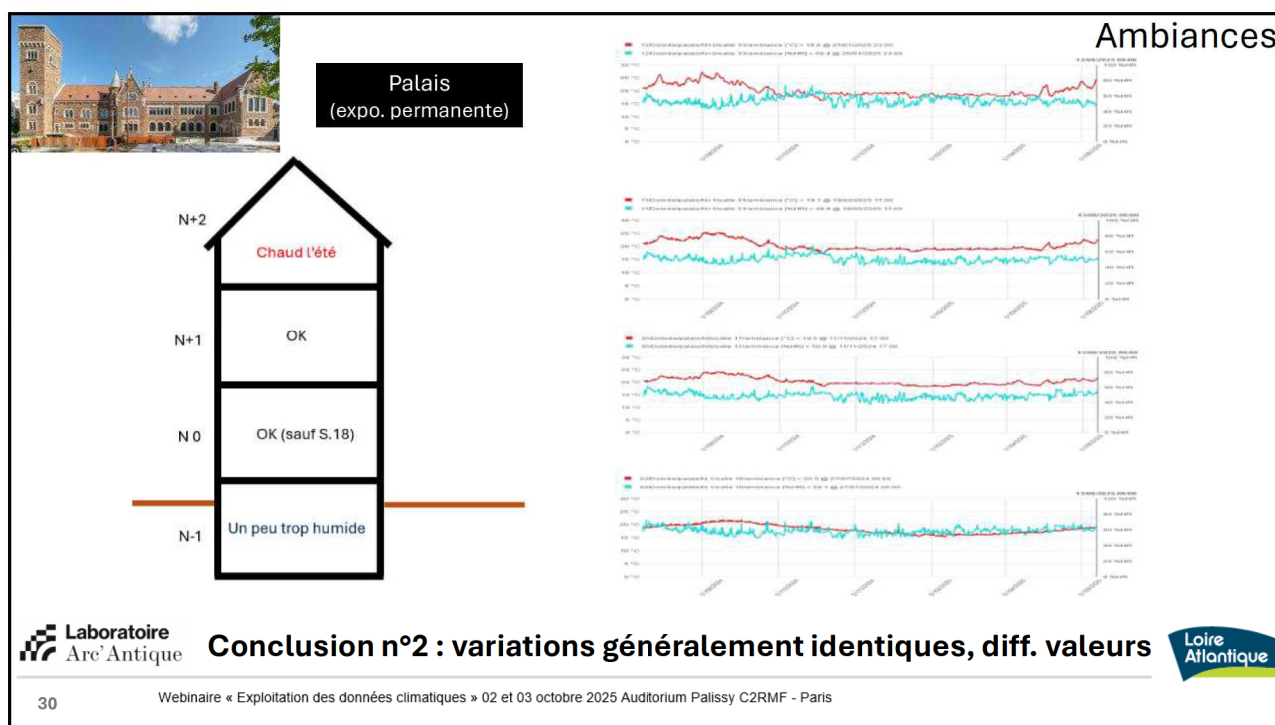
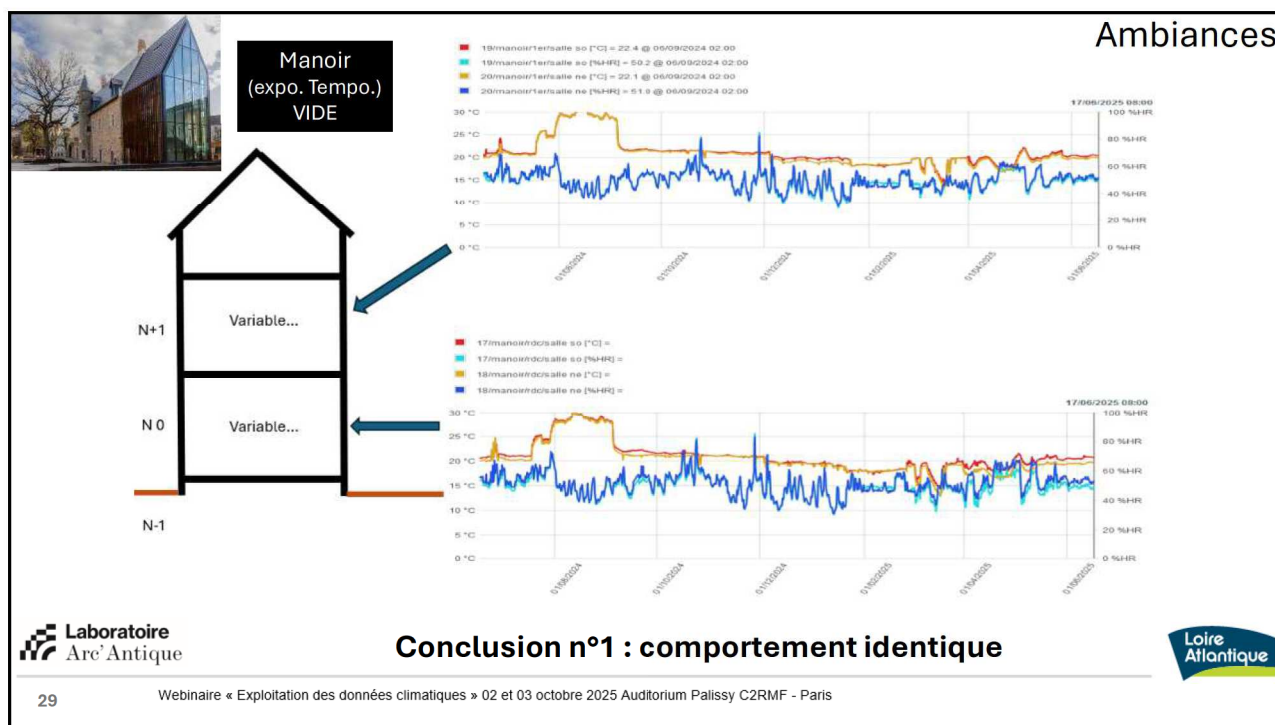
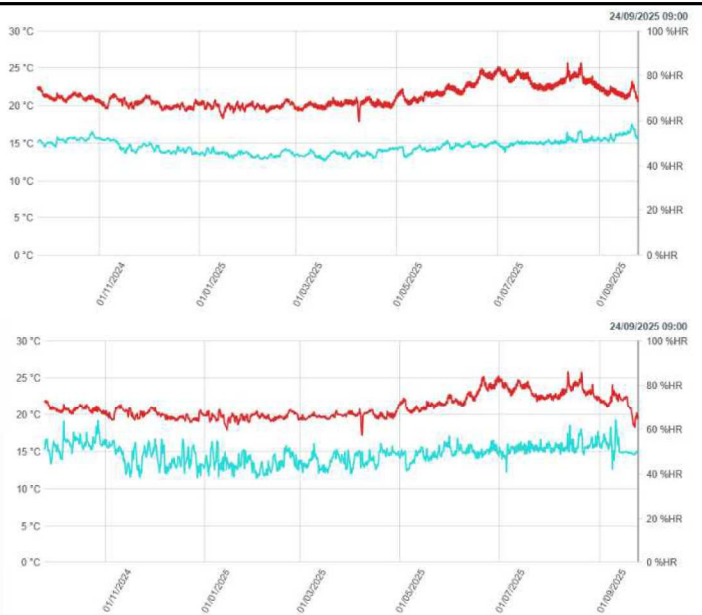


Tableau de données
Format .CSV

The figure is a screenshot of a CSV data table. The table has columns labeled A through O. The first column (A) is "Localité". The second column (B) is "11/Dobrée/p". The third column (C) is "11/Dobrée/p". The fourth column (D) is "12/Dobrée/p". The fifth column (E) is "12/Dobrée/p". The sixth column (F) is "13/Dobrée/p". The seventh column (G) is "13/Dobrée/p". The eighth column (H) is "14/Dobrée/p". The ninth column (I) is "14/Dobrée/p". The tenth column (J) is "15/Dobrée/p". The eleventh column (K) is "15/Dobrée/p". The twelfth column (L) is "15/Dobrée/p". The thirteenth column (M) is "15/Dobrée/p". The fourteenth column (N) is "15/Dobrée/p". The fifteenth column (O) is "15/Dobrée/p". The table contains data for various locations and times, including "11/Dobrée/p", "12/Dobrée/p", "13/Dobrée/p", "14/Dobrée/p", and "15/Dobrée/p". The data is organized into rows, with the first row being the header and the subsequent rows containing the data.

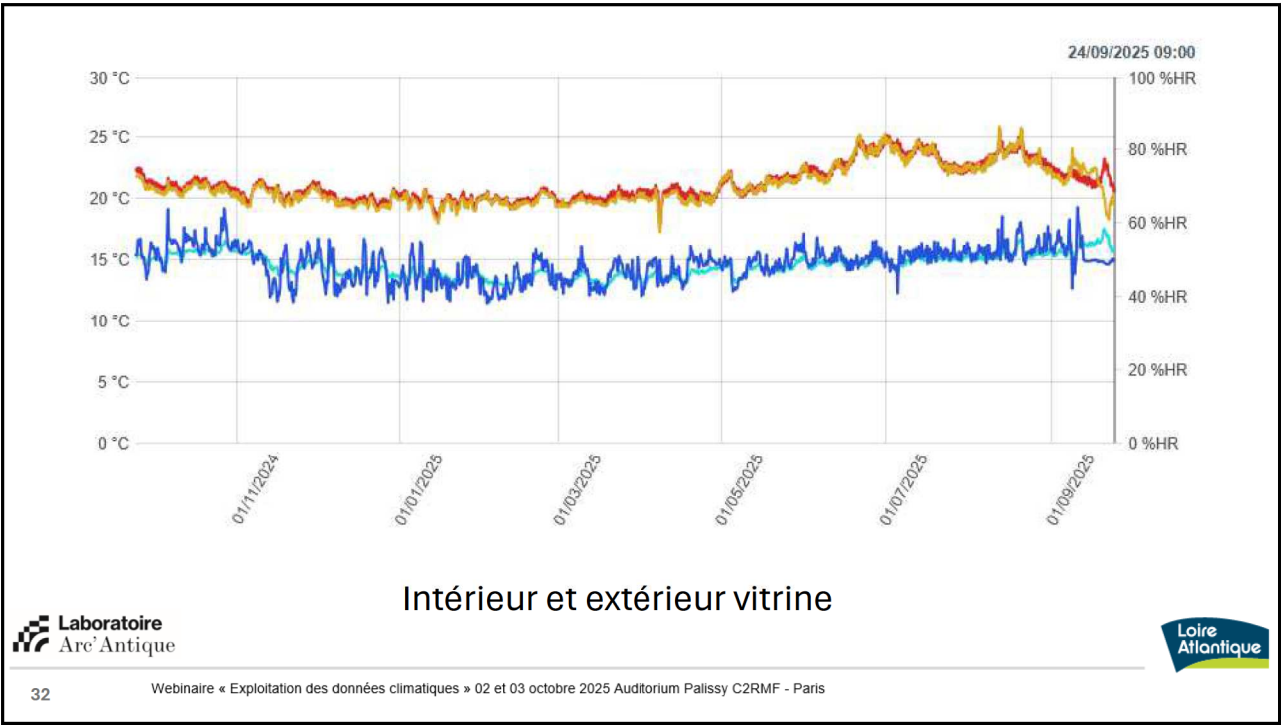




Vitrines

Laboratoire
Arc'Antique

Conclusion n°3 : les vitrines amortissent les variations d'HR



Intérieur et extérieur vitrine

Laboratoire
Arc'Antique



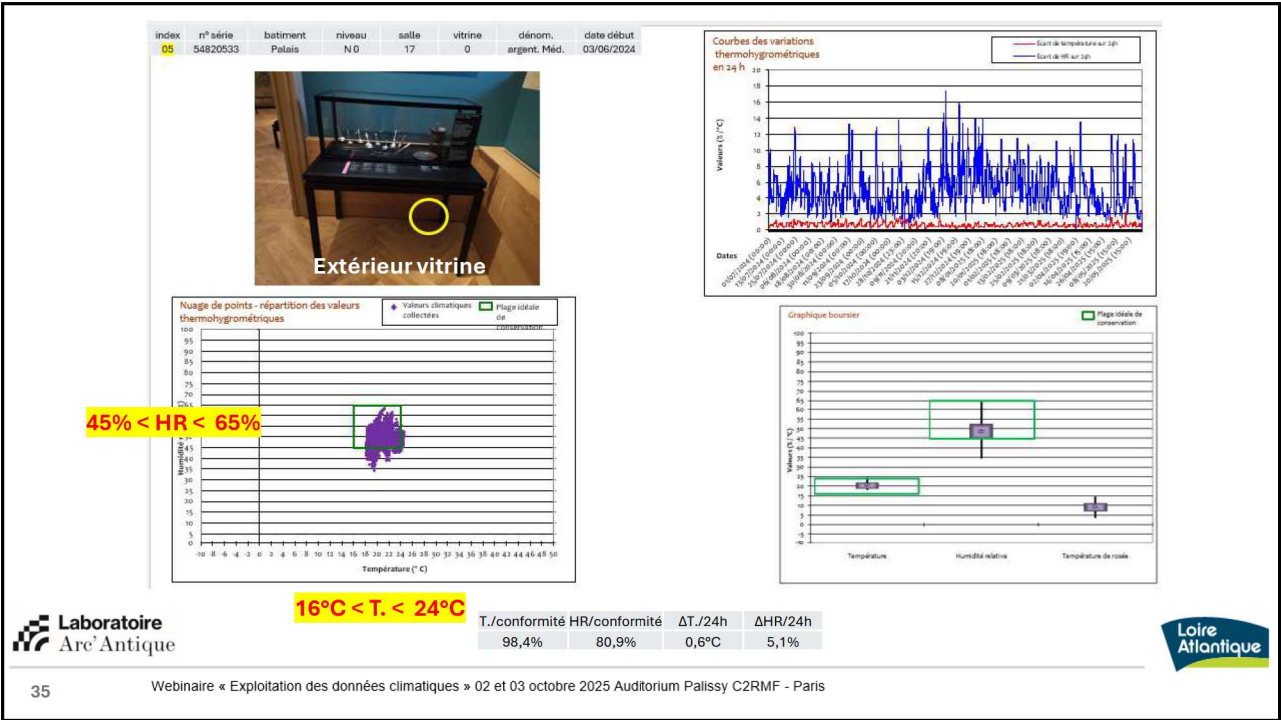
Exploitation des données T. & HR via climatrice - MS


Système SIMPLE et paramétrable
Énorme gain de temps...

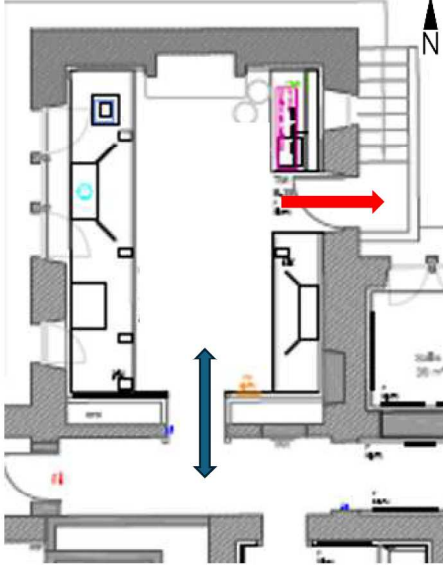
Merci au C2 !


[illegible]

350 000 valeurs











Laboratoire
Arc'Antique

37

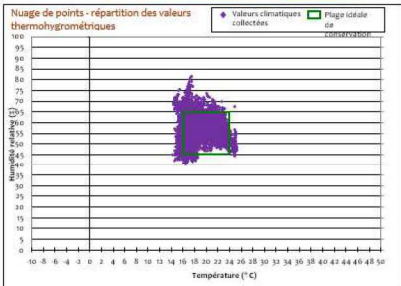
Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris



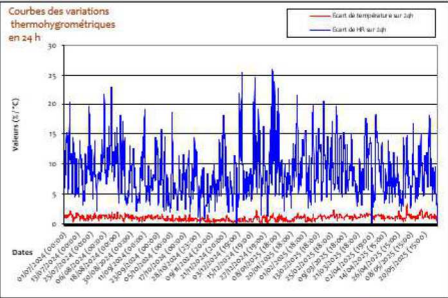
index	n° série	batiment	niveau	salle	vitrine	dénom.	date début
07	54820545	Palais	N 0	18	0	cabinets	03/06/2024



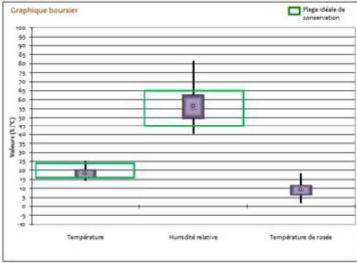
Nuage de points - répartition des valeurs thermohygrométriques




Courbes des variations thermohygrométriques en 24 h



Graphique boursier






Laboratoire
Arc'Antique

T./conformité	HR/conformité	ΔT./24h	ΔHR/24h
86,5%	86,7%	0,4°C	8,7%

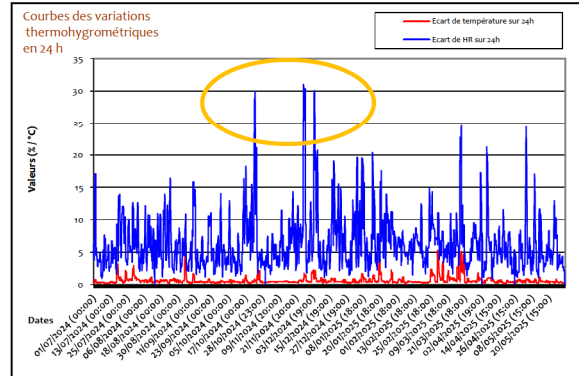
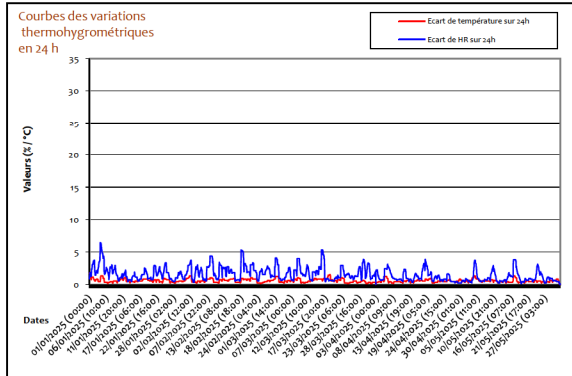
38

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris



Stéphane LEMOINE, Arc'Antique

19



Variations souvent inférieures à 10% mais pouvant atteindre les 30% pour certains espaces

Question : quel pourcentage peut-on véritablement tolérer ?

conclusions

Climat globalement très satisfaisant sur 12 mois

Traitement d'air (T. & HR) correct

Souci de polluants (et COV ?)

Les vitrines remplissent leur rôle

Systèmes de traitement d'air incontournables (normes EPR) : énergivores et coûteux

Gestion de données fastidieuse (implantation, dates, listes...) et assez chronophage

Avantage d'une surveillance constante : actions programmées et pérennes

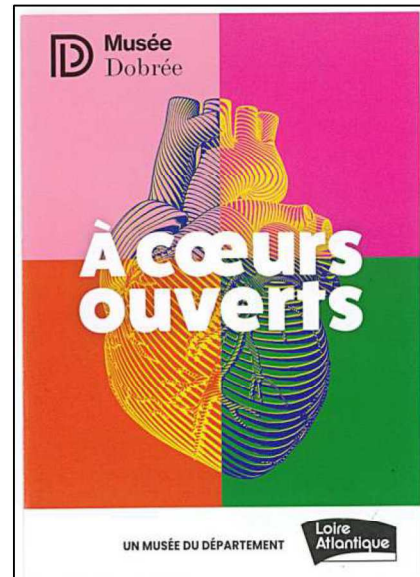
Lien avec la régie et les services techniques

Surveiller le climat ne veut pas dire pour autant le maîtriser

perspectives

- installation de dispositifs de purification d'air
- installation de cassettes « Prosorb » et/ou gel de silice à titre de test ou autre...
- redéploiement des capteurs
- installations de nouveaux coupons métalliques après mesures correctives dans les salles et vitrines
- Objectif : maîtriser les coûts énergétiques : élargissement des valeurs cibles ?
- Évaluer l'espace d'exposition temporaire en usage (à partir du 17 octobre)

les prêteurs ont parfois des exigences climatiques vis-à-vis des emprunteurs ; ce qui est louable, certes. Connaissent-ils et respectent-ils eux-mêmes les conditions qu'ils exigent ?



17 octobre 2025 – 1^{er} mars 2026

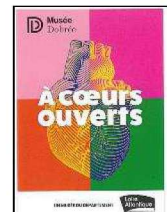


41

Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Espace d'expositions temporaires : recours au Prosorb



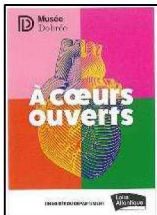
- 16/Manoir/N+1/V10b 1u [°C] = 23.0 @ 12/09/2025 15:00
- 18/Manoir/RdC/salle NE [°C] = 21.8 @ 12/09/2025 15:00
- 18/Manoir/RdC/salle NE [%HR] = 58.8 @ 12/09/2025 15:00
- 16/Manoir/N+1/V10b 1u [%HR] = 61.6 @ 12/09/2025 15:00



42



Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Rappel...

Cardiotaphe d'Anne de Bretagne – 1514
Musée Dobrée

Temps personnel consacré à ce projet : équiv. 2 semaines cumulées / an

43 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

- Service Conservation (régie des collections) du musée Dobrée
- Service Energie du Département

Membres de l'équipe d'Arc'Antique





Elodie Guilminot
*Ingénieure de
recherche
(corrosioniste)*





Charlène Pelé-Meziani
*Ingénieure d'études
(analyses)*



Lisa Preud'homme
photographe

Chefs de projet






Conservateur-
restaurateur



Jane Echinard
*Cheffe de service
- Conservation
préventive*

Je vous remercie

stéphane.lemoine@loire-atlantique.fr




44 Webinaire « Exploitation des données climatiques » 02 et 03 octobre 2025 Auditorium Palissy C2RMF - Paris

Webinaire

« Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025, auditorium du C2RMF - Paris

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE


Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

C2RMF : de SensMat à Refresh, les actions de recherche menées pour appréhender un contexte climatique


Juliette RÉMY
Conservateur en chef du patrimoine
Chef du Département de la conservation
préventive - C2RMF

SensMat

(Preventive solutions for sensitive materials of Cultural Heritage)





- 2019-2022
- 17 partenaires, 7 pays européens
- Pilote = CEA
- Financements européens




Contexte

La plupart des musées n'ont pas suffisamment de moyens (humains, financiers, matériels...) pour assurer correctement la préservation sur le long terme de leurs collections.






Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris



3


SensMat

(Preventive solutions for sensitive materials of Cultural Heritage)




Objectif


Développer et mettre en œuvre des capteurs, des modèles et des outils décisionnels efficaces, peu coûteux, éco-innovants et conviviaux, ainsi que des recommandations et des lignes directrices permettant de prévoir et de prévenir la dégradation des artefacts en fonction des conditions environnementales.




Résultats

Phase de développement et de test de l'outil réalisée pendant le projet.
Production industrielle pour commercialisation de la solution à faire.







Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris



4

La sobriété énergétique dans les musées




Contexte

- Tensions sur l'énergie suite à la guerre de Ukraine
- Publication de 2 circulaires en 2022 sur la sobriété énergétique

Objectifs


- Déterminer l'impact de la transition énergétique dans les pratiques des musées
- Proposer des préconisations pour une conservation plus durable des collections

<https://c2rmf.fr/actualite/conservation-preventive-sobriete-energetique>





MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris



5

La sobriété énergétique dans les musées



Questionnaire diffusé aux MdF à l'été 2023
199 répondants (env. 15%)


Principaux résultats

- Assouplissement des consignes climatiques
- Mesures à pérenniser et à poursuivre

Préconisations


- Assouplissement des consignes climatiques
- Variations saisonnières
- Contrats de prêts
- Climat micro-régulé
- Etude climatique
- Veille sanitaire

<https://c2rmf.fr/actualite/conservation-preventive-sobriete-energetique>




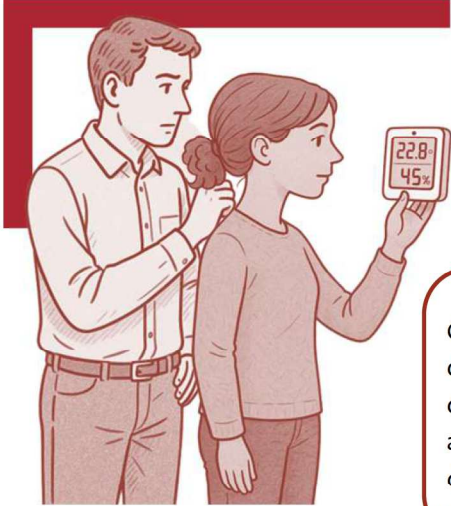
MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris



6

Silicagel






- 2024 – 2026
- Pilote = C2RMF
- Partenaires : CRC, Musée de Cluny – musée national du Moyen Âge
- Financements = Fondation des sciences du patrimoine
- 1 ingénieur d'étude pendant 2 ans à ½ temps

Objectifs

Conception et réalisation d'outils pratiques et dynamiques pour accompagner les utilisateurs de gel de silice en contexte muséal

Sondage




<https://c2rmf.fr/actualite/silicagel-2024-2026>





MINISTÈRE DE LA CULTURE


Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris



7

Prenons le contrôle du climat!















ICOM conseil international des musées France 

- 2024 - 2026
- Pilote = ICOM France
- 10 musées partenaires
- Projet lauréat AAP « Alternatives vertes 2 »
- Financements Banque des territoires


Objectifs

Repenser collectivement les normes climatiques de conservation, afin de réduire l'empreinte carbone des musées tout en continuant à garantir des conditions de conservation favorables pour les oeuvres et les accords de prêts entre institutions.

Soutenu par  **GOUVERNEMENT**  


 
Mucem
   
  

<https://www.icom-musees.fr/actualites/prenons-le-contrôle-du-climat>





MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris



8

REFRESH (water cycle For RESilient Heritage)



- 2024 - 2028
- Pilote = IRPA
- 16 partenaires, 4 pays, 4 CS
- Financements JPI patrimoine culturel et commission européenne

French Partners

Italian Partners

UK Partners

Belgian Partners

ICOM France

ICOM Italia

ICOM UK

ICOM Belgium

IRPA KIKI

IRPA KIKI

IRPA KIKI

IRPA KIKI

BRUGGE

BRUGGE


BRUGGE

BRUGGE

Contexte

Le facteur clé de l'impact du changement climatique sur les sites patrimoniaux est l'eau (en excès ou en stress) et son transfert.


<https://www.kikirpa.be/en/projects/refresh-water-cycle-for-resilient-heritage>



MINISTÈRE DE LA CULTURE


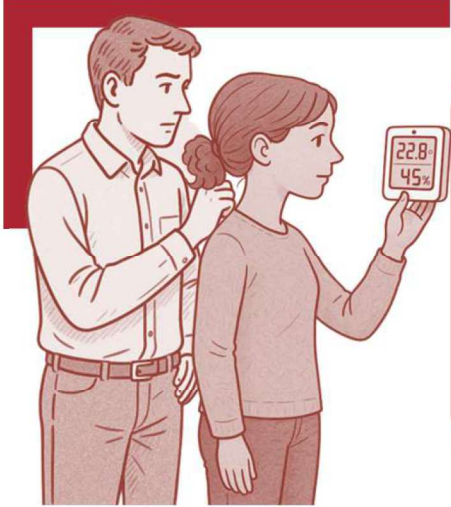
Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

9



MINISTÈRE DE LA CULTURE

REFRESH (water cycle For RESilient Heritage)




Objectifs

Le projet vise à comprendre le rôle du cycle de l'eau sur la conservation des biens culturels, sur 3 plans :

- Mesurer l'impact du changement climatique sur le cycle de l'eau à l'échelle d'un site patrimonial en reliant les matériaux, les sciences naturelles, les sciences de la conservation et les sciences du climat.
- Développer des solutions d'adaptation et des stratégies d'atténuation pour les sites patrimoniaux confrontés au changement climatique en utilisant l'eau comme force motrice naturelle.
- Sensibiliser le public à la vulnérabilité du patrimoine face au changement climatique


<https://www.kikirpa.be/en/projects/refresh-water-cycle-for-resilient-heritage>



MINISTÈRE DE LA CULTURE


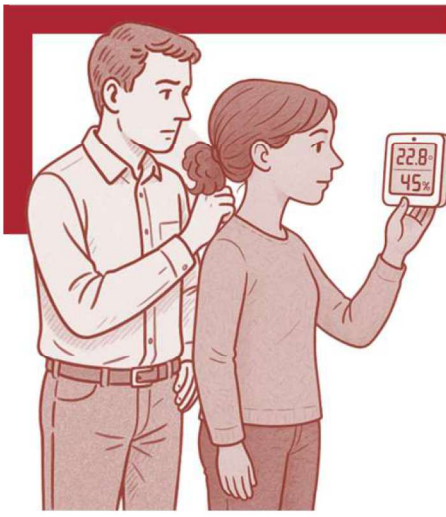
Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

10



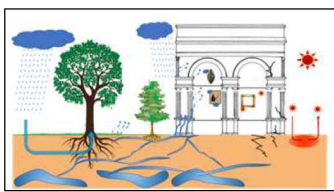

MINISTÈRE DE LA CULTURE

REFRESH (wateR cycle For RESilient Heritage)

Résultats attendus

Développement et élaboration de recommandations pour la conservation des sites patrimoniaux et d'outils d'aide à la décision visant à optimiser la gestion de l'eau.

<https://www.youtube.com/watch?v=KzWNRUyKXg8>

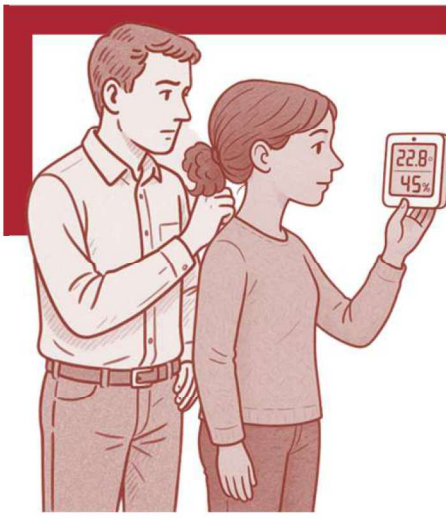
MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris


11

Technè, n°61

La conservation préventive face aux enjeux du changement climatique



La conservation préventive comme **méthode de recherche et outil d'application** s'intégrant dans un **projet responsable et durable**, bénéficiant aux biens culturels et aux acteurs qui veillent à leur préservation en contrant les défis contemporains.



3 angles d'approche :

- S'adapter à un monde changeant
- Réduire l'empreinte carbone
- Construire un monde nouveau

Coordination scientifique :

- Estelle de Bruyn (IRPA),
- Ann Bourguès (C2RMF)
- Jocelyn Périllat-Mercerot (C2RMF)

15 articles reçus

Parution 1^{er} semestre 2026

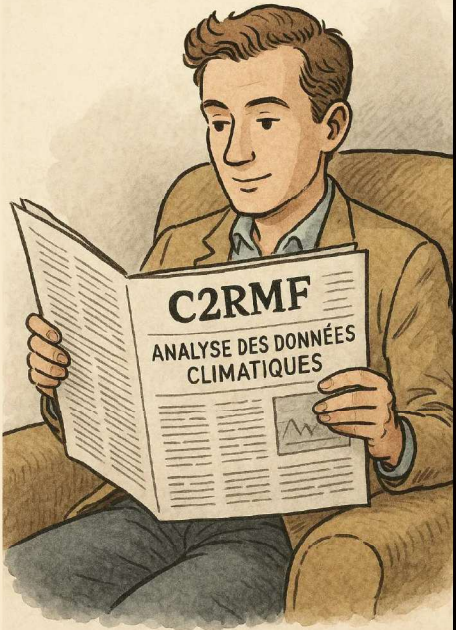
MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

12

Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

La collecte et le nettoyage des données climatiques

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT
Chargé d'études documentaires spécialisé
en conservation préventive - C2RMF



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

La collecte et le nettoyage des données climatiques

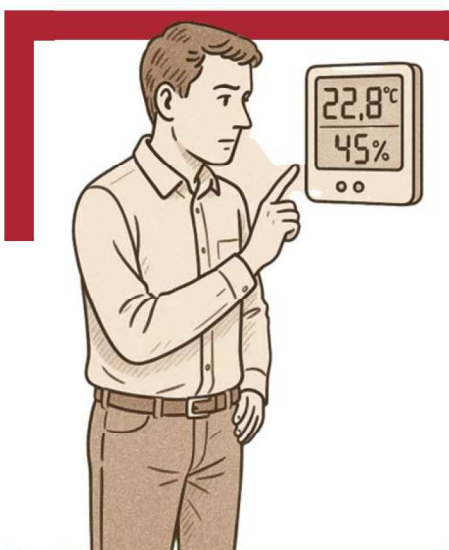
- I. Différentes bases pour l'étude
du climat en faveur des biens
culturels
- II. Préparation des données pour
leur exploitation



Différentes bases pour l'étude du climat en faveur des biens culturels



Différentes bases pour l'étude du climat en faveur des biens culturels



1/ Développement des outils depuis les années 2010

- L'interface des logiciels de données climatiques propose *a minima* une **visualisation graphique** et **des statistiques** (Hanwell®, Kimo®, Testo®, Galerie Reading®, Charp®...).
- Outre cela, des **outils d'aide à l'analyse du climat** pour les collections patrimoniales existent spécifiquement.
- Une **liste** non exhaustive les recensant a été dressée dans la publication du **Getty Conservation Institute** en 2022.


Annelies Cosaert, Vincent Laudato Beltran,
Geert Bauwens, Melissa King, Rebecca Napolitano,
Bhavesh Shah, and Joelle Wickens
Edited by Annelies Cosaert and Vincent Laudato Beltran

Getty
Conservation
Institute

Tools for the Analysis of
Collection Environments
Lessons Learned and Future Development


Différentes bases pour l'étude du climat en faveur des biens culturels

1/ Développement des outils depuis les années 2010

	Conservation Physics Calculators	eClimateNotebook	Physics of Monuments	HERIE
 Parution	Angl. / Danemark, 2010	États-Unis, 2012	Pays-Bas, 2013	Pologne, 2013
Auteur	Tim Padfield († 2020)	dir. James Reilly / Image Permanence Institute	Harrie Smulders + Marco Martens / Eindhoven University of Technology	Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry
Projet / Programme			« European Union Climate for Culture project » (2013)	« Energy efficiency of museum and library institutions » (2013-2017)
Contenu	Compilation d'articles et de calculateurs consacrés à l'étude et la gestion du climat	Outil en ligne pour l'analyse des données climatiques, d'abord pour les tirages photos sur papier ou ester de cellulose	Logiciel en ligne gratuit produisant une série de visuels pour aider à la compréhension des informations sur la physique des bâtiments	Logiciel en ligne gratuit calculant l' historique climatique et modélisant les altérations pour assouplir les consignes
Lien	https://www.conservationphysics.org	https://www.eclimatenotebook.com/	http://www.monumenten.bwk.tue.nl/	https://herie.pl/

Différentes bases pour l'étude du climat en faveur des biens culturels

1/ Développement des outils depuis les années 2010

	Getty Conservation Institute Excel Tools	The Climate Toolbox	Climate and Energy Assessment for Museums (CEAM)	e. Painting-Risk-Index (e.PRI)
 Parution	États-Unis, 2017	Angleterre, 2023	Belgique, 2025	France
Auteur	Vincent Laudato Beltran / Getty Conservation Institute	Boris Pretzel / Victoria and Albert Museum	Institut Royal du Patrimoine Artistique (IRPA)	Alain Roche / LARCROA
Projet / Programme	« Preserving Collections in the Age of Sustainability » (2017)		« Climate2Preserv » C2P (2021-2025)	
Contenu	Outil Excel d'analyse et de visualisation pour la surveillance et l' interprétation des données environnementales	Outil Microsoft® Excel® d'évaluation et de comparaison des risques liés au du climat intérieur sur les objets muséaux	Logiciel d'analyse de la consommation énergétique en lien avec l'étude du climat , pour une prévision d'économies d'énergie	Application web pour l'évaluation des risques de dégradation des peintures en fonction de leurs caractéristiques propres et des conditions climatiques
Lien	https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/tools_for_analysis.pdf	https://www.researchgate.net/publication/370033263_The_Climate_Toolbox_A_Microsoft_Excel-Based_Tool_for_Assessing_and_Comparing_the_Effects_of_Internal_Climate_on_Museum_Artifacts	https://www.kikirpa.be/fr/projets/climate2preserv	https://www.larcroa.fr/e-pri-e-painting-risk-index/

Différentes bases pour l'étude du climat en faveur des biens culturels

Un article consacré à l'application a été publié en 2023 dans la *Lettre de l'OCIM* (n° 205) et est consultable en ligne.



2/ Cli-Matrice, application du C2RMF

- Cli-Matrice est un **ensemble de bases Excel®** qui produisent des rapports climatiques, conçues et élaborées **en interne par le C2RMF** (département de la conservation préventive).
- Son objectif est de faciliter l'**analyse des données climatiques** en réalisant **automatiquement des statistiques, des graphiques** mais aussi des **pistes de diagnostic**.
- Cette série de modules est **gratuite et mise en ligne depuis 2022**.

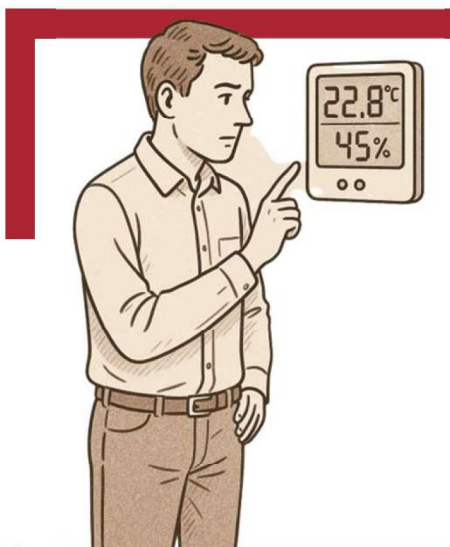


<https://c2rmf.fr/conservation-preventive-le-climat>

Préparation des données pour leur exploitation



Préparation des données pour leur exploitation



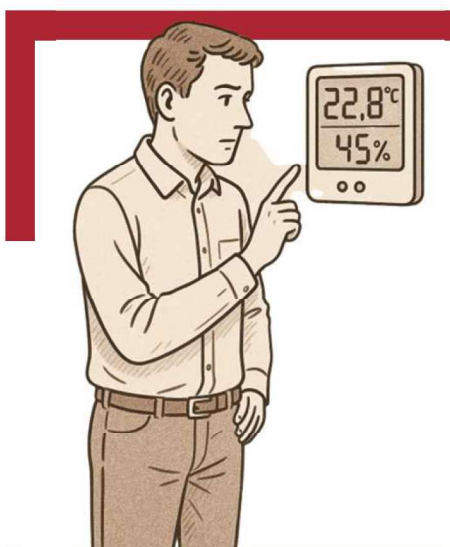
1/ Critères pour qualifier des données d'« exploitables »

- Depuis les logiciels, il est généralement possible de **télécharger les données brutes** afin de pouvoir les étudier à sa convenance.
- Dans l'idéal, il faut les récupérer sous la forme d'un tableau de **4 colonnes** : date (format jj/mm/aaaa), heure, température, HR.
- Si tel est le cas, les données peuvent être **directement exploitables vers les outils climatiques** d'analyse automatisée.



Date	Heure	Température	HR
18/07/2025	06:45	25,13	52
18/07/2025	07:00	25,13	52
18/07/2025	07:15	25,13	52

Préparation des données pour leur exploitation



1/ Critères pour qualifier des données d'« exploitables »

Les données brutes récupérées depuis les logiciels ne sont **pas toujours directement exploitables** :



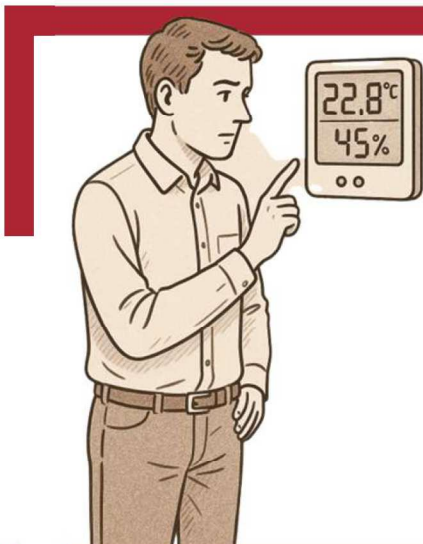
- Format incompatible** directement avec Excel® (.txt, .csv, .pdf...)

Salle - Bloc-notes				
Fichier	Edition	Format	Affichage	Aide
Date		Heure		
20.mars.03		0:00:00	20.1	35
20.mars.03		0:30:00	19.9	34.5
20.mars.03		1:00:00	19.8	34.5

- Données **non dissociées** dans différentes colonnes

Date / Heure, Température, Humidité
2022-01-23 06:44:15,17.5,46.9

Préparation des données pour leur exploitation



1/ Critères pour qualifier des données d'« exploitables »

Les données brutes récupérées depuis les logiciels ne sont **pas toujours directement exploitables** :



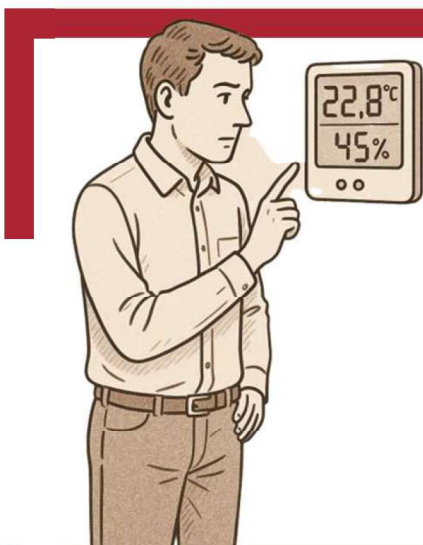
- Données **reconnues comme du texte** plutôt que des chiffres (ponctuation des chiffres décimaux, format de cellule)

Date	Heure	Température	HR
03/10/2025	11:05	23.5	64.5

- Données **erronées et/ou aberrantes** (valeur impossible, enchaînement de valeur douteux)

Date	Heure	Température	HR
03/10/2025	11:05	80	0
03/10/2025	11:05	21	64
03/10/2025	11:35	21	14
03/10/2025	12:05	22	64

Préparation des données pour leur exploitation



1/ Critères pour qualifier des données d'« exploitables »

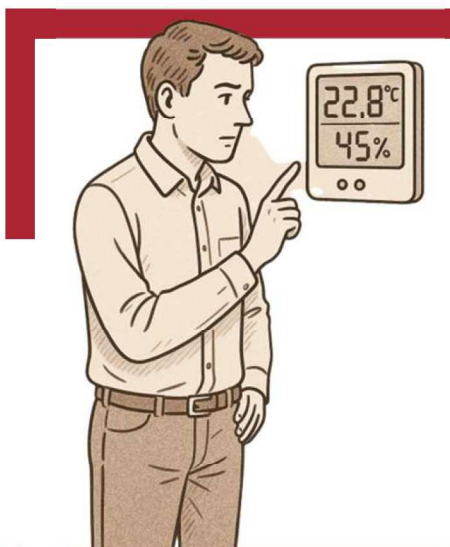
Les données brutes récupérées depuis les logiciels ne sont **pas toujours directement exploitables** :



- Données **lacunaires** (cellules vides, rupture dans la chaîne de données)

Date	Heure	Température	HR
03/10/2025	11:05	21	64
03/10/2025	11:35		
03/10/2025	12:05	22	64
03/10/2025	11:05	21	64
03/10/2025	11:35	21	65
17/12/2025	21:05	17	42
17/12/2025	21:35	17,5	43
17/12/2025	22:05	18	42

Préparation des données pour leur exploitation



1/ Critères pour qualifier des données d'« exploitables »

Les données brutes récupérées depuis les logiciels ne sont **pas toujours directement exploitables** :



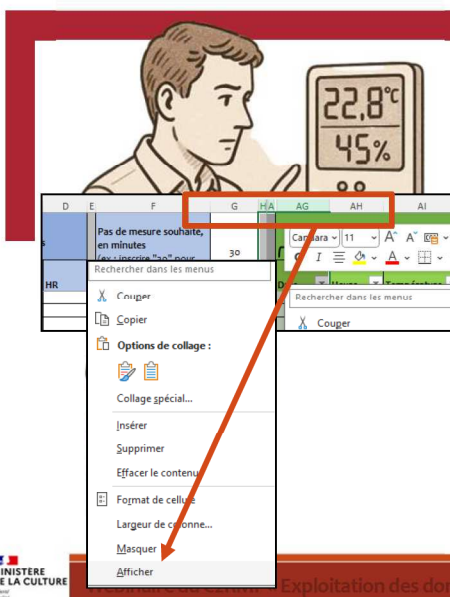
- Données **aléatoires** (pas de mesures fluctuant)

Date	Heure	Température	HR
03/10/2025	11:05	21	64
03/10/2025	11:22	22	65
03/10/2025	11:45	21	67
03/10/2025	12:02	23	65

- Pas de mesures **insuffisant** (> 1 heure)

Date	Heure	Température	HR
03/10/2025	11:05	21	64
03/10/2025	14:05	23	67
03/10/2025	17:05	21	67

Préparation des données pour leur exploitation



2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Ce module permet de « **nettoyer** » les **données** recueillies afin de les rendre justes dans la perspective de disposer d'un rapport le plus fiable possible.

- Ce module n'est **pas verrouillé** pour permettre de voir les **formules de calcul Excel®** dans les colonnes masquées.

Ainsi, selon le logiciel utilisé par l'institution et si le format d'extraction diffère de ceux proposés dans Cli-Matrice-MT, il est possible de consulter ces formules pour **s'en inspirer et les adapter** à sa propre situation, au besoin.

- À partir des quatre colonnes obtenues, il est possible de **trier les données** grâce à un système de filtre des colonnes, ce qui permet de rechercher des **cellules vides** ou des **données aberrantes**.

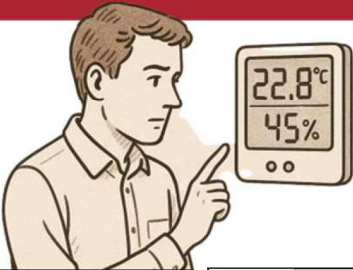
Préparation des données pour leur exploitation

2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Le **feuillelet « Fiche »** explique le principe du module et énonce **plusieurs formules de calcul** employées dans les autres feuillelets.

Transformation d'un fichier .txt en .xls

- 1/ Dans Excel, ouvrir le fichier .txt (ouvrir > rechercher "tous les fichiers" > cliquer le .txt souhaité)
- 2/ Fenêtre contextuelle, 1e étape : cocher "Délimité" > "Suivant"
- 3/ Fenêtre contextuelle, 2e étape : cocher le(s) séparateur(s) qui scindent les rubriques (voir l'aperçu en dessous selon les propositions cochées) > "Terminer"



Assistant Importation de texte - Étape 1 sur 3

L'Assistant Texte a déterminé que vos données sont de type Délimité. Si ce choix vous convient, choisissez Suivant, sinon choisissez le type de données d'origine.

Choisissez le type de fichier qui décrit le mieux vos données :

☒ Délimité - Des caractères tels que des virgules ou des tabulations séparent les données.

☐ Largeur fixe - Les champs sont alignés en colonnes et séparés par des espaces.

Commencer l'importation à la ligne : 1 Origine du fichier : C:\Users\gc\Desktop\Salle.TXT

Mes données ont des en-têtes. ☐

Aperçu du fichier C:\Users\gc\Desktop\Salle.TXT:

Date	Heure	Température	Humidité
20.mars.03	0:00:00	20.1	35
20.mars.03	0:30:00	19.9	34.5
20.mars.03	1:00:00	19.8	34.5
20.mars.03	1:30:00	19.8	34.5
20.mars.03	2:00:00	19.6	34.5
20.mars.03	2:30:00	19.5	34
20.mars.03	3:00:00	19.5	34.5
20.mars.03	3:30:00	19.4	34
20.mars.03	4:00:00	19.4	34
20.mars.03	4:30:00	19.2	34
20.mars.03	5:00:00	19.2	34
20.mars.03	5:30:00	19.2	34
20.mars.03	6:00:00	19.1	34
20.mars.03	6:30:00	19.1	34
20.mars.03	7:00:00	19.1	33
20.mars.03	7:30:00	19	33
20.mars.03	8:00:00	19	32.5
20.mars.03	8:30:00	19	33

Assistant Importation de texte - Étape 2 sur 3

Cette étape vous permet de choisir les séparateurs contenus dans vos données.

Séparateurs :

☒ Tabulation ☐ Point-virgule ☐ Virgule ☒ Espace

Interpréter des séparateurs identiques comme des séparateurs de texte : ☐

Aperçu de données :

Date	Heure	Température	Humidité
20.mars.03	0:00:00	20.1	35
20.mars.03	0:30:00	19.9	34.5
20.mars.03	1:00:00	19.8	34.5
20.mars.03	1:30:00	19.8	34.5
20.mars.03	2:00:00	19.6	34.5
20.mars.03	2:30:00	19.5	34
20.mars.03	3:00:00	19.5	34.5
20.mars.03	3:30:00	19.4	34
20.mars.03	4:00:00	19.4	34
20.mars.03	4:30:00	19.2	34


Préparation des données pour leur exploitation

2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Le **feuillelet « Fiche »** explique le principe du module et énonce **plusieurs formules de calcul** employées dans les autres feuillelets.

Date

- Problème récurrent : date et heure réunies dans la même colonne ; ordre jj/mm/aaaa
- Format de colonne : date courte
- Formules Excel® :
 - CNUM : pour forcer Excel à comprendre qu'il s'agit d'un chiffre qui sera utilisé pour des calculs
 - STXT : dans le cas où la date et l'heure sont fusionnées dans la même colonne, pour récupérer X caractères depuis une position de caractère Y ; construction STXT(cellule ; position du premier caractère ; nombre de caractères à extraire)
 - GAUCHE : pour isoler X caractères depuis la gauche ; construction GAUCHE(cellule ; nombre de caractères à extraire)



	A	B	C
4	Salle	Salle 23- Société	
9	Date	T (°C)	Hr (%)
10			
11	05/12/2023 00:08	18.88	38,15
12	05/12/2023 01:08	18.9	38,28
13	05/12/2023 02:08	19	38,64

	A	B	C
10	Date (1e possibilité)	Date (2e possibilité)	
11	CNUM(STXT(A11;10))	CNUM(TEXTE(GAUCHE(A11;10);"jj/mm/aaaa"))	
12	05/12/2023	05/12/2023	
13	05/12/2023	05/12/2023	

	A	B	C
1	Cellule à modifier	Formule	Résultat
2	20250705	CNUM(CONCATENER(STXT(A2;7;2);" /";STXT(A2;5;2);" /";STXT(A2;1;4)))	05/07/2025

Préparation des données pour leur exploitation

2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Le **feuillet « Fiche »** explique le principe du module et énonce **plusieurs formules de calcul** employées dans les autres feuillets.

Heure

- Problème récurrent : date et heure réunies dans la même colonne
- Format de colonne : heure / personnalisée hh:mm
- Formules Excel® :
 - TEMPSVAL : pour forcer Excel à comprendre qu'il s'agit d'une heure
 - DROITE : dans le cas où la date et l'heure sont fusionnées dans la même colonne, pour isoler X caractères depuis la droite ; construction DROITE(cellule ; nombre de caractères à extraire)

	A	B	C
4		Salle	Salle 23- Société
9	Date	T (°C)	Hr (%)
10			
11	05/12/2023 00:08	18,88	38,15
12	05/12/2023 01:08	18,9	38,28
13	05/12/2023 02:08	19	38,64

	A	B	C
10		Heure	
11		TEMPSVAL(TEXTE(DROITE(A11;11);"hh:mm"))	
12		01:08	
13		02:08	
14		03:08	
15		04:08	
16		05:08	
17		06:08	
18		07:08	

	Heure	Heure arrondie
10	PLAFOND(D11;5;11)	00:30
11		01:30
12		02:30
13		03:30
14		04:30
15		05:30
16		06:30
17		07:30

Signe \$: permet de fixer la cellule de référence lors de l'incréméntation

	A	B	C
1	Cellule à modifier	Formule	Résultat
3	09:53:00	TEMPS(HEURE(A3);MINUTE(A3);0)	09:53

Préparation des données pour leur exploitation

2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Le **feuillet « Fiche »** explique le principe du module et énonce **plusieurs formules de calcul** employées dans les autres feuillets.

Température et humidité relative

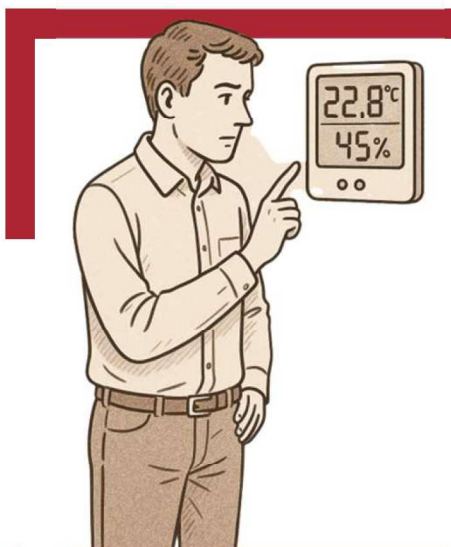
- Problème récurrent : non reconnaissance de chiffres, empêchant calcul (raison possible : décimale avec point - système anglo saxon - plutôt qu'une virgule - système français)
- Format de colonne : standard
- Formules Excel® :
 - CNUM : pour forcer Excel à comprendre qu'il s'agit d'un chiffre qui sera utilisé pour des calculs
 - ARRondi : pour limiter le nombre après la virgule ; construction ARRondi(cellule ; nombre après la virgule souhaité)
 - REMPLACER : pour remplacer un caractères depuis une position ; construction REMPLACER(cellule ; position sur caractère à remplacer ; nombre de caractère à remplacer ; "caractère de remplacement")

	A	B	C
4		Salle	Salle 23- Société
9	Date	T (°C)	Hr (%)
10			
11	05/12/2023 00:08	18,88	38,15
12	05/12/2023 01:08	18,9	38,28
13	05/12/2023 02:08	19	38,64

	A	B	C
10		Température	
11		ARRondi(REPLACER(B11;3;",";1))	
12		18,9	
13		19	
14		19	
15		19,1	
16		19,1	
17		19,1	

	A	B	C
10		HR	
11		CNUM(ARRondi(C11;1))	
12		38,3	
13		38,6	
14		38,8	
15		38,9	
16		39	
17		39,3	

Préparation des données pour leur exploitation



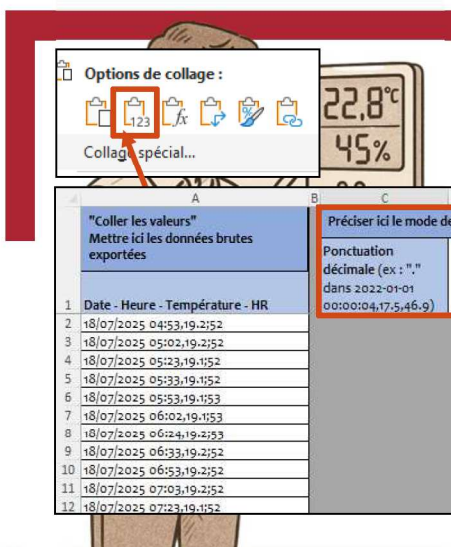
2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Le feuillet « Fiche » explique le principe du module et énonce plusieurs formules de calcul employées dans les autres feuillets.

Autres formules utiles

- Sélectionner 1 ligne toutes les X lignes
 - Créer une colonne vierge et la titrer "Sélection données"
Exemple ici : colonne F
 - Insérer un filtrage de la colonne (Données > Filtrer)
 - Dans la première cellule de la colonne, insérer la formule `=MOD(LIGNE(B2);X)`, où X doit être remplacé par un chiffre correspondant à la fréquence des lignes à retenir
Exemple ici : `=MOD(LIGNE(B2);6)` dans la cellule F2 ; chiffre 6 pour retenir une ligne sur 6 car le pas de mesure actuel est de 5 minutes, jugé trop fréquent et les l'on veut passer à un pas de mesure de 30 minutes = il faut retenir une donnée sur 6

Préparation des données pour leur exploitation



2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Le feuillet « Conversion 1 colonne » permet de séparer la colonne en quatre colonnes distinctes de données.

"Coller les valeurs" Mettre ici les données brutes exportées				Préciser ici le mode de ponctuation des chiffres et le caractère séparant les quatre paramètres				Récupération des données nettoyées			
Date - Heure - Température - HR				Ponctuation décimale (ex : "." dans 2022-01-01 00:00:04,17,5,46.9)	1er séparateur (ex : " dans 2022-01-01 00:00:04,17,5,46.9)	2e séparateur (ex : "," dans 2022-01-01 00:00:04,17,5,46.9)	3e séparateur (ex : " dans 2022-01-01 00:00:04,17,5,46.9)	Date	Heure	Temp	HR
1	18/07/2025	04:53	19,2	52							
2	18/07/2025	05:02	19,2	52							
3	18/07/2025	05:12	19,1	52							
4	18/07/2025	05:23	19,1	52							
5	18/07/2025	05:33	19,1	52							
6	18/07/2025	05:53	19,1	52							
7	18/07/2025	06:02	19,1	52							
8	18/07/2025	06:12	19,1	52							
9	18/07/2025	06:24	19,2	52							
10	18/07/2025	06:33	19,2	52							
11	18/07/2025	06:53	19,2	52							
12	18/07/2025	07:03	19,2	52							
13	18/07/2025	07:23	19,1	52							

Préparation des données pour leur exploitation

2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Le feuillet « **Conversion heures aléatoires** » homogénéise artificiellement les données déjà réparties en quatre colonnes distinctes afin de **régulariser le pas de mesure** (en moyennant).

Options de collage :

Collage spécial...

"Coller les valeurs"
Mettre ici les données brutes exportées

Pas de mesure souhaité,
en minutes
(ex : inscrire "30" pour
toutes les 30 minutes)

Données à récupérer (nettoyées et arrondies)

Date	Heure	Température	HR	Manque ?
18/07/2025	05:33	19,1	52	
18/07/2025	05:53	19,1	53	
18/07/2025	06:00	19,1	53	
18/07/2025	06:24	19,2	53	
18/07/2025	06:33	19,2	52	
18/07/2025	06:53	19,2	52	
18/07/2025	07:03	19,2	52	
18/07/2025	07:23	19,1	52	
18/07/2025	07:33	19,1	52	

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

Préparation des données pour leur exploitation

2/ Cli-Matrice MT (« Module Transcription »)

- Plusieurs feuillets **par marque de logiciel** permettent la retranscription automatiquement (Galerie Reding, Kimo, Fortecho).

Attendez
2-3 minutes
(le temps que
l'application
fasse la
transcription)

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

Conclusion



https://www.youtube.com/watch?v=Nv_bCpMobQ

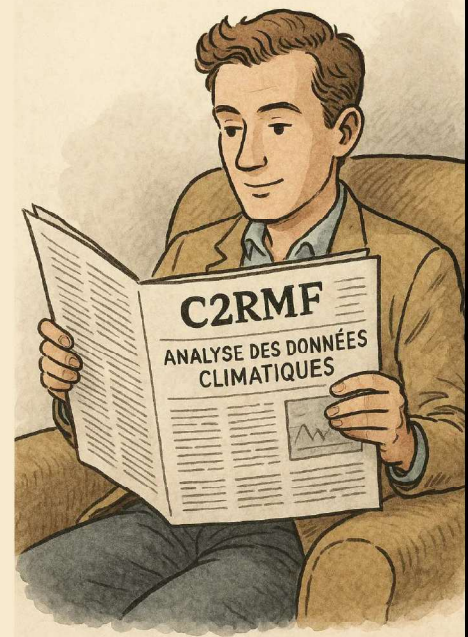
Nettoyage des données : 2:55 à 8:40

Tutoriel vidéo –
Mode d'emploi –
L'application
Cli-Matrice
Auteur : Jocelyn
Périllat-Mercerot
(2021)



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

L'utilisation de l'application du C2RMF Cli-Matrice

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT
Chargé d'études documentaires spécialisé
en conservation préventive - C2RMF



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

L'utilisation de l'application du C2RMF Cli-Matrice

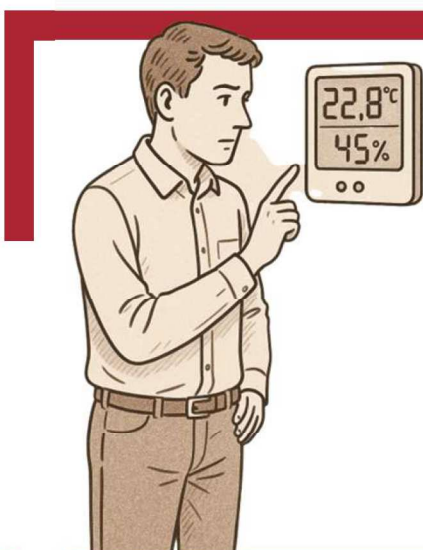
- I. Propos introductif
- II. Cli-Matrice MS et MC
- III. Cli-Matrice MSais et MSais-C
- IV. Cli-Matrice MExt
- V. Cli-Matrice MP
- VI. Cli-Matrice MA et MA-C



Propos introductif



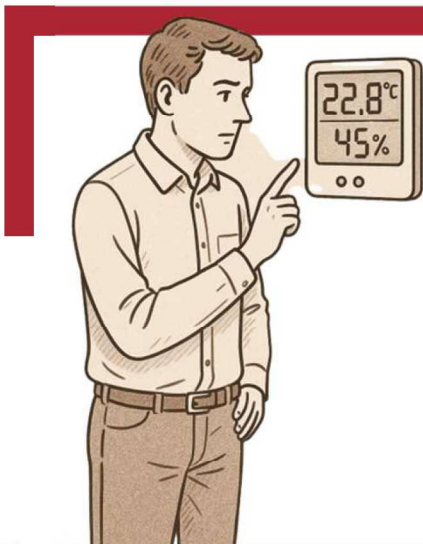
Propos introductif



Intérêt du recours à Cli-Matrice (ou outils similaires)

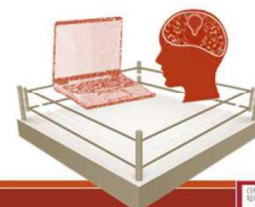
- Une fois les données climatiques **formalisées en quatre colonnes distinctes** (date / heure / température / humidité relative), il est possible d'utiliser les modules de la Cli-Matrice pour obtenir des **rapports d'étude climatique auto-générés** répondant au besoin.
- L'étape la plus **fastidieuse et chronophage** correspond au nettoyage / formalisation des données en 4 colonnes, alors que l'obtention des bilans s'avère plus **rapide une fois familiarisé** avec les différents modules de Cli-Matrice.
- L'édition de rapports climatiques permet :
 - de mieux connaître le **comportement et l'impact** de son bâtiment,
 - de servir de levier pour **justifier des demandes de dépenses** (achat de capteurs ou de systèmes de régulation, travaux d'isolation...),
 - de déterminer le moment où **l'appel à un BET** est nécessaire pour améliorer une situation,
 - de disposer d'une **base d'échanges** avec le BET.

Propos introductif



Limites de Cli-Matrice

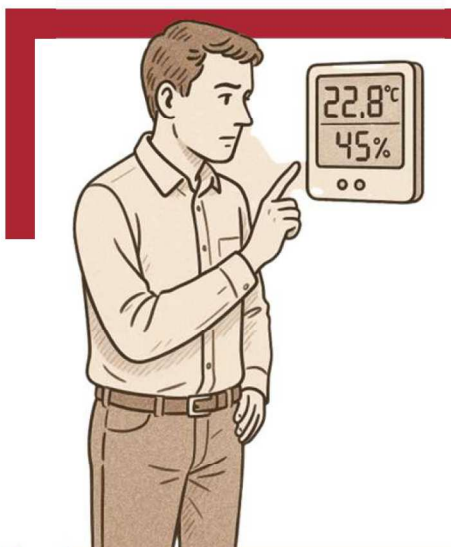
- L'outil **n'est pas très convivial** puisqu'il s'agit d'une base Excel®.
- N'étant pas ingénieur climaticien mais simple préventeur du patrimoine, l'application n'intègre que des **formules de calcul simples**, ne prenant en compte que les données **de température et d'hygrométrie** collectées par des capteurs climatiques, sans considérer les **flux dynamiques d'air**.
- Le défi à la conception était de savoir **jusqu'où il était possible d'automatiser** l'étude et à quel moment le **cerveau humain** et sa **réflexion** doivent prendre le relais.



Cli-Matrice MS module synthétique & Cli-Matrice MC module comparatif



Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif



1/ Principe des modules

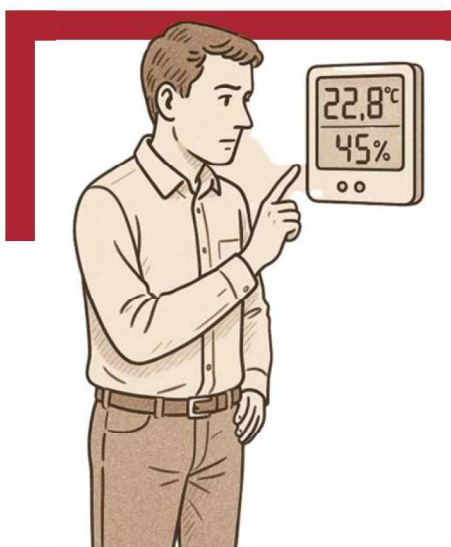
- Le **module MS** permet de disposer d'un **rapport court** (4 pages) qui résume les **tendances climatiques** sur une **période donnée** (de quelques heures dans le cadre d'une expérimentation à deux années).

Il constitue ainsi une **synthèse générale** pouvant servir à l'équipe de conservation ou être transmise à d'autres **professionnels qui ne seraient pas familiarisés** avec la compréhension des données climatiques (élus, par exemple).

- Le **module MC** permet de dresser un **bilan comparatif** des conditions climatiques de **différents espaces** (jusqu'à 30 espaces pouvant être comparés).

Pour cela, il peut réunir jusqu'à **30 rapports MS** qu'il confronte au sein d'un **rapport automatisé de 7-8 pages**.

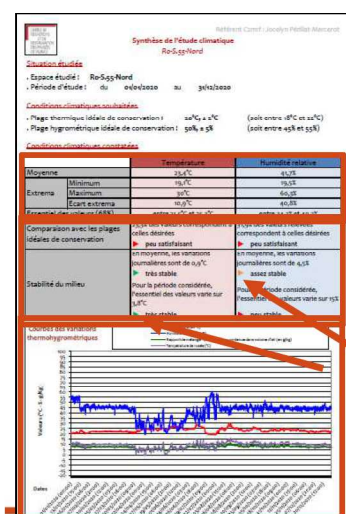
Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif



2/ Rapport obtenu avec le module MS

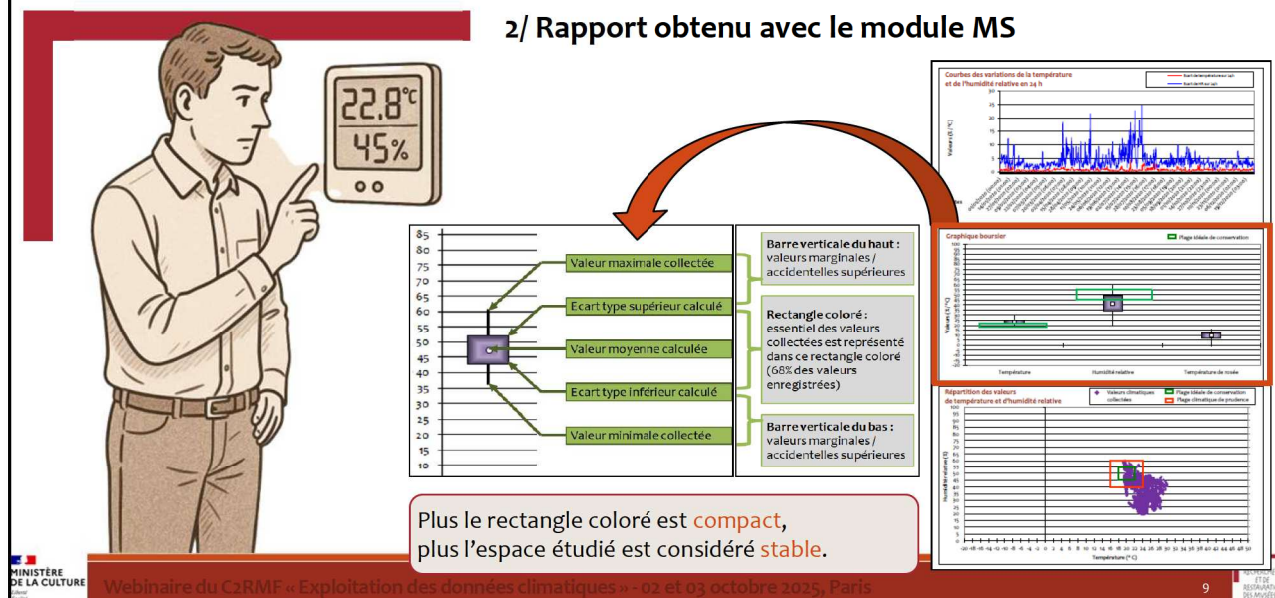
Le rapport MS présente :

- un **tableau récapitulatif**, non rédigé et chiffré, indiquant les **tendances climatiques** ;
- un **double diagnostic statistique**,
- par rapport à la **plage climatique souhaitée**
- et par rapport à la **stabilité climatique** (par jour et pour la période) ;
associé à un **code tricolore de satisfaction** ;
- 4 **graphiques** (courbes thermohygrométriques, courbes de variations quotidiennes, graphique boursier, nuage de points)



Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

2/ Rapport obtenu avec le module MS



Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

2/ Rapport obtenu avec le module MS

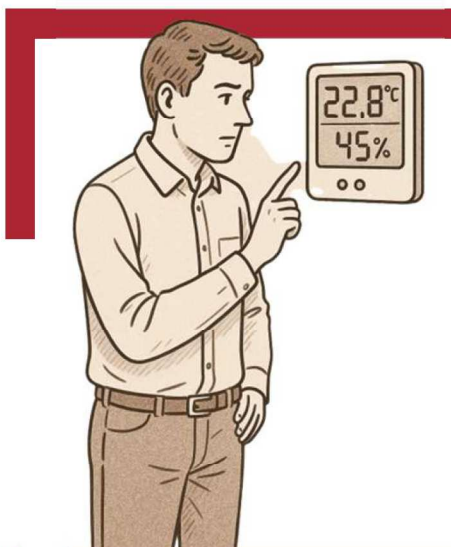
Si le rapport est transmis à des **élus** ou à la **direction** d'une institution, **pas toujours sensibilisés à la conservation**, il est possible d'y associer un **tableau** qui **précise les altérations** pouvant être causées par les **conditions climatiques**.

Impact du climat sur les collections

Situation climatique	Seuils	Effets sur les collections
Fortes températures	Supérieure à 25°C	<ul style="list-style-type: none"> Catalyse des réactions physico-chimiques (oil d'Armenius estime que la vitesse de dégradation double tous les 5°C supplémentaires environ) Ramollissement des colles et cires Assèchement (voir humidité relative) Risque d'infestations Risque de développement de moisissures
Faibles températures	Inférieure à 12°C	<ul style="list-style-type: none"> Rigidification des matériaux organiques (synthétiques) Risque de condensation (voir humidité relative)
Fluctuations de température	Au-delà d'un écart de 5°C par jour	<ul style="list-style-type: none"> Altération asséchement et risque de condensation (voir humidité relative) Diminution de 1°C entraîne une augmentation de l'humidité relative allant de 2 à 5 % HR (et réciproquement en cas de hausse de 1°C, à poids en vapeur d'eau égal)

Situation climatique	Seuils	Effets sur les collections
Fortes températures	Supérieure à 25°C	<ul style="list-style-type: none"> Catalyse des réactions physico-chimiques (oil d'Armenius estime que la vitesse de dégradation double tous les 5°C supplémentaires environ) Ramollissement des colles et cires Assèchement (voir humidité relative) Risque d'infestations Risque de développement de moisissures
Faibles températures	Inférieure à 12°C	<ul style="list-style-type: none"> Rigidification des matériaux organiques (synthétiques) Risque de condensation (voir humidité relative)
Fluctuations de température	Au-delà d'un écart de 5°C par jour	<ul style="list-style-type: none"> Altération asséchement et risque de condensation (voir humidité relative) Diminution de 1°C entraîne une augmentation de l'humidité relative allant de 2 à 5 % HR (et réciproquement en cas de hausse de 1°C, à poids en vapeur d'eau égal)
Fortes humidités relatives	Supérieure à 60% HR	<ul style="list-style-type: none"> Corrosion des métaux Confinement des matériaux hygroscopiques, induisant gonflement, perte de tension, fissures ou déchirures (si le matériau est contraint) ; ce qui impacte la surface du matériau (soulèvement, perte de matière, lacune, etc.) Acidification, oxydation et brunissement des matériaux organiques Opacification, chancris sur les peintures Auroles d'humidité Risque d'infestations Risque de développement de moisissures
Faibles humidités relatives	Inférieure à 40% HR	<ul style="list-style-type: none"> Rétraction des matériaux hygroscopiques, induisant fissures ou déchirures (si le matériau est contraint) ; ce qui impacte la surface du matériau (soulèvement, perte de matière, lacune, etc.)
Fluctuations d'humidité relative	Au-delà d'un écart de 20 % par jour	<ul style="list-style-type: none"> Succession de gonflement / rétraction des matériaux hygroscopiques, entraînant une fragilisation mécanique du support et impactant la surface

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

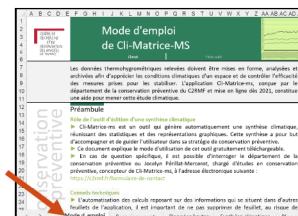


3/ Utilisation du module MS

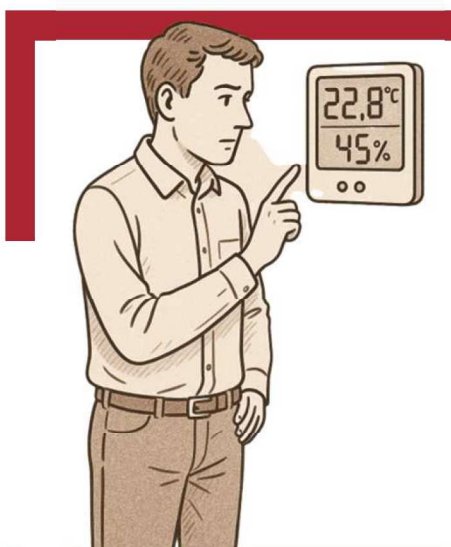
- Le feuillet « Mode d'emploi » du module permet d'être accompagné dans son utilisation (tous les modules en disposent d'un).

Les autres modules de Cli-Matrice présentant le même mode de programmation, se familiariser avec MS (et MC) permet d'être à l'aise avec l'ensemble des modules.

- Un tutoriel vidéo permet d'approprier le module pas à pas, de façon visuelle :
https://www.youtube.com/watch?v=NVb_bCpMobQ (de 8:40 à 18:20).



Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif



3/ Utilisation du module MS


- Le feuillet « Renseignements » contextualise l'étude, avec une 1^{re} partie à compléter et 2^e partie à vérifier (et modifier au besoin).

Renseignements contextuels																									
1	La synthèse climatique automatique proposée dans cet outil repose sur des informations devant être impérativement renseignées dans les rubriques suivantes.																								
2	Certaines d'entre elles sont pré-remplies automatiquement, parfois en fonction de la période d'étude (rubrique 2.b) : si les informations inscrites ne sont pas satisfaisantes au regard de la situation ou de la politique de conservation de l'établissement, il est possible de modifier la suggestion.																								
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10	1 - Collecte des données climatiques																								
11	1.a - Nom de l'espace étudié																								
12																									
13	1.b - Fréquence de la collecte des données (pas de mesure)																								
14	toutes les heures																								
15																									
16	1.c - Nombre de lignes de données climatiques, collectées et intégrées dans l'onglet « Données brutes »																								
17	Information ne pouvant pas être modifiée, servant à la mise en forme des deux graphiques « Courbes des variations thermohygrométriques »																								
18																									

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

3/ Utilisation du module MS

- Le feuillet « Renseignements » contextualise l'étude, avec une 1^{re} partie à compléter et 2^e partie à vérifier (et modifier au besoin).



2 - Référentiel des conditions climatiques idéales pour l'établissement

2.a - Plages climatiques de conservation souhaitées
Inscrire uniquement des chiffres, sans unité (ici proposés par défaut)

► Seuil minimal de température (en °C)	18,0
► Seuil maximal de température (en °C)	22,0
► Seuil minimal d'humidité relative (en %)	45,0
► Seuil maximal d'humidité relative (en %)	55,0

2.b - Indices de stabilité pour la période étudiée
Inscrire uniquement des chiffres, sans unité (ici proposés par défaut)

► Pour l'ensemble de la période étudiée, variations thermiques (en °C)

considérées « Très stables », en dessous de :	1,0
considérées « Peu stables », au dessus de :	3,0

► Pour l'ensemble de la période étudiée, variations hygrométriques (en %)

considérées « Très stables », en dessous de :	2,0
considérées « Peu stables », au dessus de :	5,0

► Pour 24h, variations thermiques (en °C)

« Très stables » <	1,0
« Peu stables » >	3,0

► Pour 24h, variations hygrométriques (en %)


« Très stables » <	2,0
« Peu stables » >	5,0

Mode d'emploi | Renseignements | Données brutes | Synthèse cli

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

3/ Utilisation du module MS

- Le feuillet « Données brutes » reçoit les données préalablement séparées en quatre colonnes et calcule d'autres paramètres (rapport de mélange \approx humidité absolue, température de rosée).

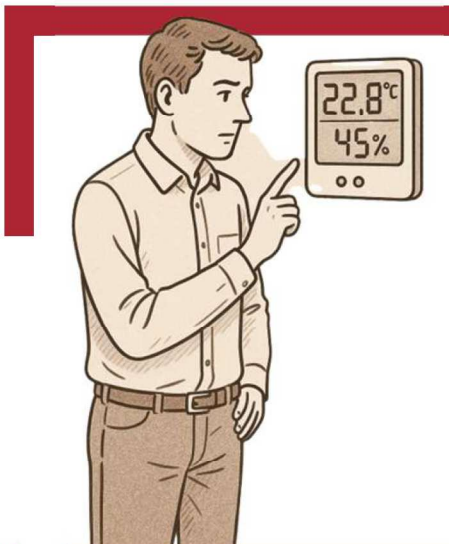


A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Jour de la semaine	Date	Heure	Température (en °C)	Humidité relative (en %)	Rapport de mélange : quantité d'eau contenue dans volume d'air (en g/g)	Température de rosée (en °C)	Vérification de la valeur de la température	Vérification de la valeur de l'humidité relative			Nombre de valeur(s) à vérifier pour la température	Nombre de valeur(s) à vérifier pour l'humidité relative
1											Aucune	Aucune
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												

Mode d'emploi | Renseignements | Données brutes | Synthèse climatique | Plan espace | Synthèse tutelle | Fiche poi

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

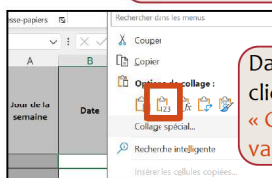
3/ Utilisation du module MS



- Le feuillet « **Données brutes** » reçoit les données préalablement séparées en quatre colonnes et calcule d'autres paramètres (rapport de mélange \approx humidité absolue, température de rosée).

	A	B	C	D
1	Date	Heure	Temp	HR
2	07/04/2025	05:00	20,8	48
3	07/04/2025			
4	07/04/2025			
5	07/04/2025			
6	07/04/2025			
7	07/04/2025			
8	07/04/2025			
9	07/04/2025			

Copier les valeurs du fichier source, jusqu'à 25.000 lignes (blocage au-delà)



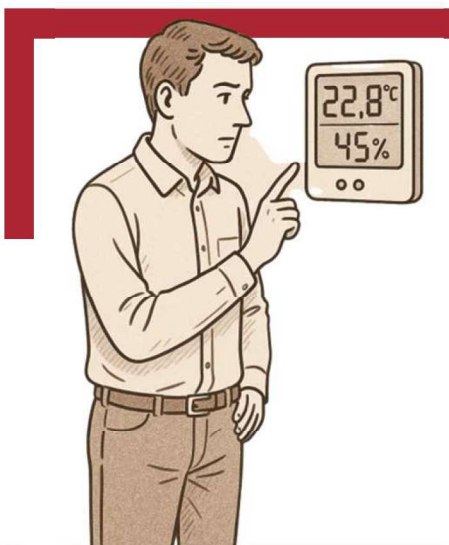
Dans la cellule B2, clic droit ► « Coller les valeurs »

	C	D	E	F
1	Date	Heure	Température (en °C)	Humidité relative (en %)
2	01/02/2022	00:09	6,6	72,3
3	01/02/2022	00:39	6,6	72,3
4	01/02/2022	01:09	6,5	72,1
5	01/02/2022	01:39	6,5	72,1
6	01/02/2022	02:09	6,4	72,3
7	01/02/2022			

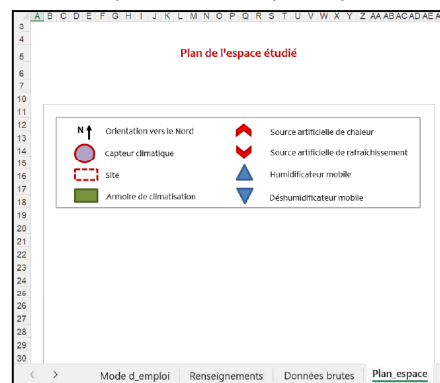
	I	J
1	Rapport de mélange : quantité d'eau contenue dans volume d'air (en g/kg)	Température de rosée (en °C)
2	4,28	2,00
3	4,38	2,00
4	4,33	1,80
5	4,33	1,80
6	4,33	1,80
7	4,33	1,80

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

3/ Utilisation du module MS



- Le feuillet « **Plan espace** » (facultatif) permet d'illustrer le rapport par un plan contextuel, montrant la position du capteur par rapport à différentes sources de perturbation et/ou de régulation du climat.



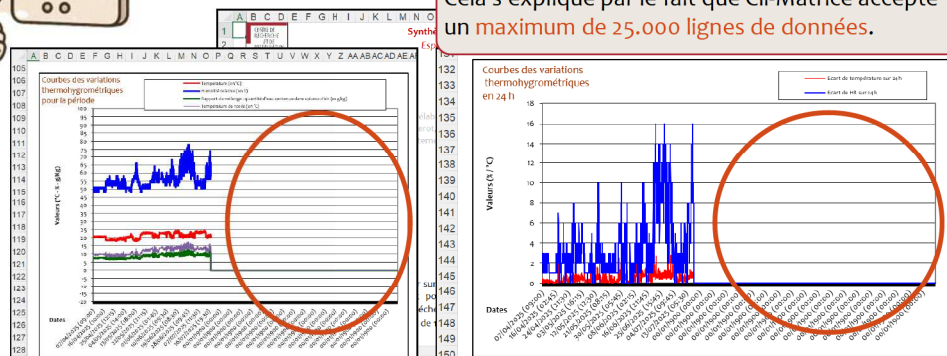
Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

3/ Utilisation du module MS



- Le feuillet « Synthèse climatique » correspond au rapport à éditer. Il est automatisé, sauf pour deux graphiques qu'il faut toujours remettre en forme.

Cela s'explique par le fait que Cli-Matrice accepte un maximum de 25.000 lignes de données.

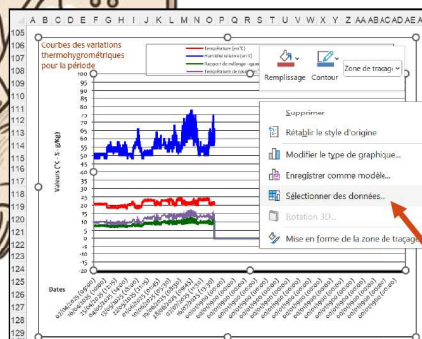


Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

3/ Utilisation du module MS



- Le feuillet « Synthèse climatique » correspond au rapport à éditer. Il est automatisé, sauf pour deux graphiques qu'il faut toujours remettre en forme.



Sélectionner la source de données

Plage de données est trop complexe pour être affichée. Si vous sélectionnez une nouvelle plage, ces données automatiquement celles de la série affichée dans l'onglet Série.

Entrées de légende (Série)

Ajouter	Modifier	Supprimer
Température (en °C)		
Humidité relative (en %)		
Rapport de mélange - quantité d'eau contenue dans volume d		
Température de rosée (en °C)		

Étiquettes de l'axe horizontal (abscisse)

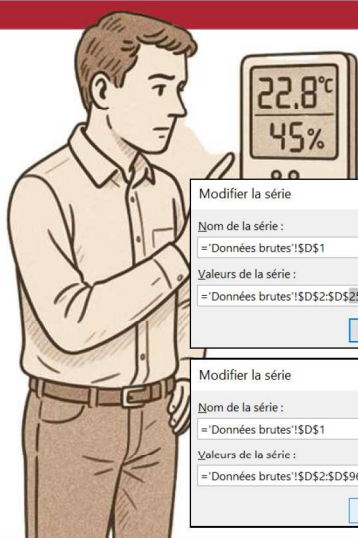
Modifier
07/04/2025 (09:00)
07/04/2025 (09:15)
07/04/2025 (09:30)
07/04/2025 (09:45)
07/04/2025 (10:00)

Cellules masquées et cellules vides

OK

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

3/ Utilisation du module MS



- Le feuillet « **Synthèse climatique** » correspond au rapport à éditer. Il est automatisé, sauf pour deux graphiques qu'il faut toujours remettre en forme.

Modifier la série

Nom de la série :
=Données brutes!\$D\$1 = Température (e...)

Valeurs de la série :
=Données brutes!\$D\$2:\$D\$25000 = 20,8; 20,5; 20...

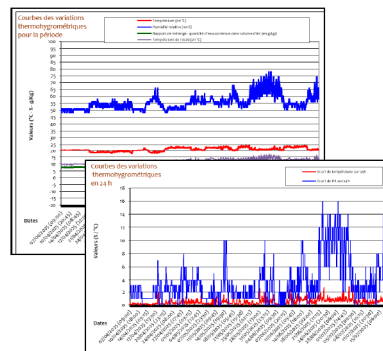
Modifier la série

Nom de la série :
=Données brutes!\$D\$1

Valeurs de la série :
=Données brutes!\$D\$2:\$D\$9669 = 20,8; 20,5; 20...

OK Annuler

	A	B	C	D
	Date	Heure	Temp	HR
1				
9667	18/07/2025	09:00	20,8	62
9668	18/07/2025	09:15	20,5	62
9669	18/07/2025	09:30	20,5	66
9670				
9671				



Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

3/ Utilisation du module MS



- Le feuillet « **Synthèse climatique** » correspond au rapport à éditer. Il est automatisé, sauf pour deux graphiques qu'il faut toujours remettre en forme.
- Il est ensuite possible d'**imprimer le feuillet** (+ feuillet plan, en maintenant la touche « Ctrl ») en **format pdf**.

Synthèse climatique

Réserve 4, Armoire du rétroéclairage au rétroéclairage

Le document de synthèse climatique est généré automatiquement à partir de données brutes, non informatisées, envoyées par le C2RMF (Ministère de la Culture) - département de la conservation préventive. Cet outil est en ligne et permet de visualiser les données climatiques du C2RMF (Ministère de la Culture).

Conditions climatiques souhaitées

Plage thermique souhaitée : 21°C ± 5°C (soit entre 16°C et 26°C)

Plage hygrométrique souhaitée : 50% ± 10% (soit entre 40% et 60%)

Référentiel de stabilité climatique

Les calculs statistiques doivent se fonder sur un référentiel de stabilité climatique. Le référentiel ci-dessous, proposé par le C2RMF et pouvant servir de base, caractérise les variations thermohygrométriques au regard d'une échelle temporelle. La présente étude concerne une période de 100 jours.

Renseignements Données brutes Synthèse climatique Plan, espace Synth

Imprimer

Copies : 1

Imprimer

Imprimante : PDFCreator

Prête

Propriétés de l'imprimante

Paramètres

Imprimer les feuilles actives

Imprimer uniquement les feuillets

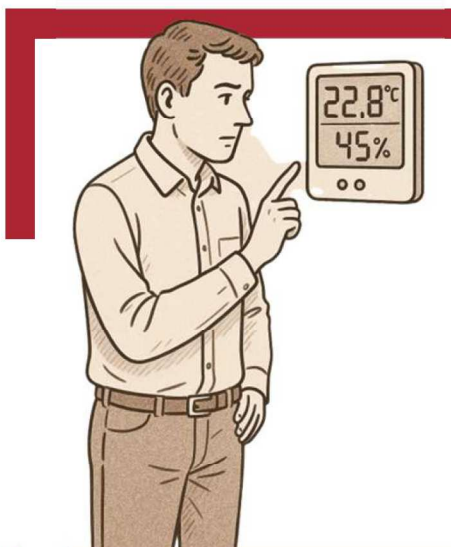
Pages : 1 à 1

Assemblées : 1,2,3 1,2,3 1,2,3

Imprimer

Partager

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif



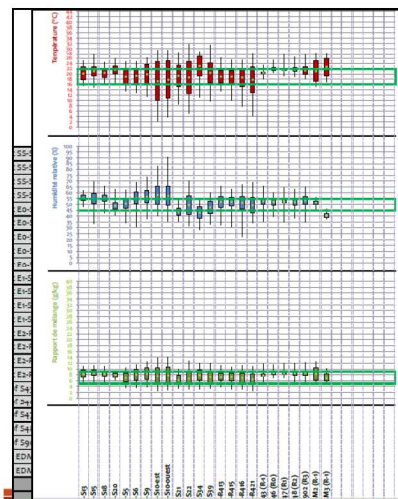
4/ Rapport obtenu avec le module MC

Le rapport MC présente :

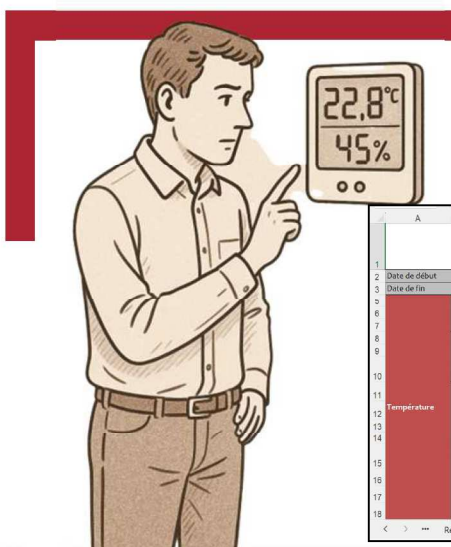
- un **tableau classant les espaces**
 - selon le respect de la **plage climatique**
 - selon leur **stabilité climatique** sur 24h ;
 - selon leur **stabilité climatique** sur la période d'étude ;

les **cases vertes** montrent en premier rang l'espace le plus satisfaisant ;

- Une juxtaposition de **graphiques boursiers** comparant les différents espaces d'un coup d'œil.



Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif



5/ Utilisation du module MC

- Il faut ouvrir **successivement les fichiers MS** à comparer et se diriger sur le feuillet « **Fiche pour Cli-Matrice MC** »,
- puis copier les **cellules E1 à E38** de la colonne E.

	A	B	C	D	E
1					Salle Abel
2	Date de début				02/04/2025
3	Date de fin				18/07/2025
4	Conditions climatiques relevées	Moyenne (en °C)			21,2
5		Minimum (en °C)			17,9
6		Maximum (en °C)			24,3
7	Comparaison avec la plage climatique désirée	Plage idéale définie (en °C)	entre...		18
8		Pourcentage des valeurs relevées correspondant à la plage souhaitée (en %)	entre...		22
9					66,4
10	Température	Essentiel des mesures relevées, soit 683 d'entre elles (en °C)	entre...		19,6
11			et...		22,8
12		Moyenne des variations journalières (en °C)			0,6
13		Amplitude des valeurs relevées (en °C)			6,4
14	Stabilité climatique	Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées (en °C)			3,2
15			amplitude chaude		1,9
16			amplitude froide		1,2
17			Amplitude totale		3,2
18					

	A	B	C	D	E
21		relevées	Maximum (en %)		7,8
22		Comparaison avec la plage climatique désirée	Plage idéale définie (en %)	entre...	45
23				et...	55
24			Pourcentage des valeurs relevées correspondant à la plage souhaitée (en %)		57,9
25	Humidité relative	Essentiel des mesures relevées, soit 683 d'entre elles (en %)		entre...	54,2
26				et...	60,5
27		Moyenne des variations journalières (en %)			3,2
28	Stabilité climatique	Amplitude des valeurs relevées (en %)			30
29		Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées (en %)			10,3
30			Amplitude des valeurs marginales ou accidentelles, soit 325 d'entre elles (en %)	Amplitude humide	17,5
31				Amplitude sèche	2,2
32				Amplitude totale	19,7
33					
34	Support de mélange		Moyenne (en g/kg)		8,8
35			Minimum (en g/kg)		6,7
36			Maximum (en g/kg)		11,2
37		Essentiel des mesures relevées, soit 683 d'entre elles (en %)		entre...	7,2
38				et...	10
39					

Cli-Matrice MS, module synthétique, et MC, module comparatif

5/ Utilisation du module MC



- Parallèlement, le fichier **Cli-Matrice MC** est ouvert sur le feuillet « Comparaison fiches »,
- et y « coller les valeurs » de la colonne E de l'espace à comparer.
- Il faut faire cela **pour tous les espaces à comparer** (jusqu'à 30).
- Le feuillet « Bilan comparaison » est intégralement **automatique**.

Dans les colonnes de E à AH, insérer à un collage spécial « Coller les valeurs »

Date de début	Date de fin	Conditions climatiques réelles	Moyenne (en °C)	Minimum (en °C)	Maximum (en °C)	Plage idéale d'été (en °C)	Plage idéale d'hiver (en °C)	Plage idéale de conservation	Essentiel des mesures relatives, soit 40% d'entre elles (en °C)	Moyenne des variations journalières (en °C)	Amplitude des valeurs relevées (en °C)	Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées (en °C)	Amplitude des valeurs marginales ou accidentelles, soit 10% d'entre elles (en °C)	Amplitude froide	Amplitude chaude	Amplitude totale

Dans les colonnes de E à AH, insérer à un collage spécial « Coller les valeurs »

Salle Abcd	Réserve 41	Vitrine 167

Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

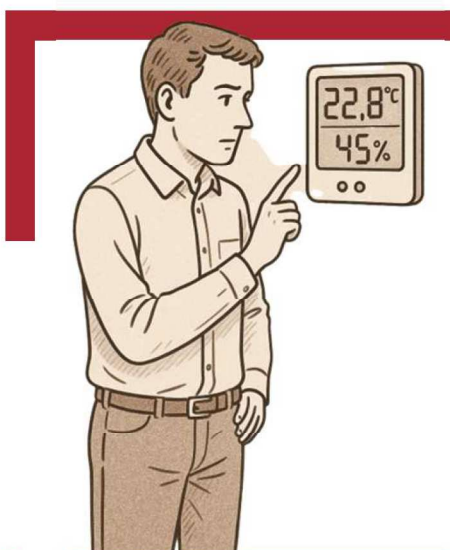
Pause



Cli-Matrice MSais module saisonnier & Cli-Matrice MSais-C module saisonnier comparatif



Cli-Matrice MSais, module saisonnier, et MSais-C, module saisonnier comparatif



1/ Principe des modules

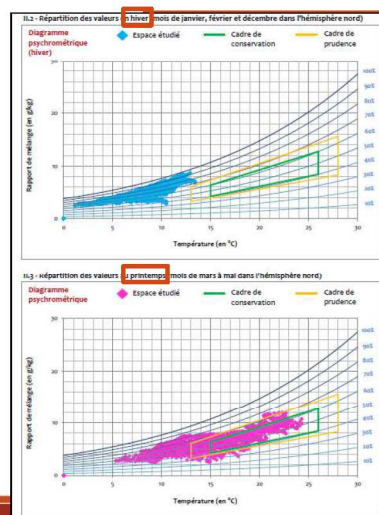
- Le **module MSais** permet de disposer d'un **rapport court** (6-7 pages) qui affine les **tendances climatiques** par **saison d'étude**, pouvant rendre mieux compte de **l'inertie des espaces** étudiés ou d'aider à **mieux paramétrer les équipements de régulation** du climat en fonction des variations saisonnières.
Alors que le module MS est général mais permet d'évaluer toute période d'étude (d'une journée à deux années), le module MSais implique d'être utilisé **à partir de 5-6 mois de données collectées** pour pouvoir analyser au moins deux saisons et **idéalement pendant un an** d'analyse pour étude plus complète.
- Le **module MSais-C** permet de dresser un **bilan comparatif** des conditions saisonnières de **différents espaces** (jusqu'à 30 espaces pouvant être comparés).
Pour cela, il peut réunir jusqu'à **30 rapports MSais** qu'il confronte au sein d'un **rapport automatisé de 10 pages**.

Cli-Matrice MSais, module saisonnier, et MSais-C, module saisonnier comparatif

2/ Rapport obtenu avec le module MSais

Le rapport MSais présente :

- un **tableau récapitulatif**, non rédigé et chiffré, indiquant la **tendance climatique saison par saison** ;
- des **graphiques** (boursiers et nuages de points pour la température, l'humidité relative et l'humidité absolue / rapport de mélange) ;
- Et éventuellement un **plan des espaces** (à intégrer facultativement).



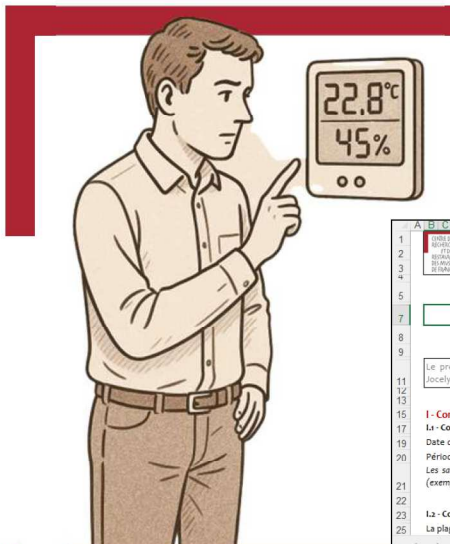
Cli-Matrice MSais, module saisonnier, et MSais-C, module saisonnier comparatif

3/ Utilisation du module MSais

- Le feuillet « **Données** » permet de recevoir les données collectées et de vérifier les consignes renseignées par défaut.

Cli-Matrice MSais, module saisonnier, et MSais-C, module saisonnier comparatif

3/ Utilisation du module MSais



- Le feuillet « **Rapport climatique** » permet d'éditer l'étude, seul le **nom de l'espace** doit y être indiqué (le reste s'effectue automatiquement).
- Un **plan** peut être associé **facultativement** (feuillet dédié).

Synthèse climatique saisonnière

Nom de l'espace à inscrire
du au

Le présent document a pu être élaboré à l'aide de Cli-Matrice-MSais, application développée par Jocelyn Perillat-Mercerot (C2RMF).

I - Contexte de l'étude

Ia - Conditions d'étude

Date du rapport d'étude : 14/09/2025

Période d'étude : du au

Les saisons décrites dans ce rapport correspondent aux saisons météorologiques de l'hémisphère nord (exemple : l'été couvre les trois mois pleins de juin à août).

Ib - Conditions de conservation souhaitées

La plage de conservation souhaitée est définie par :

Mode d'emploi Données **Rapport climatique** Plan_espace Comparaison

Plan de l'espace étudié

Nom de l'espace à inscrire

Orientation vers le Nord

Capteur climatique

Site

Armoire de climatisation

Source artificielle de chaleur

Source artificielle de rafraîchissement

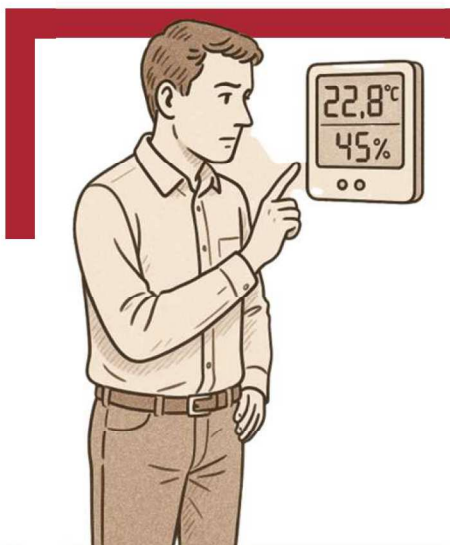
Humidificateur mobile

Déshumidificateur mobile

Mode d'emploi Données **Rapport climatique** **Plan_espace** Comparaison

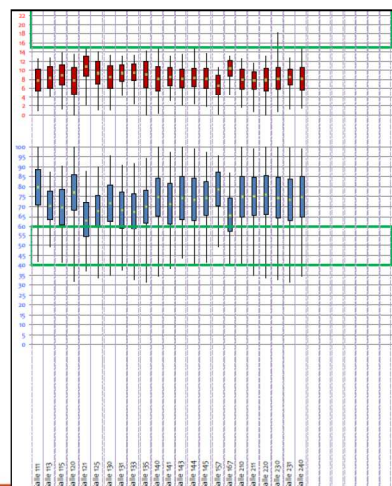
Cli-Matrice MSais, module saisonnier, et MSais-C, module saisonnier comparatif

4/ Rapport obtenu avec le module MSais-C



Le rapport MSais-C présente :

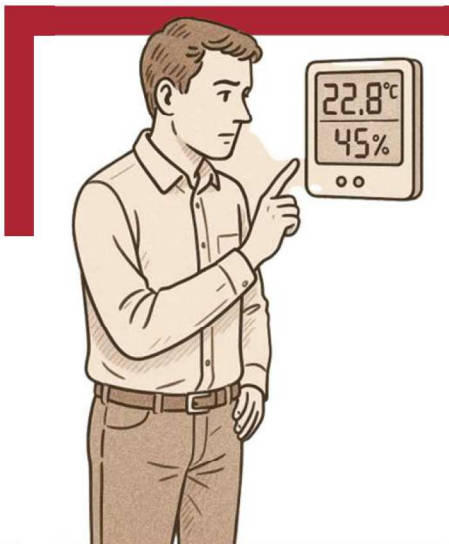
- un **tableau général** résumant les **tendances climatiques** pour tous les espaces
- et par saison :
 - le **classement** des espaces les **plus satisfaisants et stables** ;
 - une juxtaposition de **graphiques boursiers** comparant les différents espaces d'un coup d'œil.



Cli-Matrice MSais, module saisonnier, et MSais-C, module saisonnier comparatif

5/ Utilisation du module MSais-C

- Le principe est le même que pour MC : il faut copier les **cellules E1 à E97** de la colonne E des **fichiers MSais**,
- puis « **coller les valeurs** » dans MSais-C (1 colonne = 1 espace).



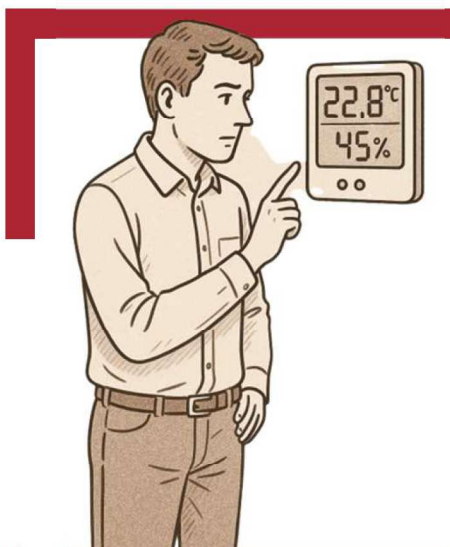
A	C	E	G
1	Coopère la colonne C de la ligne 1 à la ligne 97 (1 à 97) : elle doit contenir les valeurs copiées dans le fichier "Rapport comparatif" de la MSais-Matrise.		
2	Température		
3	Plage idéale définie (en °C)		
4	Température		
5	Plage idéale relative (en %)		
6	Humidité		
7	Plage idéale relative (en %)		
8	Rapport de		
9	Température		
10	Plage idéale relative (en %)		
11	Humidité		
12	Plage idéale relative (en %)		
13	Rapport de		
14	Température		
15	Plage idéale relative (en %)		
16	Humidité		
17	Plage idéale relative (en %)		
18	Rapport de		
19	Température		
20	Plage idéale relative (en %)		
21	Humidité		
22	Plage idéale relative (en %)		
23	Rapport de		
24	Température		
25	Plage idéale relative (en %)		
26	Humidité		
27	Plage idéale relative (en %)		
28	Rapport de		
29	Température		
30	Plage idéale relative (en %)		
31	Humidité		
32	Plage idéale relative (en %)		
33	Rapport de		
34	Température		
35	Plage idéale relative (en %)		
36	Humidité		
37	Plage idéale relative (en %)		
38	Rapport de		
39	Température		
40	Plage idéale relative (en %)		
41	Humidité		
42	Plage idéale relative (en %)		
43	Rapport de		
44	Température		
45	Plage idéale relative (en %)		
46	Humidité		
47	Plage idéale relative (en %)		
48	Rapport de		
49	Température		
50	Plage idéale relative (en %)		
51	Humidité		
52	Plage idéale relative (en %)		
53	Rapport de		
54	Température		
55	Plage idéale relative (en %)		
56	Humidité		
57	Plage idéale relative (en %)		
58	Rapport de		
59	Température		
60	Plage idéale relative (en %)		
61	Humidité		
62	Plage idéale relative (en %)		
63	Rapport de		
64	Température		
65	Plage idéale relative (en %)		
66	Humidité		
67	Plage idéale relative (en %)		
68	Rapport de		
69	Température		
70	Plage idéale relative (en %)		
71	Humidité		
72	Plage idéale relative (en %)		
73	Rapport de		
74	Température		
75	Plage idéale relative (en %)		
76	Humidité		
77	Plage idéale relative (en %)		
78	Rapport de		
79	Température		
80	Plage idéale relative (en %)		
81	Humidité		
82	Plage idéale relative (en %)		
83	Rapport de		
84	Température		
85	Plage idéale relative (en %)		
86	Humidité		
87	Plage idéale relative (en %)		
88	Rapport de		
89	Température		
90	Plage idéale relative (en %)		
91	Humidité		
92	Plage idéale relative (en %)		
93	Rapport de		
94	Température		
95	Plage idéale relative (en %)		
96	Humidité		
97	Plage idéale relative (en %)		

A	C	D	E	F	G	H
1	Coopère la colonne C de la ligne 1 à la ligne 97 (1 à 97) : elle doit contenir les valeurs copiées dans le fichier "Rapport comparatif" de la MSais-Matrise.					
2	Température					
3	Plage idéale définie (en °C)					
4	Température					
5	Plage idéale relative (en %)					
6	Humidité					
7	Plage idéale relative (en %)					
8	Rapport de					
9	Température					
10	Plage idéale relative (en %)					
11	Humidité					
12	Plage idéale relative (en %)					
13	Rapport de					
14	Température					
15	Plage idéale relative (en %)					
16	Humidité					
17	Plage idéale relative (en %)					
18	Rapport de					
19	Température					
20	Plage idéale relative (en %)					
21	Humidité					
22	Plage idéale relative (en %)					
23	Rapport de					
24	Température					
25	Plage idéale relative (en %)					
26	Humidité					
27	Plage idéale relative (en %)					
28	Rapport de					
29	Température					
30	Plage idéale relative (en %)					
31	Humidité					
32	Plage idéale relative (en %)					
33	Rapport de					
34	Température					
35	Plage idéale relative (en %)					
36	Humidité					
37	Plage idéale relative (en %)					
38	Rapport de					
39	Température					
40	Plage idéale relative (en %)					
41	Humidité					
42	Plage idéale relative (en %)					
43	Rapport de					
44	Température					
45	Plage idéale relative (en %)					
46	Humidité					
47	Plage idéale relative (en %)					
48	Rapport de					
49	Température					
50	Plage idéale relative (en %)					
51	Humidité					
52	Plage idéale relative (en %)					
53	Rapport de					
54	Température					
55	Plage idéale relative (en %)					
56	Humidité					
57	Plage idéale relative (en %)					
58	Rapport de					
59	Température					
60	Plage idéale relative (en %)					
61	Humidité					
62	Plage idéale relative (en %)					
63	Rapport de					
64	Température					
65	Plage idéale relative (en %)					
66	Humidité					
67	Plage idéale relative (en %)					
68	Rapport de					
69	Température					
70	Plage idéale relative (en %)					
71	Humidité					
72	Plage idéale relative (en %)					
73	Rapport de					
74	Température					
75	Plage idéale relative (en %)					
76	Humidité					
77	Plage idéale relative (en %)					
78	Rapport de					
79	Température					
80	Plage idéale relative (en %)					
81	Humidité					
82	Plage idéale relative (en %)					
83	Rapport de					
84	Température					
85	Plage idéale relative (en %)					
86	Humidité					
87	Plage idéale relative (en %)					
88	Rapport de					
89	Température					
90	Plage idéale relative (en %)					
91	Humidité					
92	Plage idéale relative (en %)					
93	Rapport de					
94	Température					
95	Plage idéale relative (en %)					
96	Humidité					
97	Plage idéale relative (en %)					

Cli-Matrice MExt module extérieur



Cli-Matrice MExt, module extérieur



1/ Principe du module

- Le **module MExt** permet
 - de savoir comment récupérer les **données** depuis le site de **MétéoFrance** (si une station existe dans la ville)
 - et de disposer d'un **rapport** (7 pages) qui évalue les conditions climatiques extérieures – aussi bien **globalement** pour l'ensemble de la période d'étude que pour **chaque saison**.

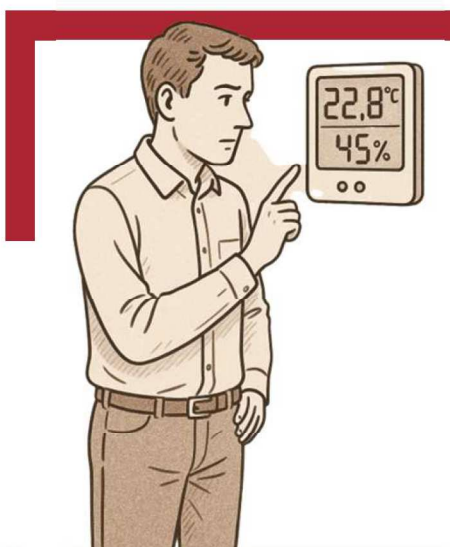
Cela peut expliquer **l'impact du climat extérieur** sur celui intérieur (pic de chaleur ou de froid) ou donner des **indications sur l'inertie des bâtiments**.

- Il est souhaitable de **poursuivre son développement** en comparant les données extérieures et intérieures pour **estimer l'isolation ou l'étanchéité** du bâtiment.

Cela pourra se faire par l'intégration :

- d'un **taux d'amortissement** (déjà réalisé),
- et d'une valeur du **déphasage** (non réalisé).

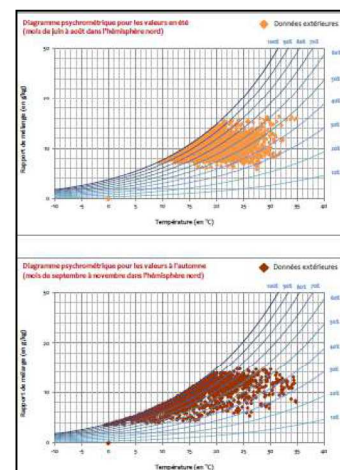
Cli-Matrice MExt, module extérieur



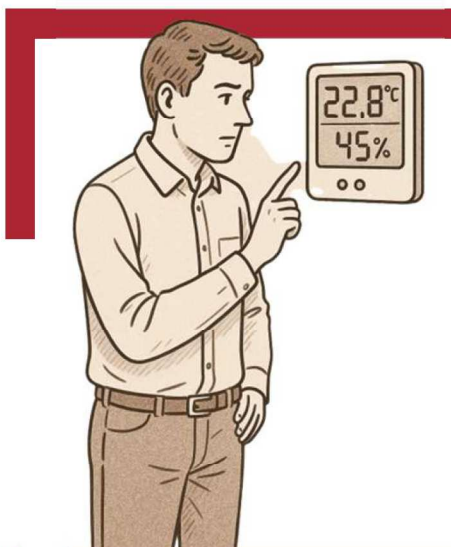
2/ Rapport obtenu avec le module MExt

Le rapport MExt présente :

- un **tableau récapitulatif** des **tendances climatiques** pour la période d'étude ;
- des **courbes horodatées** montrant l'évolution de la température et de l'HR ;
- des **graphiques saisonniers** (boursiers et nuages de points)



Cli-Matrice MExt, module extérieur

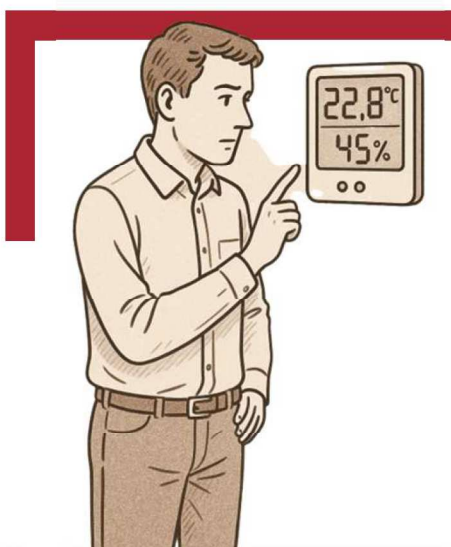


3/ Utilisation du module MExt

- Le feuillet « **Collecte données MétéoFrance** » fournit la méthode, pas à pas, pour récupérer les données collectées par une station en France.

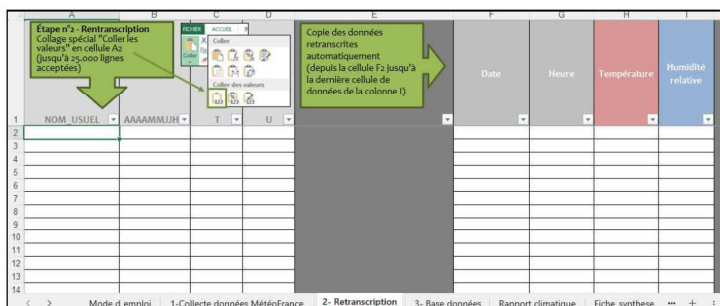


Cli-Matrice MExt, module extérieur



3/ Utilisation du module MExt

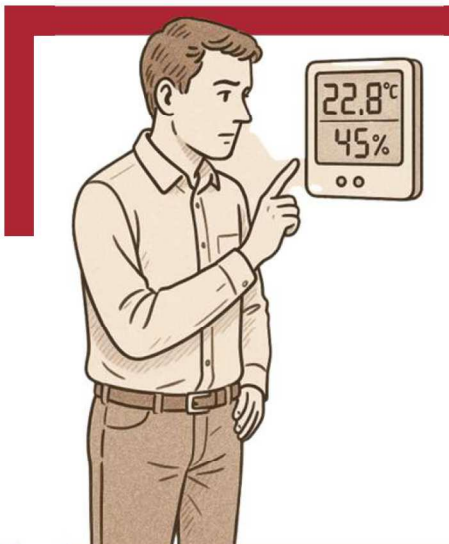
- Le feuillet « **Retranscription** » transforme les données MétéoFrance en données exploitables par Cli-Matrice Mext.



Cli-Matrice MExt, module extérieur

3/ Utilisation du module MExt

- Le feuillet « Base données » reçoit les données ainsi nettoyées.

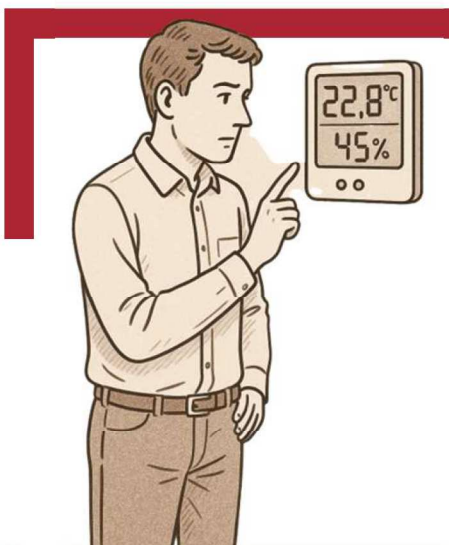


Étape n°3 - Versement des données Collage spécial "Coller les valeurs" en cellule C2 (jusqu'à 25,000 lignes acceptées)		Rapport de mélange - quantité d'eau contenue dans volume d'air (en g/kg)		Température de roule (en °C)		Collecte des données		Vérifier le pas de mesure	
Date	Heure	Température (en °C)	Humidité relative (en %)						
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

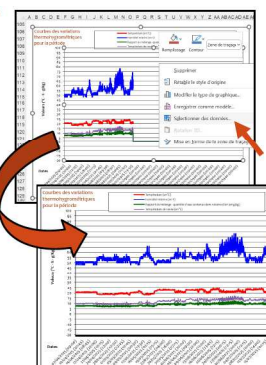
Cli-Matrice MExt, module extérieur

3/ Utilisation du module MExt

- Le feuillet « rapport climatique » permet d'éditer le bilan.
- À l'instar du module MS, l'opérateur doit **modifier manuellement** les deux courbes thermohygrométriques



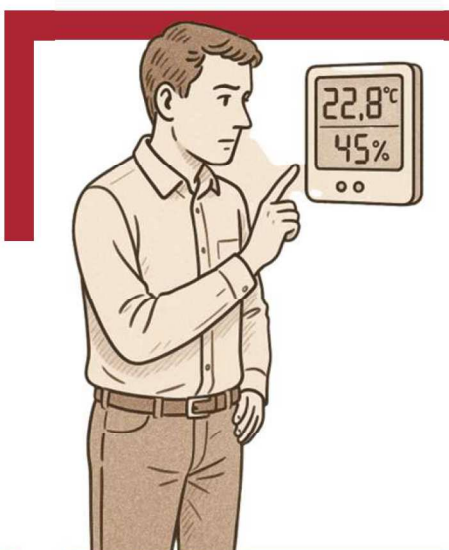
Étude du climat extérieur																									
Nom de la ville / de la station de météorologie																									
du au																									
Le présent document a pu être élaboré à l'aide de Cli-Matrice-MExt, application développée par Jocelyn Périllat-Mercerot (C2RMF), à partir des données publiques collectées et mises en ligne par Météo-France.																									
Préambule																									
• Date du rapport : 14/03/2025																									
• Période d'étude : du au																									
Les saisons décrites dans ce rapport correspondent aux saisons météorologiques de l'hémisphère nord (exemple : l'été couvre les trois mois pleins de juin à août).																									
I - Étude globale pour l'ensemble de la période																									
I.1 - Bilan statistique																									
Température													Humidité relative												
Rapport climatique																									



Cli-Matrice MP module prévision



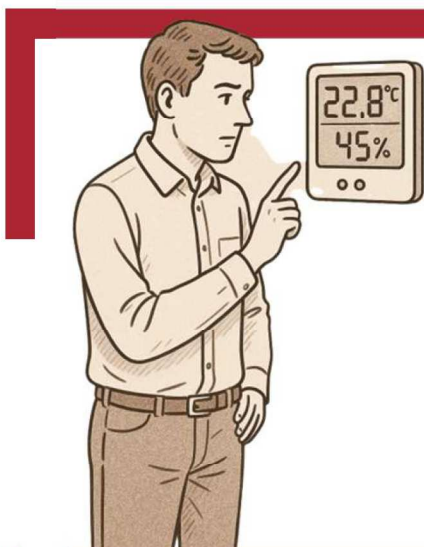
Cli-Matrice MP, module prévision



1/ Principe du module

- Le **module MP** permet de disposer d'un **rapport** (4 pages) qui simule **l'évolution de l'humidité relative** en cas de hausse ou de baisse de la température.
- Il s'agit d'une **simulation** fondée uniquement sur les données de température et d'hygrométrie :
 - pour visualiser **l'écart** avec la situation climatique idéale,
 - pour estimer les **quantités de vapeur d'eau à compenser** dans le cas imaginé,
 - pour apprécier les possibilités d'un « **chauffage de conservation** », c'est-à-dire si le seul paramétrage du chauffage permettrait de jouer sur les **variations d'HR**.
- Le module ne s'applique que pour un **espace dépourvu de système de régulation de l'hygrométrie**.
En effet, s'il en est équipé, l'effet sur l'humidité relative d'une modification de température devrait être **compensé** par l'unité de traitement d'air (humidificateur / déshumidificateur).

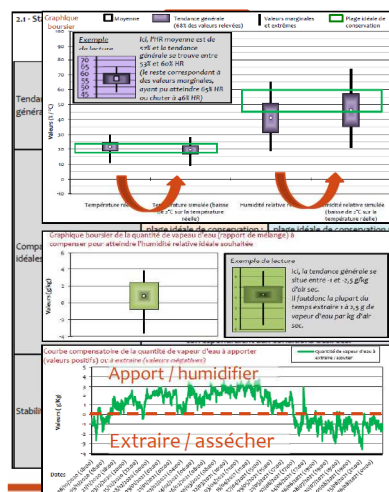
Cli-Matrice MP, module prévision



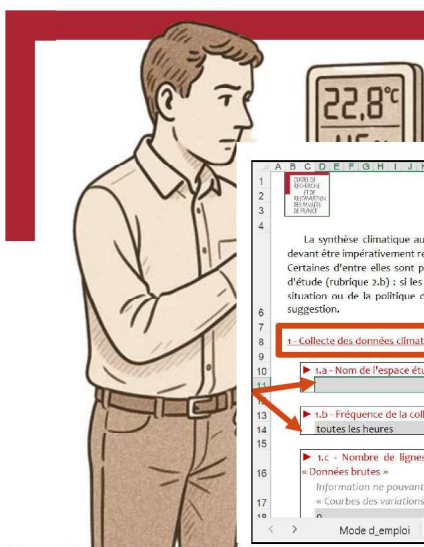
2/ Rapport obtenu avec le module MP

Le rapport MP présente :

- un tableau simulant la **tendance climatique selon la température modifiée**, associé à un **code tricolore de satisfaction**
- un graphique **boursier de tenance comparant réel / simulé**
- deux **graphiques** permettant de savoir les **quantités de vapeur d'eau à apporter ou à extraire**, et donc d'orienter l'achat d'un **système de régulation** :
 - boursier : tendance **globale**
 - courbes : apport / retrait de vapeur d'eau au **fil du temps**



Cli-Matrice MP, module prévision



3/ Utilisation du module MP

- Le feuillet « **Renseignements** » contextualise l'étude, avec une 1^{re} partie à compléter et 2^e partie à vérifier (et modifier au besoin).

Renseignements contextuels

La synthèse climatique automatique proposée dans cet outil repose sur des informations devant être impérativement renseignées dans les rubriques suivantes. Certaines d'entre elles sont pré-remplies automatiquement, parfois en fonction de la période d'étude (rubrique 2.b) : si les informations inscrites ne sont pas satisfaisantes au regard de la situation ou de la politique de conservation de l'établissement, il est possible de modifier la suggestion.

1. Collecte des données climatiques

1.a - Nom de l'espace étudié

1.b - Fréquence de la collecte des données (pas de mesure)

toutes les heures

1.c - Nombre de lignes de données climatiques, collectées et intégrées dans l'onglet « Données brutes »

Information ne pouvant pas être modifiée, servant à la mise en forme des deux graphiques :
« Courbes des variations thermohygrométriques »

Mode d'emploi Renseignements Données brutes Synthèse climatique

2 - Référentiel des conditions climatiques idéales pour l'établissement

2.a - Plages climatiques de conservation souhaitées

Inscrire uniquement des chiffres, sans unité (ici proposés par défaut)

► Seuil minimal de température (en °C)	18,0
► Seuil maximal de température (en °C)	22,0
► Seuil minimal d'humidité relative (en %)	45,0
► Seuil maximal d'humidité relative (en %)	55,0

2.b - Indices de stabilité pour la période étudiée

Inscrire uniquement des chiffres, sans unité (ici proposés par défaut)

► Pour l'ensemble de la période étudiée, variations thermiques (en °C)

considérées « Très stables », au dessous de :	1,0
considérées « Peu stables », au dessus de :	3,0

► Pour l'ensemble de la période étudiée, variations hygrométriques (en %)

considérées « Très stables », au dessous de :	2,0
considérées « Peu stables », au dessus de :	5,0

► Pour 24h, variations thermiques (en °C)

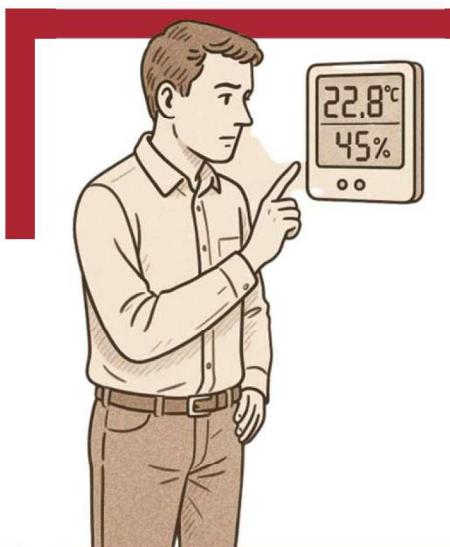
« Très stables » <	1,0
« Peu stables » >	3,0

► Pour 24h, variations hygrométriques (en %)

« Très stables » <	2,0
« Peu stables » >	5,0

Mode d'emploi Renseignements Données brutes Synthèse cli

Cli-Matrice MP, module prévision

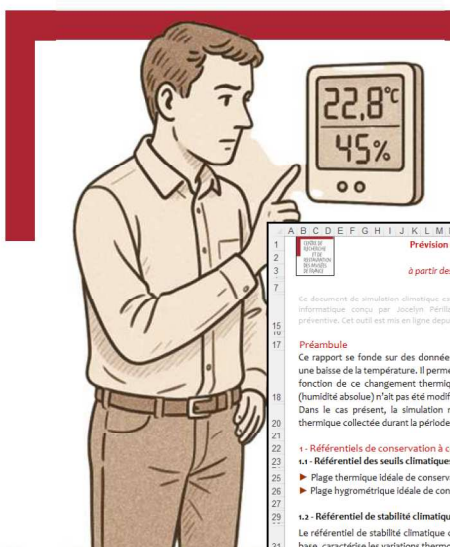


3/ Utilisation du module MP

- Le feuillet « **Données brutes** » recueille les données climatiques préalablement nettoyées et indique le nombre de degrés à ajouter ou retrancher dans la situation simulée.

[illegible]

Cli-Matrice MP, module prévision



3/ Utilisation du module MP

- Le feuillet « **Simulation climatique** » permet d'éditer le bilan.
À l'instar du module **MS**, l'opérateur doit **modifier manuellement** deux courbes (celle thermohygrométrique et celle de rapport de mélange).

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AAABACADAFAF

1
2
3
4
5
6
7

Résumé de la simulation climatique pour le scénario de référence :
Prévision climatique par simulation

Espace étudié
à partir des mesures collectées du taux d'humidité relative

Ce document est une simulation climatique réalisée avec l'échelle atmosphérique simplifiée à partir du CR Meteo et peut être utilisé comme jeu pédagogique. Néanmoins, il ne s'agit pas d'un diagnostic - départemental de la conservation préventive. Cet outil est mis en ligne depuis 2022 sur le site internet du CaRM (<https://ca.rm.fr>)

15
16
17

Préambule

Ce rapport se fonde sur des données climatiques réelles qui auraient subi une hausse ou une baisse de la température. Il permet de prévoir l'évolution du taux d'humidité relative en fonction de ce changement thermique, en considérant fidèlement que les poids en eau (humidité absolue) n'ait pas été modifié par rapport à la situation réelle.

Dans le cas présent, la simulation repose sur une baisse de 2°C pour chaque donnée thermométrique prise durant la période d'étude.

20
21
22
23
24
25
26
27
28
29

1- Référentiels de conservation à considérer simultanément

a- **1.1. Référentiel des seuils climatiques pour l'espace étudié**

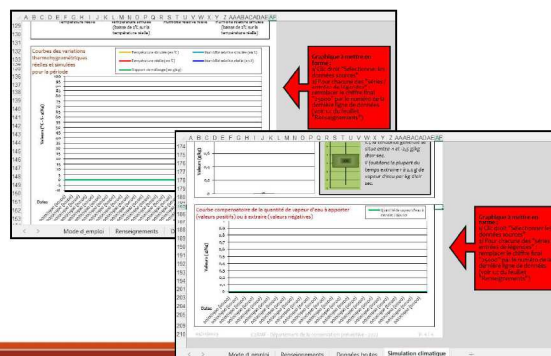
► Plage thermique idéale de conservation : 20°C ± 2°C (soit entre +8°C et +22°C)
► Plage hygrométrique idéale de conservation : 50% ± 5% (soit entre 45% et 55%)

b- **1.2. Référentiel de stabilité climatique**

Le référentiel de stabilité climatique ci-dessous, proposé par le CaRM et pouvant servir de base, caractérise les variations thermohygrométriques au regard d'une échelle temporelle.

3
4

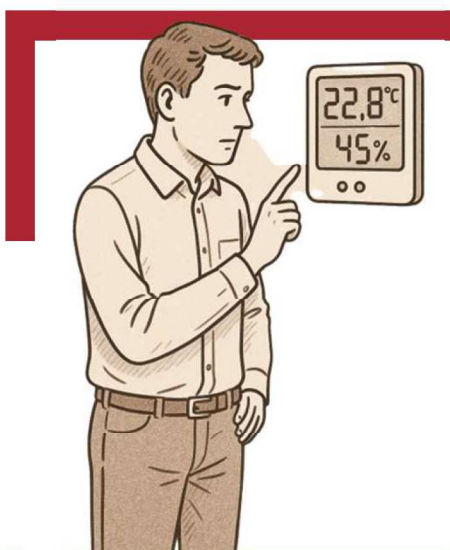
Mode d'emploi Remarques Données brutes Simulation climatologique



Cli-Matrice MA module altérations & Cli-Matrice MA-C module altérations comparatif



Cli-Matrice MA, module altérations, et MA-C, module altérations comparatif



1/ Principe des modules

- Le **module MA** permet de disposer d'un **rapport** (15 pages) qui appréhende **théoriquement les risques d'altérations** sur les collections occasionnées par les conditions climatiques.

Ce module s'inspire du travail mené par l'**Image Permanence Institute** et de son outil « **Dew Point Calculator** » (en ligne : <http://www.dpcalc.org/>).

Le rapport de MA suggère **3 niveaux de risque** (limité, avéré ou important), pour chacune des **4 menaces abordées** (dégradation chimique, dommage mécanique, corrosion, moisissures).

- Le **module MA-C** permet de dresser un **bilan comparatif** déterminant les espaces les **plus soumis à des risques d'altérations** (jusqu'à 30 espaces pouvant être comparés).




Pour cela, il peut réunir jusqu'à **30 rapports MA** qu'il confronte au sein d'un **rapport automatisé de 10 pages**.

Cli-Matrice MA, module alterations, et MA-C, module alterations comparatif

2/ Rapport obtenu avec le module MA

Le rapport MA présente :

- des **éléments de compréhension** pour aborder les risques évoqués ;

 risque limité, désignant un risque de survenance nul ou négligeable,
 risque avéré, désignant un risque susceptible de se manifester, nécessitant une vigilance accrue et d'entreprendre des actions d'amélioration à mener à moyen terme,
 risque important, désignant un risque pouvant apparaître immédiatement et/ou se développer rapidement, nécessitant une action à mener en urgence.

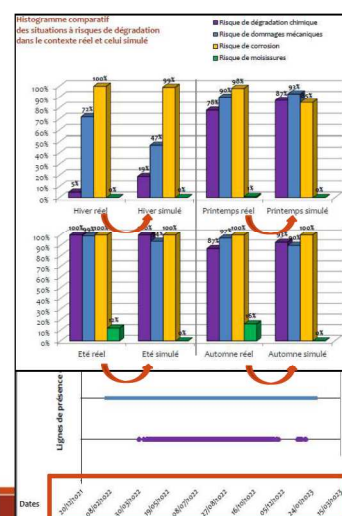
	Risque limité	Risque avéré	Risque important
Degradation chimique	TwPI ≥ 75 ans	TwPI entre 45 et 75 ans	TwPI < 45 ans
Domages mécaniques	Plage élastique - entre 40% et 60% HR - et variations journalières inférieures à 5% HR	Plage plastique - entre 25% et 65% HR - et variations journalières inférieures à 10% HR ; ou température $\leq 10^{\circ}\text{C}$	Plage de fracture - inférieure à 25% HR ou supérieure à 65% HR - ou variations journalières supérieures à 10% HR
Corrosion	HR $\leq 40\%$	Entre 40% et 65% HR et variations journalières inférieures à 15% HR	HR $> 65\%$ HR ou variations journalières supérieures à 15% HR
Moississures	Sous les seuils à risque avéré ou important	Seuils proposés par Douglas W. Nishimura de l'IFI	Seuils proposés par K. Sedlbauer et Boardman Glass / Lepage

Cli-Matrice MA, module alterations, et MA-C, module alterations comparatif

2/ Rapport obtenu avec le module MA

Le rapport MA présente :

- des **éléments de compréhension** pour aborder les risques évoqués ;
- plusieurs **restitutions visuelles** :
 - des **nuages de point** pour voir quels **risques dominent** (risque avéré en zone gris clair mais important en zone gris foncé),
 - des **histogrammes** pour **comparer** les risques au gré des **saisons**,
 - des **histogrammes** pour **comparer** l'évolution d'un risque si la température baisse ou augmente, dans un espace **sans système de régulation climatique**.



Cli-Matrice MA, module altérations, et MA-C, module altérations comparatif

3/ Utilisation du module MA



- Les feuillets sont **similaires aux autres modules** et le feuillet « **Rapport** » est **automatisé** (absence de modification manuelle à apporter, sauf le nom de l'espace à spécifier).
- Un feuillet **d'annexes** est ajouté pour expliciter certains points.
- À l'instar des autres modules, le rapport peut être **édité en pdf**.

[illegible]

Cli-Matrice MA, module altérations, et MA-C, module altérations comparatif



4/ Rapport obtenu avec le module MA-C

Le rapport MA-C présente :

- des **tableaux statistiques** indiquant les **risques dominants** pour l'ensemble des espaces ;
- des **tableaux de classement** des risques **avérés et importants**, par **saison**, confrontant entre eux les différents **espaces**.


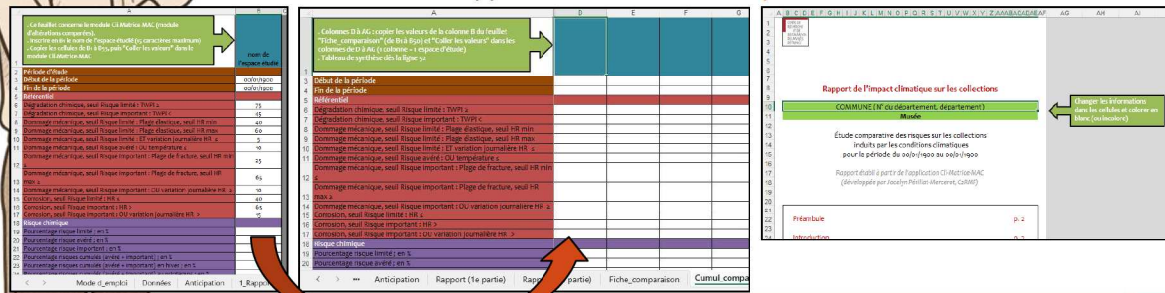
II.1 - Moyennes des pourcentages par risque selon leur gravité				
	Dégradation chimique	Dommages mécaniques	Corrosion	Mobilisations
Moyenne des situations à risque faible, en %	41%	15%	1%	86%
Moyenne des situations à risque avéré, en %	19%	19%	18%	10%
Moyenne des situations à risque important, en %	40%	80%	61%	5%
Moyenne des situations à risques cumulés (risques avéré et important), en %	59%	99%	99%	14%
Bilan	Au regard des risques cumulés pour l'ensemble des espaces et pendant toute la période d'étude, la vigilance doit primer sur le(s) risque(s) le(s) plus fréquent(s) suivant(x) : dommages mécaniques, corrosion.			

II.2 - Moyennes des pourcentages par risque selon la saison				
	Dégradation chimique	Dommages mécaniques	Corrosion	Mobilisations
Moyenne des risques cumulés en hiver, en %	45%	100%	100%	22%
Moyenne des risques cumulés au printemps, en %	47%	98%	100%	4%
Moyenne des risques cumulés en été, en %	100%	98%	97%	7%
Moyenne des risques cumulés en automne, en %	84%	99%	100%	15%
Bilan des risques les plus récurrents	<ul style="list-style-type: none"> • En hiver : dommages mécaniques, corrosion. • Au printemps : corrosion. • En été : dégradation chimique. • En automne : corrosion. 			

Cli-Matrice MA, module alterations, et MA-C, module alterations comparatif

5/ Utilisation du module MA-C

- Le module fonctionne de la **même façon que MC et MSais-C**.
- À partir des fichiers MA, il faut **copier la colonne E** et « **coller les valeurs** » dans le feuillet dédié de MA-C (cela jusqu'à 30 espaces).
- Seul le **nom de l'institution** doit être modifié dans le feuillet « Rapport » avant **l'édition du pdf**.

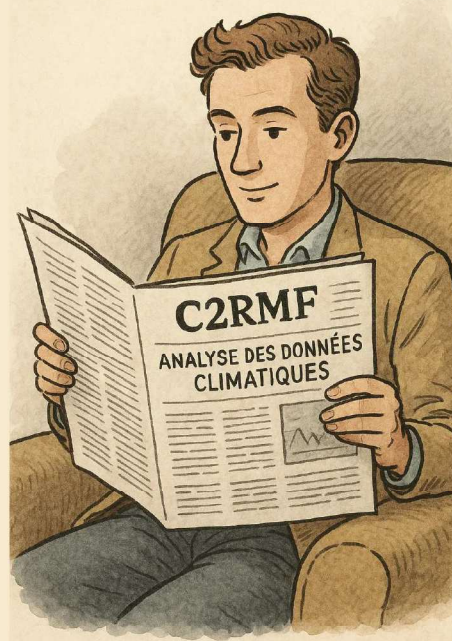



The screenshot shows the MA-C application interface. It includes a data entry table with columns for various climate parameters (e.g., Température, Humidité, Vent) and a report generation section. A red arrow points from the data entry table to the report section, indicating the flow of data. The report section includes a form for entering the institution name and a button to generate the PDF report.

Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Palais des Archevêques : étude des données climatiques dans les réserves d'un monument historique



VILLE DE NARBONNE, AUDE (11)

Camille Haumont Page à Page conservation.

Webinaire 02-03 octobre 2024 C2RMF « *Exploitation des données climatiques* »

Photo : Sam John ©

Photographie Hadès

03/10/2025

Palais des Archevêques

Ville de Narbonne, Aude (11)

Projet de réorganisation et d'optimisation
des réserves

Prestation réalisée en partenariat avec Maal
Patrimoine et Civ'art.

Manon Albert Sylvie Chauvin

03/10/2025

Chantier des collections du Palais-Musée des Archevêques :

- Inventaire
- Marquage
- Dépoussiérage
- Conditionnement
- Analyse du climat des réserves

**Objectif : compléter la connaissance des réserves (étude de
programmation préalable) par une évaluation de la qualité
du climat.**

→ Réorganisation des collections

2

Le site



03/10/2025

- Musée : ancien Palais des Archevêques de Narbonne
- 11^e-13^e siècle (palais Vieux)
- 13^e-19^e siècle (palais Neuf)
- Site classé Monument historique
- Cœur du centre-ville de Narbonne
- Bâtiment complexe
- Bureaux, espaces d'exposition, réserves

3

Les réserves

2 espaces au sein du site:
palais Vieux : 3 réserves
palais Neuf : 5 réserves

3 réserves externes

- Réserves d'une grande diversité
- Organisation par typologie, parfois mixtes
- Réserves non contrôlées
- Appareils de mesure sans enregistrement
- 3 réserves externes au moment de l'étude
- Réserves externes : 1 climatisée

03/10/2025

4

Analyse climatique

Attendus, objectifs

Matériel et paramètres

- Qualité du climat dans les réserves

(T°C-HR-rapport de mélange) :

Conformité des valeurs // plages de conservation

Amplitudes journalières

- Inertie thermique :

Écarts climats ext./int. sur 24h et saisonniers

03/10/2025

5

Analyse climatique

Attendus, objectifs

Matériel et paramètres

- 17 Thermohygromètres à enregistrement:

- Marque Elitechlog®, modèle RC-51h
- Attribution d'un nom
- Enregistrement toutes les 20mn (réduit à 40mn au moment de l'analyse)

du 01 février 2024 au 23 janvier 2025 (11 mois)

- 2 à l'extérieur :

- Jardin d'une réserve externe (hors centre ville)
- Cour du palais Vieux



03/10/2025

6

Exploitation des données

Les outils *Cli-matrice*

Plages de conservation

	L	M	N	O	P
Plage climatique souhaitée		Plage climatique de prudence			
Seuil Temp max idéal	23	Seuil Temp max toléré	25		
Seuil Temp min idéal	17	Seuil Temp min toléré	15		
Seuil HR max idéal	58	Seuil HR max toléré	63		
Seuil HR min idéal	45	Seuil HR min toléré	40		
Collecte des données toutes les 30 minutes					
Vérifier la conformité des indications remplies par défaut (modifier au besoin)					

	PLAGES ACCEPTABLES		
	TEMPERATURE	HYGROMETRIE	RAPPORT DE MELANGE
Réserve C.T.M.	Entre 18-22°C	Entre 45-55%HR	Entre 5-10 g/Kg
Toutes les réserves	Entre 15-25°C	Entre 40-63%HR	Entre 4-12g/Kg
Variations			
Toutes les réserves dont C.T.M.	± 2/jour et ±5 sur l'ensemble de la période	± 5/jour et ±10 sur l'ensemble de la période	

Plages établies en fonction des caractéristiques des sites

► 2.a - Plages climatiques de conservation souhaitées

Inscrire uniquement des chiffres, sans unité (ici proposés par défaut)

► Seuil minimal de température (en °C)	15,0
► Seuil maximal de température (en °C)	25,0
► Seuil minimal d'humidité relative (en %)	40,0
► Seuil maximal d'humidité relative (en %)	63,0

► 2.b - Indices de stabilité pour la période étudiée

Inscrire uniquement des chiffres, sans unité (ici proposés par défaut)

► Pour l'ensemble de la période étudiée, variations thermiques (en °C)	
considérées « Très stables », au dessous de :	4,0
considérées « Peu stables », au dessus de :	7,0
► Pour l'ensemble de la période étudiée, variations hygrométriques (en %)	
considérées « Très stables », en dessous de :	0,0
considérées « Peu stables », au dessus de :	14,0
► Pour 24h, variations thermiques (en °C)	
« Très stables » <	1,0
« Peu stables » >	3,0
► Pour 24h, variations hygrométriques (en %)	
« Très stables » <	2,0
« Peu stables » >	5,0

Cli-matrice MS →

← Cli-matrice Msais

Analyse du climat extérieur

VILLE DE NARBONNE, AUDE (11)

Climat de Narbonne

Précipitations toute l'année

03/10/2025

Climat méditerranéen à été chaud, exposé à des vents forts et réguliers.

Climat de type *cfa* dans la classification de Köppen, subtropical humide :

- C = climat tempéré
- F = climat humide, pluie répartie sur toute l'année
- A = été chaud

2024

- Hiver : froid et pluvieux
- Printemps : frais et pluvieux
- Été : chaud et humide
- Automne : frais et pluvieux

	T°C	HR
Moyenne	17,1°C	69,9%
Min.	-0,9°C	20,8%
Max.	36,8°C	99,1%
Essentiel des valeurs	Entre 10°-24,2°C	Entre 54,2% et 85,6%
Moyenne des variations 24H	9,2 (±3,3)	25,7 (±9,7)

hiver

printemps

été

automne

Exploitation des résultats

MÉTHODE

03/10/2025

11

Analyse des résultats

Méthode d'analyse

Obtenir tous les résultats avant de les analyser

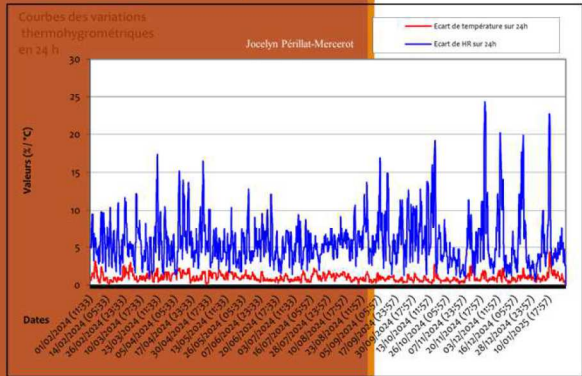
- Uniformiser l'échelle des graphiques :
 - Variations en 24h (MS)
 - Graphiques boursiers (Msais)
- Marquer les plages de conservation sur les graphiques
- Tableau de visualisation
- Comparaison

03/10/2025

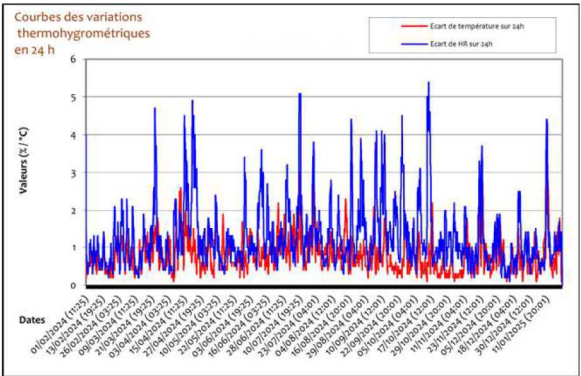
12

Analyse comparative des résultats

Capteur Antonia

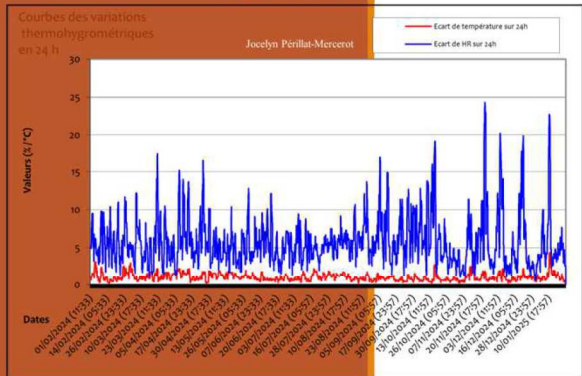


Capteur Ryan

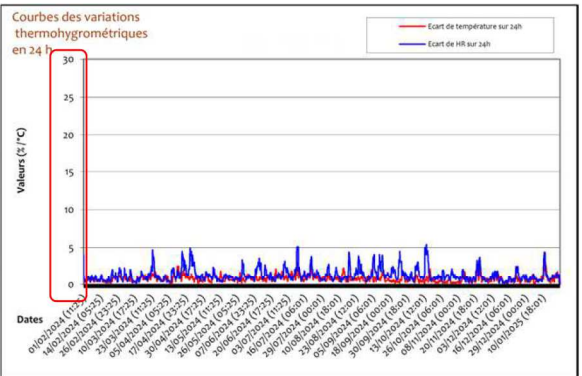


Analyse comparative des résultats

Capteur Antonia



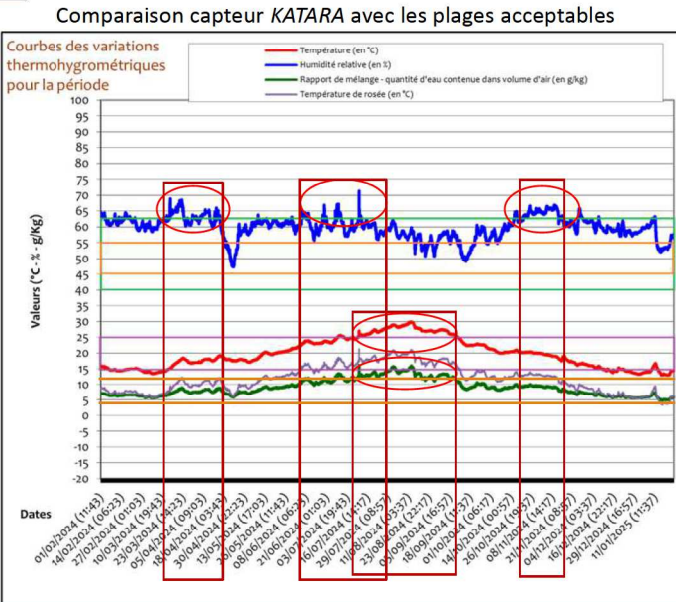
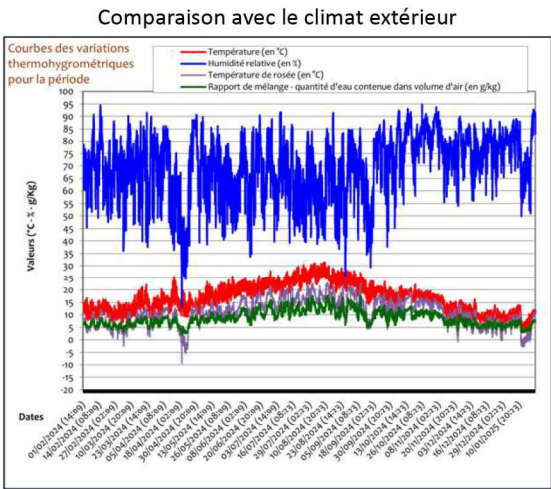
Capteur Ryan

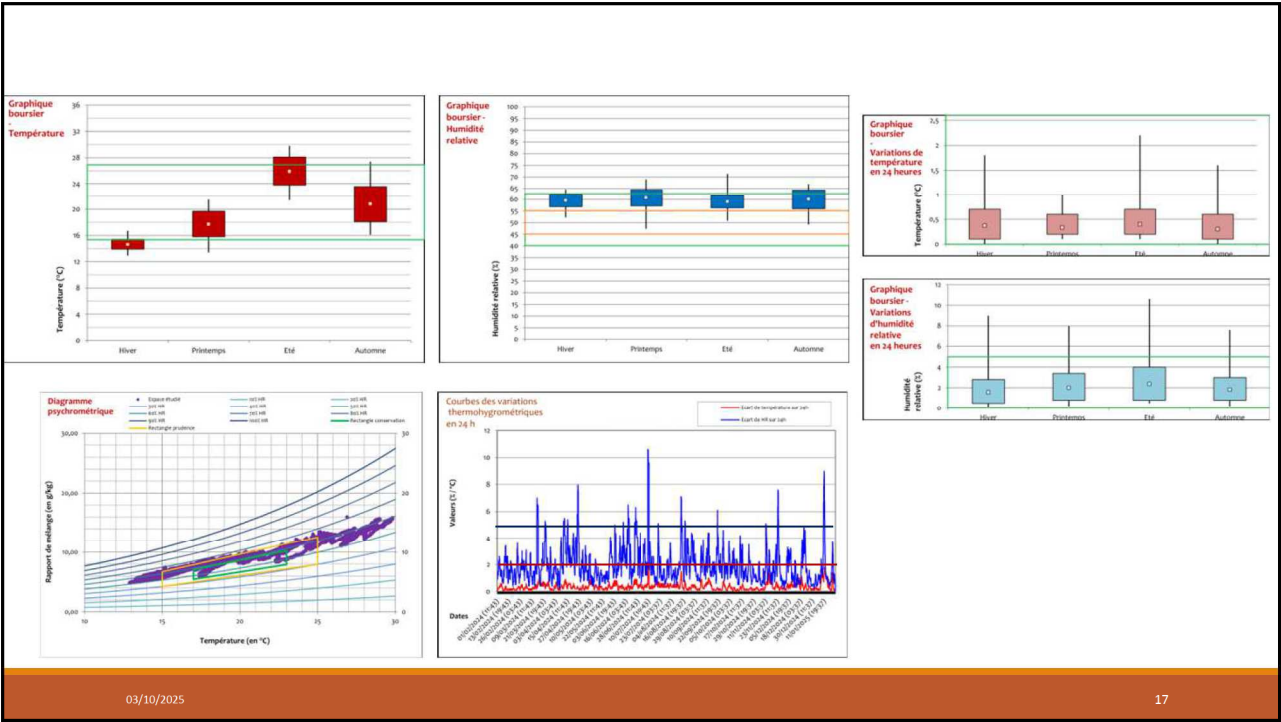


Exemple

CAPTEUR KATARA :
INTÉRIEUR DU PALAIS VIEUX, R+2½, 3 MURS INTÉRIEURS, 1 MUR EXTÉRIEUR +
3 FENÊTRES ORIENTÉS OUEST
COLLECTIONS : PEINTURES SUR TOILE, CÉRAMIQUES

Entre 15-25°C	Entre 40-63%HR	Entre 4-12g/Kg
Variations		
± 2/jour et ±5 sur l'ensemble de la période	± 5/jour et ±10 sur l'ensemble de la période	





Conclusion

Correspond aux attendus pour une réserve non régulée et située dans un monument historique.

03/10/2025

La courbe suit les variations saisonnières, de façon amortie.

Variations sur 24h faibles

Valeurs majoritairement dans les plages acceptables

→ Inertie thermique mais relation interdépendante avec le climat extérieur

→ Bonne inertie sur 24h

	Température	Humidité relative
Tendances générales *	Moyenne : 19,9°C	59,8%
	Minimum : 12,9°C	47,3%
	Maximum : 29,8°C	71,3%
	Ecart extrema : 16,9°C	24%
Essentiel des valeurs (68 %)	entre 15,2°C et 24,6°C	entre 56,3% et 63,3%
	60,9% des valeurs correspondent à celles désirées → assez satisfaisant	84,6% des valeurs relevées correspondent à celles désirées → très satisfaisant
	Pour la part en dehors de la plage idéale de conservation : 20,9% des valeurs sont plus froides que celles désirées et 18,2% des valeurs sont plus chaudes que celles désirées.	Pour la part en dehors de la plage idéale de conservation : 0% des valeurs sont plus sèches que celles désirées et 15,5% des valeurs sont plus humides que celles désirées.
	Si l'on met simultanément en regard les valeurs thermiques et hygrométriques, 46,8% des données thermohygrométriques correspondent aux conditions désirées.	
Stabilité du milieu ***	Les variations sur 24h sont en moyenne de 0,4°C (± 0,3°C) → très stable	Les variations sur 24h sont en moyenne de 2% (± 1,3%) → très stable
	Pour l'ensemble de la période considérée, l'essentiel des valeurs varie sur 9,4°C → peu stable	Pour l'ensemble de la période considérée, l'essentiel des valeurs varie sur 7% → très stable

Comparaison entre les réserves

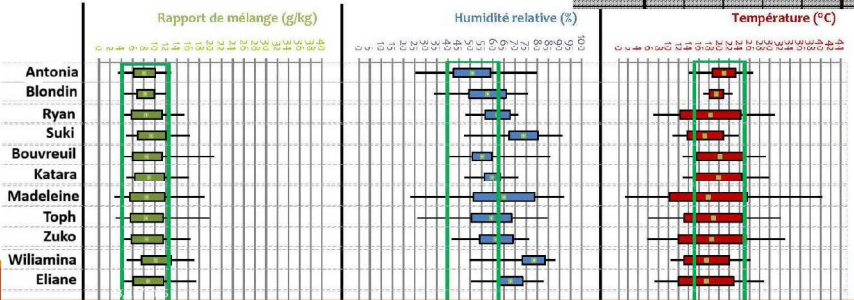
03/10/2025

19

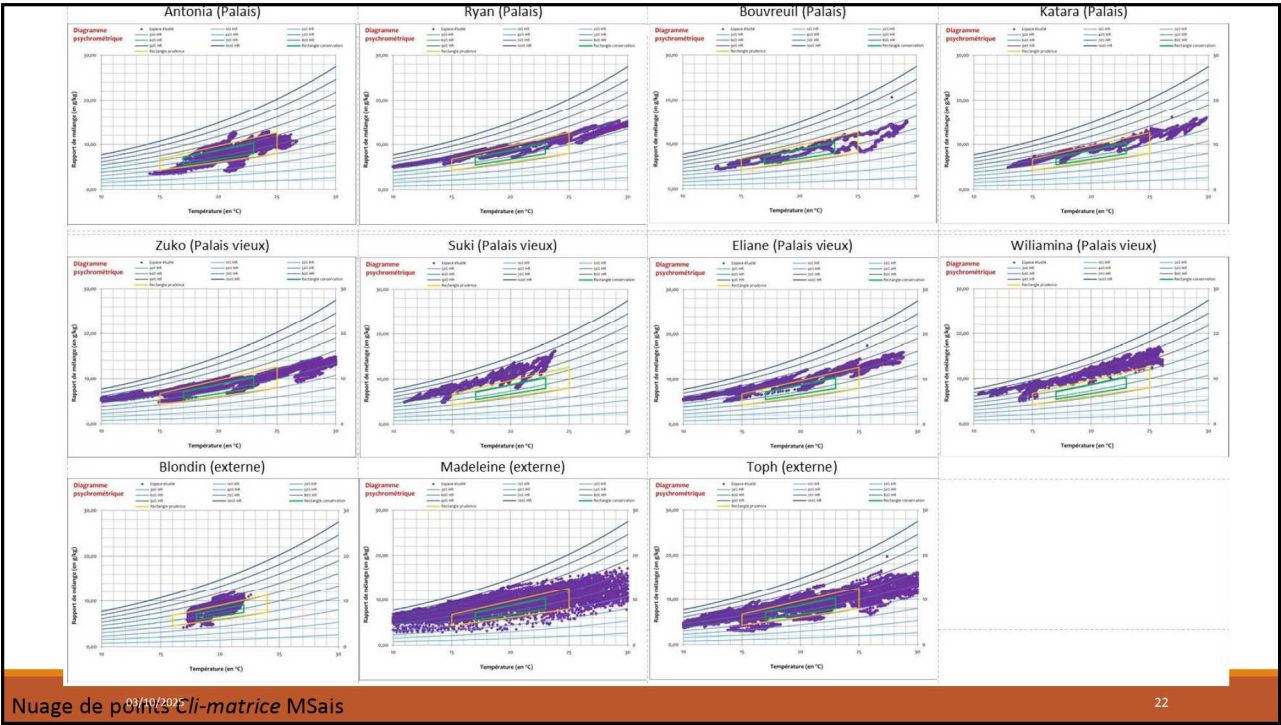
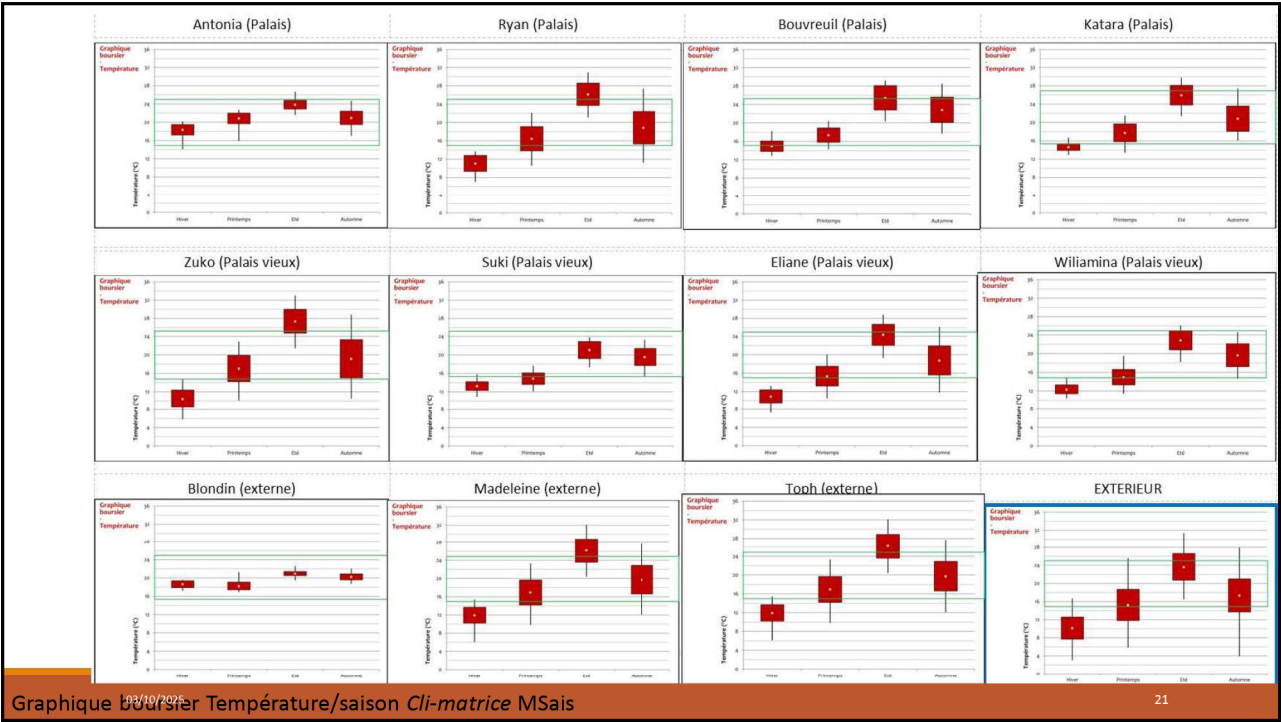
Résultats nuancés (stabilité//qualité des valeurs)
sauf 2 réserves :

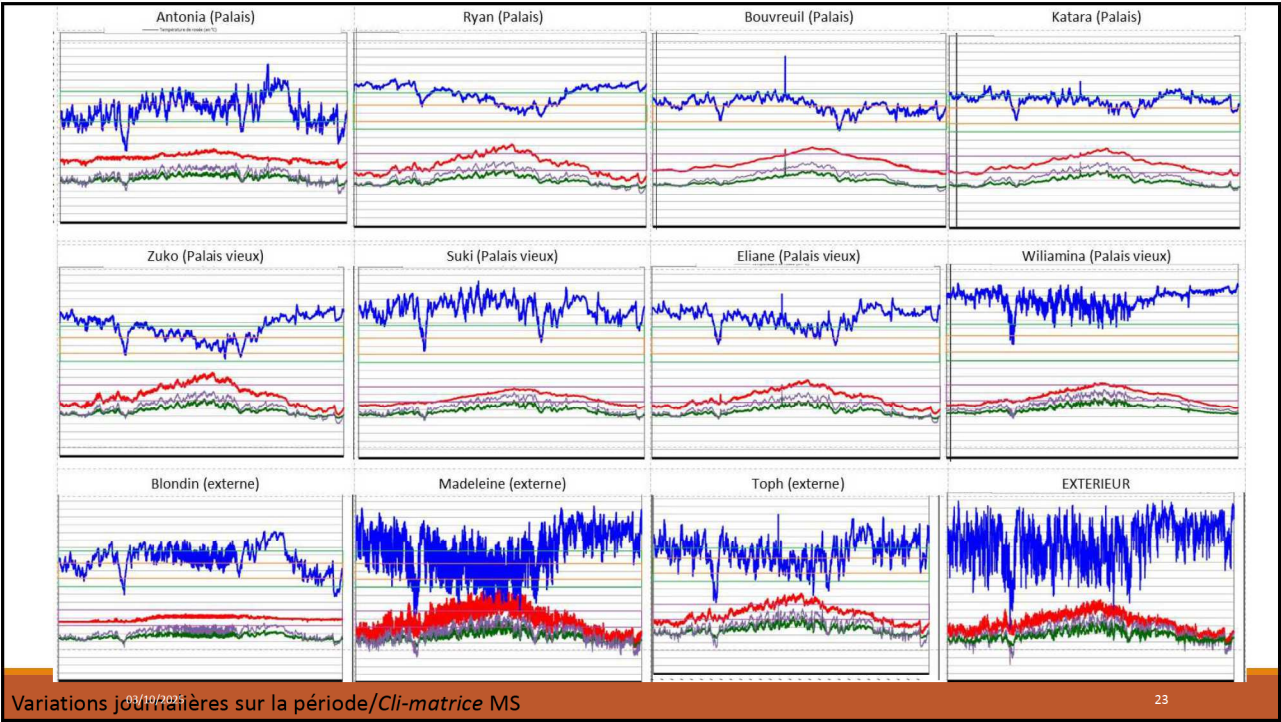
- 1 climatisée
- 1 sans inertie thermique

	Température					Humidité relative					
	Pourcentage des valeurs relevées correspondant à la plage souhaitée	Moyenne des variations journalières	Amplitude des valeurs relevées	Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées, soit 68% d'entre elles	Amplitude des valeurs marginales ou accidentelles, soit 32% d'entre elles	Pourcentage des valeurs relevées correspondant à la plage souhaitée	Moyenne des variations journalières	Amplitude des valeurs relevées	Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées, soit 68% d'entre elles	Amplitude des valeurs marginales ou accidentelles, soit 32% d'entre elles	
Antonia	2e	7e	2e	2e	6e	3e	8e	9e	9e	9e	Pourcentage des valeurs relevées correspondant à la plage souhaitée
Blondin	1e	7e	1e	1e	1e	4e	8e	6e	8e	5e	Moyenne des variations journalières
Ryan	9e	5e	8e	9e	8e	7e	1e	1e	5e	1e	Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées, soit 68% d'entre elles
Suki	4e	1e	3e	3e	2e	10e	6e	7e	6e	7e	Amplitude des valeurs marginales ou accidentelles, soit 32% d'entre elles
Bouvreuil	3e	1e	5e	6e	4e	1e	2e	8e	2e	8e	Pourcentage des valeurs relevées correspondant à la plage souhaitée
Katara	5e	1e	6e	5e	5e	2e	2e	2e	1e	2e	Moyenne des variations journalières
Madeleine	11e	11e	11e	11e	11e	8e	11e	11e	11e	11e	Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées, soit 68% d'entre elles
Toph	7e	10e	9e	8e	10e	5e	10e	10e	10e	10e	Amplitude des valeurs relevées
Zuko	10e	9e	10e	10e	9e	6e	4e	4e	7e	3e	Amplitude de l'essentiel des valeurs relevées, soit 68% d'entre elles
Williamina	6e	4e	4e	4e	3e	11e	7e	5e	3e	6e	Amplitude des valeurs marginales ou accidentelles, soit 32% d'entre elles
Eliane	8e	6e	7e	7e	7e	9e	5e	3e	4e	4e	



20





Bilan

Bilan

Climat relevé correspond aux
observations empiriques.

Climat des réserves du Palais
conforme aux attendus vis-à-vis d'un
monument historique sans contrôle
climatique.

- *Cli-matrice* outil pratique et adapté pour résultats rapides et plus affinés
- Corrélation climat ext./climat int
- Dans l'ensemble T°C stable, voire très stable.
- Valeurs T°C globalement acceptables, suivent extrêmes saisonnières progressivement.
- HR plus variable selon les réserves et majoritairement >aux attendus : risque de saturation.
- Rapport de mélange conforme mais globalement élevé en été.
- Bilan confirmé par le bon état général des collections



Faible marge de manœuvre en cas
d'épisodes climatiques
exceptionnels.

03/10/2025

25

Bilan

Comparaison entre les réserves

- Réserve climatisée la plus qualitative
- Réserves du palais Neuf (occupées) + qualitatives.
- Réserves extérieures inertie thermique et étanchéité inférieures à celles du Palais
- Réserve la plus stable est une petite alcôve dans le Palais

03/10/2025

26

Préconisations

Contraintes d'un monument historique

Contraintes financières

- Contrôler l'état des collections
- Appareils d'appoint pour les périodes critiques
- Créer des zones + étanches : Conditionnements, armoires
- Régulation passive
- Répartition des collections dans les différentes réserves selon les critères de sensibilité climatique des items



Pas de possibilité de travaux
→ Adaptation

03/10/2025

27

Conclusion

Impact sur les réserves à plus ou moins long terme.

Se préparer à des climats « anormaux » :

- Surveillance climatique, alertes
- Réactivité : définition d'un process en cas de climat critique
- étude sur plusieurs années pour observer la tendance et la résilience des espaces
- Plan d'adaptation au changement climatique : imprévisibilité du climat, évènements extrêmes et imprévisibles (= PSBC)

03/10/2025

28

Merci de votre attention

PAGE À PAGE CONSERVATION

CAMILLE HAUMONT

contact@pageapage-conservation.fr

03/10/2025

29



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique

**La Réunion – Musée Stella Matutina / Musée des arts
décoratifs de l'océan Indien**

1



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique

• Contexte

Musée Stella Matutina

- Installé dans une ancienne usine sucrière
- Collections :
 - Patrimoine industriel
 - Sciences et techniques
 - Ethnographiques
- Réserves externalisées

Musée des arts décoratifs de l'océan Indien (MADOI)

- Installé sur un ancien domaine sucrier classé MH
- Collections :
 - Mobiliers
 - Objets d'art
 - Textiles
- Réserves externalisées

Constat commun sur les réserves

- Des espaces saturés
- Des conditions de conservation inadaptées
- Des collections très hétérogènes : typologies et formats différents
- Un coût de location élevé pour la collectivité

2



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique

• Contexte

Réserves du musée Stella Matutina

- 2 hangars de 1500m² au total
- Climat non contrôlé
- Étude climat du C2RMF (2014-2015) :
 - Température moyenne : 27°C
 - HR moyenne : 60%
 - Moyenne des variations journalières : 2,8°C / 9,7% HR



- Des valeurs assez stables mais qui ne répondent pas aux exigences de conservation (entre 18°C et 22°C et entre 45% et 55%)



3



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique

• Contexte

Réserves du musée des arts décoratifs de l'océan Indien

- 1 entrepôt de 530 m² au total
- Climatisé et partiellement déshumidifié
- Étude climat du C2RMF (2014-2015) :
 - Température moyenne : 18°C
 - HR moyenne : 59%
 - Moyenne des variations journalières : 2,8°C / 6,8% HR



- Des valeurs assez stables mais qui ne répondent pas aux exigences de conservation (entre 18°C et 22°C et entre 45% et 55%) ; mais des températures trop froides



4



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique

• Objectif

- ➔ Disposer pour les deux musées de réserves adaptées à la conservation des collections
- ➔ Optimiser les moyens et coûts de fonctionnement
 - limiter les locations de bâtiments
 - favoriser la mutualisation des espaces et moyens dédiés à la conservation des collections
- ➔ Mettre en cohérence les conditions de conservation de nos collections avec notre environnement (nécessité de s'adapter au climat tropical)



➔ **Projet : mutualisation des réserves sur un site externalisé et acquisition d'un nouveau bâtiment à réaménager**

5



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique


• Climat du nouveau bâtiment

Etude de programmation conduite par le groupement
FL&CO/CMJP/VPEA (2022-2024)

- ➔ Etude climatique menée dans le nouveau bâtiment entre février et septembre 2022 :
 - capteur positionné à 1m de haut au centre de la halle de stockage
 - pièce non isolée mais fermée pendant 7 mois
 - ➔ Données relevées qui montrent une relative stabilité climatique :
 - Température : entre 22,9°C et 32,4°C / **moyenne : 27°C**
 - Humidité relative : entre 22,4% et 66,8% / **moyenne : 61,7%**
 - Variations journalières :
 - Inférieures à 1% pour 92% du temps
 - **Toujours inférieures 2%**
- (À noter: un épisode cyclonique en mars avec baisse rapide de l'HR)



6



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique


- **Apports et conclusions de l'étude climatique**
 - Rappel des exigences de conservation :
 - Température : 24°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)
 - HR : 55% ($\pm 5\%$)
 - Valeurs atteintes dans 12% des cas
 - Autre hypothèse privilégiée : remonter la consigne :
 - Température : 26°C ($\pm 4^\circ\text{C}$)
 - HR : 55% ($\pm 10\%$)
 - Valeurs atteintes dans 83% des cas :
 - 84% de températures « optimales »
 - 99% d'HR « optimales »
 - 97% des variations journalières \leq à 5%

Climat tropical de La Réunion :

- Saison fraîche : mini 17°C à 20°C / maxi 26°C à 28°C
- Saison chaude : mini 21°C à 24°C / maxi 28°C à 31°C
- Records mondiaux de pluviométrie

- Des exigences peu adaptées au climat tropical et difficile à tenir sans induire des coûts d'investissement et fonctionnement élevés
- Des valeurs mieux adaptées à la réalité du terrain et qui permettent la conservation des collections dans de bonnes conditions

7



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique

- **Principes d'aménagement**
 - La stabilité hydrique toujours atteinte (sauf cyclone) avec variations toujours $< 10\%$, permet d'accepter une température moyenne plus élevée : 27°C ($\pm 5^\circ\text{C}$)
 - Oriente les principes d'aménagement climatique des futures réserves :
 - Climatisation limitée dans certains espaces
 - Renforcement de l'isolation et étanchéité à l'air du bâtiment

8

Agnès JEANS-JACQUES, Département de La Réunion



Projet d'aménagement de réserves mutualisées et apports d'une étude climatique

• Conclusion

Etude climatique qui a démontré la possibilité d'adapter les exigences de conservation à nos conditions climatiques en validant une plage de température plus large ; et qui a permis d'orienter les choix d'aménagement

➔ Limitation de la climatisation aux espaces dédiés aux collections du MADOI :

- Réserves collections sensibles et précieuses
- Salles de traitement et étude

➔ Réserves dédiées aux collections de Stella non climatisées mais avec amélioration des conditions de conservation :

- Réserves petits et moyens formats en mezzanine
- Réserves hors formats

➔ Nécessite une phase de transition et d'acclimatation pour les collections du MADOI : en cours suite au chantier des collections et au déménagement des réserves dans un espace transitoire

11



Merci pour votre attention

12

ClimaSpec, un outil de conseils et de calcul pour l'analyse des risques relatifs au climat

Simon Lambert
Marianne Breault
Institut Canadien de Conservation

Exploitation des données climatiques
02 et 03 octobre 2025
Auditorium Palissy
C2RMF - Paris



Canada

1

- The myth of the “ideal” environment and the cost of magic numbers
 - Climate guidelines today
 - What’s new? (definition, tools and resources)
 - Practical strategies for sustainability
- Le mythe de l’environnement “idéal” et le coût des chiffres magiques
 - Les lignes directrices actuelles
 - Quoi de neuf ? (définition, outils et ressources)
 - Stratégies pratiques pour la durabilité

2

2

La conservation préventive: une question d'équilibre



3

Le mythe du climat "idéal"

50% HR

21°C

variations
minimales

4

4

Un regard en arrière sur les “normes” pour le climat

- G. Thomson, *The Museum Environment*, 1986 (2nd ed.)

50 - 55% \pm 5% HR

« La tolérance de \pm 4 ou 5 % d'HR généralement citée est davantage basée sur ce que l'on peut attendre d'un système de climatisation que sur ce que les objets en exposition peuvent réellement supporter sans être endommagé, ce qui n'est pas connu en détail. » p. 118

5

5

Un regard en arrière sur les “normes” pour le climat

- R. Lafontaine, *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*, 1981

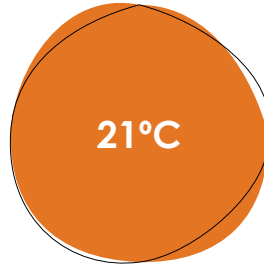
47% - 53% HR

« Étant donné le climat rigoureux dans la plupart des régions du Canada, il est presque impossible, et certainement peu pratique, d'essayer de maintenir un contrôle aussi strict de l'humidité. »

6

6

Le mythe du climat "idéal"



Ce qu'on sait maintenant:

- Pas optimal ni nécessaire pour tous les objets
- Ne tient pas compte du contexte
- Difficile et coûteux à maintenir

7

7

Le coût des "chiffres magiques"

- Fardeau financier
- Consommation d'énergie plus élevée
- Empreinte carbone plus élevée
- Barrière à l'accès et aux prêts

8

8

Le coût des “chiffres magiques”

« Les peuples autochtones ont le droit de préserver, de contrôler, de protéger et de développer leur patrimoine culturel, leur savoir traditionnel et leurs expressions culturelles traditionnelles (...) »

DNUDPA, article 31, 2007



9

9

Des « meilleure pratiques » à une approche basée sur les risques

ASHRAE Handbook - HVAC Applications

21° C - 50% RH



10

10

Des « meilleure pratiques » à une approche basée sur les risques

ASHRAE Handbook - HVAC Applications

~~21° C - 50% RH~~

Chapitre: "Museums, Galleries, Archives, and Libraries"

- Mis à jour tous les 4 ans par un comité interdisciplinaire
- Basé sur la recherche en conservation
- Intègre les notions de durabilité

11

11

Contrôle durable du climat

Le contrôle durable du climat consiste à mettre en œuvre des stratégies adaptées au **contexte**, équilibrant **responsabilité environnementale et sociale** avec la conservation des collections, afin d'en garantir l'accessibilité et l'utilisation pour les générations présentes et futures.

12

12

13


 Gouvernement du Canada

Lignes directrices sur le climat

Le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre (consulter les [plans climatiques du Canada](#)). L'une des stratégies centrales de l'atteinte de cet objectif est d'adopter des pratiques plus sobres, plus sûres et plus abordables que nous pourrions être sans le regard à nos enfants, à nos voisins, à nos collègues et à nos amis. Les normes du bâtiment de façon à ce que nos maisons et bureaux soient respectueux de l'environnement et d'urgence climatique. En 2016, les maîtres et les artisans du monde entier sont de plus en plus encouragés pour leur mise en œuvre de lignes directrices sur le climat descriptives qui ont été créées dans le cadre de la reconnaissance des changements climatiques et de leurs causes. En 2020, des membres membres de la communauté des maîtres et des artisans s'efforcent d'atteindre leurs objectifs liés au contrôle du climat et à demander aux experts d'élaborer de meilleurs conseils. Les lignes directrices sur le climat sont la réponse de l'Institut canadien de conservation (ICC) à cette demande.

La présente ressource vise à fournir le guide de référence de l'ICC, Directeur en matière d'investissement pour les maîtres, afin de prendre en compte les spécifications les plus récentes qu'utilisent les ingénieurs en mécanique pour le contrôle du climat dans les maîtres et les artisans. De plus, elle révisait les deux responsabilités avec lesquelles doivent composer les collaborateurs du patrimoine, soit de réduire les risques pour les collections patrimoniales tout en agissant de manière à favoriser la durabilité.

La ressource contient deux outils et quatre sections.

ClimaSpec
 ClimaSpec est un outil de recherche rapide et facile d'utilisation pour trouver les conseils de l'ICC à propos des lignes directrices sur le climat. Après avoir sélectionné le type d'ouvrage ou de collection que l'on souhaite préserver, l'outil fournit de brèves résumés des conseils de l'ICC. L'outil comprend deux calculateurs : un calculateur de moisissures qui estime le temps nécessaire au développement de la moisissure à différentes valeurs d'humidité relative et un calculateur de durée de vie pour les matériaux anciens se trouvant dans les archives et qui se dégradent rapidement à température ambiante.

Outil de prise de décisions relatives au contrôle du climat
 L'outil de prise de décisions relatives au contrôle du climat de l'ICC est un outil rapide et facile d'utilisation pour obtenir des conseils sur le contrôle du climat dans une situation particulière. Répondre à la courte liste de questions sur votre établissement et vos collections pour obtenir des conseils de base sur le contrôle du climat.

Aperçu des lignes directrices sur le climat
 La section « [Aperçu des lignes directrices sur le climat](#) » offre une description détaillée des questions que l'on doit se poser lors de la prise de décisions concernant le contrôle du climat.

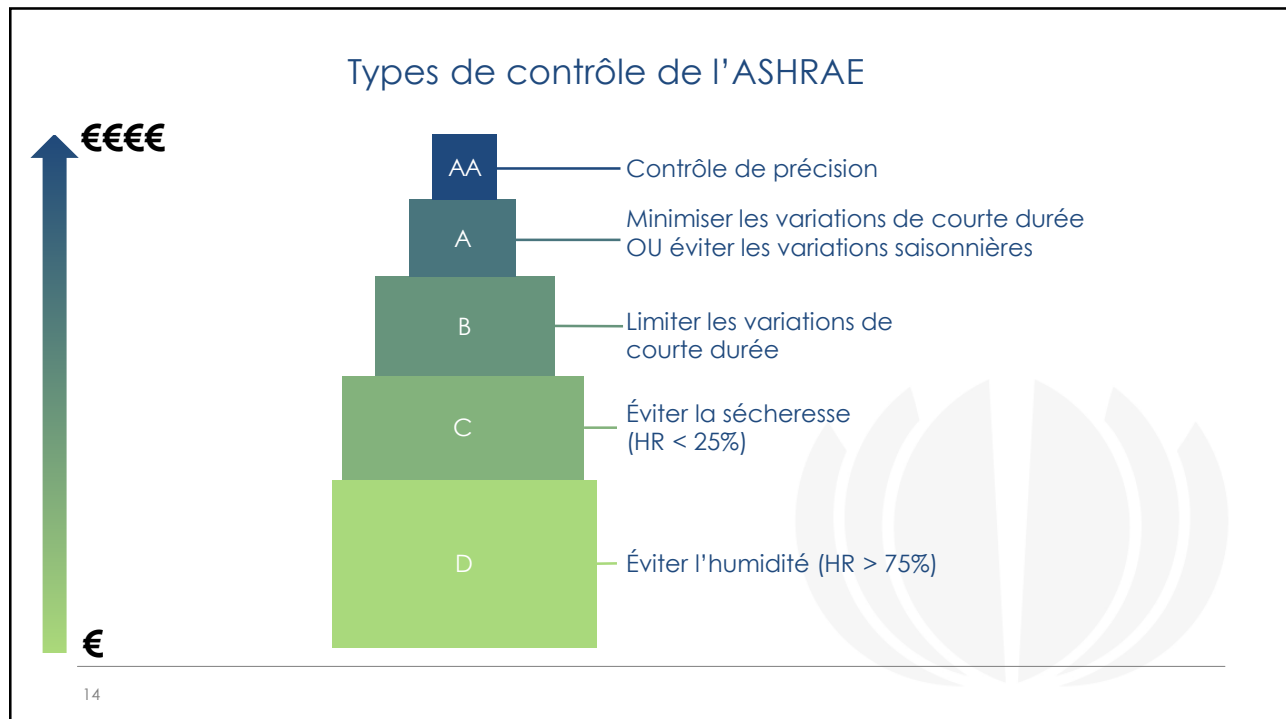
Types de contrôle de l'ASHRAE
 La section « [Types de contrôle de l'ASHRAE](#) » offre une description et d'autres explications détaillées des réglementations provinciales associées à chaque type de contrôle, comme définies dans le chapitre « [Maîtres, archives, archives, archives](#) » du manuel de l'ASHRAE, basé sur les normes des ingénieurs en mécanique du Canada, aux États-Unis et ailleurs. L'ICC a adapté ces définitions et cette terminologie pour les conseils en matière de contrôle du climat.

Explication des calculateurs de moisissures et de durée de vie
 La section « [Explication des calculateurs de moisissures et de durée de vie](#) » offre des renseignements détaillés au sujet des deux calculateurs de ClimaSpec, notamment des équations et des sources bibliographiques pertinentes.

Glossaire des lignes directrices sur le climat
 La section « [Glossaire des lignes directrices sur le climat](#) » offre une liste des principaux termes utilisés dans cette ressource accompagnée de leur définition. Certains de ces termes sont également expliqués plus en détail sur l'une des pages de cette ressource.

<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/conservation-preventive/lignes-directrices-climat.html>

13



14

Outils pratiques!

Outil de prise de décisions relatives au contrôle du climat

- Arbre décisionnel
- Pour un aperçu rapide des risques principaux et des recommandations

15

ClimaSpec

- Offre des conseils sur des objets précis
- Inclut un calculateur de durée de vie et de moisissure
- Pour aller plus loin

15

Outil de prise de décisions relatives au contrôle du climat

Simon Lambert et Stefan Michalski

L'Outil de prise de décisions relatives au contrôle du climat fait partie des Lignes directrices sur le climat de l'Institut canadien de conservation. En répondant à la série de questions ci-dessous, vous découvrirez le type de contrôle du climat dont votre collection a besoin, en fonction de sa sensibilité et d'autres facteurs (comme la participation à des programmes fédéraux du patrimoine, la présence de biens autochtones ou la capacité de répondre aux exigences des prêteurs).

Répondez aux questions dans l'ordre où elles apparaissent. Si vous souhaitez modifier une réponse précédente qui apparaît comme étant non modifiable (en gris), cliquez sur « Effacer les données », puis recommencez. Lorsque vous avez terminé de répondre aux questions, cliquez sur « Afficher les recommandations ».

Questions

[Effacer les données](#)

Votre collection contient-elle des biens culturels autochtones?

Choisir

[Afficher recommandations](#)

Recommandations et actions à prendre

Les actions suivantes doivent être entreprises afin d'assurer un contrôle optimal du climat dans votre collection :

[Imprimer vos résultats](#)

16



<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/conservation-preventive/lignes-directrices-climat/outil-decision-controle-climat.html>

16

Outil de prise de décisions relatives au contrôle du climat

Simon Lambert et Stefan Michalski

L'Outil de prise de décisions relatives au contrôle du climat de l'Institut canadien de conservation vous aidera à répondre aux exigences des prêteurs.

Répondez aux questions dans l'ordre où elles apparaissent. Cliquez sur « Effacer les données », puis recommencez. Lorsque vous avez répondu à toutes les questions, cliquez sur « Afficher les recommandations ».

Questions

[Effacer les données](#)

Votre collection contient-elle des biens culturels autochtones ?

[Choisir](#)

[Afficher recommandations](#)

Recommandations et actions à prendre

Les actions suivantes doivent être entreprises afin d'assurer un contrôle optimal du climat dans votre collection :

Problèmes liés à des biens culturels autochtones

Il appartient aux communautés autochtones de définir les besoins particuliers de leurs biens culturels. Si votre établissement possède des collections comprenant des biens culturels autochtones, consultez les articles 11, 12 et 31 de la [Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones \(DNUDPA\) \(Format PDF\)](#) pour obtenir des conseils. Consultez les communautés autochtones au sujet des soins appropriés. Les biens culturels des communautés autochtones peuvent être associés aux cercles de tambours, à la danse, aux rituels du tabagisme, à la quête de la vision, au jeûne ou aux rites traditionnels de guérison et de suerie. Visitez aussi la page [Le soin des objets sacrés ou culturellement sensibles](#). Les recommandations qui suivent ne concernent que la détérioration matérielle.

Problèmes de moisissure

Il y a un risque qu'apparaissent des moisissures sur les objets de la collection si les matériaux organiques (comme le cuir, la peau, le parchemin, les textiles, le papier et le bois) sont soumis à une humidité élevée pendant de longues périodes. Plus l'HR est élevée, moins il faut de temps pour que se développe la moisissure. Par exemple, il faut environ 100 jours à une HR de 70 %, environ 10 jours à une HR de 80 % et environ 2 jours à une HR de 90 %.

Quoi faire :

Déplacez ces objets dans un espace plus sec ou trouvez la source d'humidité (par exemple une fuite, des hausses d'humidité, une infiltration d'eau, un problème de fondation ou de l'équipement mécanique défectueux), puis corrigez le problème. Évitez l'humidité en vous assurant que l'HR reste inférieure à 75 % (spécification D de l'ISO 14644-1).

17 [Imprimer vos résultats](#)

17

ClimaSpec

Entrées de ClimaSpec

Sélectionnez une option dans chacun des trois menus déroulants ci-dessous pour accéder aux recommandations personnalisées de ClimaSpec. Pour obtenir une explication du concept de « variations démontrées », consulter [Annexe B : Sensibilité aux variations et application des variations démontrées](#) dans « Aperçu des lignes directrices sur le climat ».

Type d'objet ou de collection

Sélectionnez dans cette première liste

Sous-types liés à la sensibilité mécanique aux variations du climat

Si vous êtes incertain des sous-types qui s'appliquent, choisissez-les l'un après l'autre et regardez si vos objets figurent dans les exemples présentés en dessous.

[Afficher les exemples mécaniques](#)


Sous-types liés à la dégradation chimique ou à tout autre problème de détérioration

Si vous êtes incertain des sous-types qui s'appliquent, choisissez-les l'un après l'autre et regardez si vos objets figurent dans les exemples présentés en dessous.

[Afficher les exemples chimiques](#)

[Effacer toutes les entrées et recommencer](#)

18



<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/conservation-preventive/lignes-directrices-climat/climaspec.html>

18

ClimaSpec

Calculateur de durée de vie

Pour déterminer la durée de vie restante des matières organiques sélectionnées ci-dessus sous « Entrées de ClimaSpec », veuillez remplir les champs ci-dessous et cliquer sur le bouton « Calculer la durée de vie »; le résultat s'affichera en dessous du bouton. Veuillez noter que la valeur des champs vides sera considérée comme équivalente à « 0 » ou à la valeur minimale autorisée.

L'estimation de la durée de vie n'est qu'approximative. Pour obtenir une explication du concept de « durée de vie » et apprendre à calculer la durée de vie, consulter « [Explication des calculateurs de moisissures et de durée de vie](#) ». Le Calculateur de durée de vie est basé sur le modèle 3 (Michalski, 2000).

Durée de vie restante approximative

Âge actuel de l'objet (en années) :

Température antérieure approximative (en °C) :

HR antérieure approximative (de 5 % à 75 %) :

Température future, valeur de référence annuelle établie (en °C) :

Ajustements saisonniers (en °C)

Par exemple, +2 °C en été, -3 °C en hiver. S'il n'y a pas d'ajustement, laissez le tout à

Janvier	Février	Mars	Avril
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Juillet	Août	Septembre	Octobre
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Calculer la durée de vie

i 50 années (environ) restantes, à la température et à l'HR sélectionnées, avant que l'objet ou la collection n'atteigne l'état décrit dans la section « Estimation de la durée de vie des matériaux organiques dans des conditions ambiantes (près de 20 °C et une HR de 50 %) » ci-dessus. Le multiplicateur de durée de vie est d'environ 1.00.



<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/conservation-preventive/lignes-directrices-climat/climaspec.html>

19

19

Comment ces ressources peuvent-elles être utiles dans votre travail ?



Aide à la prise de décision



Gestion des risques et allocation des ressources



Communication et défense des intérêts



Soutient la durabilité



Éducation

20

20

Contrôle durable du climat: À vous de jouer!

- Mettez à profit l'historique de votre collection
- Adoptez des ajustements saisonniers
- Utiliser des microclimats et des vitrines
- Réévaluez vos propres exigences pour les prêts
- Écoutez les communautés d'origine

21

21

© Gouvernement du Canada, Institut canadien de conservation, 2025

Ce document appartient à l'Institut canadien de conservation (ICC). Toute reproduction ou distribution par une tierce partie de ce document, dans quelque format que ce soit, même partielle, est interdite sans l'autorisation écrite préalable de l'ICC. Les demandes peuvent être présentées par courriel à iccdemande-ccirequest@pch.gc.ca.

Simon Lambert

Manager, Preventive conservation
Gestionnaire, conservation préventive

1030 Innes Road | 1030, chemin Innes
Ottawa ON K1B 4S7 Canada
simon.lambert@pch.gc.ca

Tel. | Tél. : 613-998-3721
Fax | Télécopieur : 613-998-4721
Toll Free | Sans frais : 1-866-998-3721

www.canada.ca/cci
www.canada.ca/icc

iccdemande-ccirequest@pch.gc.ca

22

22

Webinaire

« Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025, auditorium du C2RMF - Paris

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

La collecte des informations nécessaires pour une étude climatique

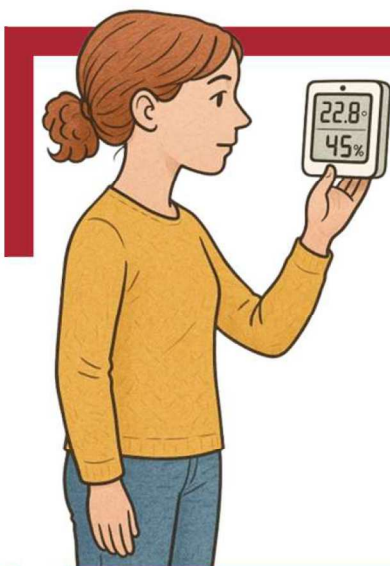
Marie COURSELAUD
Chargée de mission en conservation
préventive - C2RMF



Introduction



Introduction



Complémentarité des informations

- Une étude climatique pertinente se fonde sur la **mise en relation entre les données thermo-hygrométriques** collectées, la **sensibilité des collections**, les **besoins des exploitants** et les **spécificités des espaces analysés**. Ces **informations contextuelles** sont **capitales pour comprendre et interpréter les données climatiques collectées**.
- L'**utilisation d'une grille structurée pour la collecte des informations** propres à un bâtiment ou à une salle permet de réunir facilement sur un document unique l'essentiel des paramètres **facilitant la rédaction d'un bilan climatique**.

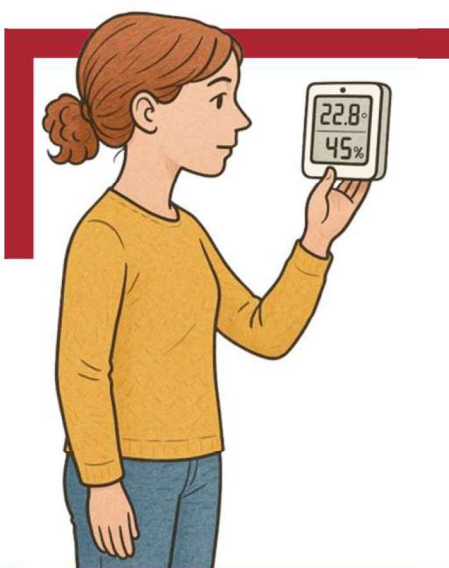


Collecte des informations :

1) Contexte de l'étude



Collecte des informations



1) Contexte de l'étude

■ Nature de la mission

- Objectif de l'étude
- Responsable de la collecte des données
- Auteur de l'étude climatique (si différent pour l'archivage)
- Etude sur place ou à distance
- Date : Date de l'étude + période de collecte des données : **une année minimum pour une étude complète – extrapoler des phénomènes d'une semaine ou d'un mois sur une année risquerait de donner une représentation inexacte de la réalité.**

MÉMO

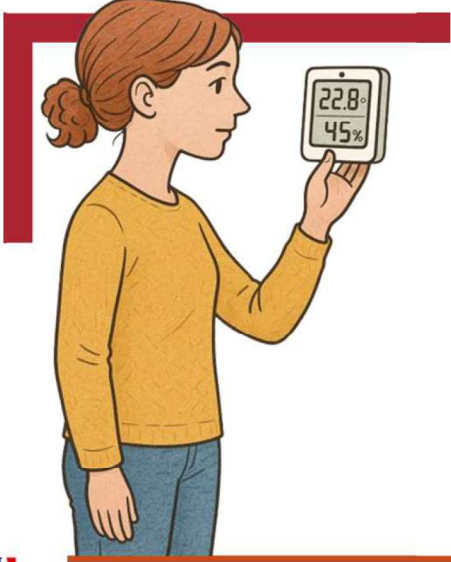
Rôle des indicateurs :

- Déterminer si le bilan répond à la question initiale,
- Réinterroger l'auteur, si besoin,
- Vérifier si l'étude est récente

Nature de la mission	
Objectif(s) de l'étude	
Rédacteur et fonction	
Accessibilité	<input type="checkbox"/> Etude sur place <input type="checkbox"/> Etude à distance (à partir des données transmises)
Date	

Grille : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Informations à collecter pour mener une étude climatique

Collecte des informations



1) Contexte de l'étude

- Mode de collecte des données
 - Type d'appareil de mesure
 - Marque de l'appareil
 - Numéro d'identification
 - Date d'étalonnage
 - Pas de mesure
 - Emplacement de l'appareil


MÉMO

Rôle des indicateurs :

- Vérifier la fiabilité de l'étude (appareil juste car bonne marque et récemment recalibré),
- Pas de mesure adéquat et significatif

Mode de collecte des données	
Type d'appareil	<input type="checkbox"/> Thermo-hygromètre électronique portable <input type="checkbox"/> Thermo-hygromètre électronique enregistreur <input type="checkbox"/> Thermo-hygrographe <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) :
Marque de l'appareil	
Numéro d'identification	
Date de l'étalonnage de l'appareil	


Grille : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Informations à collecter pour mener une étude climatique



MINISTÈRE DE LA CULTURE


Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

7

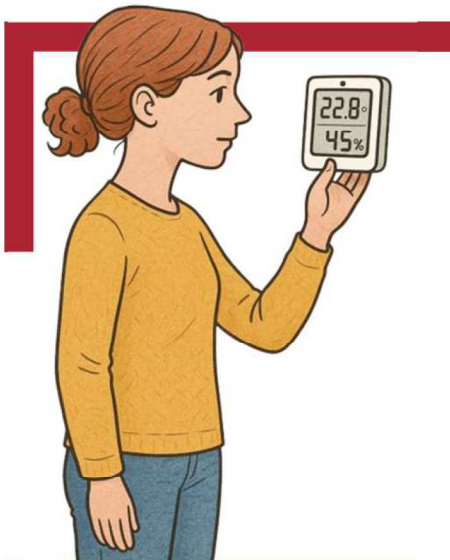


Collecte des informations :

- Contexte de l'étude
- Informations relatives au site et au(x) bâtiment(s)



Collecte des informations



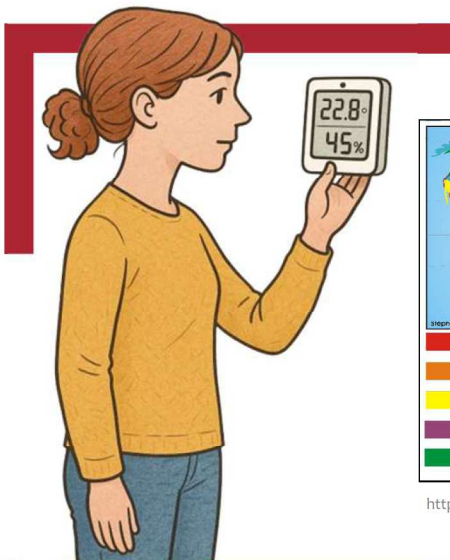
2) Informations relatives au site et au(x) bâtiment(s)

■ Environnement du bâtiment

Contraintes extérieures au bâtiment			
Aire géographique / Type de climat	<input type="checkbox"/> Océanique	<input type="checkbox"/> Montagnard	<input type="checkbox"/> Mousson
	<input type="checkbox"/> Méditerranéen	<input type="checkbox"/> Équatorial	<input type="checkbox"/> Aride
	<input type="checkbox"/> Continental	<input type="checkbox"/> Tropical	<input type="checkbox"/> Polaire
Intégration urbaine	<input type="checkbox"/> Centre-ville	<input type="checkbox"/> Périphérie	<input type="checkbox"/> Zone rurale
Zones humides proches	<input type="checkbox"/> Absence de zones humides à proximité		
	<input type="checkbox"/> Mer, océan		
	<input type="checkbox"/> Étang, lac, rivière		
	<input type="checkbox"/> Forêt, parc végétalisé, fontaine		

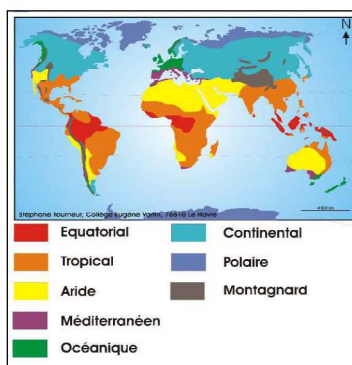
Grille : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Informations à collecter pour mener une étude climatique

Collecte des informations

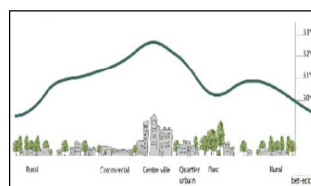


2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

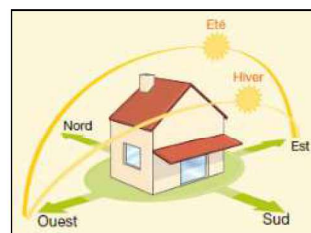
■ Environnement du bâtiment



<http://www.meteofrance.com/climat/monde>

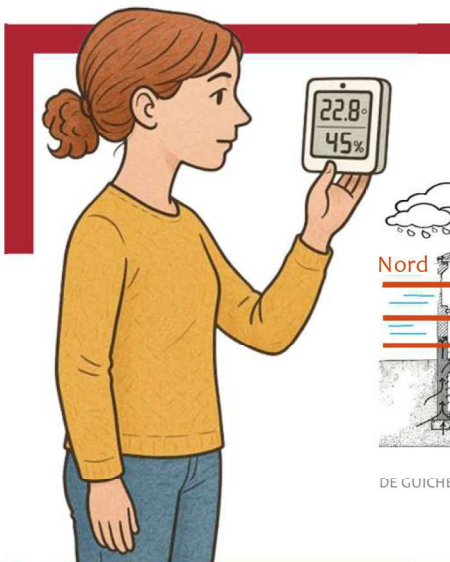


Bet-Ecic.fr



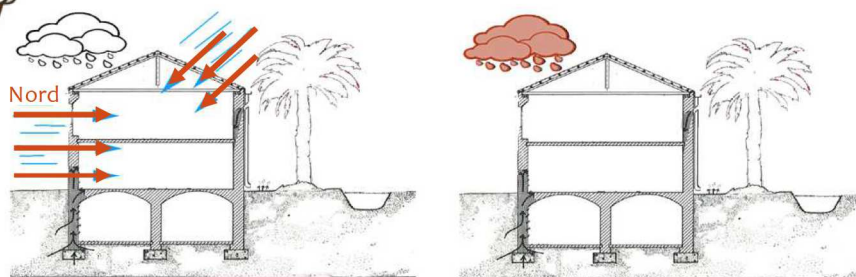
Source internet

Collecte des informations



2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Environnement du bâtiment



DE GUICHEN Gaël, Climat dans le musée – Mesure, ICCROM, Rome, 1984 (dessins : Cathleen Malmström); [lien](#)

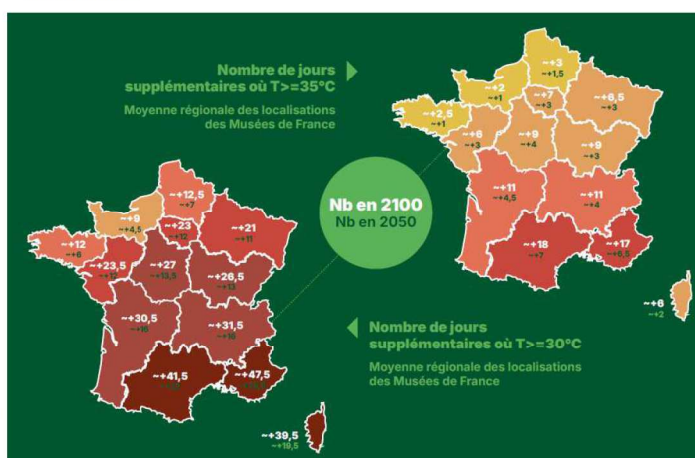
Collecte des informations



2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Environnement du bâtiment

Extrait de la cartographie des zones climatiques locales du CEREMA dans « Les musées face aux effets du changement climatique », Eco-act, Les Augures, 2025



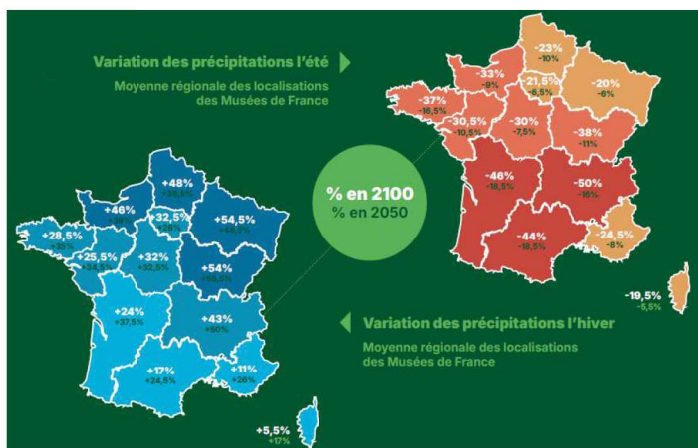
Collecte des informations



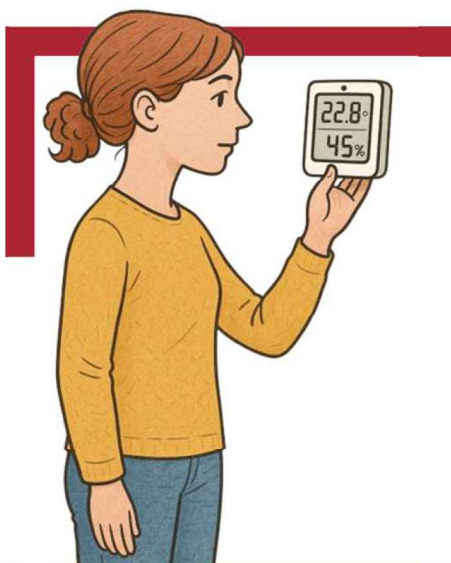
Extrait de la cartographie des zones climatiques locales du CEREMA dans « Les musées face aux effets du changement climatique », Eco-act, Les Augures, 2025

2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Environnement du bâtiment



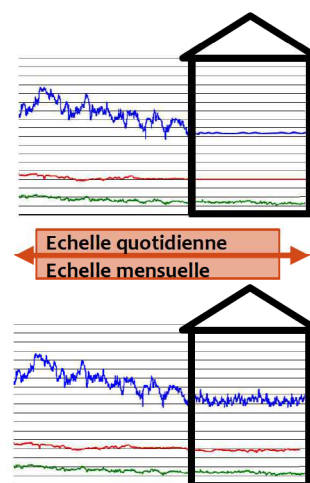
Collecte des informations



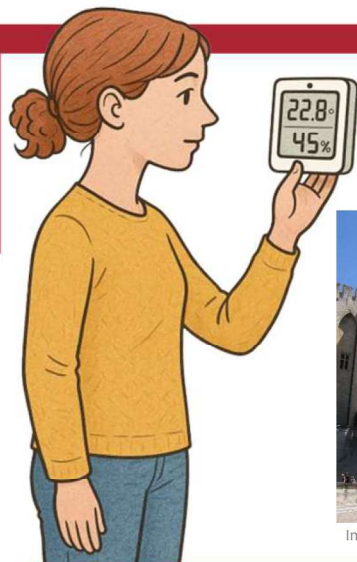
2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Conception du bâtiment

- **Forme du bâtiment :**
- **Inertie :** l'enveloppe architecturale constitue un filtre vis-à-vis des variations thermiques extérieures, tamponnant les variations quotidiennes pratiquement négligeables mais laissant passer les fluctuations saisonnières = déphasage (ex des églises). Inertie \pm bonne en fonction de la nature de l'enveloppe du bâtiment.



Collecte des informations



2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Conception du bâtiment

- Forme du bâtiment :

- Inertie :

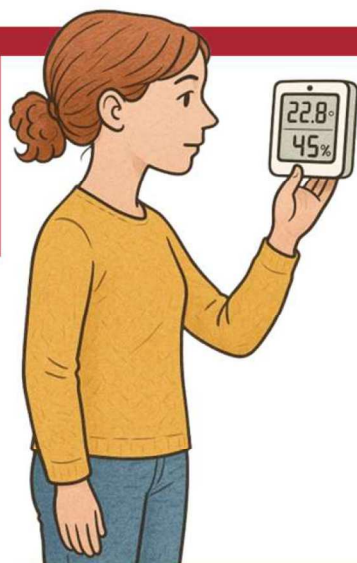


Images Internet



■ Murs en pierre de 1 mètre **jusqu'à 4,50 mètres d'épaisseur**
■ Inertie thermique très forte : décalage entre l'évolution de la température extérieure et l'évolution de la température intérieure de **45 à 67 jours** selon les salles

Collecte des informations

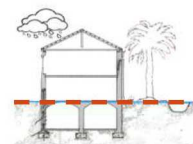
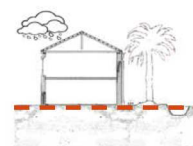


2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Conception du bâtiment

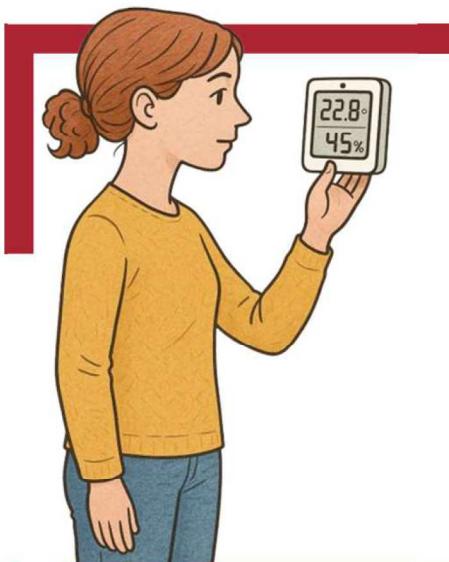
- Forme du bâtiment :

- Typologie (bâtiment enterré, semi-enterré, aérien - bâtiment enfoui étant plus inerte)



DE GUICHEN Gaël, Climat dans le musée – Mesure, ICCROM, Rome, 1984 (dessins : Cathleen Malmström)

Collecte des informations

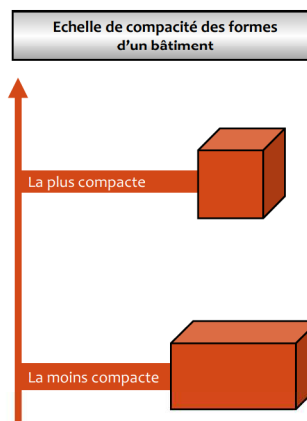


2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

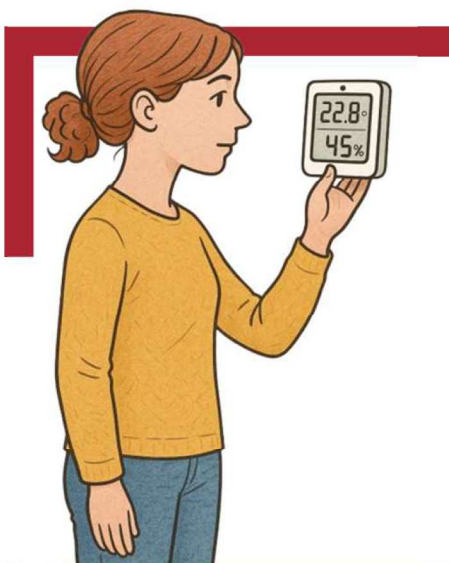
■ Conception du bâtiment

- Forme du bâtiment :

- Volumétrie du bâtiment : compacité recherchée (ratio surface extérieure / volume le plus faible possible) ; plus la surface en contact avec l'air extérieur est grande, plus les conditions intérieures seront instables.



Collecte des informations



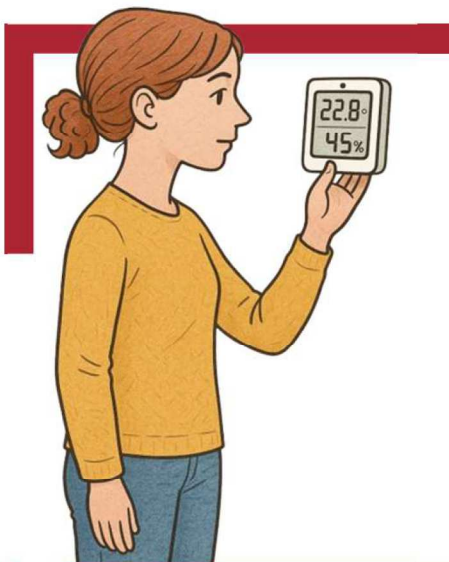
2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Conception du bâtiment

- Matériaux constitutifs :

- Nature et masse : plus la masse du bâtiment est importante, plus sa fonction de filtre sera efficace.
 - mur de **ciment épais de 15 cm** : quelques heures
 - mur de **pierre épais de 50 cm** : 1 jour
 - **bâtiments bien isolés** : plusieurs semaines

Collecte des informations



2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Conception du bâtiment

- Propriétés des matériaux :

- «Conductance thermique globale» d'un édifice regroupe les échanges par conduction à travers les parois opaques ou vitrées, les transferts par ventilation et les infiltrations. **Plus la conductance thermique est faible, plus l'inertie thermique du bâtiment est efficace.**

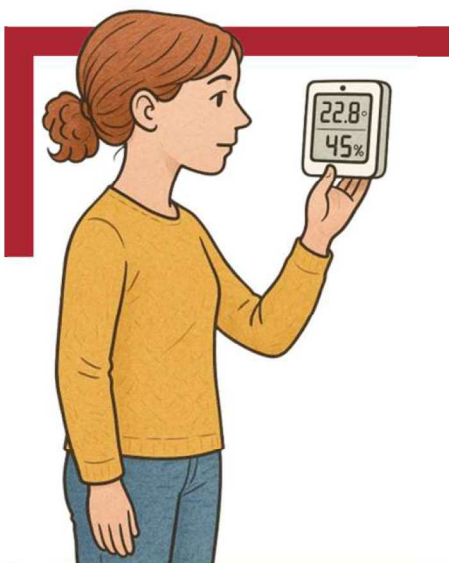
- Coefficient de transmission thermique : quantifier les déperditions thermiques des parois, planchers, toitures, notamment en hiver. **Plus ce coefficient est faible, meilleure est l'isolation.**

Référentiel de coefficient de transmission thermique pour les surfaces dures

Mur en béton de 20 cm d'épaisseur, enduit deux faces (bâtiment des années 1950)	2,8 W/m² · °C	☹️
Mur en pierre calcaire demi-forte de 1 m d'épaisseur (bâtiment ancien à forte inertie thermique)	1,13 W/m² · °C	
Mur isolé (constructions actuelles répondant aux nouvelles normes « Haute Isolation »)	< 0,50 W/m² · °C	😊

SORET Alain, *Le traitement climatique - les charges*, Museofiche, Direction des musées de France, 1998

Collecte des informations



2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Conception du bâtiment

- Orientation et distribution :

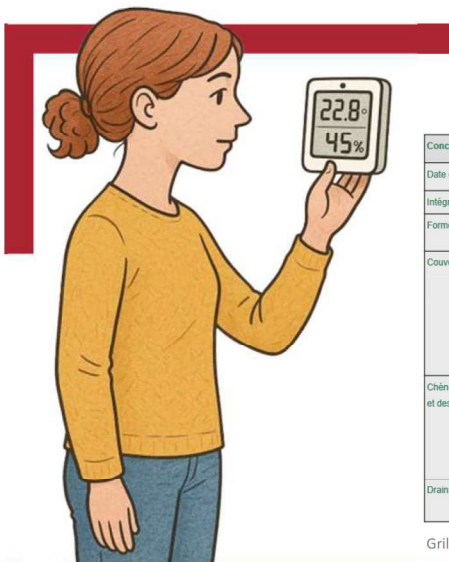
- Toiture (typologie de la pente / entretien)

- Répartition, étanchéité et orientations des surfaces vitrées (fenêtres, huisseries, toitures verrières, etc.). **Plus elles sont nombreuses, moins l'inertie du bâtiment sera satisfaisante**

- apports de chaleur très importants en cas d'ensoleillement,
- phénomènes de condensation notamment en hiver car la paroi en contact avec l'extérieur reste froide

- Distribution interne : **stabilité accrue pour les espaces situés au cœur du bâtiment**, sans contact direct avec l'extérieur

Collecte des informations



2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments

■ Conception du bâtiment

Conception du bâtiment	
Date de construction	
Intégration du bâtiment	<input type="checkbox"/> Aérien <input type="checkbox"/> Semi-enterré <input type="checkbox"/> Enterré
Forme du bâtiment	<input type="checkbox"/> Cube <input type="checkbox"/> Rectangle, en hauteur <input type="checkbox"/> Rectangle, bas et large
Couverture	Matériaux : Forme : <input type="checkbox"/> Pentue <input type="checkbox"/> Plat / terrasse État : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant : <input type="checkbox"/> Entretenu <input type="checkbox"/> Mousse <input type="checkbox"/> Bonne <input type="checkbox"/> Mauvaise isolation <input type="checkbox"/> isolation, fissure
Chéneaux, gouttières et descentes pluviales	Matériaux : État : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant : <input type="checkbox"/> Fissures <input type="checkbox"/> Manque d'entretien
Drains et caves	Drainage du sol : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant Caves : <input type="checkbox"/> Saines <input type="checkbox"/> Très humides

Enveloppe	
Sol	Matériau : État : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant : <input type="checkbox"/> Fissures <input type="checkbox"/> Infiltrations
Plafond	Matériau : État : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant : <input type="checkbox"/> Fissures <input type="checkbox"/> Infiltrations
Parois	Matériau : Épaisseur (en cm) : État : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant : <input type="checkbox"/> Fissures <input type="checkbox"/> Infiltrations
Vitres	Matériau : Nombre : Surface (en m²) : Orientation : <input type="checkbox"/> Exposition Nord <input type="checkbox"/> Exposition Ouest <input type="checkbox"/> Exposition Sud <input type="checkbox"/> Exposition Est État : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant : (huissière neuve) (huissière ancienne) <input type="checkbox"/> Double vitrage <input type="checkbox"/> Simple vitrage
Portes	Matériau : Nombre : État : <input type="checkbox"/> Satisfaisant <input type="checkbox"/> Insatisfaisant : (bien calfeutrée) (mal calfeutrée, fissures)

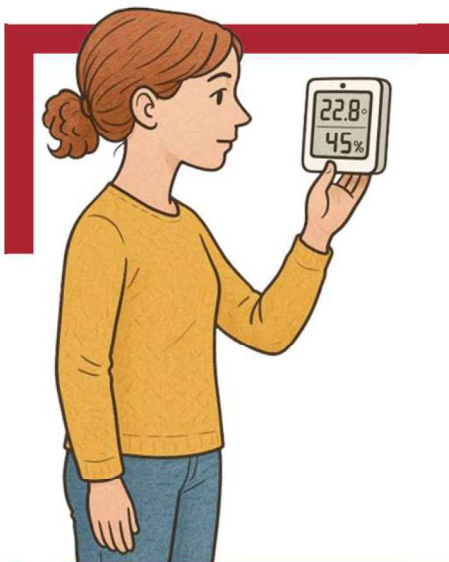
Grille : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF – Informations à collecter pour mener une étude climatique

Collecte des informations :

- 1) Contexte de l'étude
- 2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments
- 3) Informations relatives à l'espace étudié



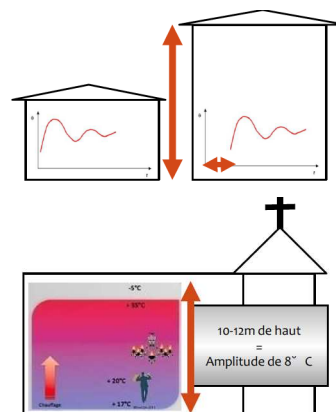
Collecte des informations



3) Informations relatives à l'espace étudié

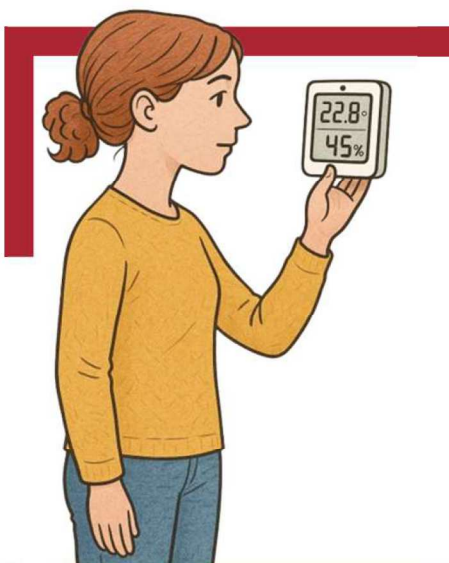
■ Volumes et communication entre les espaces

- Hauteur sous plafond : **variations sont plus lentes** dans une salle de grande hauteur **mais risque de phénomènes de stratification thermique** en période de chauffage, rendant **difficile la régulation de l'hygrométrie**. Par ex : amplitude de 8° C peut être atteinte pour une salle de 10 à 12m de hauteur.



- Communication entre des salles : instabilité climatique au passage entre les deux zones.

Collecte des informations



3) Informations relatives à l'espace étudié

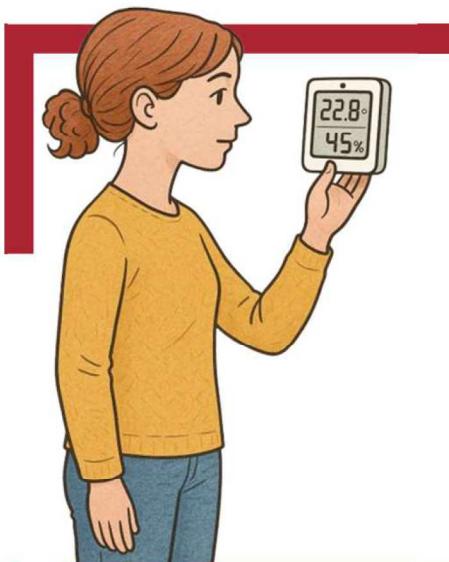
■ Equipements

- Eclairage : transfert thermique pour les lampes à incandescence ou les espaces techniques



Photos : Jocelyn Périllat-Mercerot

Collecte des informations



3) Informations relatives à l'espace étudié

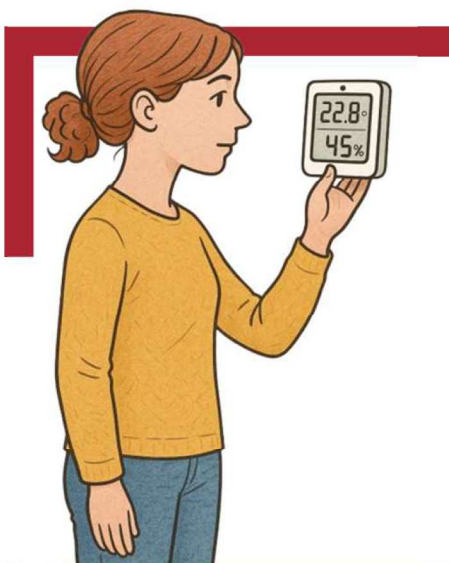
▪ Equipements

- Chauffage: transfert thermique ; condensation sur les parois froides, fuite



Photos : internet

Collecte des informations

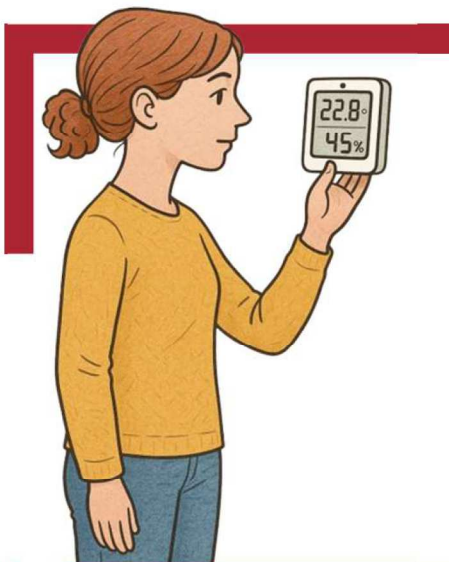


3) Informations relatives à l'espace étudié

▪ Equipements

- Equipements techniques climatiques : transfert thermique et/ou hydrique ; armoires ou centrales de traitement, [dés]-humidificateurs, panne
- Equipements techniques de ventilation : transfert thermique dû au fonctionnement de la machine ; brassage et taux de renouvellement d'air neuf, panne

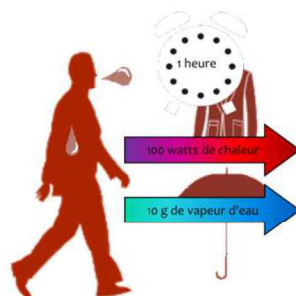
Collecte des informations



3) Informations relatives à l'espace étudié

■ Activités de l'établissement

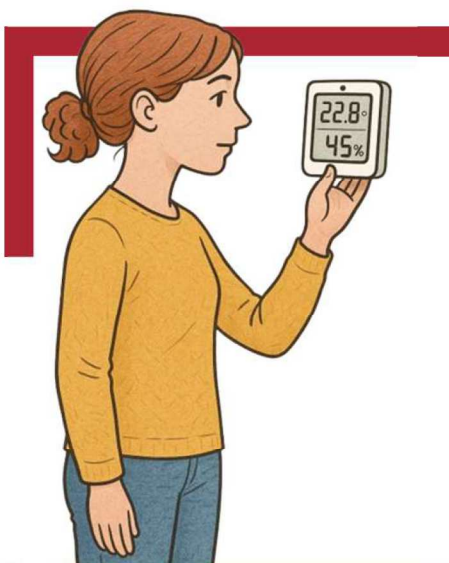
- Fréquentation : prise en compte du taux de fréquentation et temps d'occupation : 1 personne dégage par heure environ 100 watts en chaleur sensible et 10 grammes



- **Forte fréquentation**
= 1 personne pour 2 à 4 m²
- **Moyenne fréquentation**
= 1 personne pour 5 à 10 m²
- **Faible fréquentation**
= à partir de 1 personne pour 10 m²

Source : SORET Alain, Le traitement climatique - les charges, Museofiche, Direction des musées de France, 1998

Collecte des informations

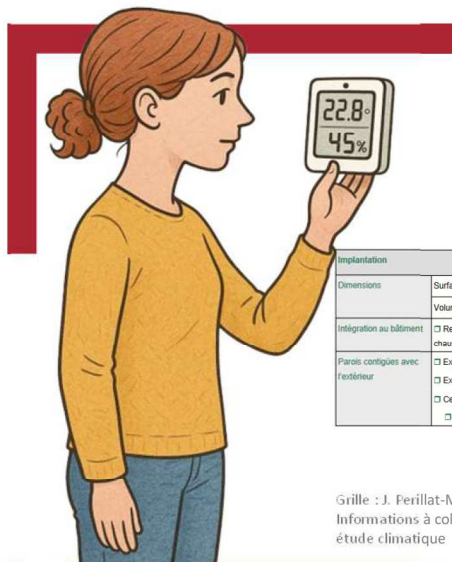


3) Informations relatives à l'espace étudié

■ Activités de l'établissement

- Périodes d'ouverture et de fermeture (musée saisonnier)
- Types d'activité (exposition, vernissage, réserve, zone de transit)
- Lors de concerts ou évènement, on chauffe très vite avant l'arrivée du public et l'on coupe le chauffage à la fin = variations brutales / éclairage supp., installations techniques.
- Nettoyage (apport d'eau)
- Travaux (apport thermique, fuite d'eau possible)

Collecte des informations



3) Informations relatives à l'espace étudié

Implantation	
Dimensions	Surface (m²) :
	Volume (m³) :
Intégration au bâtiment	<input type="checkbox"/> Rez-de-chaussée <input type="checkbox"/> Étages <input type="checkbox"/> Sous combles
Parois contigües avec l'extérieur	<input type="checkbox"/> Exposition Nord <input type="checkbox"/> Exposition Ouest <input type="checkbox"/> Exposition Sud <input type="checkbox"/> Exposition Est <input type="checkbox"/> Centre du bâtiment (absence de contact avec l'extérieur) : <input type="checkbox"/> Salles voisines non chauffées

Grille : J. Ferillat-Mercerot – Fiches C2RMF –
Informations à collecter pour mener une
étude climatique

Aménagements	
Renouvellement d'air et brassage d'air	<input type="checkbox"/> Naturel <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Simple flux <input type="checkbox"/> Double flux <input type="checkbox"/> 100% air neuf <input type="checkbox"/> Recyclage d'air Taux de renouvellement d'air : Émission :
Appareils de régulation (CTA = centrale de traitement d'air)	<input type="checkbox"/> Chauffage <input type="checkbox"/> CTA <input type="checkbox"/> ACL <input type="checkbox"/> VMC <input type="checkbox"/> Sol chauffant <input type="checkbox"/> Radiateur fixe <input type="checkbox"/> Radiateur mobile ACL = armure de climatisation : <input type="checkbox"/> Rafraîchissement <input type="checkbox"/> CTA <input type="checkbox"/> ACL <input type="checkbox"/> VMC <input type="checkbox"/> CTA <input type="checkbox"/> ACL VC = ventilo-convecteur : <input type="checkbox"/> Humidification <input type="checkbox"/> Unité mobile <input type="checkbox"/> ACL <input type="checkbox"/> Assèchement <input type="checkbox"/> CTA <input type="checkbox"/> ACL <input type="checkbox"/> Unité mobile
Mask en mode :	<input type="checkbox"/> En continu <input type="checkbox"/> Ponctuel <input type="checkbox"/> Gestion par U.T.C. <input type="checkbox"/> En panne
Éclairage naturel	<input type="checkbox"/> Espace aveugle <input type="checkbox"/> Absence de store <input type="checkbox"/> Store diffusant <input type="checkbox"/> Store occultant / volet
Éclairage artificiel	<input type="checkbox"/> LED <input type="checkbox"/> Halogènes <input type="checkbox"/> Tubes fluorescente <input type="checkbox"/> Tubes fluorescente à fibres
Structure de conservation	Exposition : <input type="checkbox"/> Ouverte (podium, cimaise) <input type="checkbox"/> Fermée (vitrine) Réserve : <input type="checkbox"/> Ouverte (étagère) <input type="checkbox"/> Fermée (armoire, tiroir) Blanchette : <input type="checkbox"/> Satisfaisante <input type="checkbox"/> Insatisfaisante Disposition : <input type="checkbox"/> Contre les parois contigües à l'extérieur <input type="checkbox"/> Écartée ou perpendiculaire aux parois contigües à l'extérieur <input type="checkbox"/> Au centre <input type="checkbox"/> À l'extérieur

Nature et exploitation	
Identification de l'espace	
Type d'activité	<input type="checkbox"/> Exposition <input type="checkbox"/> Réserve <input type="checkbox"/> Consultation et étude <input type="checkbox"/> Espace de traitement de conservation-restauration <input type="checkbox"/> Espace de quarantaine <input type="checkbox"/> Autres, préciser :
Fréquentation	Temps d'occupation / jour : Nombre de personnes / jour :
Nettoyage	Fréquence : Mode : <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Balai <input type="checkbox"/> Serpillière <input type="checkbox"/> Aspirateur <input type="checkbox"/> Laveuse
Travaux éventuels	Période : Nature :

Collecte des informations :

- 1) Contexte de l'étude
- 2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments
- 3) Informations relatives à l'espace étudié
- 4) Informations relatives aux collections



Collecte des informations

4) Informations relatives aux collections

■ Nature des collections en présence

Organique	Inorganique	Hygroscopique	Non hygroscopique
capables d'adsorber de la vapeur d'eau puis de la restituer à l'ambiance			

Photos : Jocelyn Perillat-Mercerot

MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

31

Collecte des informations

4) Informations relatives aux collections

■ Nature des collections en présence

Matériaux libres	Matériaux contraints	Objets fragiles
souples, déformations réversibles	objets composites : déformations irréversibles (tensions internes)	

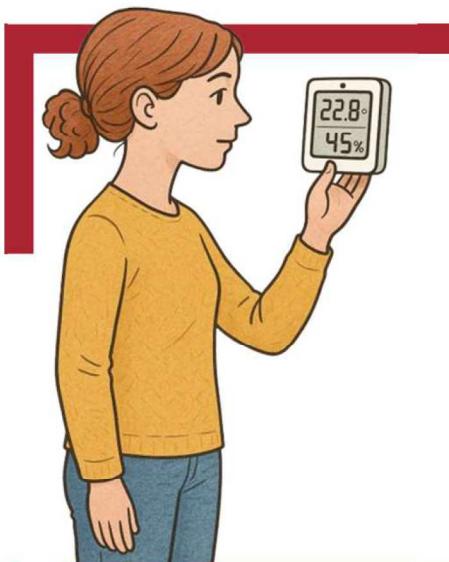
Photos : Jocelyn Perillat-Mercerot

MINISTÈRE DE LA CULTURE

Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

32

Collecte des informations



4) Informations relatives aux collections

■ Nature des collections en présence

Nature des collections	
Organique	<input type="checkbox"/> Végétal (bois, papier, coton, chanvre, lin, huile sur toile) <input type="checkbox"/> Animal (peut, laine, parchemin)
Inorganique	<input type="checkbox"/> Céramique <input type="checkbox"/> Métal <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Pierre, minéraux
Bombardé	<input type="checkbox"/> Os, ivoire <input type="checkbox"/> Couillages
Supports modernes	<input type="checkbox"/> Synthétiques (plastiques, caoutchouc, film) <input type="checkbox"/> Photographie
Besoin des collections pour la période d'étude	
Nombre de jours d'étude	La période d'étude complète : jours
Présence des conditions climatiques à ne pas dépasser	Température (en °C) : Min. : Max. : Humidité relative (en %) : Min. : Max. :
Présence de variations climatiques	Variations thermiques (en °C) : <input type="checkbox"/> Très stable : inf. à <input type="checkbox"/> Assez stable : - <input type="checkbox"/> Peu stable : sup. à Variations hygrométriques (en %) : <input type="checkbox"/> Très stable : inf. à <input type="checkbox"/> Assez stable : - <input type="checkbox"/> Peu stable : sup. à
Objets (échantillons) choisis pour vérifier les conditions climatiques (résumé)	
Zone (à reporter sur le plan de l'espace)	Nombre d'inventaire
	Désignation

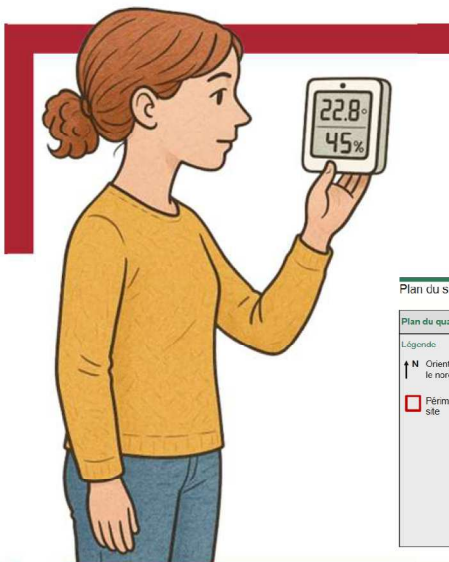
Grille : J. Perillat-Mercerot – Fiches C2RMF –
Informations à collecter pour mener une étude
climatique

Collecte des informations :

- 1) Contexte de l'étude
- 2) Informations relatives au site et au(x) bâtiments
- 3) Informations relatives à l'espace étudié
- 4) Informations relatives aux collections
- 5) Que retenir ?



Collecte des informations



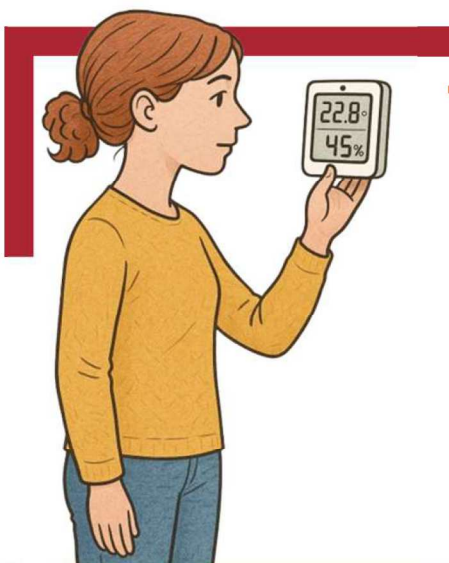
5) Que retenir ?

L'interprétation des données climatiques est interdépendante de l'environnement dans lequel elles ont été collectées. La collecte de ces informations est capitale pour assurer une compréhension claire et réaliste des données climatiques.

Il convient généralement de les synthétiser sous forme dans un tableau récapitulatif et sur plan.

Plan du site et / ou de l'espace étudié	Plan de l'espace étudié
<p>Plan du quartier</p> <p>Légende</p> <p>↑ N Orientation vers le nord</p> <p>□ Périmètre du site</p>	<p>Plan de l'espace étudié</p> <p>Légende</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capteur climatique ■ Armoire de climatisation ■ Source artificielle de chaleur ■ Humidificateur mobile ■ Déshumidificateur mobile

Pour en savoir plus



Fiches pratiques C2RMF

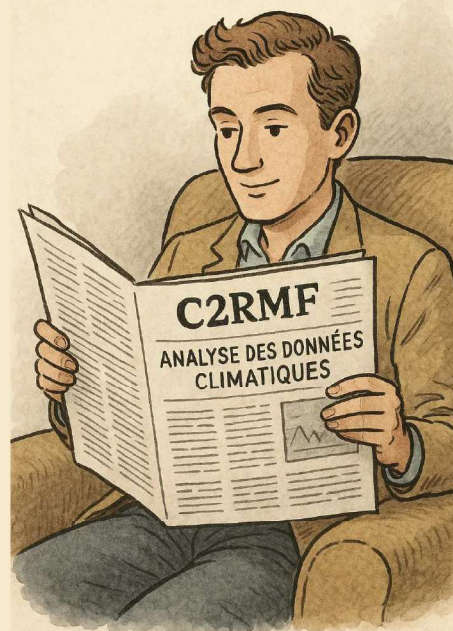
- Fiche-outil pour réaliser une étude climatique:
<https://c2rmf.fr/media/document/fiche-outil-pour-realiser-une-etude-climatiquepdf-0>

Informations à collecter pour mener une étude climatique	
<p>Une étude climatique permettra de fonder sur la mise en relation entre les données thermo-hygrométriques relevées, la sensibilité des collections, les besoins des exploitants et les spécificités des espaces examinés.</p> <p>L'utilisation d'une grille structurée pour la collecte des caractéristiques propres à un bâtiment ou à une salle permet de rassembler sur un document unique l'ensemble des paramètres à considérer et à comparer.</p>	
Contexte de l'étude	
Nature de la mission	
Dépendance de l'étude	
Objet et fonction	
Accessibilité	<input type="checkbox"/> Étude sur place <input type="checkbox"/> Étude à distance (à partir des données transmises)
Date	
Méthode de collecte des données	
Type d'appareil	<input type="checkbox"/> Thermohygromètre électronique portable <input type="checkbox"/> Thermohygromètre électronique enregistreur <input type="checkbox"/> Thermohygrographe <input type="checkbox"/> Autre (à préciser) :
Marque de l'appareil	
Numéro d'identification	
Date de l'attribution de l'appareil	

Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

L'interprétation des graphiques climatiques

Jocelyn PÉRILLAT-MERCEROT
Chargé d'études documentaires spécialisé
en conservation préventive - C2RMF



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

L'interprétation des graphiques climatiques

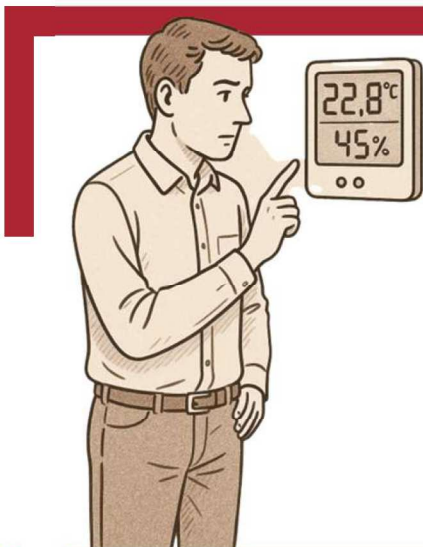
- I. Rappels introductifs
- II. Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale
- III. Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



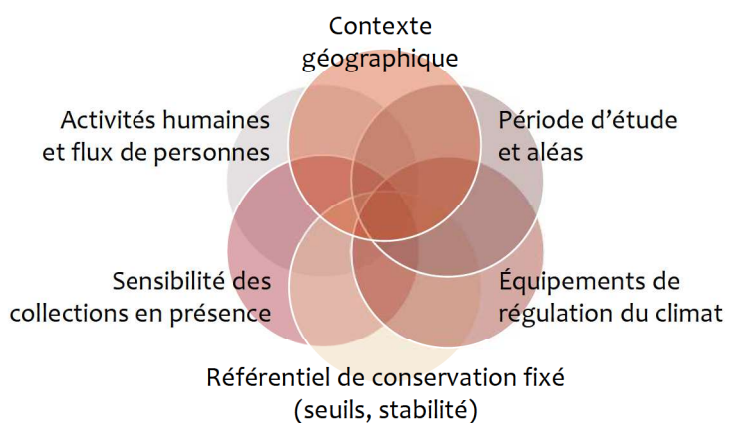
Rappels introductifs



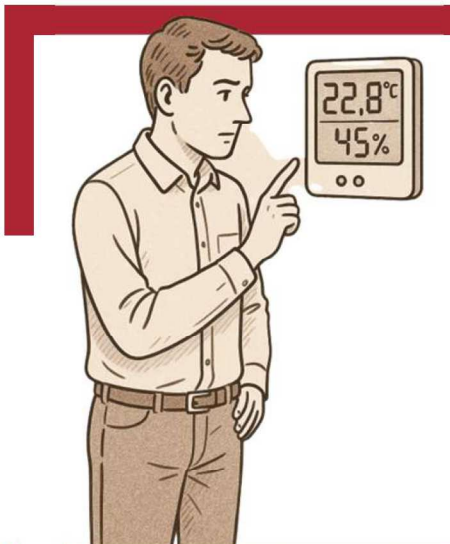
Rappels introductifs



Facteurs à considérer pour une interprétation fiable



Rappels introductifs



Précautions d'interprétation

- La collecte des mesures doit s'opérer **pendant une année** et à un **intervalle d'enregistrement d'une heure** afin d'apprécier finement les variations saisonnières.
- Il ne faut **pas extrapoler les phénomènes d'une courte période** (une semaine ou un mois) sur une année car cela risquerait de donner une représentation inexacte de la réalité.
- Au-delà de l'étalonnage des capteurs, il faut garder en mémoire qu'ils sont concernés par une **« incertitude de mesure »** (c'est-à-dire la capacité de l'appareil à donner une valeur juste).

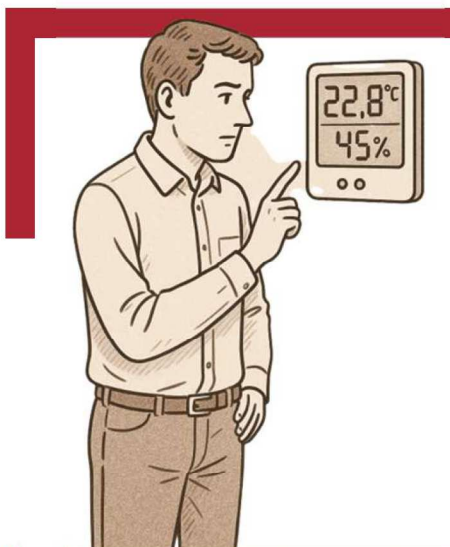
Par exemple, pour une **précision de $\pm 3\%$ HR**, l'appareil mesurant **54 % HR** peut se situer dans une ambiance allant **de 51 % à 57 % HR**.



Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale

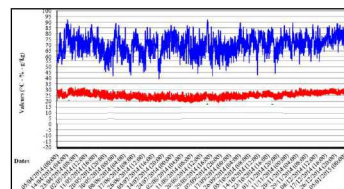


Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale



1/ Méthodologie pour dresser un bilan général

- Les graphiques **habituellement disponibles** (courbes) permettent de **visualiser les extrema** mais ne retranscrivent **pas une tendance générale** (impossibilité de moyenner les valeurs d'un coup d'œil).



Ils peuvent donner une **sensation de fluctuation** mais **difficilement quantifiable** visuellement : cela rend leur étude **un peu plus complexe voire approximative** pour exprimer un **comportement général**.

- L'approche suivante peut être suggérée pour un **bilan de routine** :
 - D'abord consulter **les graphiques boursiers** pour avoir tendance générale de la **période étudiée** (respect de la consigne, stabilité) ;
 - En 2e attention, voir les graphiques indiquant les **variations sur 24h** pour connaître **stabilité quotidienne** - souvent des **courbes** ;
 - Les autres graphiques peuvent être **parcoursus superficiellement**.

Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale

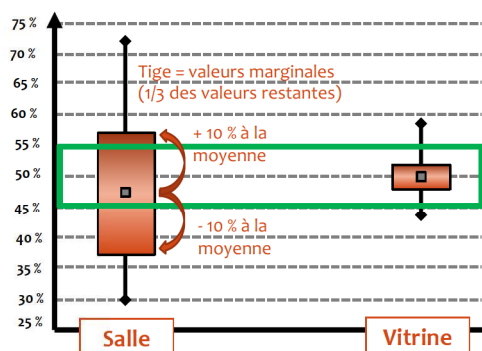


2/ Graphique boursier

- Il se construit à partir de **4 valeurs** : **minimum, maximum, moyenne et Écart-type** qui représente la dispersion des valeurs d'un échantillon dans une plage de **68 % ($\approx 2/3$)**

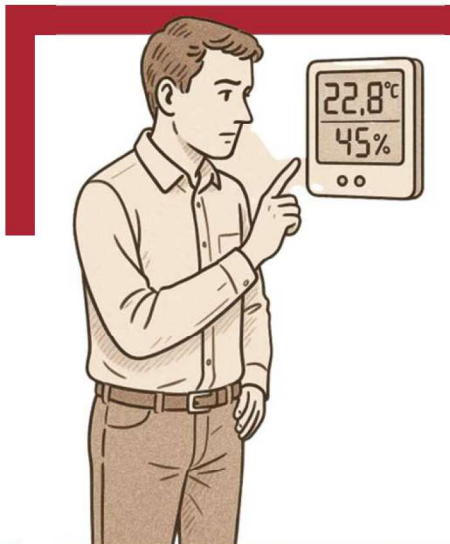
Excel® :
 =MIN()
 =MAX()
 =MOYENNE()
 =ECARTYPE()

Plage idéale		Salle	Vitrine
Moyenne	■	47 %	50 %
Minimum	↓	30 %	44 %
Maximum	↑	73 %	59 %
Écart-type	■	10 %	2 %



Salle :
 ☺ 68% des valeurs s'étalent sur une amplitude de 20% HR (2 x 10%)
Vitrine :
 ☺ plage de cons° (cadre vert)
 ☺ stabilité (rectangle aplati) avec 4% d'amplitude inter-écartypes

Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale



2/ Graphique boursier



- Vision **synthétique** et globale
- Comprendre **rapidement** la tendance générale (moyenne, stabilité, valeurs maximales et minimales)



- Lecture **aisée** seulement si l'on dispose du code de compréhension
- Insuffisant pour émettre un **diagnostic** (car non détaillé) et expliquer des accidents climatiques

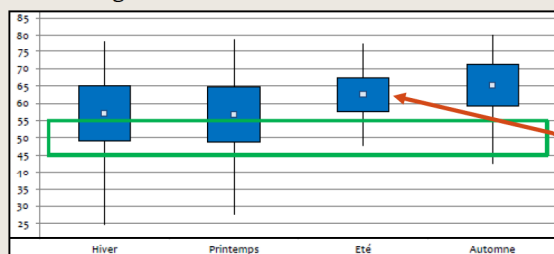
Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale

2/ Graphique boursier

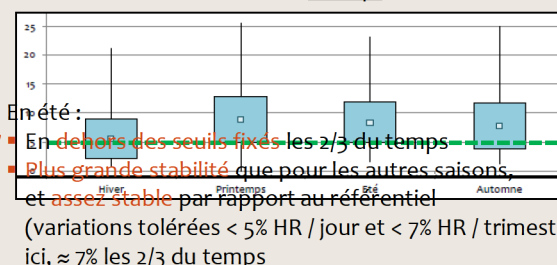
Exemple pour une **compréhension globale rapide**
(franchissement des seuils, stabilité période et stabilité sur 24h)

Graphiques boursiers d'HR dans une salle d'un monument historique (dépourvue de système de régulation)

Tendance générale HR



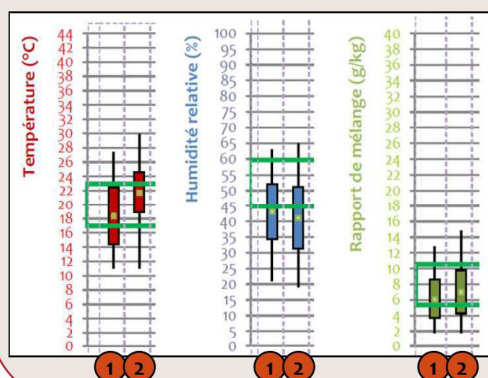
Tendance des variations HR sur 24h



Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale

2/ Graphique boursier

Exemple pour suggérer des préconisations



Conditions en salles **S1** et **S2** : chauffage, pas de traitement hygrométrique, éclairage par halogène en **S2**

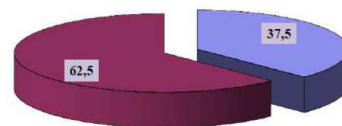
- **T°** : **T°1** dans plage mais instable ; **T°2** trop chaud
- **HR** : **HR1-2** secs instables
- **Rv** : **Rv1** un peu sec ; **Rv2** dans plage idéale
- **S1** : **Rv1** bas alors que **T°** plutôt bon = apporter vapeur d'eau (humidifier)
- **S2** : **Rv2** plutôt bien, donc plus simple de rafraîchir (à **Rv** constante, baisse **T°** = hausse **HR**) ;
- baissier **T°2** en diminuant chauffage et/ou remplaçant halogènes par LEDS ;
- contrôler après modifications = si l'**HR2** demeure basse et instable malgré la régulation thermique, alors envisager humidificateurs fixes

Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale

3/ Diagramme circulaire

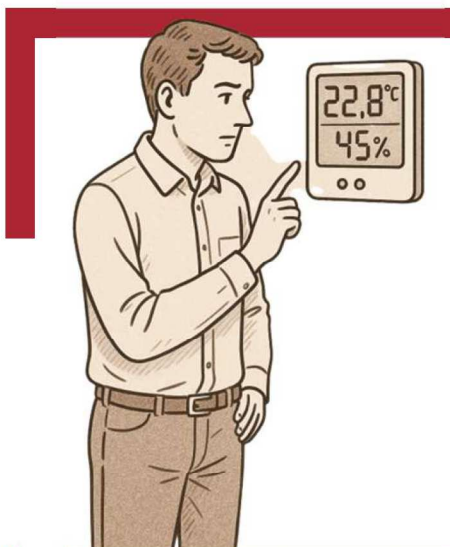


- Ce graphique permet de rendre compte du **taux d'optimalité** des valeurs collectées, témoignant du **respect des consignes** thermo-hygrométriques.
- Ce taux peut être associé à une **grille de satisfaction** :
 - **Très satisfaisant** : > 90%
 - **Satisfaisant** : entre 75 et 90%
 - **Peu satisfaisant** : entre 50 et 75%
 - **Insatisfaisant** : < 50%



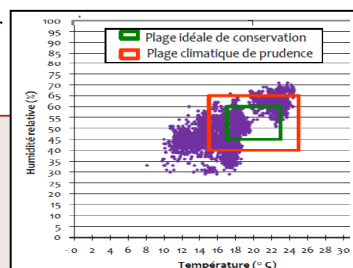
■ Taux d'optimalité (en %) - Respect des consignes climatiques
■ Non respect des consignes climatiques

Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale



4/ Nuage de points

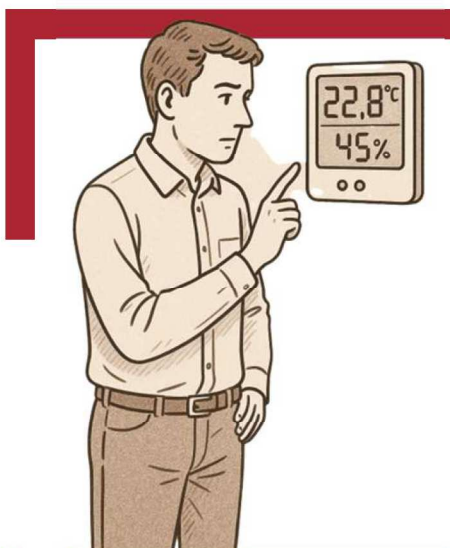
- Ce graphique permet de visualiser la répartition des valeurs.



- Cibler le(s) paramètre(s) à corriger
- Évaluer l'ampleur des corrections à apporter
- Explicit = outil de communication (direction ou tutelle)

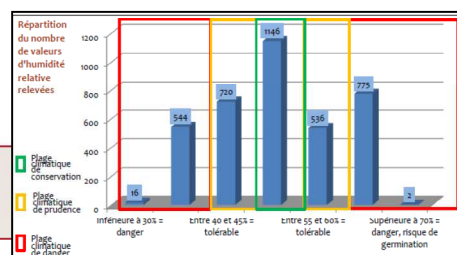
- Redondant avec boursier
- Ne permet pas d'émettre un diagnostic

Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale



5/ Histogramme de répartition

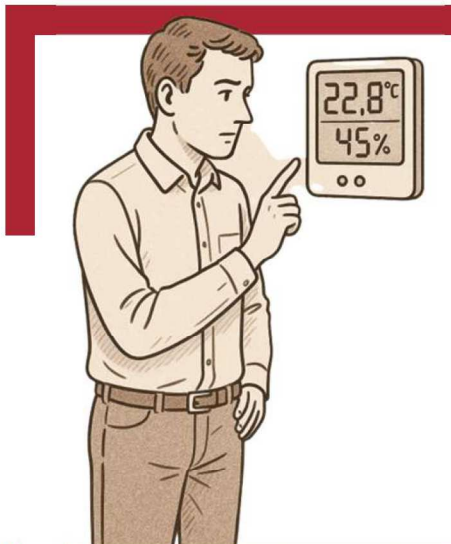
- Ce graphique permet de **catégoriser** les valeurs.



- Classe les valeurs **par ensemble**

- Apporte **peu d'éléments supplémentaires** aux autres graphiques (il affine le boursier)
- Surtout utilisé par les **bureaux d'études techniques** pour adapter les projets d'installation CVC ou déterminer les valeurs extrêmes en dehors des consignes (> 90%-95% du temps) – tolérées contractuellement

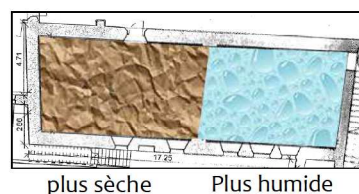
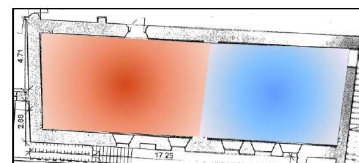
Étude de graphiques dans l'objectif de disposer d'une vision globale



6/ Carte climatique

Les différents graphiques obtenus peuvent aider à l'élaboration de **cartes climatiques** dont le but est :

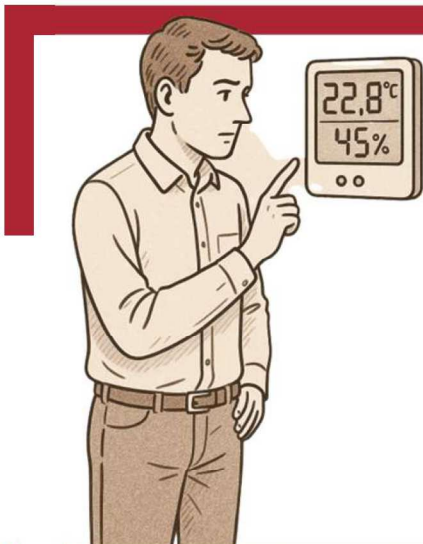
- de **visualiser facilement** les zones climatiques à l'intérieur du bâtiment,
- de déterminer les **zones à risque** pour les collections selon leur sensibilité,
- de savoir où **placer/déplacer les objets** les plus sensibles,
- de **prioriser les zones d'action** (isoler, chauffer, humidifier...).



Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



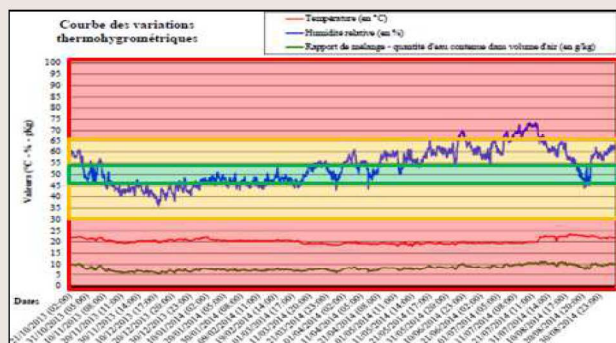
1/ Méthodologie pour comprendre un phénomène

- Les graphiques **habituellement disponibles** – les courbes thermo-hygrométriques – sont généralement **horodatés** pour inscrire la mesure **dans le temps**, de façon **détaillée**.
- Ainsi, les courbes vont servir principalement à contrôler / **guetter les incidents** :
 - pour la **surveillance quotidienne** (rapide coup d'œil pour visualiser un accident) ;
 - pour la compréhension et l'identification de l'origine d'un **désordre climatique à solutionner**, que cela soit un **épiphénomène** (« accident ») ou un **épisode récurrent / cyclique** (ex : épisode jour-nuit).
- Leur lecture doit favoriser une **réaction rapide** en cas de besoin.

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

1/ Méthodologie pour comprendre un phénomène

Exemple pour la **surveillance quotidienne des éventuels incidents**



Température

- Limiter la tendance à la hausse

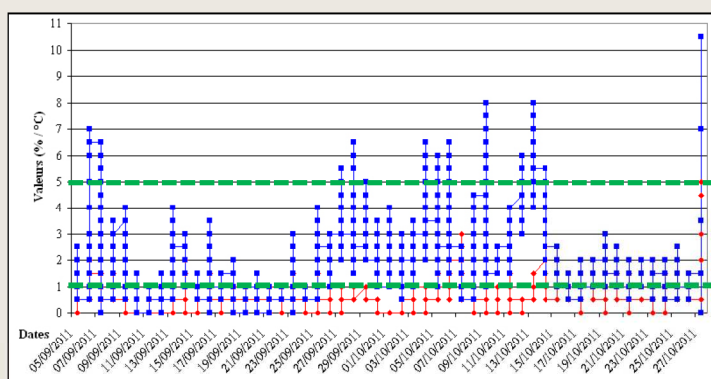
Humidité relative

- Ne pas dépasser 65 % (risque de moisissures)
- Ne pas dépasser 100% (condensation)
- Viser la stabilité

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

1/ Méthodologie pour comprendre un phénomène

Exemple pour la *surveillance quotidienne des éventuels incidents*



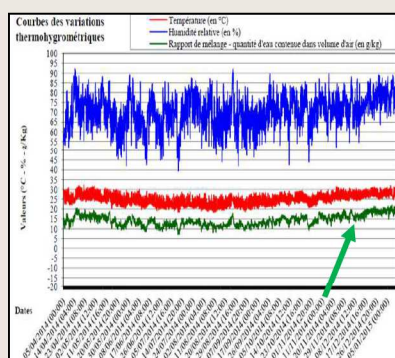
Si elle est disponible, la *courbe des variations sur 24h* permet :

- de déterminer finement les *fluctuations quotidiennes*
- de repérer rapidement les *dépassements exceptionnels*.

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

1/ Méthodologie pour comprendre un phénomène

Exemple pour la compréhension d'un *phénomène à solutionner* et la suggestion de *prescriptions*



Rapport de mélange R_v (\approx humidité absolue H_A , poids d'eau dans l'air)

- R_v = stabilité = bonne étanchéité de l'espace, bonne efficacité des équipements de régulation de l'HR (s'ils existent)
- ↗ R_v = apport d'eau = fuite, fenêtre ouverte, lavage
- ↘ R_v = retrait d'eau = manque d'étanchéité

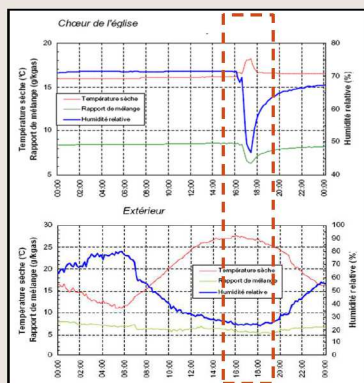
L'HR (humidité relative) dépend à la fois de la T° et du R_v :

- Si T° et R_v stable, alors mais HR stable
- Si HR varie, alors au moins l'un des 2 paramètres (T° et/ou R_v) varie :
- Si R_v stable + HR varie = seule T° doit être maîtrisée → ce qui est préférable car il est plus facile de gérer les équipements de régulation thermique que ceux hygrométriques.
- Connaître R_v permet de déduire s'il faut humidifier / déshumidifier ou juste jouer avec la T° pour stabiliser HR

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

1/ Méthodologie pour comprendre un phénomène

Exemple pour la compréhension d'un **phénomène à solutionner** et la suggestion de **prescriptions**



Dans le chœur d'une église du Rhône, un samedi de juin :

- T° à 17h = chaleur apportée par les personnes pour la messe ?...
- ... mais \searrow HR, or les personnes apportent aussi de l'humidité...
- ... est-ce la chaleur qui assèche, sans que cela soit compensé par l'apport des personnes ?

Nécessité d'observer la courbe Rv :

- R_v explique aussi \searrow HR
- R_v s'extrait donc du chœur : par l'extérieur ?

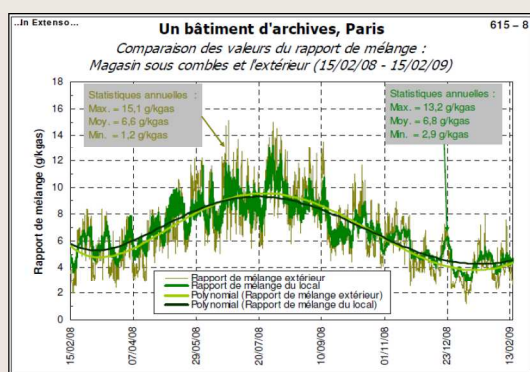
Nécessité d'observer les courbes extérieures :

- T° ext. = plus chaud, s'infiltré
- R_v ext. = 6 g/Kg.as ; remarque que R_v int. chute à 6 g/Kg.as
- Déduction : porte de l'église ouverte pendant 1 heure (mariage ?)

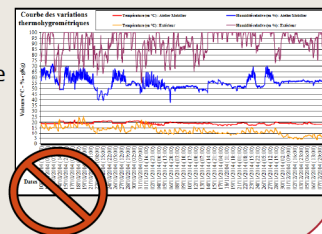
Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

1/ Méthodologie pour comprendre un phénomène

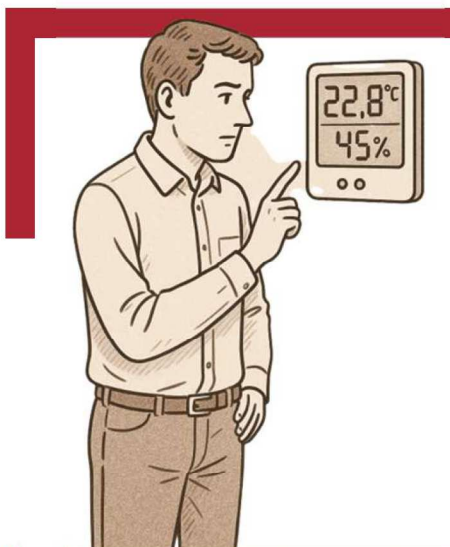
Exemple pour l'appréciation des **qualités de l'enveloppe architecturale**



- Les courbes peuvent fournir des indices sur l'**isolation** (transferts thermiques) et l'**étanchéité** d'un bâtiment (entrées / pertes de vapeur d'eau).
- Elles rendent compte des performances de **déphasage** et d'**amortissement** d'une enveloppe architecturale.
- Pour apprécier l'étanchéité d'un bâtiment, il est plus juste d'étudier les **variations du rapport de mélange** plutôt que celles d'HR (comparaison R_v ext. / R_v int.).



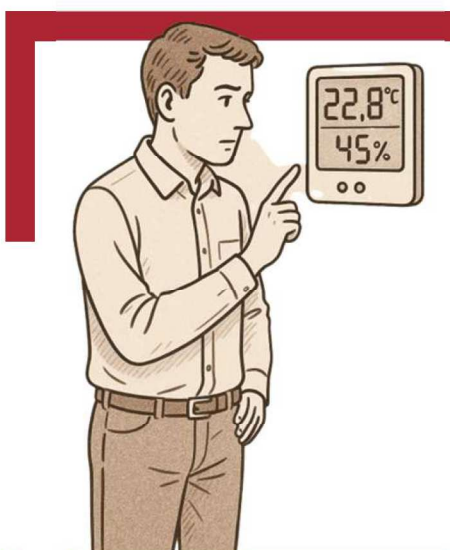
Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



1/ Méthodologie pour comprendre un phénomène

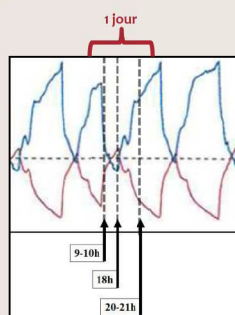
- Ainsi, c'est le **croisement des données** qui permettent de poser un diagnostic, la présence de la courbe **rapport de mélange** (R_v) contribuant fortement à comprendre les phénomènes.
- Néanmoins, les courbes thermo-hygrométriques **habituelles** n'affichent pas le **rapport de mélange** (R_v), pourtant instructif pour comprendre un désordre climatique et déterminer si c'est la variation de T° et/ou de R_v qui fait fluctuer HR .

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



2/ Profils de variations caractéristiques de phénomènes

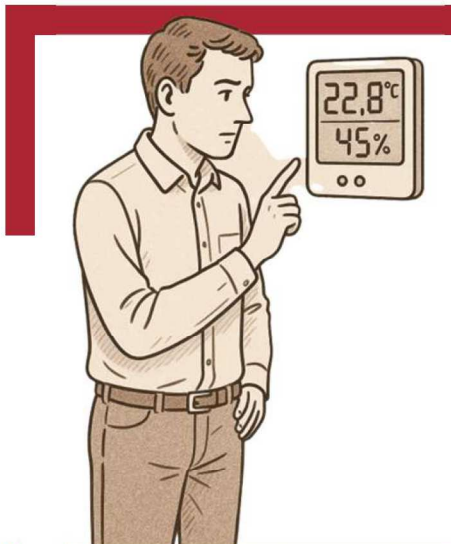
- La **forme des courbes thermohygrométriques** peuvent être représentatives de certains phénomènes.



Exemple : **jour/nuit naturel**
(absence de système de régulation)

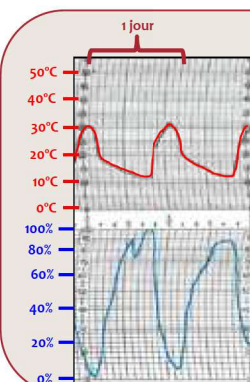
- **Amplitude thermique :**
température augmente de façon exponentielle puis chute
- **Amplitude hygrométrique :**
humidité chute puis augmente de façon exponentielle
→ Symétrie axiale entre T° et HR
- **Fréquence :**
tous les jours

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



2/ Profils de variations caractéristiques de phénomènes

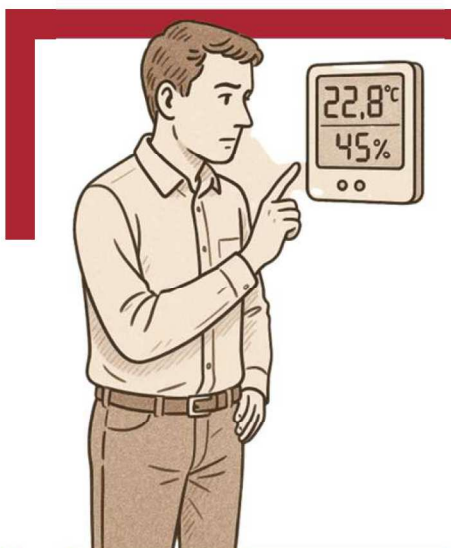
- La **forme des courbes thermohygrométriques** peuvent être représentatives de certains phénomènes.



Exemple : *ensolement*

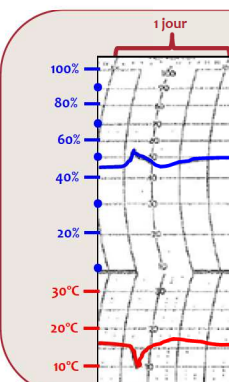
- **Amplitude thermique :**
forte hausse, jusqu'à 10-15°C en 1-2 heure(s)
- **Amplitude hygrométrique :**
- en l'absence d'unité d'humidification : forte baisse, 20 à 40% en 1-2 heure(s)
- avec une unité d'humidification : baisse d'HR moindre
- **Fréquence :**
tous les jours (surtout en été), vers 12h

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



2/ Profils de variations caractéristiques de phénomènes

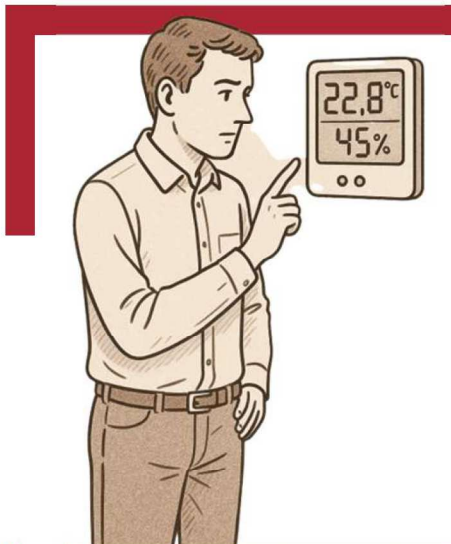
- La **forme des courbes thermohygrométriques** peuvent être représentatives de certains phénomènes.



Exemple : *ouverture des fenêtres*

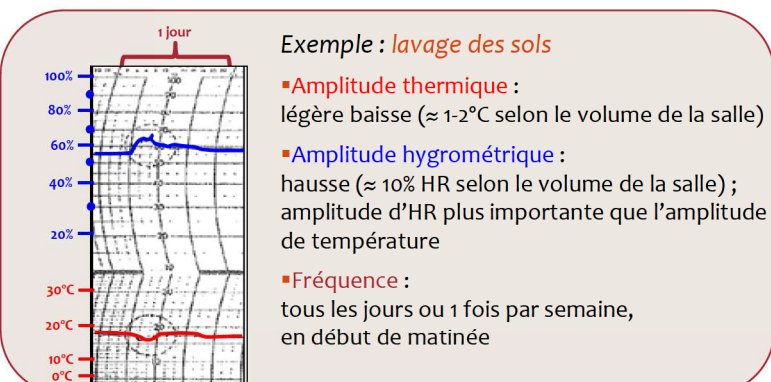
- **Amplitude thermique :**
légère baisse en hiver ; légère hausse en été
- **Amplitude hygrométrique :**
hausse ou baisse selon la météo extérieure ; amplitude d'HR plus faible que l'amplitude de température
- **Fréquence :**
tous les jours ou 1 fois par semaine, généralement en début de matinée

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

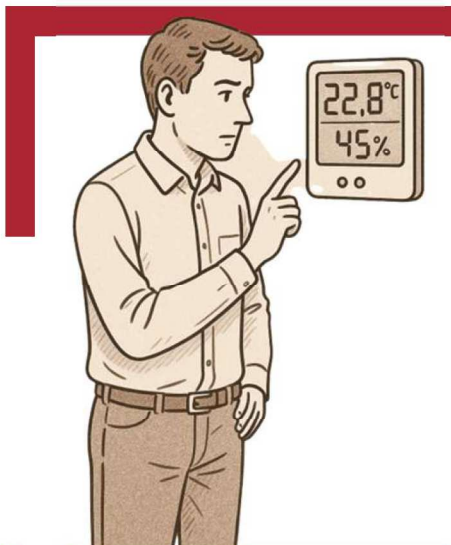


2/ Profils de variations caractéristiques de phénomènes

- La **forme des courbes thermohygrométriques** peuvent être représentatives de certains phénomènes.

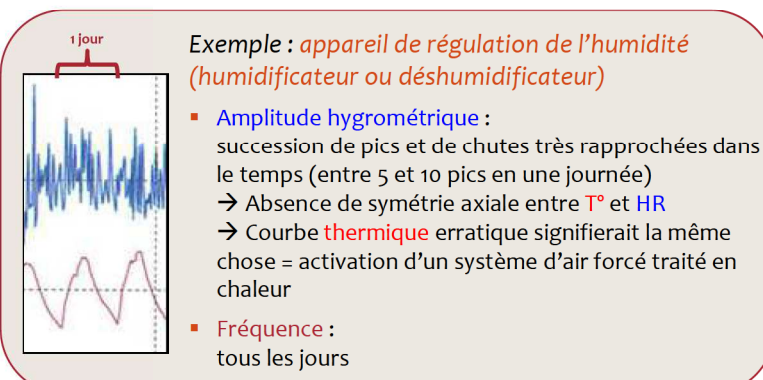


Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques



2/ Profils de variations caractéristiques de phénomènes

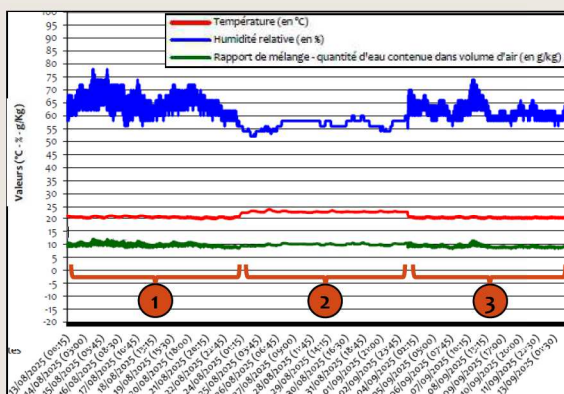
- La **forme des courbes thermohygrométriques** peuvent être représentatives de certains phénomènes.



Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

2/ Profils de variations caractéristiques de phénomènes

Exemple pour les appareils de régulation (air forcé)

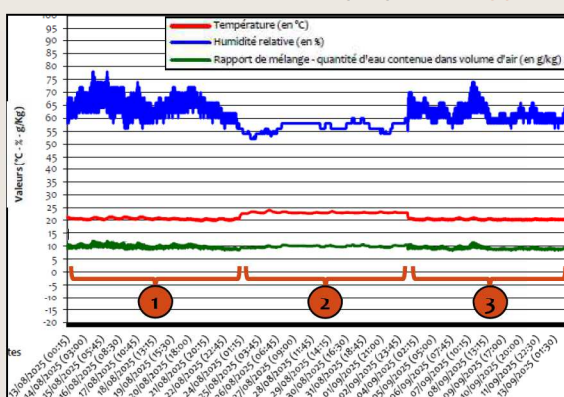


- Réserve avec armoire de climatisation **ACL** (circuit fermé), **pas de CTA** pour apport d'air neuf ; au sein d'un **MH aux murs épais**
- Demande de conseil pour **problématique de régulation** :
 - HR très humide et instable
 - Consigne estivale 23°C non atteinte (21°C)
- Hypothèses formulées à l'institution :
 - ① 13/08-25/08 : aspect **erratique** = écarts de soufflage = ventilation forcée = **ACL allumée**
 - ② 25/08-04/09 : **arrêt ACL ?** (volontaire ? panne ?)
 - ③ 04/09-13/09 : **reprise ACL ?** (réenclenchement ? réparation ?)

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

2/ Profils de variations caractéristiques de phénomènes

Exemple pour les appareils de régulation (air forcé)



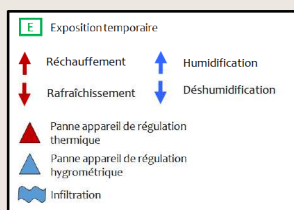
- Pourquoi **21°C** obtenus avec **consigne estivale de 23°C** ?
→ contrôler l'**étalonnage** de la sonde dans l'**ACL**
- Quelles **fonctionnalités** de l'**ACL** ? **T°** et **Rv** erratiques
= *a priori* rafraîchissement + humid. / déshum.
→ vérifier sur place avec **technicien-mainteneur** ;
ouverture ACL pour **identifier les composants** et voir leur état
- Arrêt ② s'expliquant par une **ACL sur-sollicitée** ?
→ réviser la consigne climatique pour privilégier la stabilité, en **élargissant la plage morte** pour souplesse
- Quel **intérêt** de maintenir l'**ACL** ?
→ en l'absence d'humain, tester l'**arrêt du traitement d'air** avec maintien uniquement du **brassage d'air**, pour apprécier le **gain de stabilité** par l'**inertie de l'espace** et **économie d'énergie** (avec vérification régulière)

Étude de graphiques dans l'objectif de contrôler les incidents climatiques

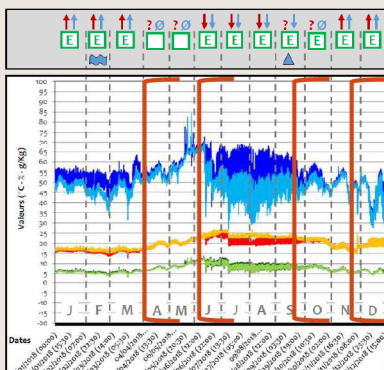
3/ Compléments à la formalisation des courbes

- Afin de mieux percevoir des **liens de causes à effets**, il est conseillé d'annoter les courbes par des **éléments contextuels**.

Exemple d'annotations de courbes thermohygro-métriques pour la **corrélation contexte/désordre**



— Température (en °C) : Salle n°1
 — Température (en °C) : Salle n°2
 — Humidité relative (en %) : Salle n°1
 — Humidité relative (en %) : Salle n°2
 — Rapport de mélange (en g/kg) : Salle n°1
 — Rapport de mélange (en g/kg) : Salle n°2



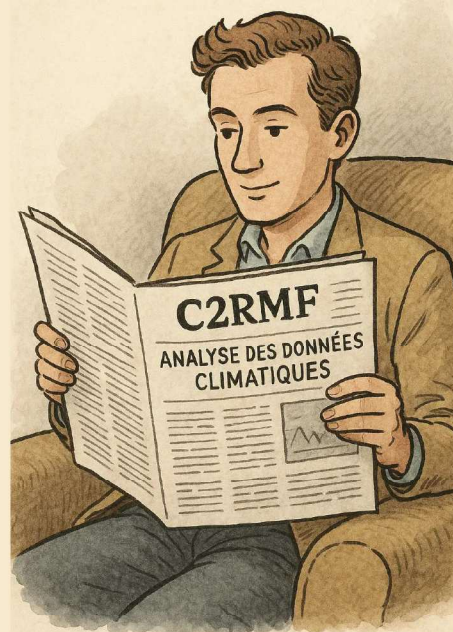
- Avril** : absence d'exposition ; probable extinction des UTA
- Mi-juin** : exposition ; crêtes soudaines = réenclenchement des appareils
- Juillet** : ↘ T° soudaine + ↘ Rv = changement consignes de climatisation et déshumidification
- Fin septembre** : arrêt climatisation, arrêt ou panne du déshumidificateur
- Fin novembre** : reprise du chauffage (↗ T°), puis modification des consignes (hausse d'amplitude T°) ; humidificateur doux (faible amplitude Rv)

© Jocelyn Périllat-Mercerot

Webinaire du C2RMF
 « Exploitation des données climatiques »
 02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention

CENTRE DE
 RECHERCHE
 ET DE
 RESTAURATION
 DES MUSÉES
 DE FRANCE



Musée Unterlinden « Un site, trois comportements climatiques »



Une étude des conditions
thermohygrométriques
comme support à une gestion
différenciée des collections.



© P. Mikolas

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

1.1. Présentation du Musée Unterlinden de Colmar

- **1853**, le Musée Unterlinden ouvre dans **l'ancien couvent des Dominicaines** appartenant à la Ville de Colmar et classé au titre des monuments historiques.
- La **Société Schongauer** (association de droit local) assure la gestion de l'établissement.
- **Musée d'art et d'histoire** : collections diversifiées (beaux-arts, ATP, archéologie...) comptant environ 200 000 objets,
- **2015: travaux d'extension** (agence Herzog & de Meuron), doublent la surface du musée avec près de 8000 m² (**les niveaux supérieurs du Couvent sont toutefois exclus du projet**).



MUSÉE UNTER LINDEN

Musée Unterlinden « Un site, trois comportements climatiques »

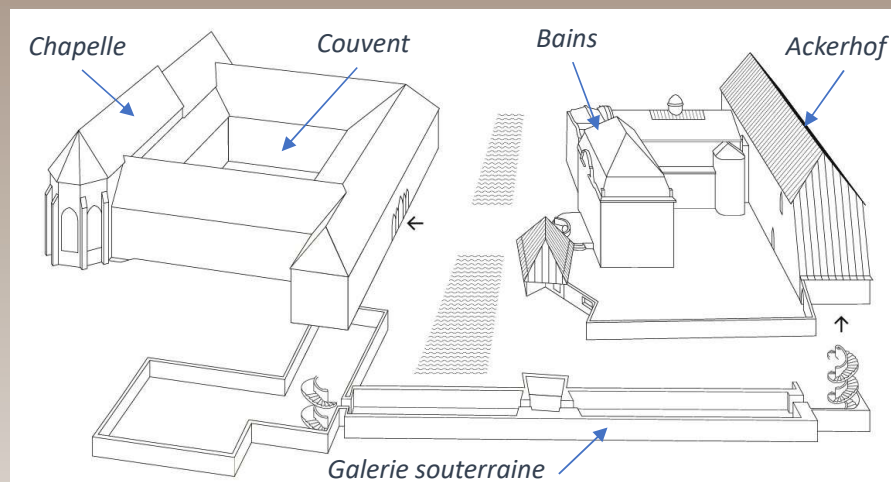
1.2. Un ensemble architectural hétérogène



Site (© Herzog & de Meuron)



Chapelle et Couvent (© P. Bogner)



Anciens Bains Municipaux (© P. Bogner)



Vue sur le cloître du Couvent (© P. Bogner)



Galerie souterraine (© R. Walti)



Ackerhof (© P. Mikolas)

Webinaire « Exploitation des données climatiques » - C2RMF, 02 et 03 octobre 2025

1.3. La gestion du climat au Musée Unterlinden



❑ Equipements et moyens

- 2015 : l'installation de CTA dans le cadre des travaux de rénovation a permis de couvrir près de 80% des espaces dédiés aux collections (parcours permanent et nouvelles réserves).
- Suivi climatique assuré par le logiciel EMS depuis 2023 (Synergy auparavant) relié à un parc de 32 capteurs (Hanwell).
- Parc matériels mobiles humidificateurs et déshumidificateurs.
- Recours ponctuel au gel de silice.
- Suivi assuré par la régie des œuvres et technicien bâtiment
- Budget environ 50 000 €/an



❑ Résultats et limites

- Contrôle climatique globalement maîtrisé à la suite des travaux de 2012-2015.
- MAIS la gestion des variations brusques reste localement défaillante (Chapelle et Couvent) en raison d'une mauvaise étanchéité des salles et d'un système de traitement d'air inadapté.



En 2019, à la suite d'une panne de CTA, les panneaux en bois d'un polyptyque du 15^e s. , dit de *La Vie de la Vierge*, se sont rétractés et déformés...

- Cet incident a conduit le musée à solliciter l'assistance du C2RMF pour une étude climatique globale.



© Musée Unterlinden

2. L'ÉTUDE CLIMATIQUE DU MUSÉE UNTERLINDEN PAR LE C2RMF EN 2023

2.1. Le choix de l'externalisation et les objectifs poursuivis

- Ressources en interne limitées (temps + expertise) a conduit le musée a solliciter l'assistance du département de la conservation préventive du C2RMF.
- Objectifs :
 - Disposer d'un retour d'expérience au terme de 5 ans de fonctionnement,
 - Bénéficier de pistes d'améliorations pour une meilleure conservation des collections (formalisées dans le cadre du PSC / PCP),
 - Intégrer les recommandations dans le projet de restructuration du 1^{er} étage du couvent pour une meilleure prise en compte du climat de conservation



**CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE**

Demande d'intervention conseil et assistance

Numéro de la demande : 20207230
Date de la demande : 10/06/2020

Demandeur

Identité

Nom : DE PAEPE	Prénom : Panbika
Qualité : Conservateur en chef	Téléphone : 03-89-20-15-53
Télécopie :	Courriel : pdepaepe@musee-unterlinden.com

Institution

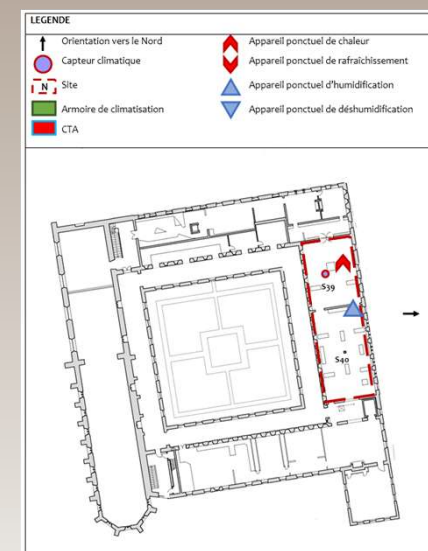
Nom : Musée Unterlinden	Code postal : 68000
Adresse : Place Unterlinden	Pays : France
Ville : Colmar	

*Demande d'assistance C2RMF
(via plateforme OSCAR)*

2.2. Un préalable, la collecte de données !



- Compilation de formulaires espace par espace, précisant la configuration et les équipements de régulations climatiques de la salle ainsi que la typologie des collections conservées.
- Extraction des données climatiques brutes sur 1 an (2022) pour 24 salles (les données doivent être mises en forme dans un tableau Excel® - via une application conçue par le C2RMF).
- Cartographie des espaces concernés (ensemble du musée + réserve extérieure).
- Diagnostic complémentaire in situ.



Extraction des données brutes à intervalles de 30 minutes

SALLE_21_2022 - Excel																
Raphael MARIANI																
Fichier Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage Compléments Aide Acrobat Dites-nous ce que vous voulez faire Partager																
Calibri 11 A A- Standard Renvoyer à la ligne automatiquement Fusionner et centrer Mise en forme conditionnelle Mettre sous forme de tableau Styles de cellules Insérer Supprimer Format Somme automatique Recopier Effacer Trier et Rechercher et filtrer - sélectionner - Créer un PDF Adobe Acrobat																
120 X ✓ fx																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Titre Rapport :	Salle 21														
2	Report Period:	01/Janv./2022 00:00:00 - 31/déc./2022 00:00:00														
3																
4																
5	Date/Heure	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro	21 (vitrine tro
6	01/01/2022 00:00	17,5	17,7	17,5	46,9	47	46,9									
7	01/01/2022 00:30	17,5	17,7	17,5	46,9	47	47									
8	01/01/2022 01:00	17,5	17,7	17,6	46,9	47	47									
9	01/01/2022 01:30	17,4	17,7	17,5	47	47	47									
10	01/01/2022 02:00	17,4	17,6	17,5	47	47	47									
11	01/01/2022 02:30	17,4	17,6	17,5	47	47	47									
12	01/01/2022 03:00	17,4	17,6	17,5	47	47	47									
13	01/01/2022 03:30	17,4	17,6	17,5	47	47	47									
14	01/01/2022 04:00	17,4	17,6	17,4	47	47	47									
15	01/01/2022 04:30	17,4	17,6	17,4	47	47,1	47									
16	01/01/2022 05:00	17,3	17,5	17,4	47	47,1	47									
17	01/01/2022 05:30	17,3	17,5	17,4	47	47,1	47,1									
18	01/01/2022 06:00	17,3	17,5	17,3	47,1	47,1	47,1									
19	01/01/2022 06:30	17,2	17,5	17,3	47,1	47,1	47,1									
20	01/01/2022 07:00	17,2	17,4	17,3	47,1	47,1	47,1									
21	01/01/2022 07:30	17,2	17,4	17,2	47,1	47,2	47,1									
22	01/01/2022 08:00	17,2	17,4	17,2	47,1	47,2	47,1									
23	01/01/2022 08:30	17,1	17,4	17,2	47,1	47,2	47,2									
24	01/01/2022 09:00	17,1	17,5	17,3	46,9	47,2	47									
25	01/01/2022 09:30	17,3	17,5	17,3	46,8	46,9	46,9									
26	01/01/2022 10:00	17,3	17,5	17,4	46,9	46,9	46,9									
27	01/01/2022 10:30	17,3	17,5	17,3	46,9	47	47									
28	01/01/2022 11:00	17,3	17,5	17,4	46,9	47	47									
29	01/01/2022 11:30	17,3	17,5	17,4	46,9	46,9	46,9									
30	01/01/2022 12:00	17,4	17,6	17,4	46,8	46,9	46,9									
31	01/01/2022 12:30	17,4	17,6	17,5	46,8	46,8	46,8									

Soit 13 648
enregistrements sur 1
an pour une salle !

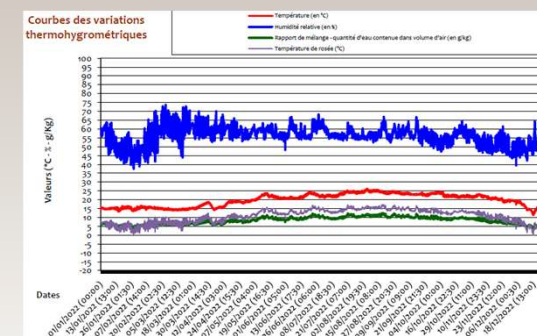
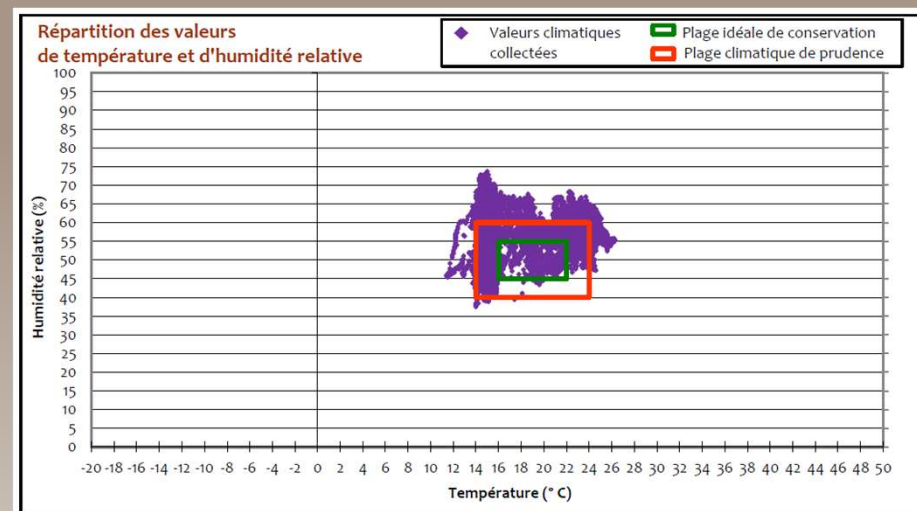


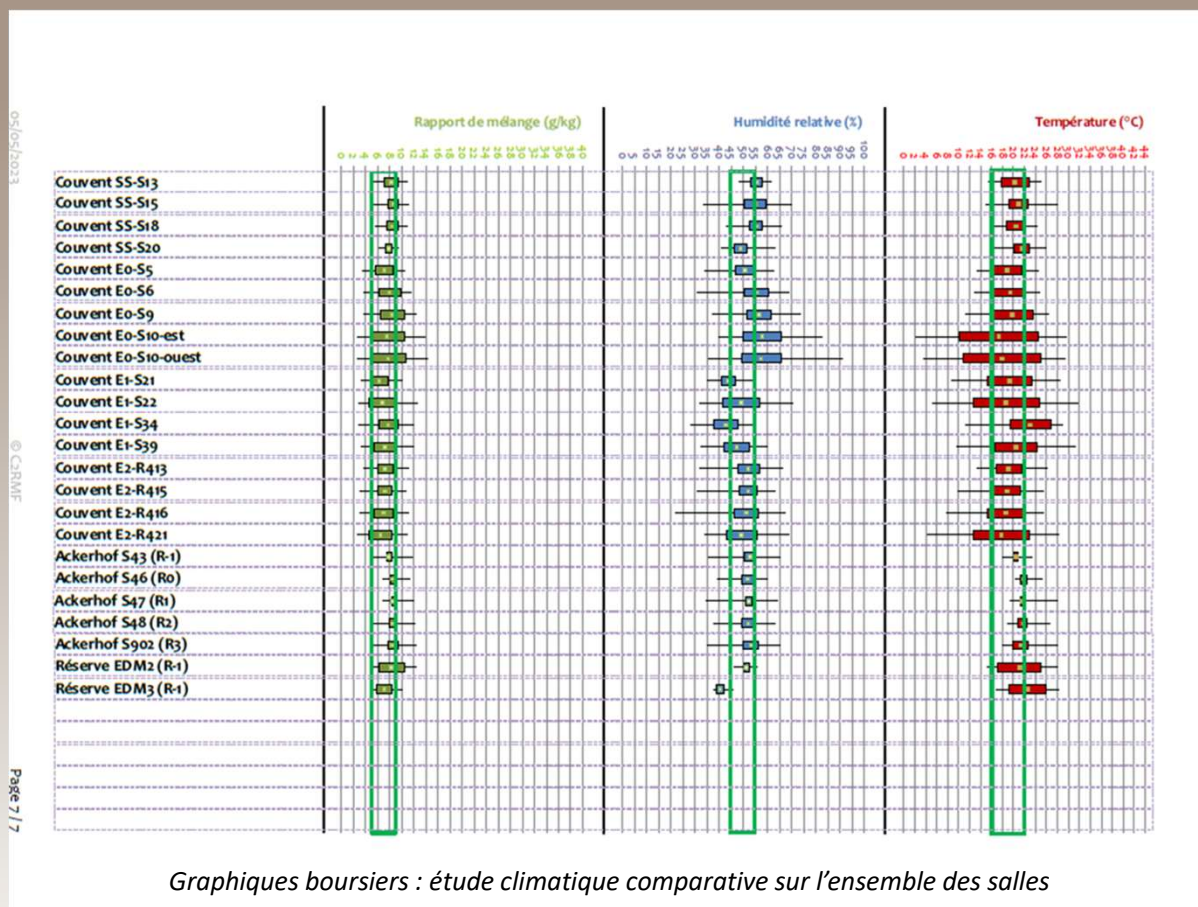
2.3. Rapport et analyse

◆ Contenu du rapport (généré par Cli-Matrice) :

- Un document de synthèse;
- Une analyse des risques ;
- Etudes comparatives (saisonnières, altérations);
- Analyse détaillée salle par salle comprenant des statistiques, des représentations graphiques et des préconisations d'améliorations.

*Des informations riches et denses mais parfois difficiles à interpréter...
mais que l'accompagnement du C2RMF permet de mieux saisir.*





◆ Analyse et interprétation des résultats :

Des comportements climatiques très variables selon les sites, une identification des salles et des collections les plus sensibles aux variations climatiques :

- Couvent : climat de conservation globalement insatisfaisant mais avec des situations hétérogènes selon les salles et les saisons.
- Ackerhof : globalement conforme aux consignes.
- Réserve archéologique « École du musée » : assez satisfaisant

Si les résultats de l'étude n'ont pas constitué une surprise en terme de localisation des difficultés, en revanche ils ont permis de cibler et de mieux identifier les problématiques (saisonnalité, risques, etc.).

CARTE CLIMATIQUE MUSÉE UNTERLINDEN : Tableau de synthèse ¹										TC° : VARIATIONS ANNUELLES				TC° : VARIATIONS 24h				HR° : VARIATIONS ANNUELLES				HR° : VARIATIONS 24h			
Données issues de l'étude du C2RMF du 02/02/2024, d'après données climatiques 2022										Très stable				Très stable				Très stable				Très stable			
										Assez stable				Assez stable				Assez stable				Assez stable			
										Peu stable				Peu stable				Peu stable				Peu stable			
										> 7°C°				> 4°C°				> 14%				> 8%			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1°C°				1°C°				1°C°				1°C°			
										1															

3. QUELLES SOLUTIONS ?

3.1. Quelques actions mises en œuvre à l'issue de l'étude

- Assouplissement des plages de conservation en privilégiant la stabilité du climat. Ainsi, en fonction des spécificités climatiques des salles et de la typologie des collections, certaines consignes ont été élargies en considérant des plages idéales (HR 45-55 %, T 18-20° C) et des plages de prudence (HR 40-65 %, T 16-24° C).
- Redéploiement partiel des appareils mobiles en privilégiant la recherche de dérives climatiques lentes.
- Redéploiement partiel des collections en fonction de leurs matérialités, des ambiances climatiques des salles et des espaces disponibles (réserves provisoires).



Aménagement d'une réserve provisoire pour les collections du mobilier bois. Régulation hygrométrique assurée par un humidificateur mobile.

3.2. Une gestion différenciée des collections

- Adapter la conservation des œuvres en fonction de leur nature ET en fonction des ambiances/profils climatiques des espaces.

C'est une approche de gestion qui ne traite pas toutes les collections de manière uniforme, mais selon des critères spécifiques permettant une répartition optimale des ressources (temps, espace, budget, personnel).



Redéploiement des collections de *militaria* dans les salles de l'aile Est du Couvent – climat à tendance sec.

BILAN DE L'ÉTUDE



1ere fois qu'une étude exhaustive des conditions climatiques est entreprise.

C'est à la fois un **bilan** des performances depuis 2015 et un **outil prospectif** pour:

- Une réelle prise en compte des enjeux de conservation liés au climat sur la base d'un diagnostic précis;
 - une meilleure utilisation des ressources disponibles en matière de régulation;
- Une évaluation des conditions de conservation des espaces qui devra permettre de comprendre dans quelle mesure les travaux de restructuration du Couvent pourraient y apporter des bénéfices et permettre d'en estimer les risques et coûts
 - Une aide à l'auto-analyse du climat par la régie des œuvres.





Merci de votre attention

Bouclier d'apparat dit des Ribeaupierre , vers 1590, Stuttgart?, décor peint illustrant les 4 saisons par Hans Steiner (© C. Kempf)



Webinaire

*Exploitation des données
climatiques*

Regard sur le comportement climatique d'un bâtiment de réserves conçu passif

Nathalie LOUIS
Régisseuse d'œuvres d'art

C2RMF – Au
visioconféren

(musc



INTRODUCTION

I. Un Bâtiment À Conception Dite Passive

II. Relevés Climatiques

III. Exploitation Des Données Climatiques

CONCLUSION



Introduction - Le Contexte

→ DES RÉSERVES, UNE NÉCESSITÉ



Musée Sainte-Croix construit il y a 50 ans sans réserves.

Collections actuelles (dont dépôts) :

- **1,150 M** objets en Préhistoire
- **75 000** dans les autres champs
- Près de **40 points de stockage dans 9 bâtiments à Poitiers** et hors Poitiers.

- Disposer de **lieux adaptés à la conservation** d'œuvres.
- **Libérer 1000 à 1500 m2** au sein du musée pour le rénover et le redéployer.
- Regrouper la mémoire du sol de Poitiers en **accueillant près de 50 ans de fouilles** (3500 caisses + 70 m3 de lapidaire au CCE / DRAC).

Le **cahier des charges** mettait l'accent sur l'aspect climatique des réserves en exigeant :

- **Une recherche d'inertie climatique** : inertie hydrique et thermique
- **Site** accessible, discret, sécurisé, extensible, coût.
- **Bâtiment** fonctionnel, simple, aux normes de conservation, inadapté au grand public mais aux chercheurs et étudiants.



I. Un Bâtiment À Conception Dite Passive

1. L'architecte retenu

Hugues Fontenas et bureaux associés

*(VRD, économiste, ingénierie structures, ing. fluides CVC,
ing. électricité, conservation, OPC)*

Pour les raisons suivantes :

- **organisation fonctionnelle simple** : circulations larges et droites, séparation en deux ensembles clairs.
 - **bâtiment sûr, facile à entretenir**, peu coûteux à faire fonctionner et évolutif.
 - **une inscription harmonieuse** dans le paysage du domaine de Beauvoir avec un cadre de travail de qualité.
 - **Inertie** thermique et hydrique.
- **NB : tous les croquis et plans suivants dans cette partie sont issus du mémoire l'architecte.**



2. Les moyens pour aller vers un bâtiment dit passif

L'organisation fonctionnelle

Division du bâtiment en deux volumes bien distincts,

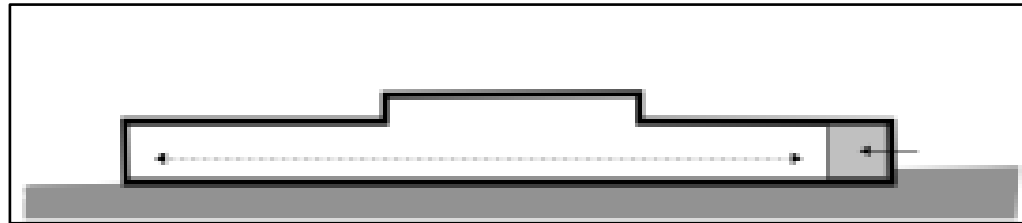
- le plus petit volume (à l'est) accueille les salles de travail sur les collections, les bureaux de l'équipe et les services.
- le plus grand volume (à l'ouest) abrite les différentes salles de réserves.

Le volume des réserves

Il est constitué par :

- une enceinte en parois de **béton armé** de 20 cm d'épaisseur,
- isolée par l'extérieur : 20 cm d'isolant.

Cette enceinte, au contact direct des salles de réserves, **contribuera par sa masse à l'inertie thermique.**



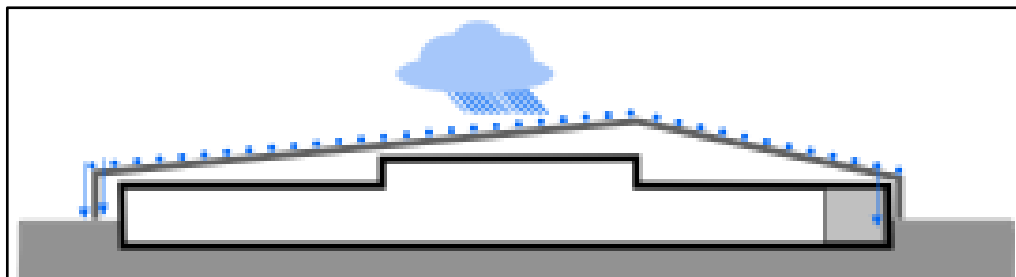
Un bâtiment semi-enterré

Le terrain présentait une faible déclivité avec une différence d'environ 1,5 m. Cette pente et le volume de terre dégagé par les terrassements ont permis pour **"enterrer"** partiellement le volume dédié aux réserves sur une hauteur de 1,5 m, ce qui renforce l'inertie thermique.



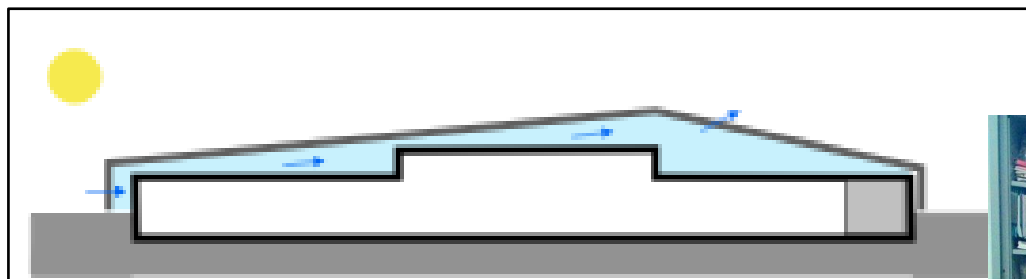
Étanchéité

Autour de cette enceinte béton isolée, le volume extérieur est défini par une seconde enveloppe légère, en bardage / couverture métallique double peau, isolée. Cette enceinte assure l'étanchéité à l'eau.



Une boîte dans la boîte ou un tampon thermique

Le vide créé entre l'enceinte béton et la vêtue assure un **"tampon" thermique** qui peut être ventilé en saison chaude pour réduire la transmission de chaleur vers l'intérieur et renforcer encore l'effet d'inertie thermique.





Travail sur l'inertie hydrique

Pour la réserve consacrée aux **objets métalliques** :

- réserve dite sèche donc exigence d'une HR en dessous de 40%.
- réalisation prévue d'une isolation intérieure en briques de chanvre + enduit plâtre.



II. Relevés Climatiques

1. Le fonctionnement climatique

Les réserves ne sont pas climatisées à proprement parlé.

Le climat est régulé par deux **Centrales de Traitement d'Air** (CTA) et par l'inertie du bâtiment :

- 1 CTA pour les Réserves
- 1 CTA pour le SAS et l'aire de Réception

Ces CTA ont pour but de **compenser** le climat en HR et en T°C : des consignes sont fixées en-dessous ou au-dessus desquelles les CTA se mettent en fonctionnement pour atteindre lesdites consignes.

Si les relevés sont dans la zone neutre, les machines n'ont pas besoin de réguler le climat et ne fonctionnent pas (sauf la ventilation d'air dans les salles de travail qui se met en marche dès l'ouverture d'une porte).





Accueil



Journal



Production



Bâtiment



Ventilation



Agenda



Graphique



Compteurs



Analyse



IN



04/09/2025

CTA 01 - RESERVES

Moteur – roue
de ventilation

Filtre

Air repris des
salles de réserve

Hygromètre

Batterie
chaude

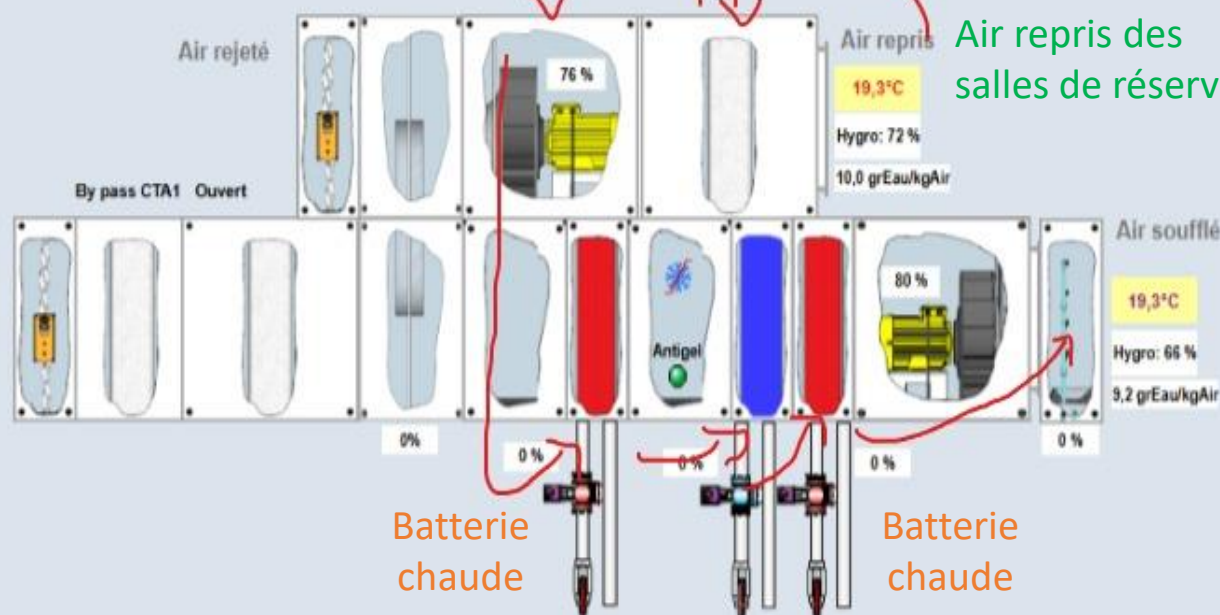
Batterie
chaude

Batterie
froide

Consigne CTA 01

Consigne reprise chaud	19,0 °
Consigne reprise froid	20,5 °
Consigne limite haute soufflage	38,0 °
Consigne limite basse soufflage	19,5 °
Consigne antigel	5,0 °
Consigne Mini hygrométrie soufflage	4,0 G/
Consigne hygrométrie reprise Déshu	7,2 grEau
Consigne hygrométrie reprise Humidification	6,7 grEau

Durée minimum ventilation ☒



Température Moyenne réserves	21,2 °C
Moyenne Hygro	60,3 H %
Asservissement T° Amb	OFF



La particularité : la réserve dite sèche

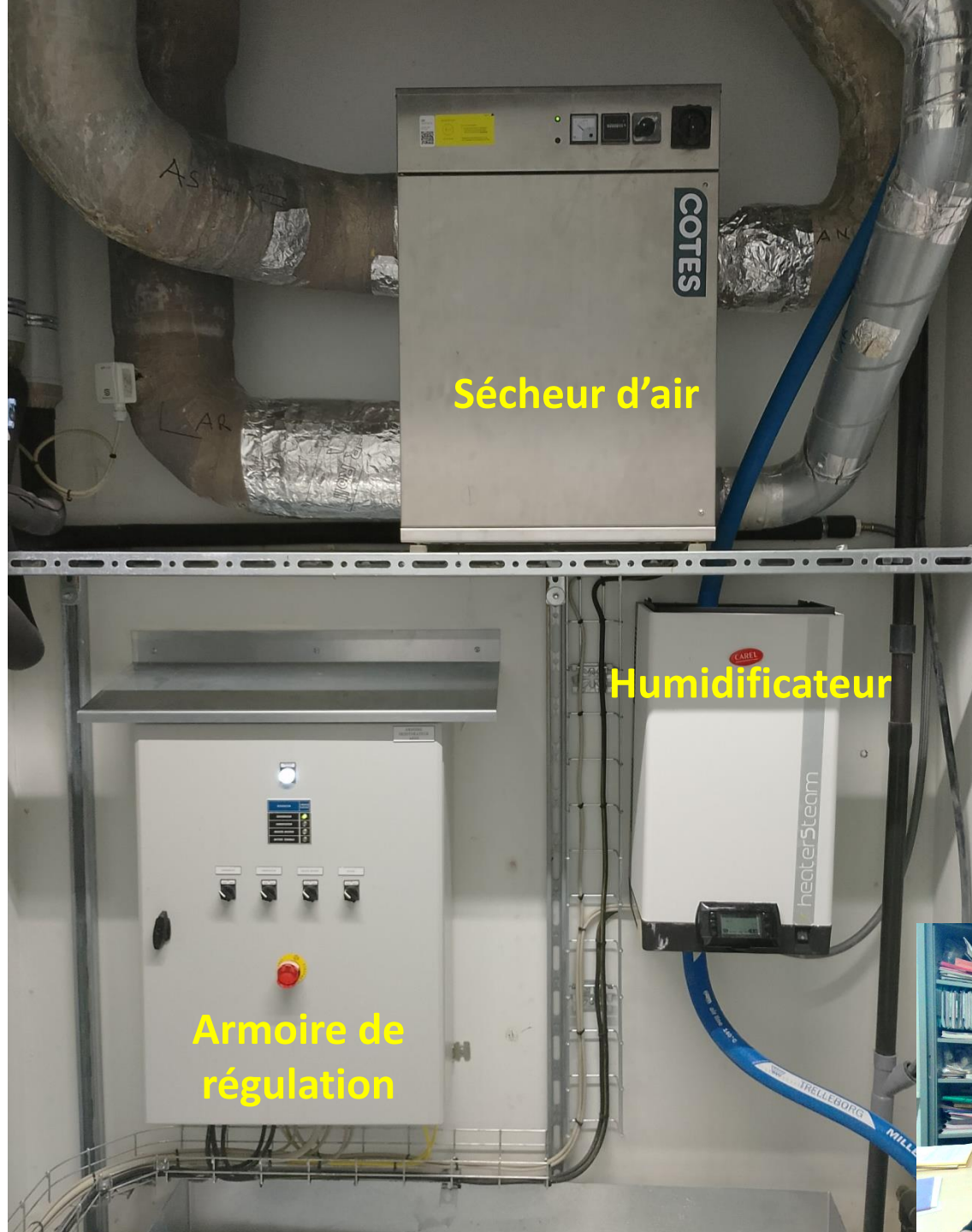
La salle de réserve qui conserve tous les objets comportant du **métal** est dite sèche dans la mesure où il a été demandé une **HR en dessous de 40%** pour des raisons évidentes de conservation des métaux.

Outre l'isolation à la brique de chanvre, il a été installé pour cette réserve une **armoire climatique indépendante** du reste du bâtiment dans le couloir et non dans la salle proprement dite.

Cette armoire climatique comprend :

- un sècheur d'air,
- une armoire de régulation électrique,
- et un humidificateur qui sont en contradiction.





Sécheur d'air

Humidificateur


Armoire de
régulation




2. Les relevés climatiques

Afin d'effectuer des relevés, il est nécessaire de se doter d'un système fiable. Ils sont réalisés par un système qui utilise le réseau Internet, le WIT, et peut donc être consultable de n'importe quel endroit soumis au réseau Internet.

Dans chaque salle de réserve, se trouve une sonde qui envoie les données au WIT, lequel peut être calibré à souhait. Il convient également de poser des sondes extérieures.





Réserves des Musées





poitiers.fr


- Analyse fonctionnelle
- Doc de raccordement
- Manuel d'utilisation


 Accueil


 Journal


 Production

 Bâtiment

 Ventilation

 Agenda


 Graphique


 Compteurs

 Analyse

Hygrométrie Extérieure 47 %


T°C Extérieure 22,6 °C




 Journal des en-cours : 2


Date d'origine	Libellé	Etat
04/09/2025 16:39:45	Suivi utilisateur	
01/09/2025 00:00:00	Création export Bilan	

Exporter





Différents graphiques



GTEB
SMART
BUILDING

Graphiques

Liste

Accueil

Journal

Production

Bâtiment

Ventilation

Agenda

Graphique

Compteurs

Analyse

Grapheur

Filtrez les préparations par leurs propriétés.

Mes préparations

T° réserves

Echelles : 1
Séries : 18
Seuils : 0

CTA01

Echelles : 1
Séries : 9
Seuils : 0

CTA02

Echelles : 1
Séries : 9
Seuils : 0

Hygro réserves

Echelles : 1
Séries : 18
Seuils : 0

Chauffage

Echelles : 1
Séries : 3
Seuils : 0

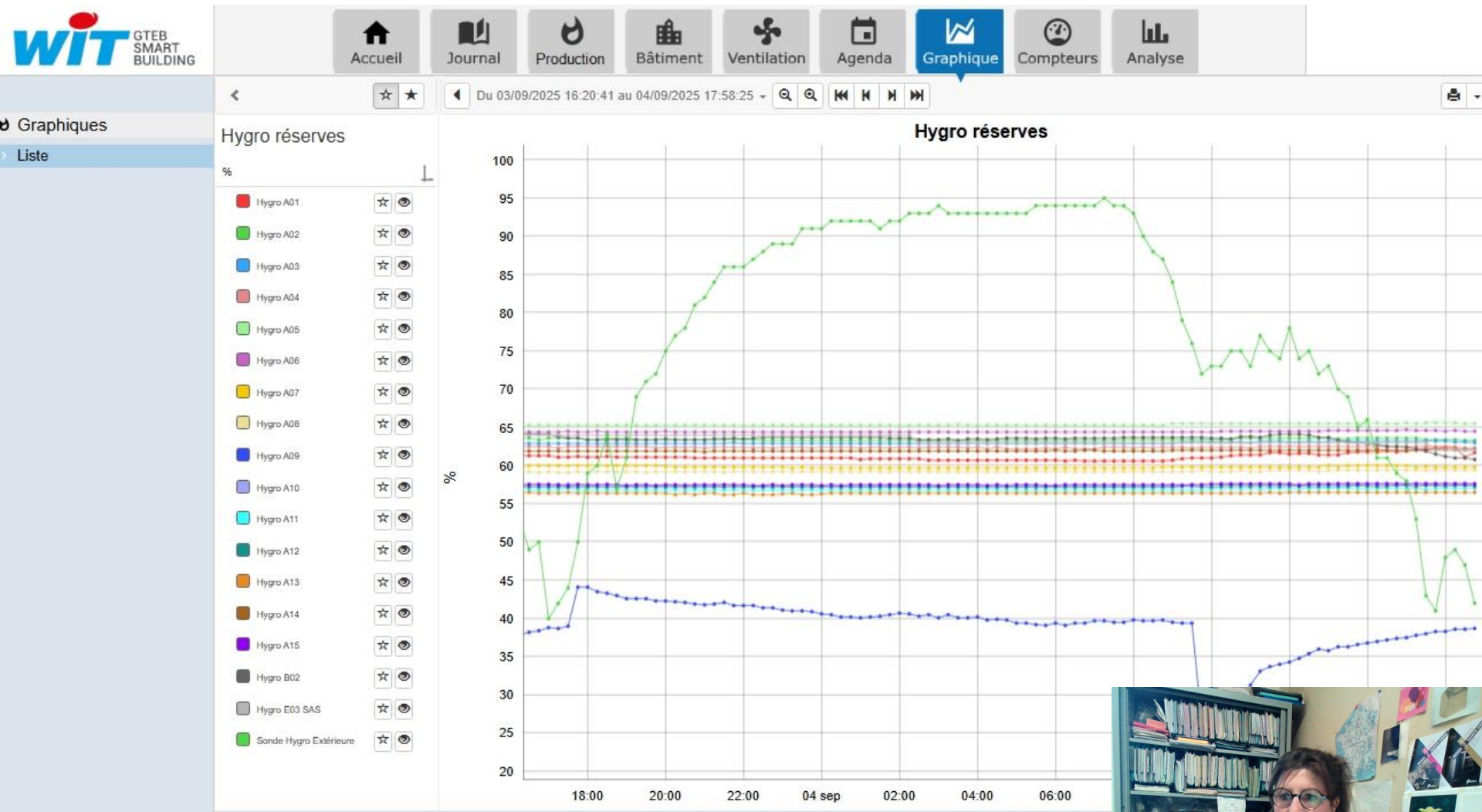
Groupe froid

Echelles : 1
Séries : 4
Seuils : 0

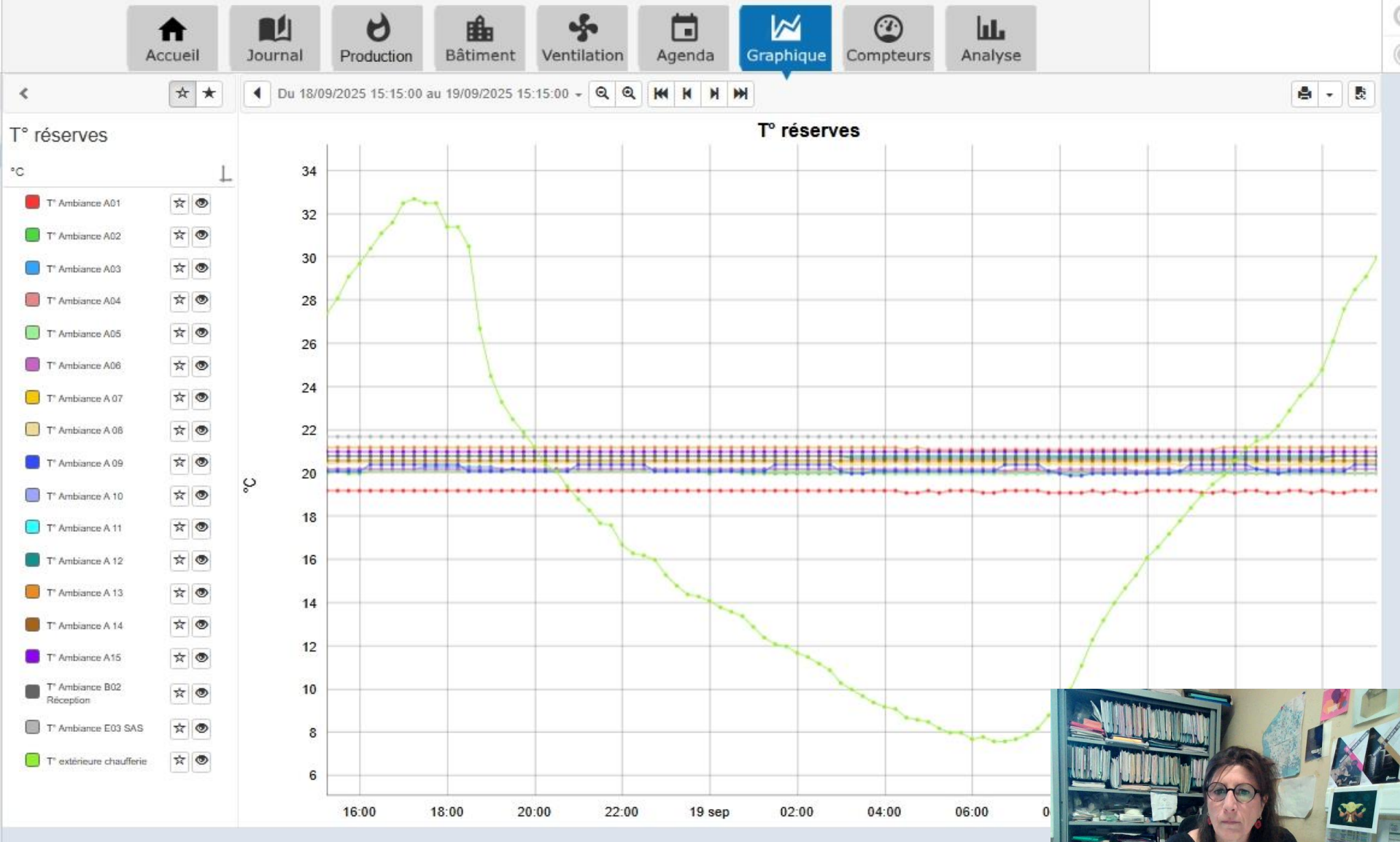
Ventilation



Exemple de graphique de données climatiques : l'hygrométrie



Exemple de graphique de données climatiques : la température



III. Exploitation Des Données Climatiques

1. Etat de la question

L'idée d'un bâtiment dit passif est de contrôler la consommation d'énergie nécessaire au maintien climatique stable.

L'exploitation des tests et des relevés climatiques permettent de **comprendre le comportement du bâtiment**.

Cela aura nécessité plusieurs années :

- **pendant 2 ou 3 ans**, l'installation n'était pas vraiment opérationnelle, les paramétrages n'ont pas été bien réalisés. Il a fallu tout refaire, tout re-calibrer. Des problèmes d'équilibrage d'air étaient présents dans chaque module, dans chaque local.

- **pour la réserve sèche**, problème de calibrage dû au prestataire également : les deux machines fonctionnaient en même temps d'où une surconsommation.

Beaucoup de **temps est nécessaire** pour comprendre le fonctionnement des machines et le comportement du bâtiment : le prestataire de la mai Service Patrimoine Bâti de la Ville de Poitiers, ainsi que les utilisateurs ont eu besoin de ce temps long de compréhension.



Les données pour comprendre le bâtiment

- Réaliser des relevés climatiques.
- Réaliser les relevés climatiques à l'extérieur afin de comparer.
- Comprendre le fait qu'au début, on combat également l'apport du bâtiment : en effet, tout n'était pas sec, les salles n'étaient pas sèches et l'apport des collections à leur transfert dans les salles a pu générer de l'humidité.
- Prendre en considération qu'il faut du temps.
- Les salles de réserve renferme des collections qui une fois rangées peuvent encore rejeter de l'HR.
- La réaction peut être donc différente d'une salle à l'autre selon les collections



2. L'exploitation des données

Afin de comprendre comment réagit le bâtiment dans le but de se diriger vers une inertie, il a été décidé de faire des tests sur les CTA des réserves et de les arrêter selon une période non définie et d'observer les données climatiques.

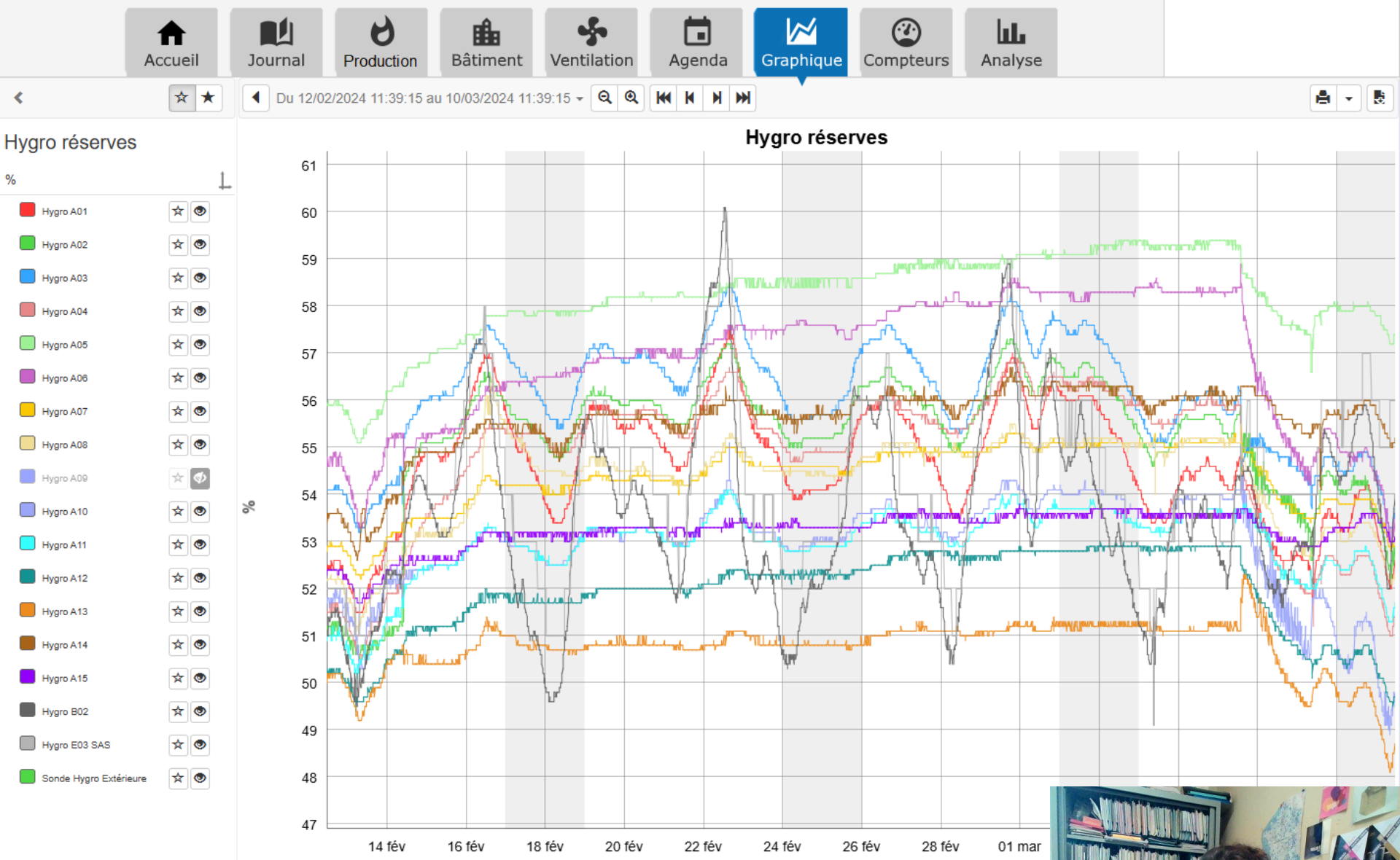
En hiver

Les 2 CTA ainsi que l'armoire climatique qui contrôle le climat de la réserve des métaux ont été arrêtées pendant 3 semaines en hiver de février à début mars.

Ce travail a été effectué en lien avec l'architecte qui reste toujours très présent sur le projet.

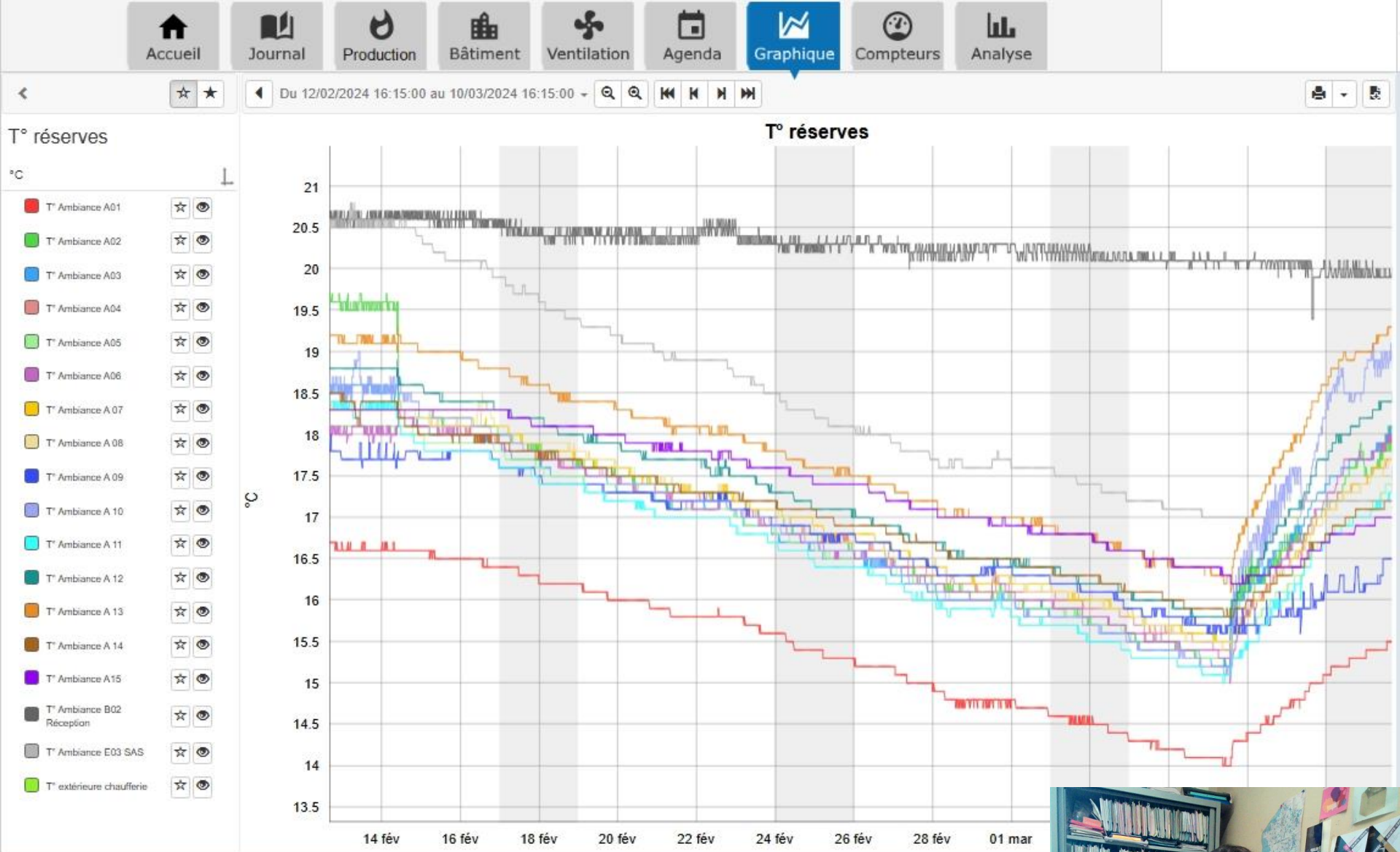
Les résultats de ce test ont été très intéressants.





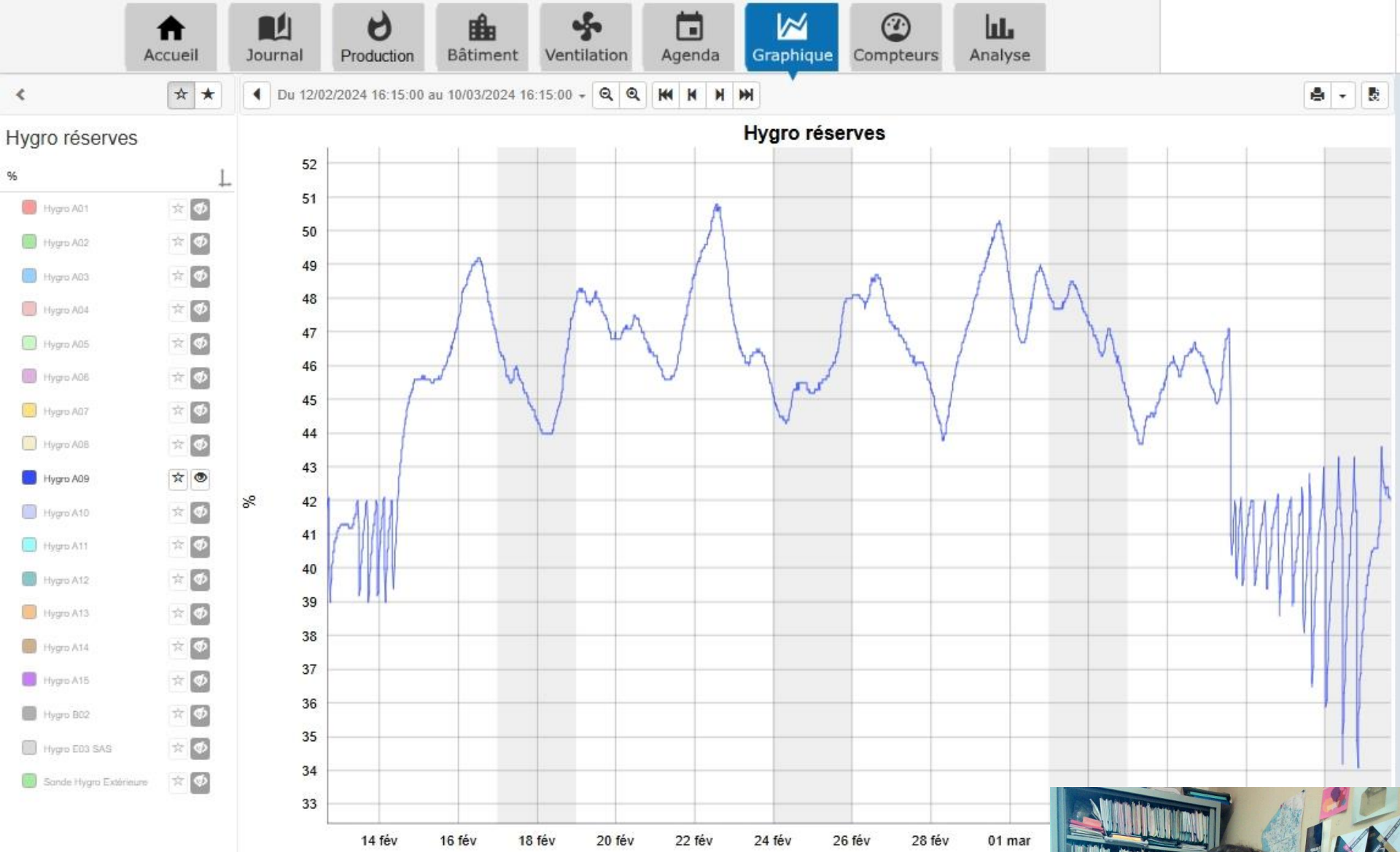
Les résultats sont très satisfaisants en ce qui concerne l'hygrom





Les résultats sont assez satisfaisants en ce qui concerne la temp descend mais lentement.





Les résultats ne sont **pas satisfaisants** en ce qui concerne la rés



En été

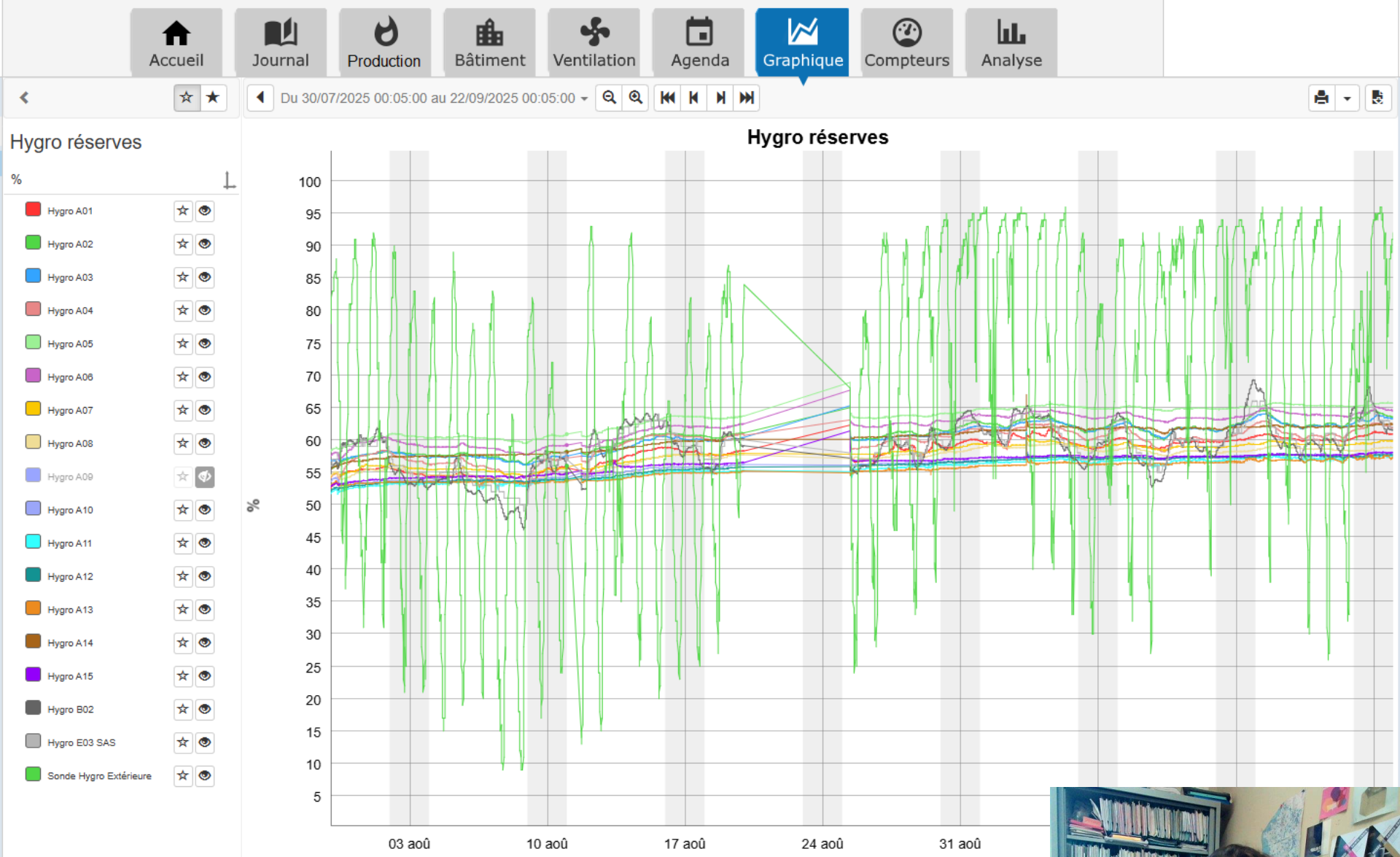
En lien avec le Service du Patrimoine Bâti de la Ville de Poitiers, les 2 CTA ont été arrêtées depuis le 30 juillet et sont toujours à l'arrêt.

Une nouvelle tentative a été opérée sur l'armoire climatique qui contrôle le climat de la réserve dite sèche des métaux (en plus de l'isolation au chanvre). Rappelons que les résultats n'étaient pas optimaux en ce qui concernait l'HR en hiver.

À noter que pendant cette période test, le personnel (les régisseuses) se rend régulièrement aux réserves afin d'observer tout changement ou complication.

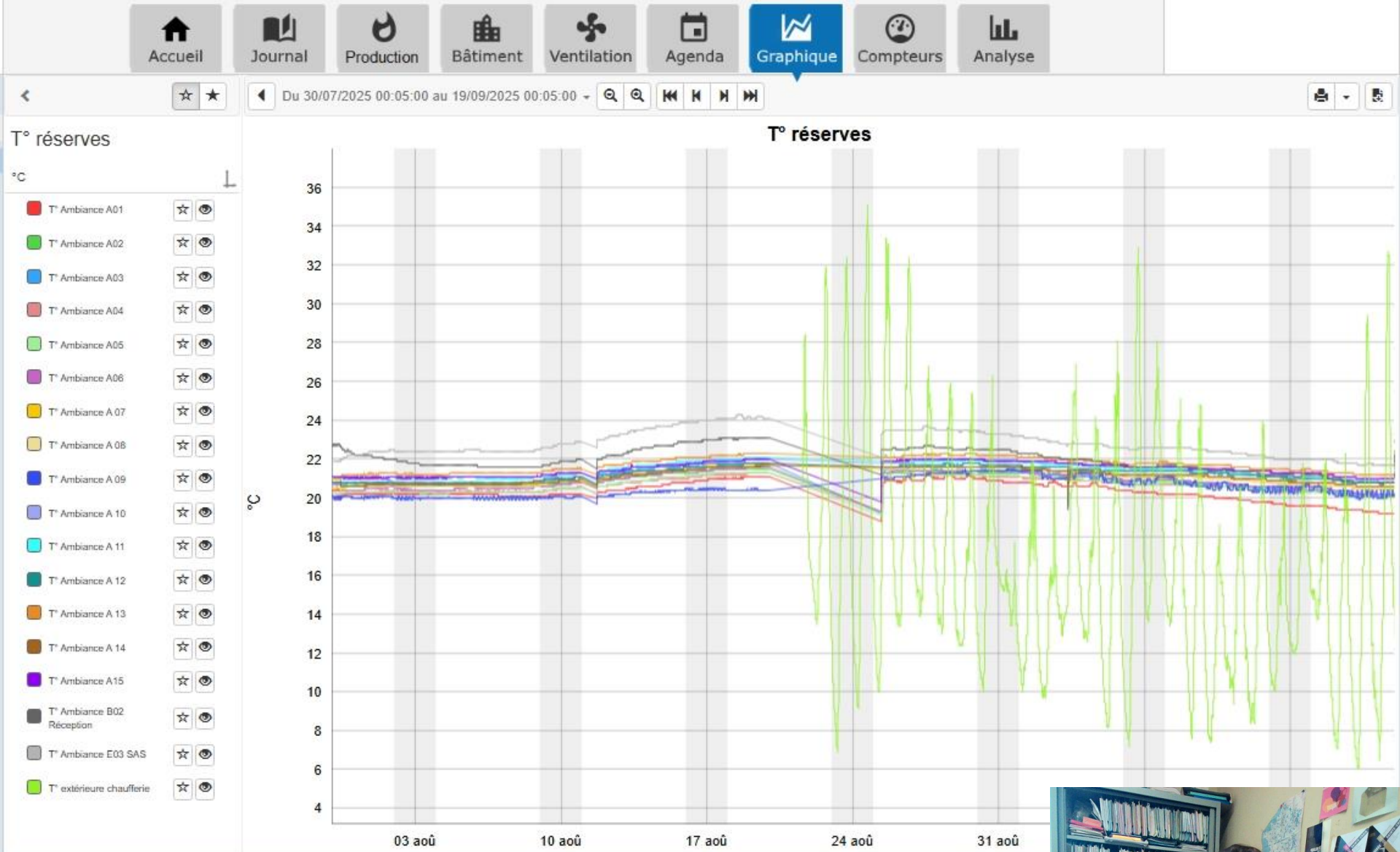
Les résultats de ce test sont très intéressants et mettent en valeur l'inertie du bâtiment dit passif en été.





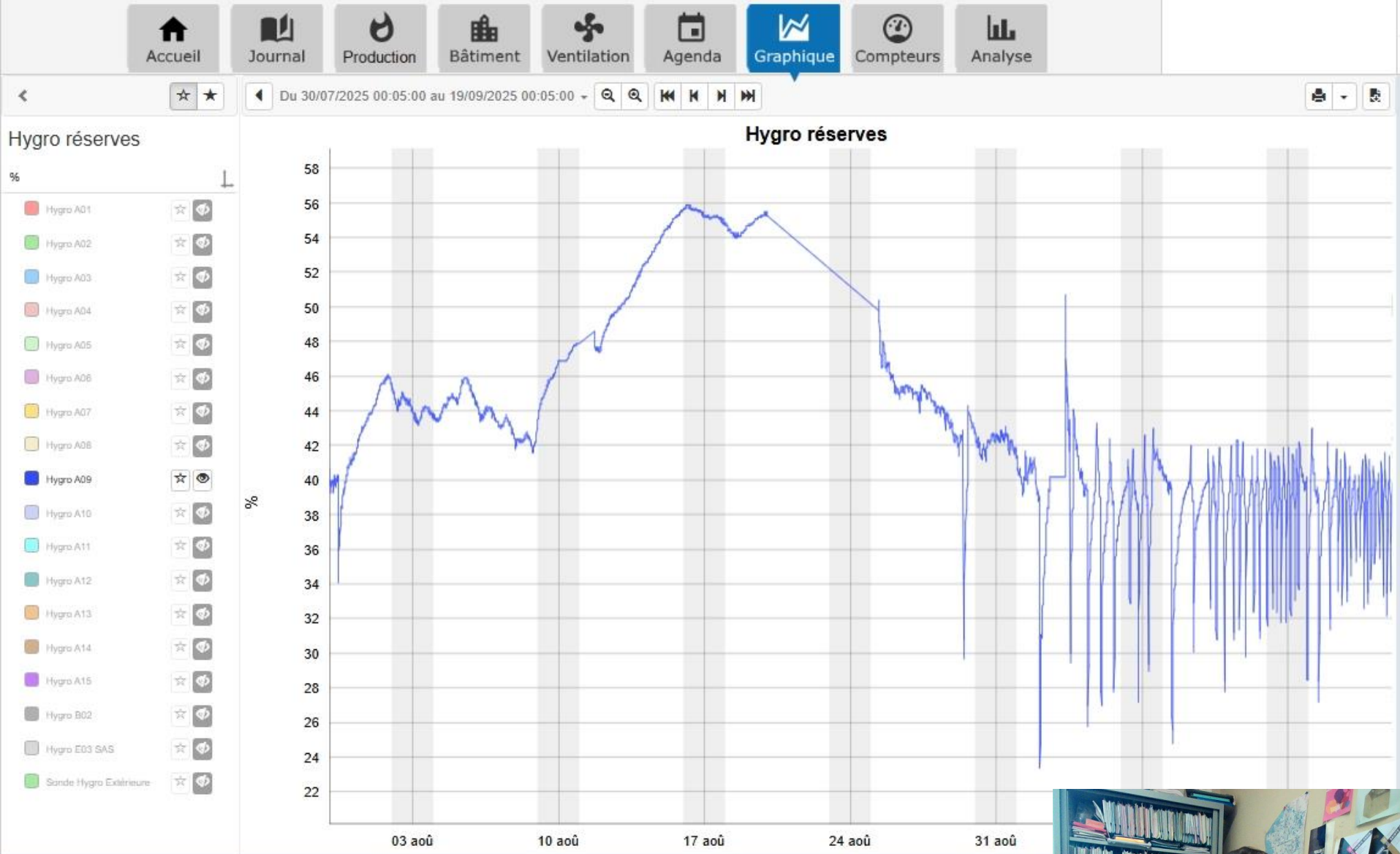
Les résultats sont **très satisfaisants** en ce qui concerne l'hygrométrie





Les résultats sont **très satisfaisants** en ce qui concerne la température, assez stable.





Les résultats sont **moins satisfaisants** en ce qui concerne la réserve sèche. La réserve demande un climat très particulier, il ne sera pas possible d'envisager la complète portée par le seul bâtiment. L'armoire climatique a été remise en cours du test, l'HR remontant trop.



3. Couper les machines pour économie d'énergie

Les graphiques issus des tests montrent que :

- l'hygrométrie reste stable en hiver comme en été,
- la température descend trop en hiver et est stable en été,
- l'hygrométrie de la réserve sèche dépasse rapidement les 40% requis.

Suite aux relevés, il apparaît que les CTA pourraient être :

- **En été**, arrêtées voire prolonger sur l'automne. Le test continue sur cette période. A la remise en route des CTA peut-être par palier en ce qui concerne les consignes, il est intéressant d'étudier comment réagit chaque salle qui comporte des collections différentes.
- **En hiver**, seule l'hygrométrie étant stable, la température chutant trop, restées en fonctionnement ou étudier si cela est intéressant sur une très courte période de les stopper.
- **La réserve sèche** ne peut pas fonctionner en inertie, il est nécessaire de faire fonctionner l'armoire climatique autonome : des tests ont été effectués en hiver et en été et dans les 2 cas, l'hygrométrie dépasse les 40% requis, la température étant identique aux autres salles.



CONCLUSION

Suite aux données climatiques, arrêter et remettre en fonctionnement les CTA engendre des conséquences :

- Quel **montant** est économisé en arrêtant les CTA et en réduisant la maintenance ? Il conviendrait d'établir cette étude avec les services dédiés.
- Il convient d'étudier l'**impact technique** d'arrêt et de remise en route de telles machines.
- Il convient d'étudier l'**impact en matière de conservation** de l'arrêt des CTA : en effet, les CTA opèrent un brassage d'air qui peut être nécessaire afin d'éviter de créer des zones de confinement qui pourraient favoriser le départ d'infestations fongiques.
- **L'inertie** du bâtiment joue son rôle à certaines périodes : la comparaison des relevés issus des données climatiques le prouve.
- Il sera également envisagé **d'élargir les consignes de conservation** pourquoi pas 40 – 60 % pour l'HR et 16 – 24°C pour la température



Je vous remercie pour votre attention !

Webinaire « Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025, auditorium du C2RMF - Paris

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE

DATE
2025/10/03

STD

Enjeux et limites des modélisations et études
climatiques de simulation thermique dynamique (STD)
dans les phases de conception de projets
muséographiques

PRESENTE PAR

Stéphanie Likes

Rémi Fourmentin



SOMMAIRE

01

LE CADRE : PROJET DE RESTRUCTURATION / EXTENSION

02

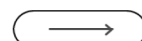
ENJEUX DE LA STD

03

UNE DEMARCHE ITERATIVE POUR INTEGRER LA CONSERVATION

04

QU EN CONCLURE?



01 / LE CADRE : PROJET DE RESTRUCTURATION & EXTENSION

Comme 95 % des projets
depuis 2010



**La spécificité des espaces
muséographiques**

- *Espaces non clos
- *Forte variation des intrants d'occupation
- *En phase projet évolution des compositions matériaux etc...

- **Exposition : Naturalia + archéo + ethno → sensibilités climatiques distinctes**

- **Bâti patrimonial : inerties, limites d'étanchéité, protections patrimoniales**

- **La commande = STD centrée confort des usagers et non sur la conservation**

Collections variées / sensibilités
diverses



Objectifs environnementaux

- *Décret tertiaire
- *Certification Passivhaus
- *Programme ambitieux : thermique, carbone, énergie.

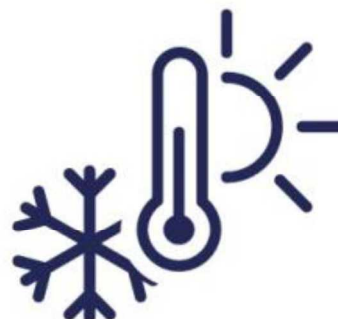


02 / LES ENJEUX DE LA STD

La simulation thermique dynamique, ou STD, permet de simuler de manière réaliste les échanges thermiques dans un bâtiment – soit les températures et besoins en chauffage et en climatisation.
Elle permet de réaliser une SED (simulation énergétique dynamique.)

OBJECTIFS

- Evaluation du confort des occupants
- Outil de conception « bioclimatique »
- Calcul des besoins et consommations énergétiques
- **Evaluation de l'ambiance climatique interne du bâti**



02 / LES ENJEUX DE LA STD

STD - DÉFINITION

Simulation



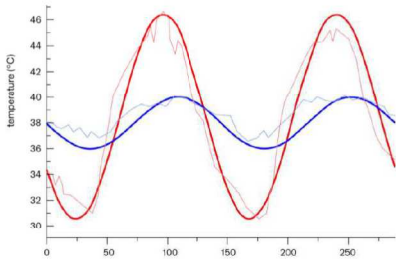
Modélisation numérique



Thermique



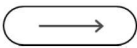
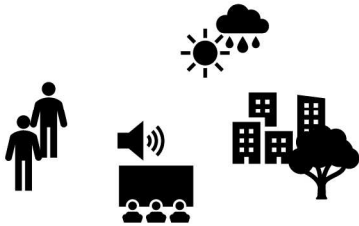
Comportement thermique d'un bâtiment



Dynamique



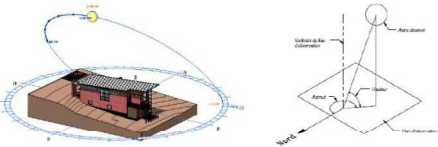
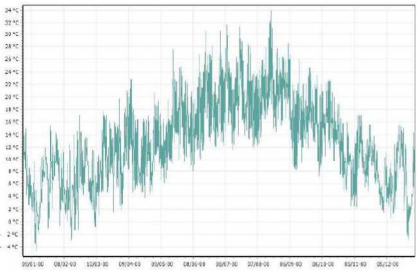
Son environnement et ses usages



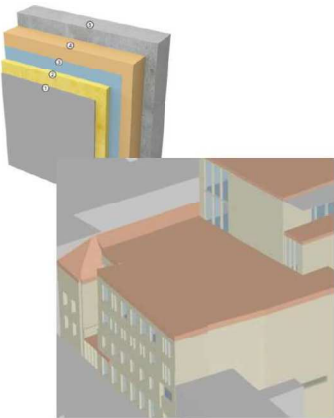
02 / LES ENJEUX DE LA STD

DONNÉES D'ENTRÉE

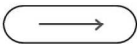
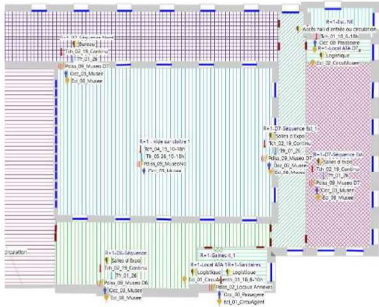
Fichier météo



Enveloppe thermique



Zoning thermique



02 / LES ENJEUX DE LA STD

DONNÉES D'ENTRÉE : Scénarios

Interaction avec l'environnement :

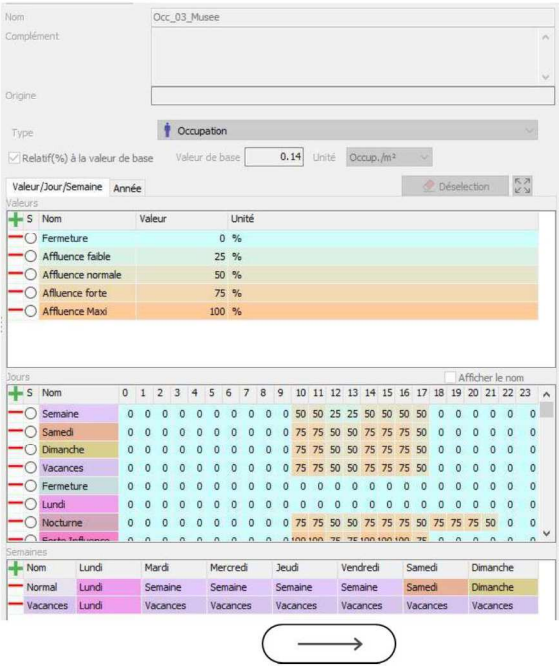
- Apports et Masques solaires
- Fermeture / ouvertures de protection solaires
- Ventilation naturelle

Apports internes :

- Occupation
- Eclairage
- Puissance dissipée

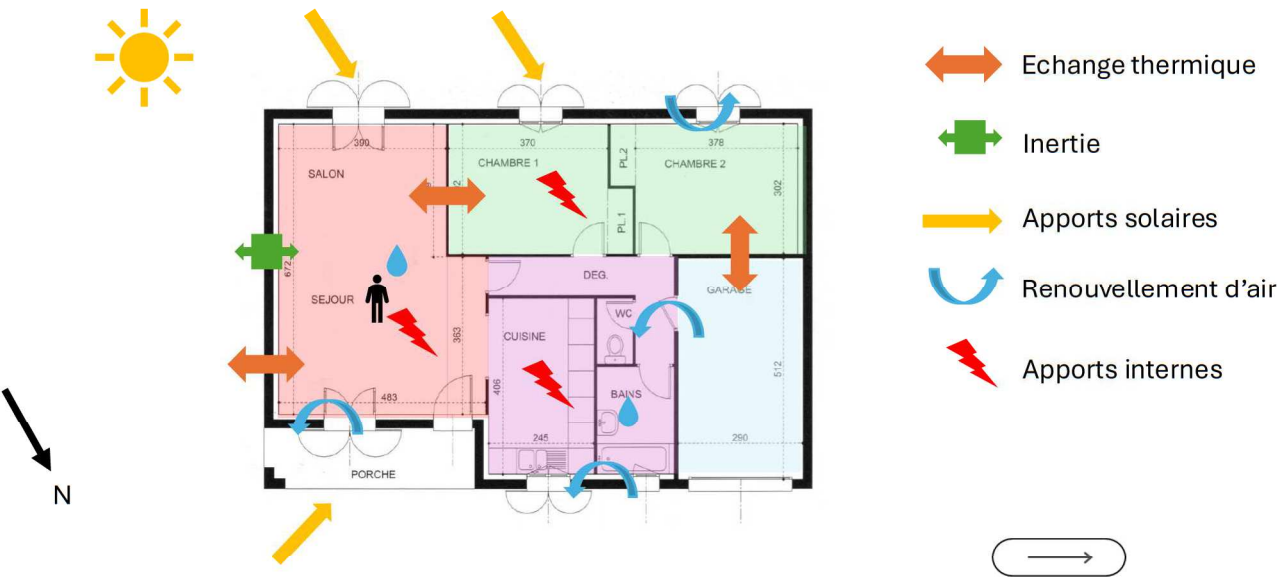
Gestion des systèmes techniques:

- VMC
- Consignes de température chauffage et climatisation
- Performance des systèmes (génération, émetteur, ...).



02 / LES ENJEUX DE LA STD

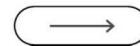
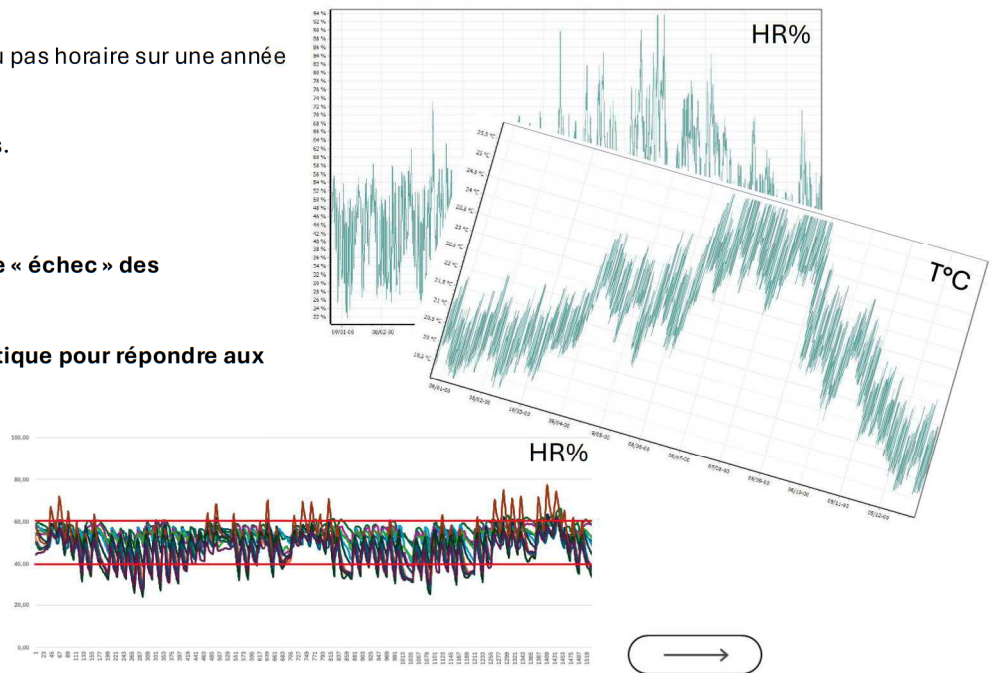
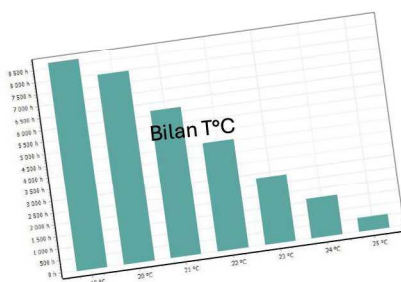
Equilibre thermique



02 / LES ENJEUX DE LA STD

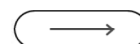
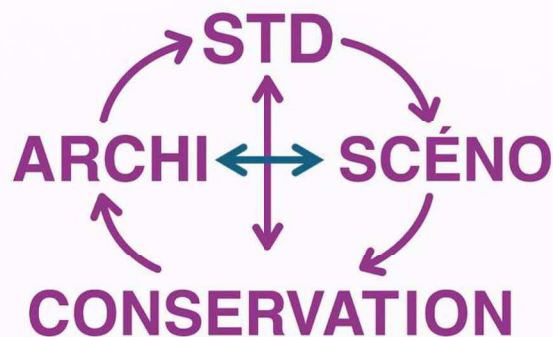
RÉSULTATS ATTENDUS

- Température et hygrométrie au pas horaire sur une année complète, par zone.
- Consommations énergétiques.
- Périodes de surchauffes.
- **Dérives et extrêmes en mode « échec » des installations**
- **Besoins en traitement climatique pour répondre aux objectifs programmatiques**



03/ UNE DEMARCHE ITERATIVE POUR INTEGRER LA CONSERVATION MAIS PAS QUE....

Un projet architectural s'affine phase après phase en tenant compte des contraintes réelles, d'évolutions de programme, de choix de MOE...



03/ UNE DEMARCHE ITERATIVE POUR INTEGRER LA CONSERVATION MAIS PAS QUE....

La demande pour les espaces de présentation

- Les exigences du programme technique
- Dialogue/concertation MOE- MOA-tutelles pour faire éventuellement évoluer les exigences

What climate control standards best describe those in your institution:

☐ Garry Thomson - Class 1 - 50% or 55% +/- 5% RH // 21°C +/- 2° / 70°F +/- 3.5°

☐ Garry Thomson - Class 2 - historic houses - 40%-60%

☐ Smithsonian (1994) - 45% +/- 8% RH // 21°C +/- 4° / 70°F +/- 7°

☒ Blot - 40-60% // 16-25° C / 60-77°F

☐ ICOM-CC/IC declaration

☐ AIC - 45-55 % +/- 5 RH // 15-25°C / 59-77°F

☐ AICCM - 44-55% +/- 5% RH // 15-25°C +/- 4°C / 59-77°F

☐ AICCM - climate zone bands

☐ ASHRAE - Classes of climate control (AA/A/B/C/D) - data behind paywall

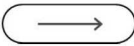
☐ Passive climate / ambient conditions

☐ None of the above

☐ Unsure

Table 2. Vulnerability of Wood Artifacts to Humidity Fluctuations	
Degree of Vulnerability	Artifact Examples
Very High Vulnerability	
*5%RH: gradual fatigue fracture	(This class of wooden artifact breaks the rules of cautious woodworking, or else the fracture of these coatings has never been considered disfiguring, e.g. painted doors). Aged glue, lacquer, varnish, glue or oil paint which bridges joints where wood grains meet at right angles (lap joints, mortise and tenon joints, etc., any knots in wood components). Aged glue, lacquer, varnish, glue, or oil paint which bridges a crack formed by a check, knot, side-by-side butt joint, or mitre joint. Inlays of metal, bone, ivory, shell, (but not wood); marquetry is considered below as medium vulnerability, since it is much tougher and more resilient. The longer the inlay runs across the grain, the more vulnerable the piece.
*10%RH: fracture possible each cycle	
*20%RH: fracture definite first cycle	
High Vulnerability	
*5%RH: zero fatigue fracture	Veneer over corner joints where wood grains meet at right angles (lap joints, mortise and tenon joints, etc., also any knots in wood base components). Lacquer, oil paints, gliding, over lap joints, loose free wood components, or over joints that use fibered inserts, fabric, etc., etc. that are still sound. When new and fairly flexible, these layers may drop to only medium vulnerability. Framework, applied ornaments, especially if the wood grain follows the motifs, assemblies with metal bands, bolts, nails, screws that restrain the wood unevenly. Checked timber or sculpture with a hard new fill, cracked panel or panel painting in a rebate or cradle that joins. Large pieces of recently seasoned wood such as folk art, also all knots and uneven grain in wood must be considered pre-stressed in this way. New plywood, newly unformed wood held by other components. Panels near inconsistently damp walls, floorboards over damp crawlspaces, gland veneer or joints where the glue bond has softened and readhered at the expanded component position.
*10%RH: gradual fatigue fracture, or plastic deformation	
*20%RH: fracture possible each cycle	
*40%RH: fracture definite first cycle	
Medium Vulnerability	
*10%RH: zero fatigue fracture	Most wood joinery, veneers, and marquetry over single, clear pieces of wood at crossed grain; any pre-stressed pieces from above that have stress-reduced more than a decade. Any wood with little or no coating, subjected to an RH fluctuation shorter than its response time. This leads to warping or surface checking e.g. backs of picture frames; on exposed end grain it results in end-checks e.g. tenons, dovetails, feet of furniture, overhangs in carved totem poles.
*20%RH: gradual fatigue fracture, or plastic deformation	
*40%RH: fracture possible each cycle	
Low Vulnerability	
*40%RH: possible accumulation of fatigue fracture or plastic deformation if the freedom to move, or the coatings, or the absence of the fluctuation are less than perfect	Avoid from possible cracks in any veneers, and given either a slow enough change in humidity or good moisture barrier coatings. Once already loose joinery, floating panels, loose tabletops, tongue and groove or lapped planking nailed or bolted at one point only, e.g. watercutting, boxes or farm machinery (unless formed due to painting, warping), hollowed out totem poles, hollowed-out sculpture, most single-component tool handles, veneer on wood with parallel grain, joined wood components with parallel grain.

Se fixer un cadre pour analyser les résultats produits par la STD



03/ UNE DEMARCHE ITERATIVE POUR INTEGRER LA CONSERVATION MAIS PAS QUE....

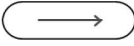
Lire les résultats pour décider côté conservation

- Identifier les cas critiques incompatibles avec les exigences programmatiques
- Ajustements des dispositions architecturales/scénographiques/ techniques pour réduire les temps de sortie de plages de consignes

Zones	Nb d'heure ≥ 60%	Nb d'heure ≤ 40%	Cumulé hors plage 40- 60%	% hors plage
Zone x	1015	1504	2519	28,83%
Zone x	1073	3224	4297	49,18%
Zone x	1796	271	2067	23,66%
Zone x	1777	76	1853	21,21%
Zone x	2180	32	2212	25,32%
Zone x	1794	163	1957	22,40%
Zone x	3527	25	3552	40,65%
Zone x	1674	537	2211	25,31%
Zone x	1574	932	2506	28,68%
Zone x	1713	541	2254	25,80%
Zone x	1628	171	1799	20,59%
Zone x	3032	38	3070	35,14%

- En mode échec des installations :
- ☐ Heures de dépassement (40–60 %, Température) & % hors plage & maximales
- ☐ Vitesses de dérive (ΔT/h, ΔRH/h),

Evaluer les possibilités de se passer de traitement climatique sur certaines périodes = économie / résilience



03/ UNE DEMARCHE ITERATIVE POUR INTEGRER LA CONSERVATION MAIS PAS QUE....

SOLUTIONS COMPENSATOIRES

Étudier les besoins pour créer des environnements climatiques ciblés

ID	Volume (m³)	étanchéité en vol/j renouvelé	sensibilité climatique	Traitement climat Actif ave bouteille	Traitement climat semi actif avec membranes	Traitement passif grammes de matériaux type PROSOR
VH1	8,08		métal		✓	
VH2	8,40		métal		✓	
VH3	7,96		ambiance salle			
VH6	9,64		ambiance salle			
VH7	9,64		métal	✓		
VHM1	12,00		métal	✓		
VHM2	12,00		métal	✓		
VHV1	14,70		ambiance salle			
VHV2	18,03		ambiance salle			
VHVM1	2,62		ambiance salle			
VTCB1	0,64		ambiance salle			
VTCB2	0,20		ambiance salle			

Dimensionner :volume, dérives RH attendues ;

Arbitrer Actif / passif

Fixer AER cible par sensibilité

Calculer les sorbant ; formule Weintraub + matrice Excel de calcul du sorbant d’humidité publié par l’ICC.



03/ UNE DEMARCHE ITERATIVE POUR INTEGRER LA CONSERVATION MAIS PAS QUE....

ADAPTATIONS DU PROJET ET PRISE EN COMPTE DES EVOLUTIONS

Gestion de la lumière Quand la conservation arrange la STD



Problématique des vitrines historiques / performances Traitement à l’échelle de la salle



Conception scénographie : Adeline Rispal pour Ateliers Adeline Rispal
Maître d’œuvre scénographie : GSM Project






04 / QU'EN CONCLURE ?

Points de vigilance du calcul STD :

- **Musée / Salles d'exposition → Lieu de visite (passage) → Espace très dynamique**
A Contrario des réserves ou bureaux.
 - Résultats STD fortement associés au **scénarios STD** d'occupation et autres apports internes.
 - Lieux d'échanges **hautement dynamique** difficilement modélisable avec précision :
Profils de fréquentation, événements, météo "pire cas" (été humide), fuites et AER des vitrines... ⇒ Les barres d'erreur s'élargissent.
- **Modélisation des flux interne limités** : échanges interzonaux, connexions à foyers/atriums, portes très sollicitées → infiltration fluctuante.
- Les gradients locaux (œuvres "phares") créent des **microclimats non homogènes** (hors hypothèse "air bien mélangé").
- Les pics déclenchent du débit d'air neuf (pilotage CO₂) ⇒ difficile à appréhender

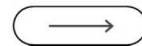
Résultats STD :

- Des données de températures internes exploitables. 
- Des résultats en humidités relatives à analyser avec recul. 
- Des calculs d'éclairement naturelle non adapté. 



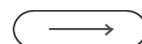
HUMIDITÉ RELATIVE :

- **Une limite logiciel :**
 - Non intégration des systèmes et scénarios de modulation de l'HR%.
 - Absences des caractéristiques hygrothermiques des matériaux (pierre, chaux-chanvre, etc...).
- **Faire une analyse globale macro zone :**
 - Permet de cadrer les zones et périodes de risques climatiques en mode dégradé
 - Permet d'autoriser des stratégies en période de fermeture (sans renouvellement d'air et occupants) ou coupure systèmes.



04 / QU'EN CONCLURE ?

- Pour les espaces d'exposition , utiliser la STD pour **comparer des stratégies**, pas pour « promettre » une RH absolue sans système de régulation.
- Intérêt dans une perspective de **sobriété** pour limiter consommation en limitant les risques (identifier les temporalités de fonctionnement en mode échec)
- Pragmatisme de l'approche en conservation préventive : dialoguer pour trouver un consensus pour les collections sensibles hors vitrine ou dans vitrines impossibles à améliorer
- Aider les scénographes à designer les blocs techniques pour intégration des matériaux tampons passifs (more than less) ou dispositifs actifs
- Faire réaliser des tests, analyses a posteriori



Webinaire

« Exploitation des données climatiques »

02 et 03 octobre 2025, auditorium du C2RMF - Paris

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



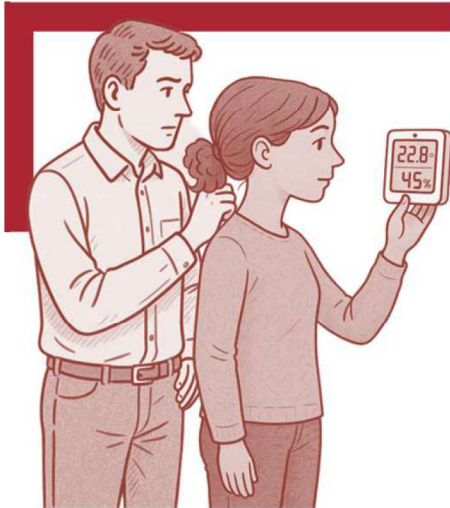
Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Clôture du webinaire

Juliette RÉMY
Conservateur en chef du patrimoine
Chef du Département de la conservation
préventive - C2RMF



Clôture du webinaire



Le diagnostic formalisé... et après ?

L'exploitation des données climatiques a pour **finalité** l'émission de **préconisations** pour réduire les variations de température et d'HR.

Celles-ci peuvent concerner :

- l'**isolation** et la mise en **étanchéité** du bâtiment
 - Sur les parois et la couverture : panneaux isolants, double vitrage
 - Sur les fenêtres : joints d'étanchéité, stores, films adhésifs anti-IR aux fenêtres
 - Aux entrées : sas, calfeutrage
 - Tout en veillant à une bonne ventilation interne des espaces

Clôture du webinaire



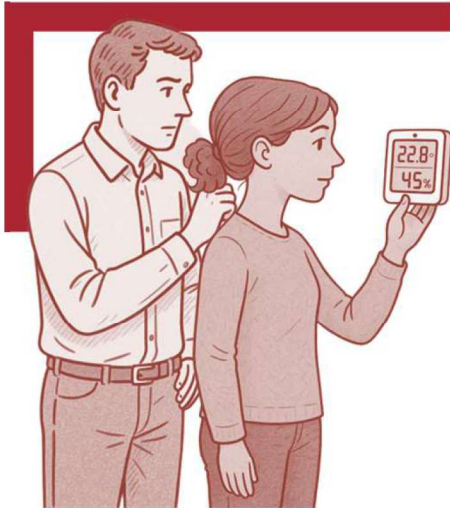
Le diagnostic formalisé... et après ?

L'exploitation des données climatiques a pour **finalité** l'émission de **préconisations** pour réduire les variations de température et d'HR.

Celles-ci peuvent concerner :

- l'**isolation** et la mise en **étanchéité** du bâtiment
- l'installation d'**appareils de régulation** en salle
 - Fixes : centrale de traitement d'air (CTA), armoire de climatisation (ACL), ventilo-convecteurs, climatiseurs, chambre froide, etc.
 - Mobiles, d'appoint : humidificateurs, déshumidificateurs, etc.

Clôture du webinaire



Le diagnostic formalisé... et après ?

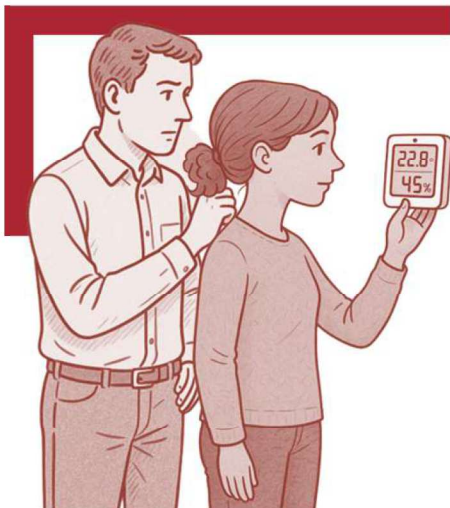
L'exploitation des données climatiques a pour **finalité** l'émission de **préconisations** pour réduire les variations de température et d'HR.

Celles-ci peuvent concerner :

- l'**isolation** et la mise en **étanchéité** du bâtiment
- l'installation d'**appareils de régulation** en salle
- une **régulation de proximité** (« climat micro-régulé ») pour les items les plus vulnérables

- **Mode passif**, par l'emploi de **sorbant** : conditionnement clos et étanche contenant du gel de silice (caisson climatique, boîte)
- **Mode actif**, par un système **électrique** : module à effet Peltier ou membranes électrolytiques pour des vitrines

Clôture du webinaire



Le diagnostic formalisé... et après ?

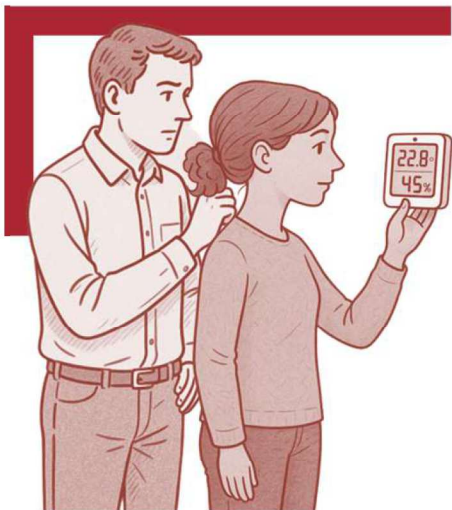
L'exploitation des données climatiques a pour **finalité** l'émission de **préconisations** pour réduire les variations de température et d'HR.

Celles-ci peuvent concerner :

- l'**isolation** et la mise en **étanchéité** du bâtiment
- l'installation d'**appareils de régulation** en salle
- une **régulation de proximité** (« climat micro-régulé ») pour les items les plus vulnérables
- la formalisation de **protocoles de gestion**

- **Gestion des équipements** : contrat de maintenance, changement des filtres, procédure d'actions en cas de dysfonctionnement
- **Gestion des circulations** : fermeture des ouvrants, limitation des passages
- **Gestion des collections** : redistribution raisonnée des items en fonctions des zones climatiques, conditionnement, distanciation des parois froides ou humides

Clôture du webinaire



Des réglementations vertueuses

- Ces solutions doivent **s'adapter et s'harmoniser avec les réglementations françaises et européennes** se mettant en place pour une **transition écologique** efficace.
- Stratégie nationale bas carbone (SNBC), Décret tertiaire, Décret BACS, réglementation européenne « F-Gaz »,... **réglementations impactant les modes de conservation** et évoquées lors de la 4^e édition des journées « **APrévU au C2RMF** » (07/11/2025)



Webinaire du C2RMF « Exploitation des données climatiques » - 02 et 03 octobre 2025, Paris

7



Webinaire du C2RMF
« Exploitation des données climatiques »
02 et 03 octobre 2025 Paris

Merci de votre attention

