



DOCUMENT ORIGINAL

CONSEIL GENERAL DU FINISTERE SERVICE DEPARTEMENTAL DES ARCHIVES

*Mission d'évaluation et d'accompagnement
concernant les conditions de conservation des
archives dans les magasins du dépôt principal
du service départemental des archives, site de
Quimper*

- 1- Évaluation des questions relatives au contrôle du climat et à la présence de moisissures dans les magasins.
- 2- État des lieux consistant en un mode d'emploi permettant la maîtrise des équipements de traitement de l'air et d'observation des conditions climatiques.
- 3- Avis argumenté et préconisations sur la capacité d'évolution des équipements de traitement de l'air.

RAPPORT FINAL**Sommaire**

Introduction	3
I- Présentation du bâtiment et des différents locaux.....	4
I-1 Caractéristiques du bâtiment.....	4
I-2 Situation géographique.....	5
I-3 Etat sanitaire.....	6
I-4 Système énergétique.....	9
II- Etude du climat.....	11
II-1 Historique.....	11
II-2 Méthodologie.....	11
II-3 Analyse d'une année d'enregistrements SPY.....	12
II-4 Résultats des enregistrements de HR et T du 20 avril au 20 mai 2010 .	18
II-4-1 Positionnement des enregistreurs.....	19
II-4-2 Paramètres de référence.....	20
II-4-3 Valeurs statistiques.....	21
II-4-4 Analyse des données du climat extérieur.....	22
II-4-5 Analyse des données HR et T des salles étudiées.....	24
II-4-6 Comportement climatique des magasins par rapport aux conditions externes.....	37
II-4-7 Comportement climatique des magasins liés aux installations techniques....	38
II-4-8 Discussion.....	40
II-5 Analyse des enregistrements COSTIC	41
III- Audit des installations climatique....	46
III- 1 Contexte....	46
III- 2 Historique	46
III-3 Moyens	46
III- 4 Installations	48
III- 4-1 Distribution.....	48
III- 4-2 Ventilation.....	51
III- 4-3 Traitement de l'air.....	53
III- 4-4 Maintenance.....	61
IV- Etude de la bio-contamination.....	62
IV-1 Etat des lieux	62
IV-2 Echantillonnage.....	63
IV-2-1 Prélèvement méthodes.....	64
IV-2-2 Prélèvement localisation.....	65
IV-3 Résultats.....	67
IV-3-1 Mesures environnementales.....	67
IV-3-2 Niveau de biocontamination niveau 5.....	67
IV-3-3 Niveau de biocontamination niveau 1.....	67
IV-3-4 Niveau de biocontamination système de ventilation.....	67
IV-4 Interprétations et préconisation.....	68
IV-4-1 Degré général de biocontamination.....	68
IV-4-2 Impacts des espèces fongiques isolées.....	70
IV-4-3 Configuration et causes probables.....	70
Conclusion.....	73
Recommandations- préconisations.....	74
Annexe : document à part	

Introduction.

Au terme de l'appel à candidature en procédure adaptée, pour la « mission d'évaluation et d'accompagnement concernant les conditions de conservation des archives dans les magasins du dépôt principal du service départemental des archives, site Quimper », la notification du marché 10 DCS J008 a été signée et validée par le Conseil général du Finistère le 29 mars 2010.

Cette mission comprend trois parties :

- 1- évaluation de questions relatives au contrôle du climat et à la présence de moisissures dans les magasins.
- 2- états des lieux consistant en un mode d'emploi permettant la maîtrise des équipements de traitement de l'air et d'observation des conditions climatiques.
- 3- avis argumentés et préconisations sur la capacité d'évolution des équipements de traitement de l'air.

C'est à partir du développement alarmant de micro-organismes sur les documents des différents magasins d'archives pendant l'été 2009 que Monsieur Corre, directeur des Archives départementales du Finistère, décida de prendre des mesures pour enrayer le phénomène. Suite à notre première visite en septembre 2009, en février 2010 un marché à procédure adaptée a été lancé pour se concrétiser en mars de la même année.

Pour répondre à l'offre des Archives Départementales du Finistère et pour assurer cette mission d'évaluation et d'accompagnement LARCROA et COSTIC se sont associés pour mettre en commun leurs compétences. Nous avons programmé une série de campagnes de mesures, de prélèvements et d'observations in situ entre avril et juin 2010 dans le but de comprendre l'état et la situation du bâtiment des Archives et de ses installations.

Nous avons eu soin d'aborder la problématique dans son ensemble en regroupant nos résultats en un seul document. Nous l'avons construit en suivant un plan en quatre parties de manière à faire ressortir au mieux, l'argumentation des recommandations et des préconisations.

- En premier lieu nous avons défini le cadre qui abrite les archives en faisant le point sur l'état du bâtiment et de ses équipements.
- La seconde partie se consacre au climat permettant ainsi de préciser l'ambiance des événements.
- La troisième partie analyse l'aspect technique des installations climatiques responsable des dysfonctionnements.
- La dernière partie s'intéresse à la biocontamination qui est le révélateur des dysfonctionnements du climat.

Ces parties sont reliées entre elles par la propre définition du rôle du bâtiment d'archives :

« Conserver et protéger les documents qui sont stockés à l'intérieur. »

I- Présentation du bâtiment et des différents locaux

I-1 CARACTERISTIQUES DU BATIMENT

Le bâtiment des Archives départementales du Finistère, situé dans la zone administrative de Ty-Nay est en fonction depuis 1990.

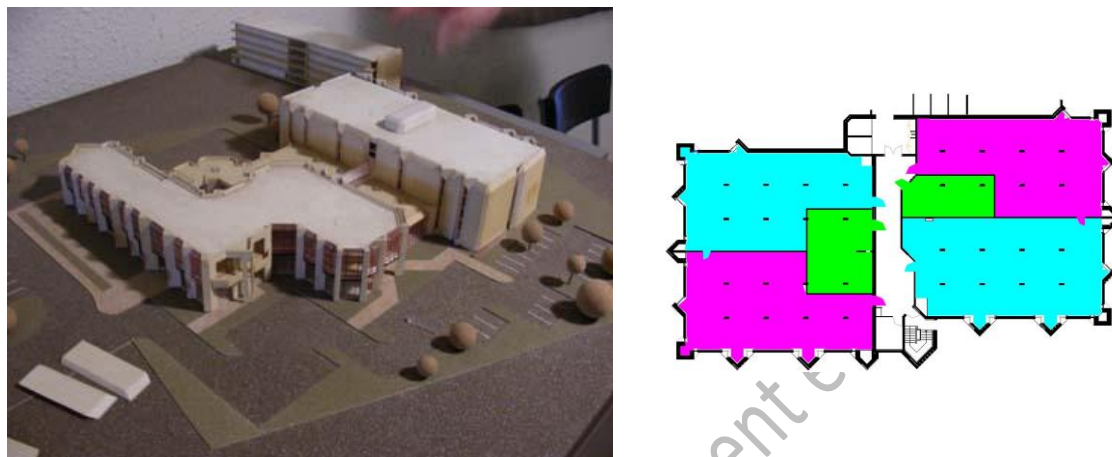


Figure 1 vue générale du bâtiment, maquette et disposition des magasins.

Il abrite 23500 mètre linéaire d'archives répartis dans 24 magasins occupant une surface de 4360 m². Le bâtiment s'élève sur 5 niveaux, chaque niveau est divisé en quatre magasins de 200 m² d'un volume d'environ 440 m³.

Un couloir central donne accès aux quatre magasins. Cette distribution est respectée sur chaque niveau. Au niveau 1 la salle des microfilms s'inscrit dans le magasin 101 et la salle des plans empiète sur les magasins 102 et 103. Au niveau 2 la salle « audiovisuel » et la chambre forte s'insèrent dans les magasins 201 et 202. Les étagères sont installées en épis laissant une allée centrale.

Le bâtiment de stockage des archives et le bâtiment administratif sont indépendants. L'accès entre les deux bâtiments s'effectue de deux façons :

- Soit par le RDC du bâtiment administratif vers le RDC du bâtiment archives (niveau 1)
- Soit par le 2^{ème} étage du bâtiment administratif vers le 3^{ème} étage du bâtiment archives (nommé étage 1).

Les installations climatiques des deux bâtiments sont également séparées.

Type de rangement

Les salles de stockages d'archives sont équipées de rayonnages fixes sur toute la hauteur disposés en «épis» laissant une allée centrale dans le sens de la longueur. Les étagères sont métalliques de type archives et de taille standard. Les documents en boîte et les livres reliés sont sur chant, les documents en chemises ou les revues sont à plat. Le chargement des étagères est irrégulier, certaines d'entre elles sont incomplètes.

Les petites salles de stockage des niveaux 1 et 2 sont équipées de meubles à plans horizontaux et d'étagères (salle microfilms).



Vue des armoires de plans dans



Vue d'une allée centrale



I-2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Situé au cœur du Finistère-Sud et au bord de l'Odet, Quimper abrite les Archives départementales du Finistère-Sud dans la zone administrative de Ty Nay construite au Nord de la vieille ville. Cette zone de construction respecte un plan d'implantation où les bâtiments sont espacés et séparés par des voies de circulation assez larges. Les alentours des Archives sont plutôt dégagés, laissant circuler aisément les vents. L'axe principal du bâtiment est orienté Nord-Sud et les magasins présentent deux façades externes chacun. Le bâtiment est rectangulaire, les deux façades les plus larges sont exposées Ouest et est. Les deux façades les plus étroites sont exposées Nord et Sud.



Figure 2 : Carte ING

Les deux façades ayant la surface la plus petite sont orientées Nord et Sud. Les façades Nord et Sud comportent trois ouvertures par magasin, dont une ouvrante de type désenfumage.

La façade est comporte cinq à six ouvertures par magasin, dont deux ouvrantes de type désenfumage.

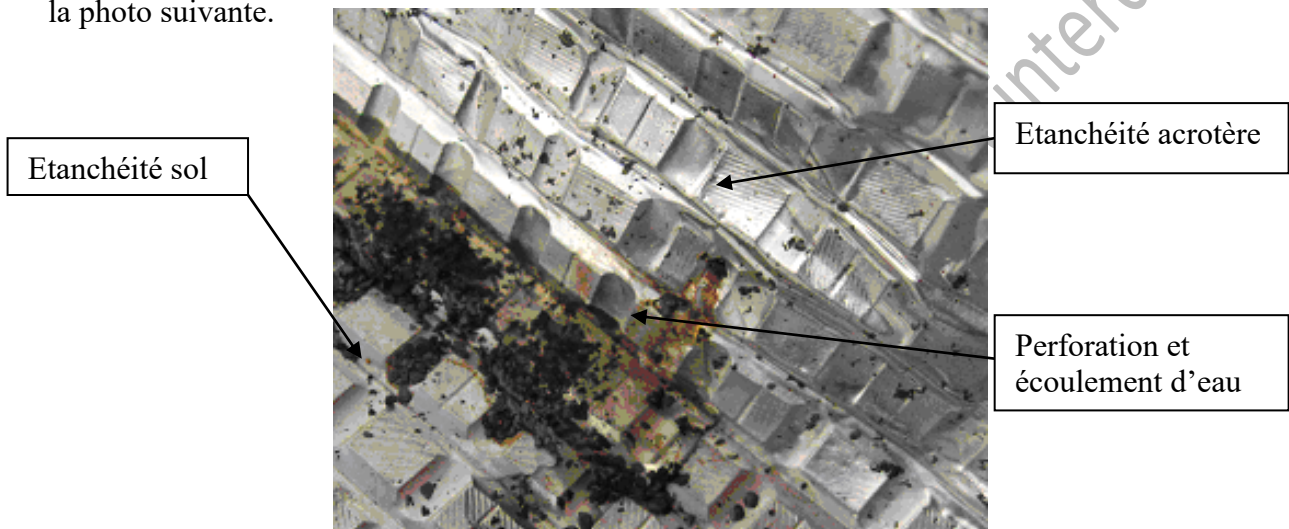
La façade Ouest comporte deux ouvertures par magasin, dont une ouvrante de type désenfumage.

On trouve donc deux ouvrants de désenfumage pour les magasins orientés Nord / Ouest et Sud / Ouest et trois pour les magasins orientés Nord / Est et Sud / Est

1-3 ETAT SANITAIRE

L'audit du bâti peut avoir révélé un problème d'infiltration d'eau très important. Ces infiltrations ont pour origine l'ancienne étanchéité de la toiture terrasse, les menuiseries extérieures ainsi que des remontées par capillarités.

De nouveaux dommages à l'étanchéité de la toiture sont apparus comme ont peut le voir sur la photo suivante.

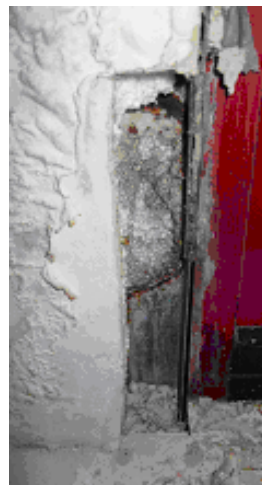


On voit très nettement de l'eau sortir par un trou dans l'étanchéité, ce qui signifie que de l'eau est présente entre le béton de la toiture et l'étanchéité.

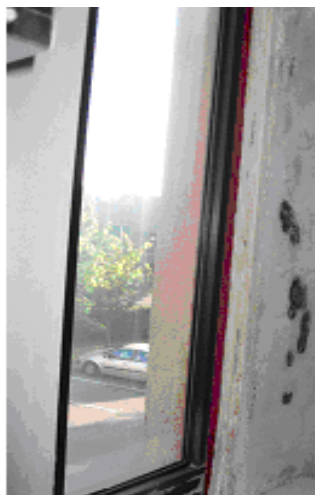
Les dommages dus à l'étanchéité de la toiture se sont répercutés dans tout le bâtiment et sont surtout visibles au niveau du sol et des plinthes des murs donnant sur l'extérieur. Les photos suivantes illustrent l'importance des dégâts des eaux dans le bâtiment.



Les menuiseries extérieures sont responsables d'une grande part des dégâts des eaux constatés en effet, leur étanchéité n'est plus efficace et laisse passer de l'eau en cas de pluies. Les dommages sont très importants car ils sont présents depuis longtemps.



A certains endroits les murs sont assez humides pour que des champignons apparaissent.



Une partie du bâtiment a fait l'objet d'une inspection en thermographie pour essayer d'établir une relation entre l'état sanitaire de certaines zones et la présence de bio-contamination. Cette méthode permet de mettre en évidence les zones humides et les ponts thermiques.

La campagne de contrôle a été faite le 20 avril 2010 par une journée pluvieuse. La température extérieure était d'environ 15 °C. La caméra ThermoCAM™ B2 (voir annexe) transforme les rayonnements thermiques émanant des murs en une image, où chaque couleur correspondant à une température, s'appelle un thermogramme. L'étude des thermogrammes nous a permis d'avoir des informations sur les températures de surface des murs de certains magasins. L'émissivité¹ de la majorité des matériaux utilisés dans le bâtiment se situe entre 0,85 et 0,95. Un réglage moyen de l'émissivité – 0,90 – permet d'obtenir de bons résultats exploitables. Une inspection thermographique n'est pas une fin en soi. Elle vient appuyer des résultats obtenus par d'autres moyens techniques comme les enregistrements de l'humidité relative et de la température.

¹ L'émissivité est, par définition, le rapport (inférieur à 1) de leur énergie rayonnée à l'énergie rayonnée dans la même longueur d'onde par le corps noir porté à la même température. C'est une grandeur qui caractérise l'émission du rayonnement d'un corps.

$$\epsilon = \alpha = 1 - (\tau + \rho),$$

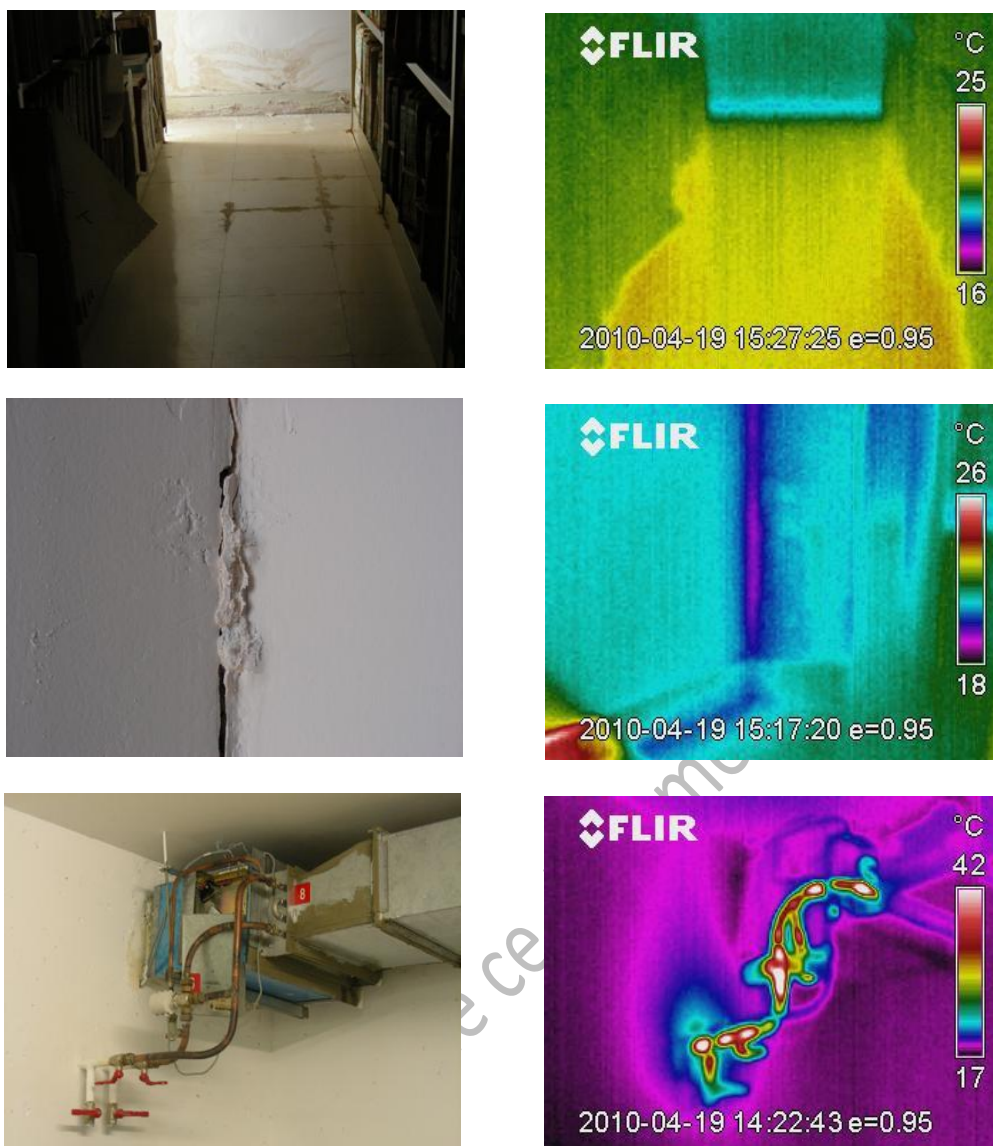


Figure 3 : Thermogrammes de certaines zones..

Des relevés sur plans des zones de dégât des eaux ont été faits pour les salles 501, 502, 504, 301, 302, 303, 304, 101, 102, 103, 104. Ces relevés sont regroupés dans l'annexe.

Notre inspection se limite à un constat où nous avons documenté quelques zones significatives pour prendre conscience de l'importance et du rôle que peut jouer l'état sanitaire du bâtiment.

D'une manière générale, en partant des relevés effectués sur place, les dégâts des eaux les plus importants se situent dans les magasins 501, 502, 301, 302 c'est-à-dire dans les salles situées au Nord/Ouest et Sud/Ouest. On pourrait vraisemblablement y inclure les magasins 401 et 402 qui n'ont pas fait l'objet d'un constat. Les dégradations se situent toutes le long des murs et plafonds des parois externes et le long des baies vitrées. Les façades du bâtiment orientées Nord/Ouest et Sud/Ouest sont beaucoup plus exposées aux intempéries que les autres façades. Les magasins orientés au Sud/Est comme la salle de référence 504 sont beaucoup moins exposés. Les infiltrations par le sol sont responsables des dégradations des plinthes intérieures le long des murs extérieurs, du décollement des dalles de revêtement du sol et de la corrosion du bas de certaines étagères.

La présence d'eau peut-être directement liée à son infiltration de l'extérieur vers l'intérieur par un manque d'étanchéité des façades. Néanmoins elle n'explique pas certains

dégâts des eaux, qui pourraient être provoqués par la présence de ponts thermiques ou de surfaces froides responsables de condensation d'eau en des points précis.

1-4 SYSTEME ENERGETIQUE.

Les documents transmis par les Archives départementales de Quimper complétés par nos relevés sur site présentent un système de traitement d'air composé de six CTA réparties en deux locaux techniques, une chaufferie et une production d'eau glacée en terrasse. (L'ensemble des locaux techniques se situe au niveau toiture terrasse).

Toiture terrasse technique (extérieur):

- Groupe de production d'eau glacée type VLSW604HSELN de marque WESPER
- Réseau de distribution 4/11°C (selon schémas de principe installation).

Local chaufferie :

- Deux chaudières Gaz OPTIMAGAZ type E de marque GUILLOT
- Réseau de distribution 90/70°C (commun aux deux bâtiments).

Le local CTA N°1 est équipé de 3 centrales de traitement d'air, formant deux installations indépendantes, il dessert les grands locaux de stockage d'archives pairs et les petits impairs.

Une centrale dite « air neuf » type CCH16 UNIPACT de marque HYDRONIC équipée de :

- Une batterie froide à eau glacée
- Une batterie chaude à eau chaude
- Un humidificateur d'air « vapeur » type DEVAPOR MK3 de marque DEFENSOR

Débit de soufflage de la centrale = 1000m³/h

Une centrale de traitement d'air principale dite « de reprise » type CCH 190 de marque HYDRONIC équipée de :

- Une batterie froide à eau glacée
- Débit de reprise calculé à 18 336 m³/h
- Débit de soufflage calculé à 19 343 m³/h.

D'après les valeurs de débits indiquées sur les plans

Soit 1000 m³/h d'air neuf (5.17%), elle dessert les locaux :102/101/202/204/302/304/402/404/502/504.

Une centrale de traitement d'air indépendante type CCH 16 de marque HYDRONIC équipée :

- Une batterie froide à eau glacée
- Un humidificateur vapeur type DEVAPOR MK4 de marque DEFENSOR.

Elle dessert les locaux : 107/207

Le local CTA N°2 est équipé de 3 centrales de traitement d'air, formant deux installations indépendantes, il dessert les grands locaux de stockage d'archives impairs et les petits pairs.

Une centrale dite « air neuf » type CCH16 UNIPACT de marque HYDRONIC équipée de :

- Une batterie froide à eau glacée
- Une batterie chaude à eau chaude
- Un humidificateur d'air « vapeur » type DEVAPOR MK3 de marque DEFENSOR

Débit de soufflage de la centrale = 1000m³/h

Une centrale de traitement d'air principale dite « de reprise » type CCH 190 de marque HYDRONIC équipée :

- Une batterie froide à eau glacée
- Débit de reprise calculé à 16 066 m³/h
- Débit de soufflage calculé à 16 070 m³/h

D'après les valeurs de débits indiquées sur les plans

Soit 1000 m³/h d'air neuf (6.23 %)

Elle dessert les locaux : 101/103/201/203/301/303/401/403/501/503.

Une centrale de traitement d'air indépendante type CCH 24 de marque HYDRONIC équipée :

- Une batterie froide à eau glacée
- Un humidificateur vapeur type DEVAPOR MK4 de marque DEFENSOR.
- Un déshydrateur d'air type MD 300 de marque MUNTER

Elle dessert les locaux : 106/206

Une sous station eau glacée équipée :

- Une pompe double type DCX 80-50N de marque SALMSON
- Un ballon tampon de 1000 litres sur le retour eau glacée
- Un vase d'expansion 80 litres

Magasin de stockage :

Chaque magasin dispose d'une bouche de soufflage équipée d'une batterie à eau chaude et deux bouches de reprise d'air.

	LT CTA N°1		LT CTA N°2	
	CTA AIR NEUF / CTA REPRISE	CTA CHAMBRE FORTE / SALLE DES PLANS	CTA AIR NEUF / CTA REPRISE	CTA AUDIOVISUEL / MICROFILM
TA	CCH 16 UNIPACT CCH 190	CCH 16	CCH 16 UNIPACT CCH 190	CCH 24
locaux desservis	102	107	101	106
	104	207	103	206
	202		201	
	204		203	
	302		301	
	304		303	
	402		401	
	404		403	
	502		501	
	504		503	

II- Etude du climat

II-1 HISTORIQUE

La visite préalable des lieux, effectuée le 2 septembre 2009, avait permis d'apprécier la situation climatique et de la bio contamination d'un certain nombre de magasins visités à cette date. Les quelques remarques qui suivent nous décrivent la situation à cette époque.

Niveau 3- magasins situés du coté Ouest.

Les ouvertures sont en très mauvais état et manquent d'étanchéité. Le sol est particulièrement abîmé. Les dalles se décollent et on voit apparaître entre elles des remontées de sels venant du béton. Le bas des étagères est couvert de rouille. Humidité excessive, responsable du développement des microorganismes.

Niveau 2- magasin coté Ouest

En sortie d'air, l'humidité est de 80% HR

Niveau 2- (chambre forte)

Présence d'une forte concentration de microorganismes sur certains documents. La température est 19°C et l'humidité est de 75 % malgré la présence d'un déshumidificateur. Humidité excessive, responsable du développement des microorganismes.

Niveau 1 (Salles des plans et micro films)

Présence d'une forte concentration de microorganismes sur certains documents. La température est 19°C et l'humidité est de 75 à 80% malgré la présence d'un déshumidificateur.

Dans les conditions enregistrées à cette date l'apparition des micro-organismes n'est pas étonnante sachant que l'humidité relative élevée est un facteur déterminant dans le processus de développement des micro-organismes.

Suite au marché passé entre le Conseil général du Finistère et LARCROA l'étude a pu commencer en avril 2010 soit sept mois après. Entre temps la situation a évolué et des interventions ponctuelles ont pu améliorer les conditions de conservation des archives sans toutefois résoudre les problèmes de fond.

II-2 METHODOLOGIE

L'étude climatique du bâtiment est étudiée selon trois axes.

- Une période longue d'une année (2009) où l'humidité et la température sont enregistrées par le système SPY qui contrôle le climat des différents magasins. Elle permet de suivre les différents événements climatiques qui se sont déroulés durant cette période.
- Une période d'un mois (avril mai 2010) qui a pour but de confronter la situation réelle aux conditions idéales de conservation recommandées par les institutions.
- Une période de courte durée qui a pour but d'alimenter en données l'expertise des équipements techniques.

II-3 ANALYSE DES ENREGISTREMENT SP DU 01 JUIN 2009 AU 31 MAI 2010.

Remarques préalables :

Il est important, pour bien comprendre ce qui suit, de rappeler quelques notions liées au traitement de l'air.

L'humidité relative (HR) exprime le rapport entre la quantité absolue d'humidité présente dans l'air (appelée humidité spécifique) et la quantité maximale que l'air peut contenir. Or, cette quantité maximale augmente avec la température.

En conséquence, à quantité d'eau constante dans l'air, la modification de la température modifie également l'humidité relative. Plus précisément, chauffer l'air permet de diminuer l'humidité relative et refroidir l'air permet d'augmenter l'humidité relative (toujours à humidité spécifique constante).

L'autre paramètre qui peut être modifié pour agir sur l'humidité relative est bien entendu la quantité d'eau dans l'air (l'humidité spécifique). Si le principe de fonctionnement de l'humidificateur est facilement assimilable, la déshumidification par batterie froide mérite quelques explications.

Pour diminuer la quantité d'eau présente dans l'air, il faut refroidir cet air jusqu'à sa température de rosée. A cette température, l'eau présente dans l'air se condense (c'est-à-dire passe de l'état de vapeur à l'état liquide) et est ainsi extraite du flux d'air.

La température de rosée dépend de la quantité d'eau contenue dans l'air.

En sortie de batterie froide, l'air est donc froid et son humidité relative élevée.

La batterie chaude doit alors réchauffer l'air pour le ramener aux conditions visées. Le processus est donc très consommateur d'énergie. Cela veut également dire que la production d'eau chaude (chaudières) doit être maintenue en fonctionnement, y compris l'été.

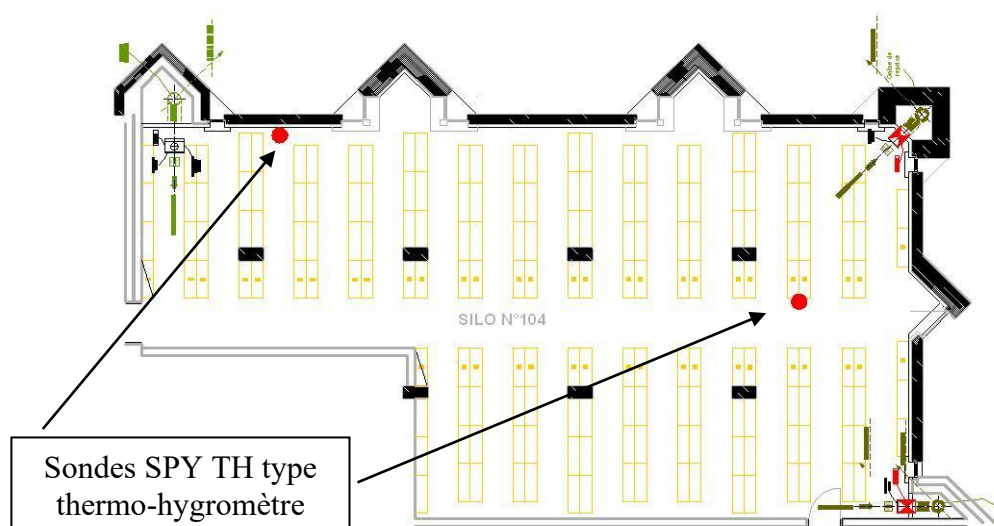
Enfin, notons que si le dimensionnement de la batterie est insuffisant ou la température d'eau glacée disponible trop élevée, il ne sera pas possible d'atteindre la température de rosée pour extraire de la vapeur d'eau dans le cas où l'humidité est trop élevée.

Fonctionnement de l'installation de mesure en place :

Le schéma ci-dessous indique le positionnement des sondes choisi par le maître d'ouvrage pour effectuer ses mesures de température et d'hygrométrie.

Le système de contrôle climatique JRI est composé de thermo-hygromètres enregistreurs (SPY TH) répartis dans les salles d'archivage et d'un relais radio pour chaque salle.

- Les données sont rapatriées vers un ordinateur de contrôle via un modem.
- La sonde la plus proche du soufflage sera nommée « soufflage » et celle la plus proche de la reprise sera nommée « reprise ».



Dans un courrier du 12/01/2010, le maître d'ouvrage rappelait les consignes de température et d'hygrométrie à atteindre par types de locaux.

Petits pairs (106/206) : Température comprise entre 16 et 22°C, hygrométrie comprise entre 45 et 60 %.

Petits impairs (107/207) : Température comprise entre 16 et 20°C, hygrométrie comprise entre 30 et 45 % (papier spécifique).

Grands impairs (101/103/201/203/301/303/401/403/501/503) : Température comprise entre 16 et 22°C, hygrométrie comprise entre 45 et 60 %.

Grands pairs (102/104/202/204/302/304/402/404/502/504) : Température comprise entre 16 et 22°C, hygrométrie comprise entre 45 et 60 %.

Le dispositif de mesure en place ne se prête pas bien au traitement des données. Les données brutes étant inexploitable de par leurs volumes (plusieurs dizaines de milliers de lignes par tableaux), une mise en forme graphique a été réalisée.

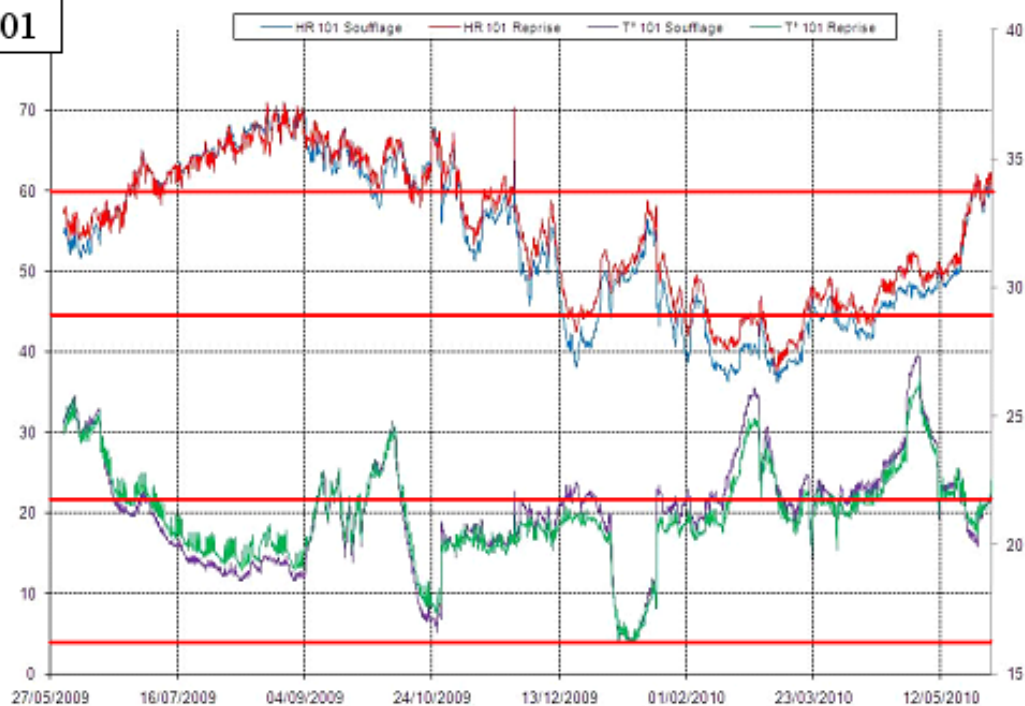
Seul un échantillonnage graphique sera traité lors de l'étude, le reste sera fourni en annexe. L'échantillonnage porte sur 4 grands magasins et 2 petits magasins. La période étudiée s'étend du 01/06/2009 au 31/05/2010

Grands magasins de stockages :

Les valeurs de consigne reportées sur les graphiques sont les valeurs définies par la maîtrise d'ouvrage.

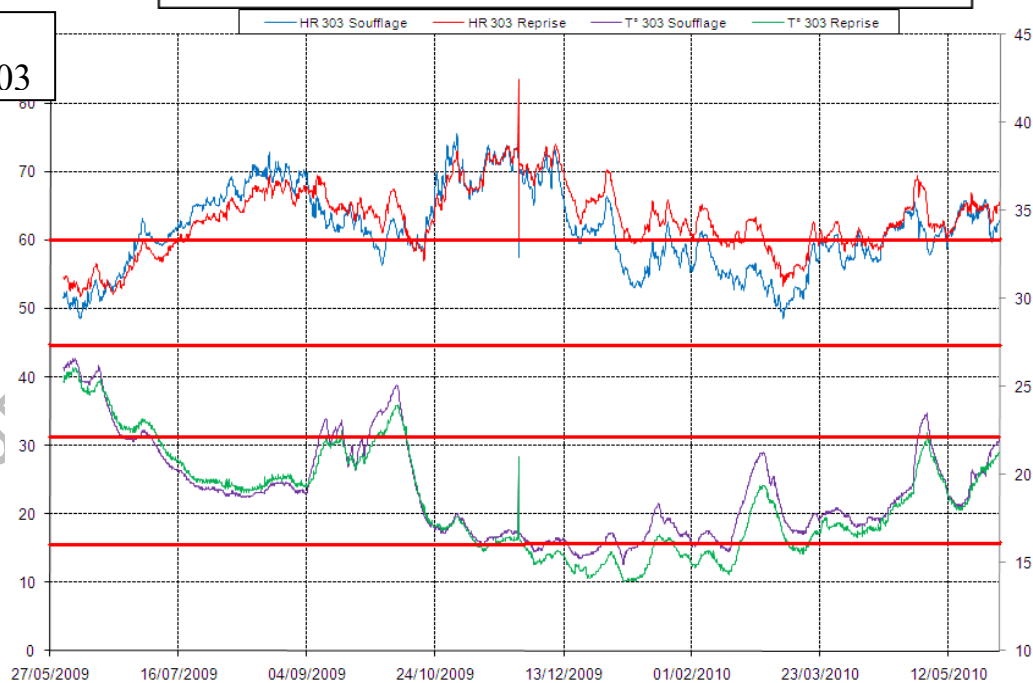
L'analyse porte sur la capacité du système à satisfaire à ces paramètres et non sur la pertinence de ceux-ci.

LOCAL 101

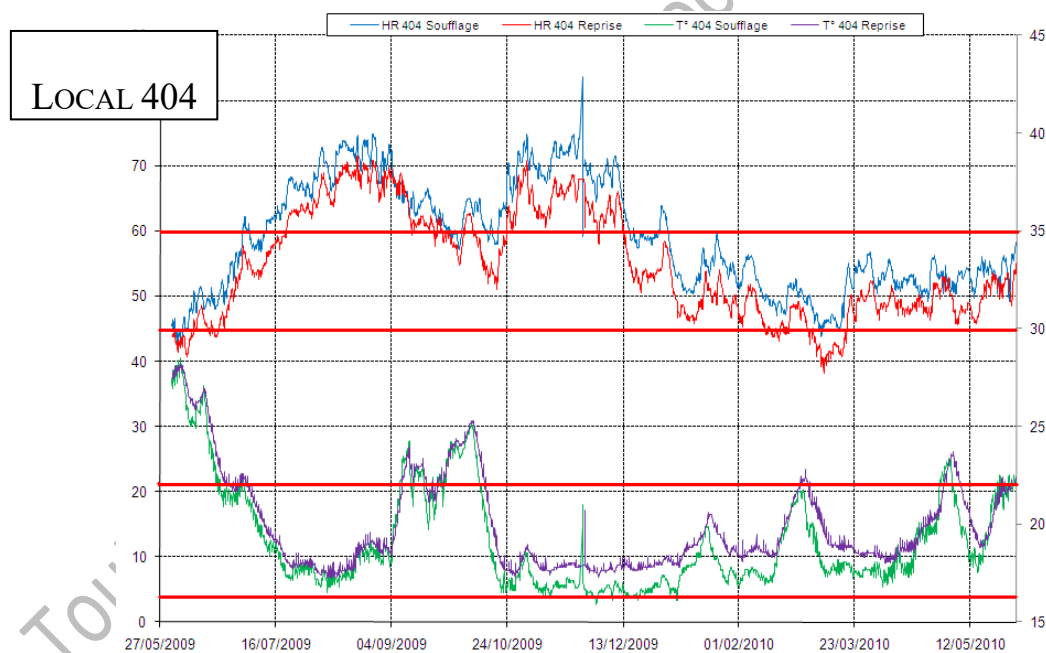
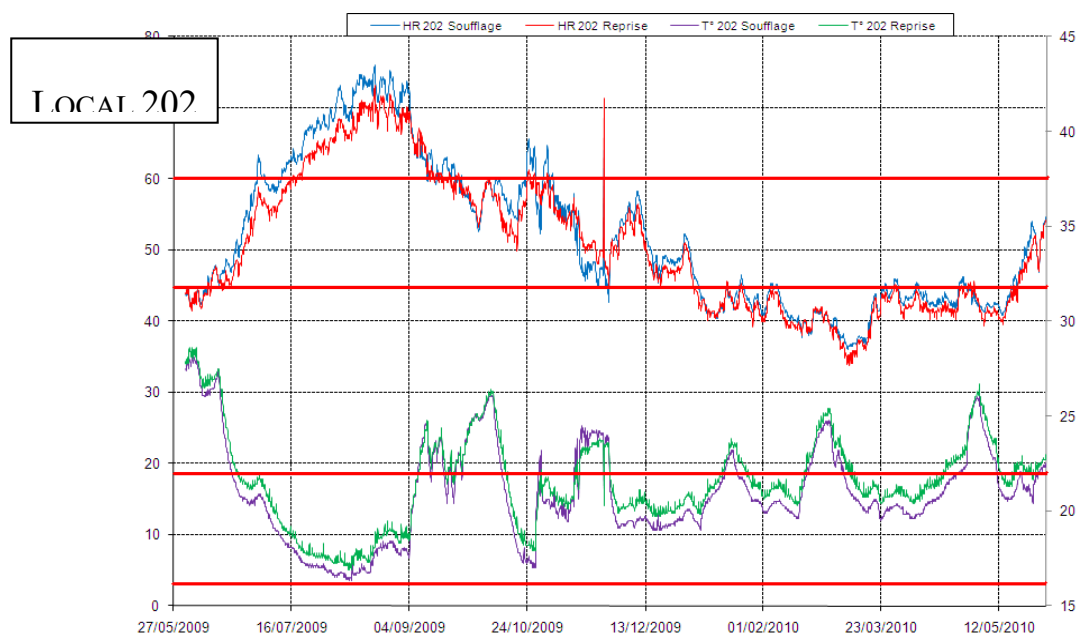


La température maximale atteinte est de 27.4 °C en avril 2010
 La température minimale atteinte est de 16 °C en janvier 2010
 L'hygrométrie maximale atteinte est de 71 %
 L'hygrométrie minimale atteinte est de 36 %
 La moyenne des températures sur un an est de 21 °C
 La moyenne de l'hygrométrie sur un an est de 55 %

LOCAL 303



La température maximale atteinte est de 27 °C en juin 2009
 La température minimale atteinte est de 14 °C en janvier 2010
 L'hygrométrie maximale atteinte est de 84 %
 L'hygrométrie minimale atteinte est de 48 %
 La moyenne des températures sur un an est de 19 °C
 La moyenne de l'hygrométrie sur un an est de 63 %



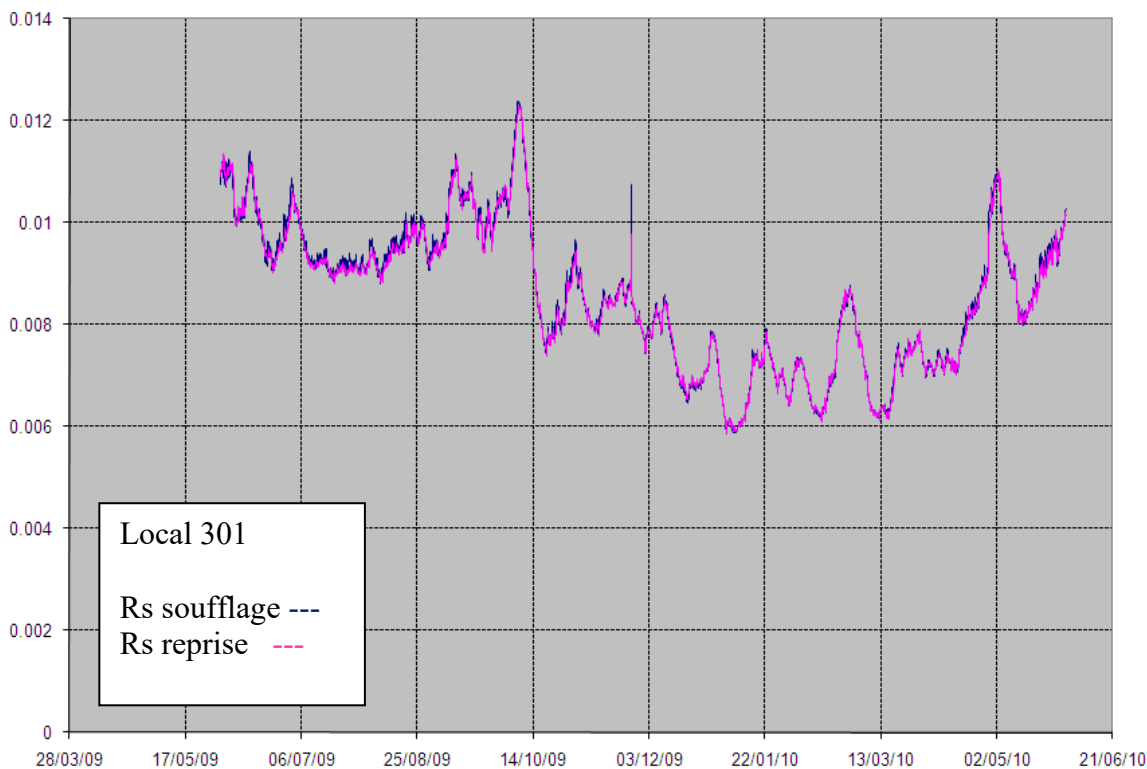
Commentaire :

On remarque que l'allure générale des courbes est sensiblement identique et que les variations les plus brutales se sont produites aux mêmes périodes et ce, malgré le fait que l'air soit traité par différents systèmes indépendants.

Les consignes de température sont mieux respectées que les consignes hygrométriques (ce phénomène sera analysé dans les paragraphes suivants).

Les pics en température et hygrométrie sont certainement liés à des événements sur les équipements (panne de chaufferie, de groupe de production d'eau glacée, modification d'un réglage ...).

Variation de l'humidité spécifique :



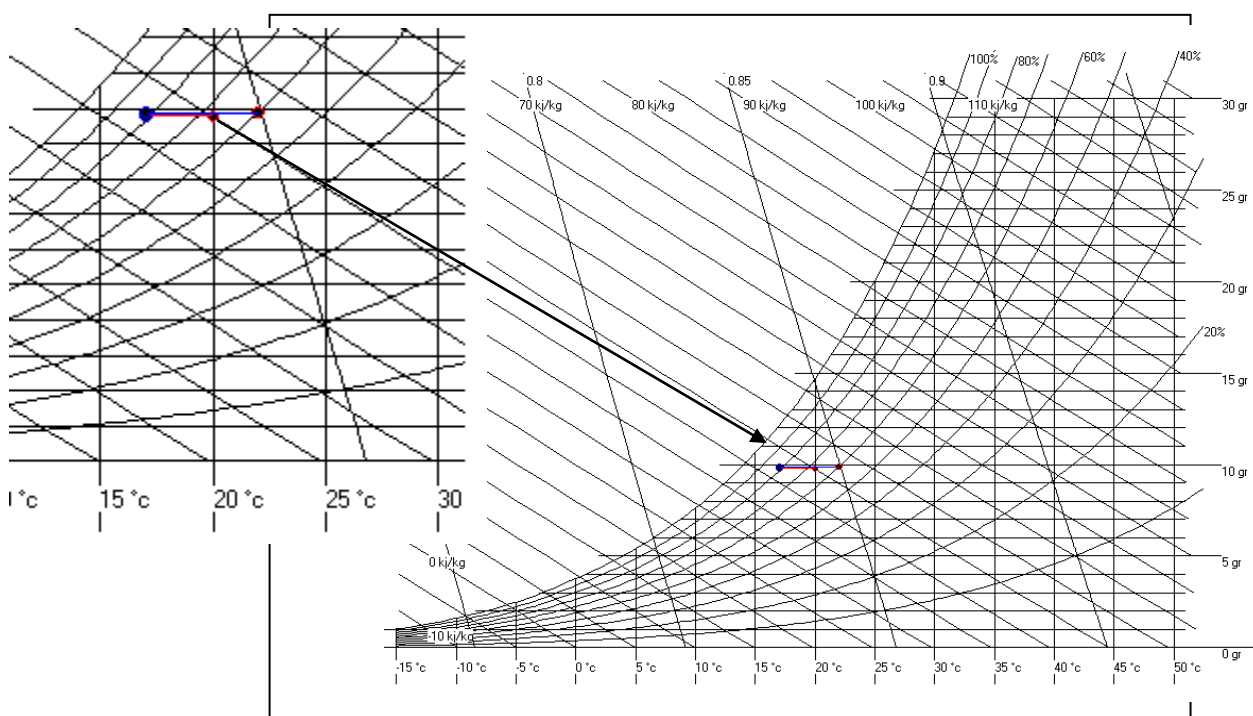
Ces courbes représentent la variation de l'humidité spécifique entre le soufflage et la reprise. C'est à dire l'évolution de la masse d'eau (en kg/m^3 d'air sec) dans le local. On note que cette évolution est très faible quelle que soit la période de l'année. L'air ne condense donc pas à l'intérieur des locaux.

Exemple : (diagramme de l'air humide).

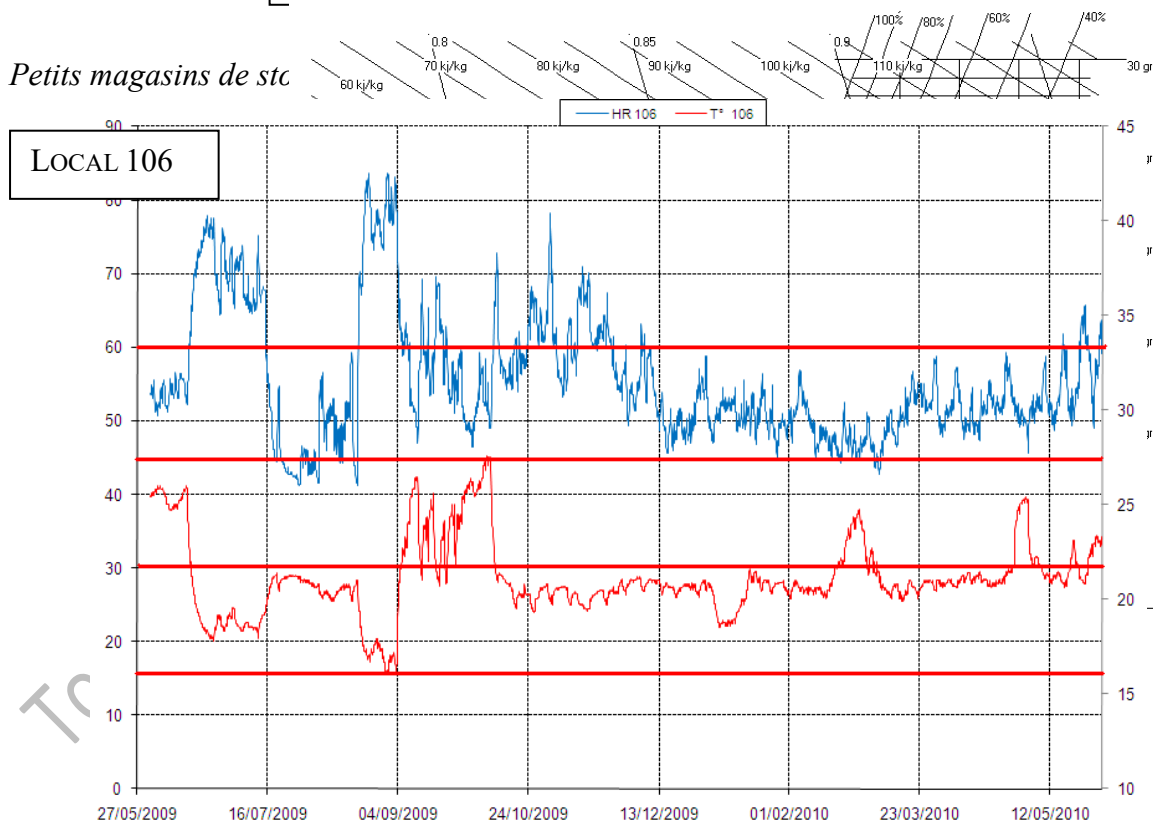
Avec un air à la reprise de 22°C et une hygrométrie de 60% (max autorisé)

Si la centrale refroidit l'air (sans déshumidification – de 22 à 17°C -) l'air en sortie de la centrale aura une hygrométrie relative de 82%

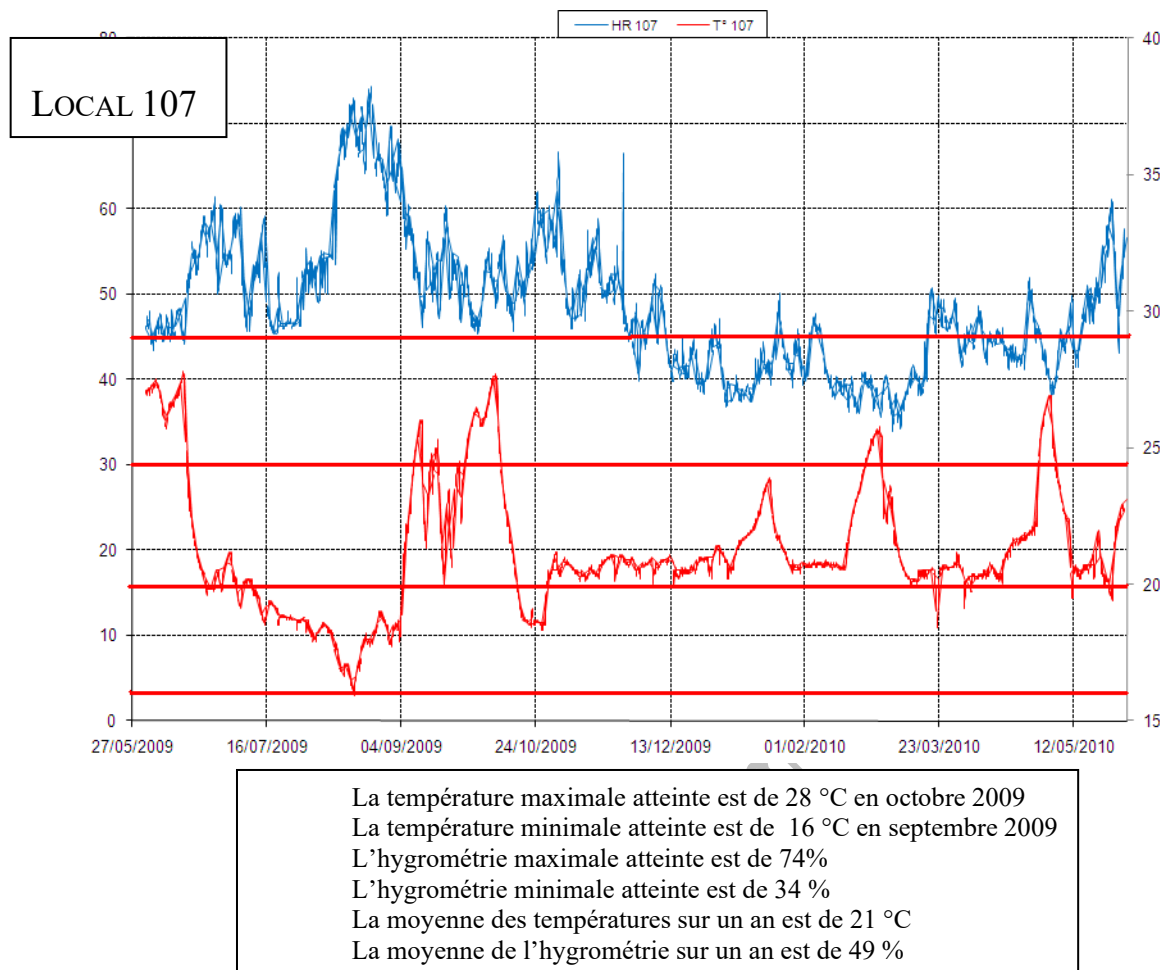
L'air est ensuite chauffée jusqu'à 20°C (consigne régulateur batterie terminale) sont hygrométrie relative sera alors de 67°C.



Petits magasins de stc



La température maximale atteinte est de 28 °C en octobre 2009
 La température minimale atteinte est de 16 °C en septembre 2009
 L'hygrométrie maximale atteinte est de 84%
 L'hygrométrie minimale atteinte est de 41 %
 La moyenne des températures sur un an est de 21 °C
 La moyenne de l'hygrométrie sur un an est de 56 %



On remarque que, comme pour les grands magasins, les petits magasins sont sujets aux mêmes variations brutales aux mêmes périodes.

Les valeurs de consigne du local 106 sont respectées.

Les valeurs de consigne du local 107 sont, la plupart du temps, aux dessus de la consigne, ainsi que les moyennes annuelles.

Ces deux locaux étant traités par des systèmes différents, aucun parallèle ne peut être fait. En revanche le système de traitement d'air du local 107 pourrait absorber cette hygrométrie si son déshydrateur était en état de marche.

II-4 ANALYSE DES ENREGISTREMENTS DU 20 AVRIL AU 20 MAI 2010.

Les considérations générales faites précédemment nous ont conduites à examiner le comportement climatique de certains magasins et salles sur une période d'un mois. En prenant en compte ; les mesures d'humidité et de température, les paramètres de référence qui seront définis dans le § II-4-2, les caractéristiques du bâtiment et le climat extérieur, l'analyse du climat nous permettra d'émettre certaines hypothèses sur les relations qui s'établissent entre le bâtiment, le système de traitement de l'air et la biocontamination. Nos conclusions nous permettront d'affiner le diagnostic.

1-4-1 Positionnement des enregistreurs d'humidité et de température.

Pour rendre compte du comportement hydrique du flux d'air, chaque salle est équipée de deux enregistreurs thermo hygrométriques, l'un au niveau de la bouche de soufflage, l'autre au niveau de la bouche d'aspiration. L'ensemble forme un réseau de 12 enregistreurs autonomes de type TESTO 175 H1 dotés d'un capteur de température sèche et d'un capteur capacitif pour l'humidité relative (réf. annexe).

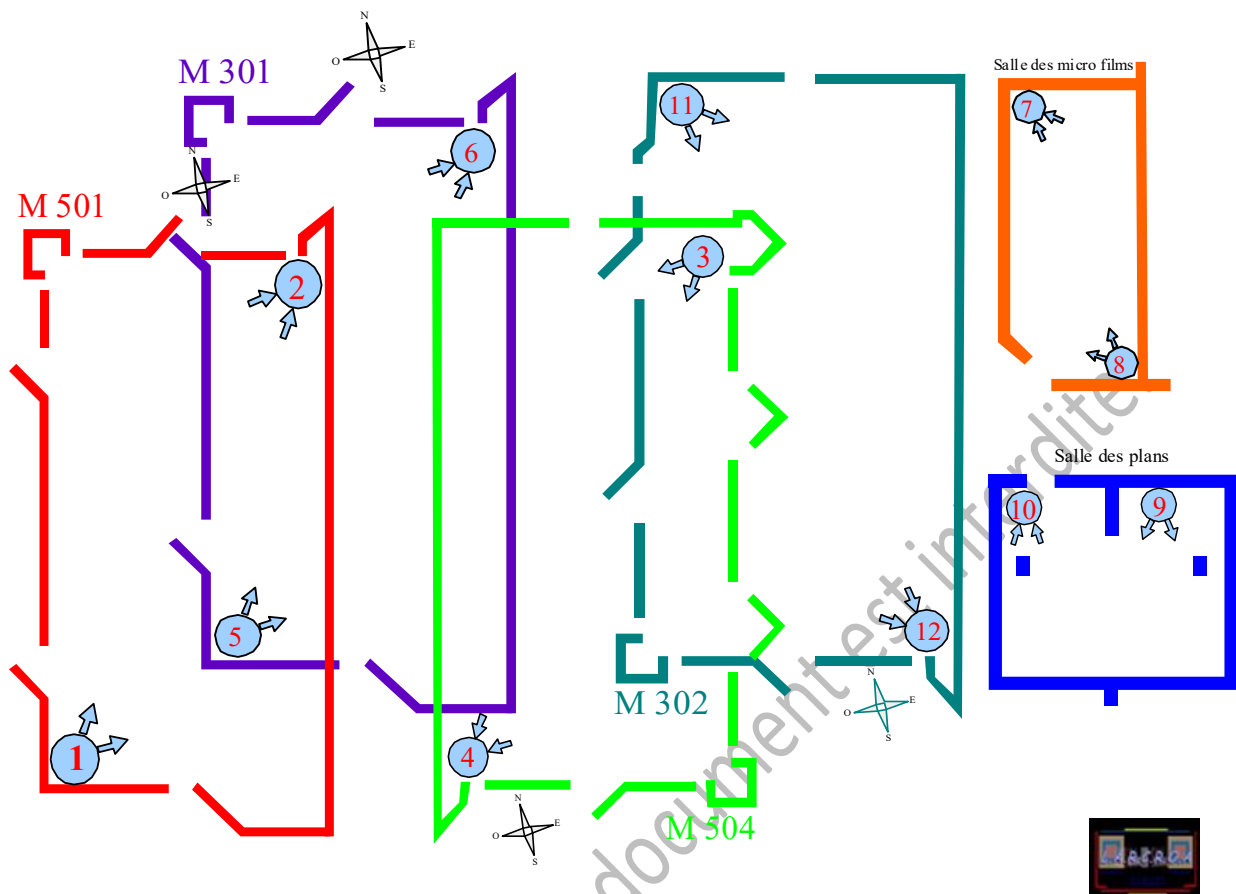


Figure 4 : Enregistreurs positionnés sur une bouche de soufflage et d'aspiration

E1S	501	h = 1,67 m, bouche de soufflage
E2A	501	h = 1,77 m, bouche d'aspiration
E3S	504 (salle référence)	h = 1,50 m, bouche de soufflage,
E4A	504 (salle référence)	h = 1,76 m, bouche d'aspiration
E5S	301	h = 1,6 m, bouche de soufflage
E6A	301	h = 1,77 m, bouche d'aspiration
E7S	Salle micro films	h = 1,78 m, bouche de soufflage
E8A	Salle micro films	h = 1,72 m, bouche d'aspiration
E9S	Salle des plans	h = 1,90 m, bouche de soufflage
E10A	Salle des plans	h = 1,90 m, bouche d'aspiration
E11S	302	h = 1,65 m, bouche de soufflage
E12A	302	h = 1,77 m, bouche d'aspiration

L'homogénéité de mesures des enregistreurs a été vérifiée en usine. Les écarts constatés sont inférieurs aux tolérances du fabricant et aucune correction n'a besoin d'être effectuées sur les mesures brutes.

Les enregistreurs TESTO 175 H1 ont été mis en place le 19 avril 2010 et programmés pour un départ à 15 h de ce même jour. La cadence des mesures est de 30 minutes ce qui fait 2880 mesures d'humidité et de température par enregistreur pour une durée d'un mois. La campagne de mesures s'achève le 20 mai à 15 h. Ils sont positionnés dans les magasins selon les schémas suivants :



II-4-2 Paramètres de référence

La conservation des archives impose des conditions climatiques rigoureuses. Certains matériaux conservés nécessitent des conditions différentes et se trouvent isolés dans des chambres de stockage spéciales.

Pour les papiers reliés, les archives conservées en boîtes, les journaux, les revues etc..... le Conseil Canadien des Archives recommande un taux d'humidité compris entre 40 à 45 % pour une température de 18° C. En Grande-Bretagne le taux d'humidité ne doit pas dépasser 40 % pour une température de 18 °C. Aux États-Unis l'Institut Américain pour la Norme recommande un taux d'humidité de 25 à 30 % pour une température comprise entre 7°C et 18°C. La Bibliothèque nationale qui est notre modèle en la matière recommande pour le stockage en magasins les conditions suivantes : une humidité relative de 55 % $\pm$ 5 % pour une température 18 °C $\pm$ 1°C. En ce qui concerne des documents rares, précieux et fragiles, l'humidité recommandée est de 40 % $\pm$ 5 % pour une température de 18 °C $\pm$ 1°C.

La conservation des documents photographiques nécessite elle aussi des conditions de conservation spécifique. Pour les documents en noir et blanc l'humidité doit être de 35 % $\pm$ 5 % pour une température 12 °C $\pm$ 1°C. Pour les photos couleurs l'humidité est de 35 % $\pm$ 5 % pour une température de 5 °C $\pm$ 1°C.

Nous connaissons les difficultés pour maintenir les réserves d'un bâtiment à une température stricte avec un écart de $\pm 1^\circ\text{C}$ et c'est pour cette raison que nous choisissons une tolérance de $\pm 2^\circ\text{C}$. ***Nous retiendrons donc les valeurs de référence ou Critères Climatiques de Conservation (CCC) :***

Humidité relative de 55% $\pm$ 5°C	(50% < HR < 60%)
Température sèche de 18°C $\pm$ 2°C	(16°C < T < 20°C)

Nous avons représenté sur le graphe la position de la zone de tolérance humidité/température et la courbe d'apparition de l'*Aspergillus versicolor* [Hens 2000] qui est représentative du développement d'un certain nombre de microorganismes.

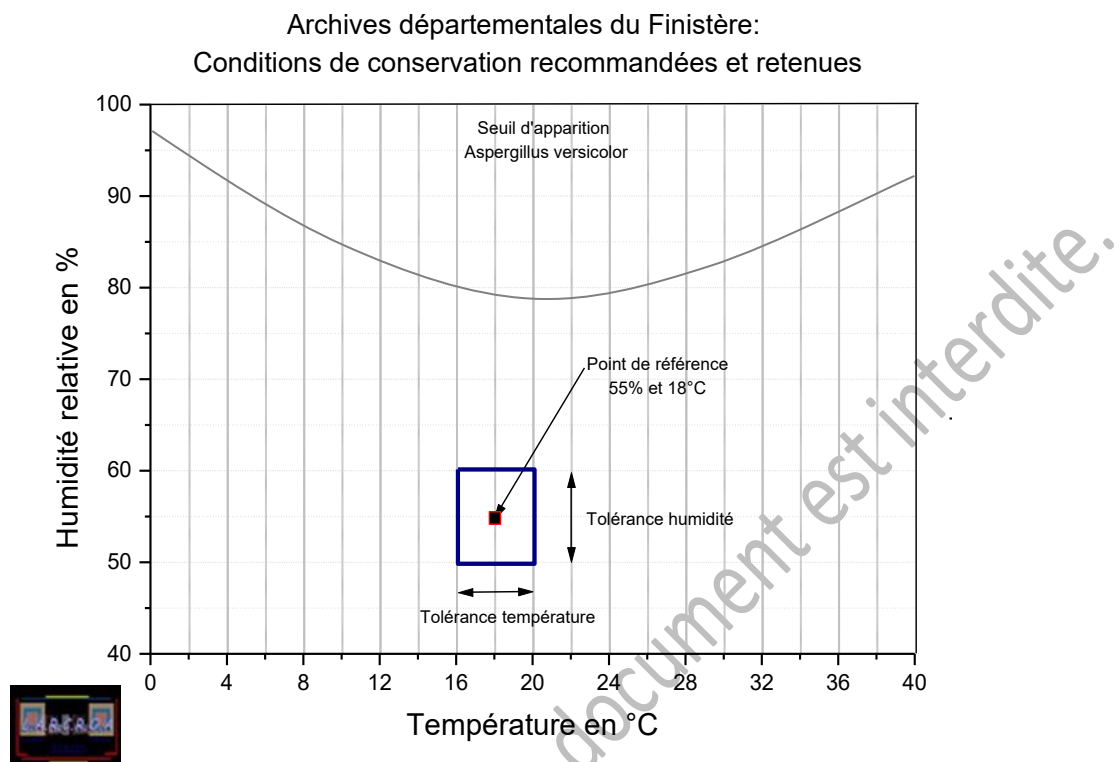


Figure 5 : Positionnement de la valeur de référence avec sa zone de tolérance et la courbe apparition de l'*Aspergillus versicolor*

C'est en fonction de ces paramètres de référence que l'analyse climatique va être menée. La cellulose (lignine et dérivés) est le principal matériau constitutif des archives en terme de masse et de volume. Elle n'est pas seulement un support idéal pour le développement des micro-organismes, mais c'est aussi un matériau hydrophile, sensible aux variations d'humidité et de température pouvant entraîner dans le temps des mécanismes de dégradation mécanique du papier. Sans atteindre les valeurs qui déclenchent l'éclosion des micro-organismes, aux fortes humidité et température, la cellulose est aussi chimiquement dégradabile.

II-4-3 Valeurs statistiques

Nous avons retenu pour l'analyse des résultats les valeurs statistiques suivantes :

- Les minima, Mini
- Les maxima Maxi
- La moyenne, Moy

L'écart type, σ : représente la dispersion des points autour d'une moyenne. Dans un ensemble de mesure on trouve 68% des valeurs comprises entre $\pm \sigma$ et 95% des valeurs pour une fourchette de $\pm 2\sigma$. □

II-4-4 Analyse des données du climat extérieur

Les données ont été relevées par la station de Quimper (29) pour la période de 20/04/2010 au 20/05/2010 et fournies par Météo Consult. Elles sont enregistrées toutes les 3 heures c'est-à-dire 8 mesures par 24 heures. Elles concernent :

- les précipitations en mm
- la vitesse maximum du vent ou rafale en km/h
- les pressions atmosphériques en hPa
- les températures sous abri °C
- les humidités relatives %

Précipitations :

Date	heure	quantité
25 avril	00 h	0.4 mm
30 avril	12 h	0.2 mm
01 mai	06 h	0.2 mm
	18 h	0.2 mm
08 mai	18 h	0.2 mm
10 mai	18 h	0.2 mm
	21 h	0.4 mm
15 mai	06 h	0.2 mm
16 mai	18 h	0.4 mm

Le nombre de jours de précipitation est de 7 sur 30 jours d'enregistrement. La moyenne est de 0,26 mm. On peut considérer que cette période est faiblement arrosée.

Vitesse du vent

	Nb de J	Moyenne
Vitesse < 10 km/h	14	5,78 km/h
10 < vitesse < 20 km/h	39	11,39 km/h
20 < vitesse < 30 km/h	37	23,62 km/h
30 < vitesse < 40 km/h	56	32,6 km/h
vitesse > 40 km/h	26	46,7 km/h

Pendant la période du 20 avril au 20 mai aucune tempête n'a été enregistrée, les bourrasques les plus fortes sont enregistrées dans la journée du 4 mai avec une pointe de 72 km/h à 9 h du matin.

Humidité relative et température

Les données enregistrées ont été pointées sur le graphe à double ordonnée, fig.7. Les valeurs statistiques : maxima, minima, moyenne, écart type et variation maximale ont été calculées

Archives départementales Finistère
Climat extérieur: Période 20 avril-20mai 2010

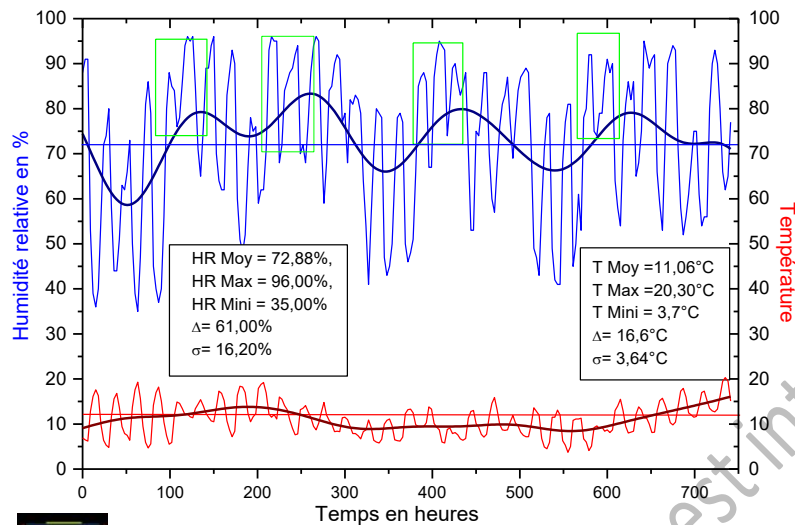


Figure 6 : Climat extérieur

L'humidité moyenne est de 72,88 % avec un maximum de 96% et un minimum de 35%. La variation maximale est de $\Delta = 61\%$. On peut considérer que les conditions hydriques extérieures au bâtiment des Archives sont élevées malgré les faibles précipitations enregistrées. N'oublions pas que la ville de Quimper est située à environ 20 km du littoral et qu'elle bénéficie d'un climat océanique. Les écarts d'humidité constatés quotidiennement correspondent à des variations diurnes et nocturnes où l'humidité la plus élevée se situe vers minuit et décroît jusqu'à un minimum vers midi.

La température moyenne est de 11,6°C avec un maximum de 20,3°C et un minimum de 3,7°C. La variation maximale est de $\Delta = 16,6^\circ\text{C}$. On observe les mêmes variations diurnes et nocturnes.

En s'aidant d'un lissage par un filtre FFT (Fast Fourier Transform- 30 points) pour atténuer les variations quotidiennes, on met en évidence quatre sous-périodes présentant des moyennes plus humides :

- 1- Période du 23 au 25 avril
- 2- Période du 28 au 30 avril
- 3- Période du 6 au 8 mai
- 4- Période du 13 au 15 mai.

Les écarts de températures étant plus faibles ne permettent pas de subdiviser la campagne d'enregistrements en périodes.

II-4-5 Analyse des données d'HR et de T des salles étudiées.

Considérations générales sur les moyennes HR et de T

Humidités relatives:

Par rapport aux valeurs de référence choisies, seuls les enregistreurs E1 (501), E5, E6 (301) ont des valeurs moyennes proches de 55% (valeur de référence). Les enregistreurs E3 (504) et E7 (microfilm) ont des valeurs moyennes qui se trouve à la limite de la zone de tolérance. Les

autres se situent en dehors de cette zone à des humidités inférieures à 50% à l'exception de E2 (501).

Ecart types HR:

Lorsque $\sigma < 2\%$, les valeurs s'écartent assez peu de la moyenne. Les écarts d'humidité sont limités. C'est le cas pour les enregistreurs E2 (501), E5 et E6 (301), E12 (302). Lorsque $\sigma > 3\%$, la dispersion des valeurs autour de la moyenne étant plus importante nous autorise à dire que le climat est moins stable. C'est vrai pour les enregistreurs E9 et E10 (Plans), E11 (302).

Températures :

Seuls les enregistrements des valeurs de E1, E2 (501) et E4 (504) ont des moyennes qui se trouvent à l'intérieur ou à la limite de la zone de tolérance.

Ecart type T :

D'une manière générale, en température, les écarts types sont inférieurs à 2. La dispersion des points est moins étendue. Les seuls enregistrements qui présentent des $\sigma > 2$ sont E9 et E10 (Plans) et E11 (302).

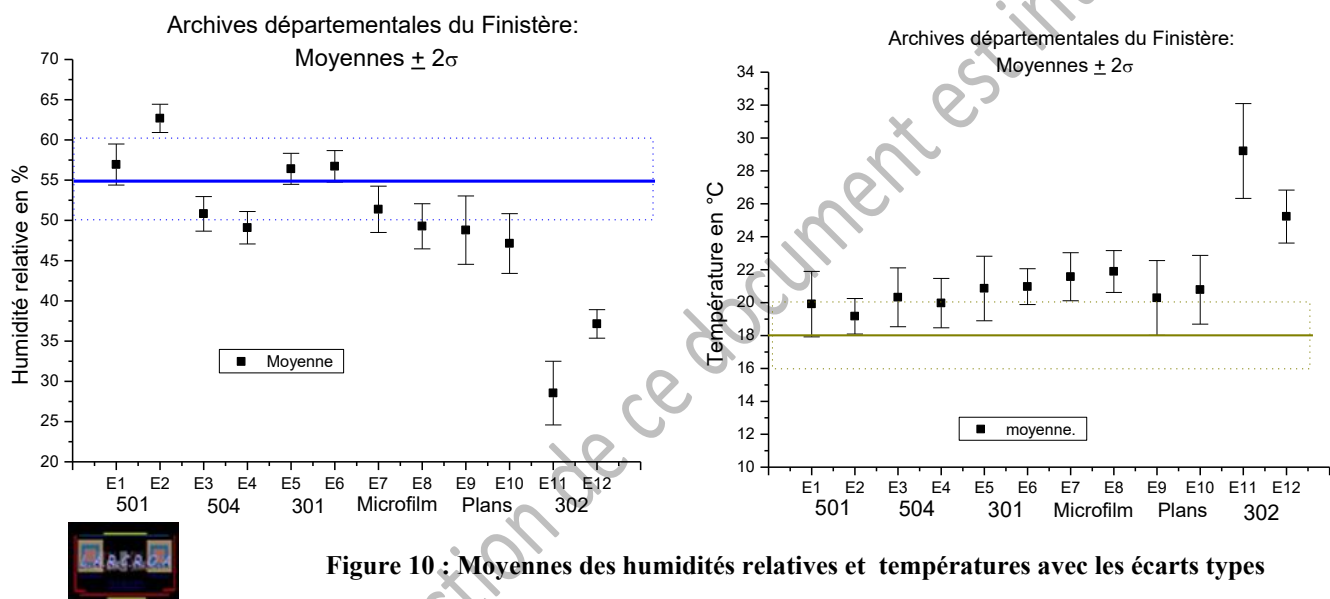


Figure 10 : Moyennes des humidités relatives et températures avec les écarts types

Ces deux graphes traduisent d'une part une absence d'homogénéité et une instabilité du climat d'un magasin à l'autre et d'autre part un manque de maîtrise des conditions climatiques des salles par rapport aux conditions de référence avec une aggravation des conditions pour la salle 302 située au Sud Ouest. D'une manière générale l'humidité est plus faible qu'elle ne devrait l'être et la température plus élevée.

Le suivi climatique pendant la période du 29 avril au 29 mai 2010 a permis une analyse détaillée des échanges hydriques et thermiques des six salles instrumentées. Les consignes données aux centrales de traitement de l'air sont pour les grands magasins pairs et impairs et les salles 106 et 206 de $45\% < HR < 60\%$, $16^\circ\text{C} < T < 22^\circ\text{C}$. Pour les salles 107 et 207 elles sont de : $30\% < HR < 45\%$, $16^\circ\text{C} < T < 20^\circ\text{C}$. Rappelons que les critères climatiques de conservation recommandés sont pour les papiers - $50\% < HR < 60\%$, $16^\circ\text{C} < T < 20^\circ\text{C}$ - et pour les photos en noir et blanc sont - $30\% < HR < 40\%$, $11^\circ\text{C} < T < 13^\circ\text{C}$ -

Les consignes attribuées aux CTA sont donc beaucoup plus larges et intègrent de cette façon d'avantage les fluctuations d'humidité et de température sans agir sur la régulation. La surface d'intégration des consignes attribuées est le double de la surface des consignes recommandées.

Etude des magasins

○ Magasin de référence 504, (niveau 5, SE)

	E3 S	E4 A	E3-E4
Moyenne HR %	50,82	49,09	1,73
σ HR %	2,15	2,01	
HR max %	55,5	53,7	1,8
HR mini %	45	44,6	0,4
Ecart maximum HR %	10,5	9,1	
Moyenne T °C	20,32	19,97	0,35
σ T °C	1,79	1,5	
T max °C	24,1	23	1,1
T mini °C	17,7	17,6	0,1
Ecart maximum T °C	6,4	5,4	
Respect CCC en %	55,5	36,6	
Respect consignes imposées %	82,0	85,63	

Caractéristiques climatiques.

Cette salle n'est pas épargnée par des problèmes d'isolation et d'étanchéité mais son orientation Sud/est la protège davantage des intempéries. Les conditions climatiques qui règnent dans ce magasin sont :

- du point de vue de HR : Les valeurs moyennes des deux enregistreurs sont encore assez représentatives elles se situent en limite inférieure de la zone de tolérance. L'humidité moyenne décroît de 1,73% ce qui correspond à une dégradation de l'humidité relative.

- du point de vue des températures : les valeurs moyennes sont parfaitement représentatives mais elles sont en limite supérieure de la zone de tolérance. L'écart de température moyenne entre ces deux points de mesure est de 0,35°C ce qui témoigne d'une bonne régulation de la température.

Pour évaluer la qualité climatique de cette salle au cours de la période de mesures (20 avril au 20 mai 2010), nous avons calculé les pourcentages de couples de valeurs HR/T répondant aux critères de conservation (zone bleue) et les consignes imposées (zone rouge) sont représentés par les deux graphes suivants :

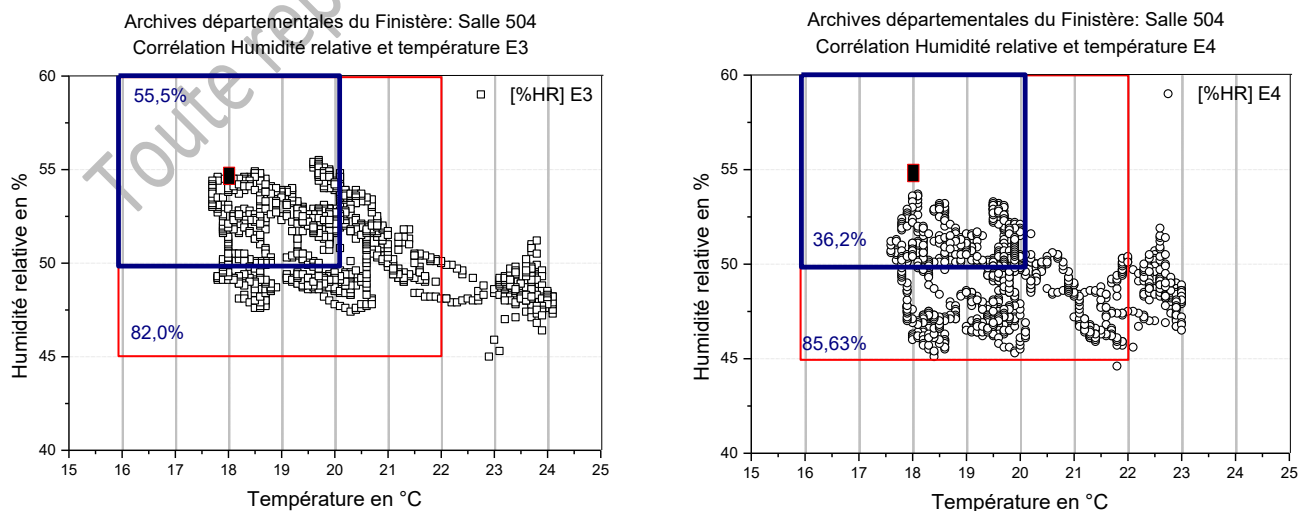


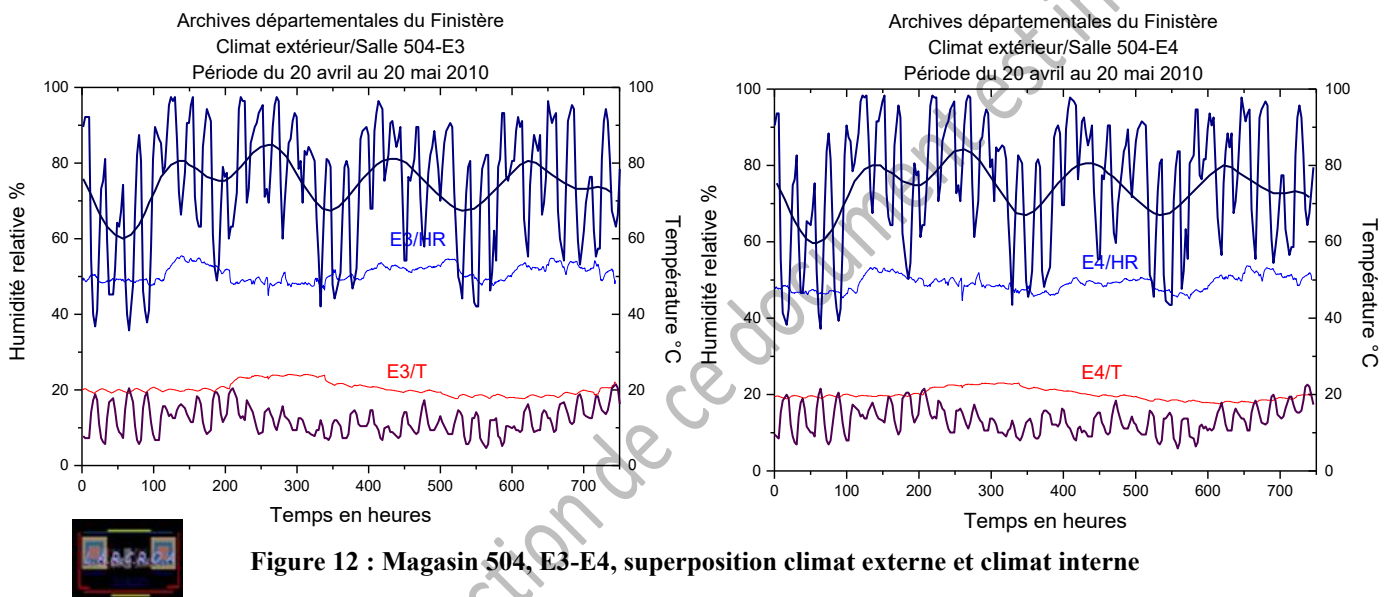
Figure 11 : corrélation humidité et température des enregistreurs E3 et E4

E3 situé sur la bouche de soufflage d'air enregistre plus de 55% des couples de valeurs correspondant aux critères de conservation. E4 situé à l'autre extrémité du magasin sur l'un des deux bouches d'aspiration de l'air n'enregistre plus que 36%. Donc le flux d'air qui se déplace d'un point à l'autre du magasin se trouve légèrement modifié.

Tous les points de mesure sont également en dehors du seuil de contamination des espèces microbiologiques.

Comportement du climat vis-à-vis des facteurs externes.

Le lissage des variations hygrométriques nous sert de référence pour établir la corrélation entre le climat extérieur et intérieur. Nous avons sur ce graphique l'humidité (gris bleu) et la température (violet) externes puis l'humidité (bleu) et la température (rouge) du magasin étudié.



Humidités relatives : Le parallélisme entre les fréquences des périodes humides 1, 3, 4 du climat extérieur et les fluctuations du climat intérieur enregistré par les deux capteurs témoignent d'une probable influence des conditions externes sur les conditions internes des deux enregistreurs positionnés en entrée et sortie de l'air traité.

L'humidité relative (ψ) est reliée à la température par la relation :

$$\psi = \frac{x}{x_s}$$

où le degré de saturation x_s varie avec la température. Lorsque que la température décroît l'humidité relative augmente et inversement.

Températures : La température moyenne est de l'ordre de 20°C. Pendant la période s'étalant du 29 avril au 3 mai elle s'élève de quelques degrés pour les deux enregistreurs E3 et E4 alors qu'à l'extérieur on enregistre une chute de température. Cette élévation de température est due à un apport de chaleur. Conjointement à cette augmentation de température, l'humidité de la salle diminue ce qui vérifie la relation précédente. Du 20 avril au 28 avril puis du 4 au 20 mai, il n'y a plus de corrélation HR/T. On peut considérer que le climat de ce magasin, où l'air est relativement sec et tempéré, est homogène du point de vue température et répond en parti aux critères de qualité demandé dans le cadre d'une bonne conservation des archives.

- Magasin 501, (niveau 5, NO)
-

	E1 S	E2 A	E1-E2
Moyenne HR %	56,94	62,68	-5,74
σ HR %	2,55	1,75	
HR max %	61	66,6	-5,6
HR mini %	47,4	59,7	-12,3
Ecart maximum HR %	13,6	6,9	
Moyenne T °C	19,91	19,17	0,74
σ T °C	1,99	1,08	
T max °C	24,3	21,2	3,2
T mini °C	16,9	17,5	1,6
Ecart maximum T °C	7,4	3,7	
Respect CCC en %	69	2,6	
Respect consignes imposées %	82,0	2,6	

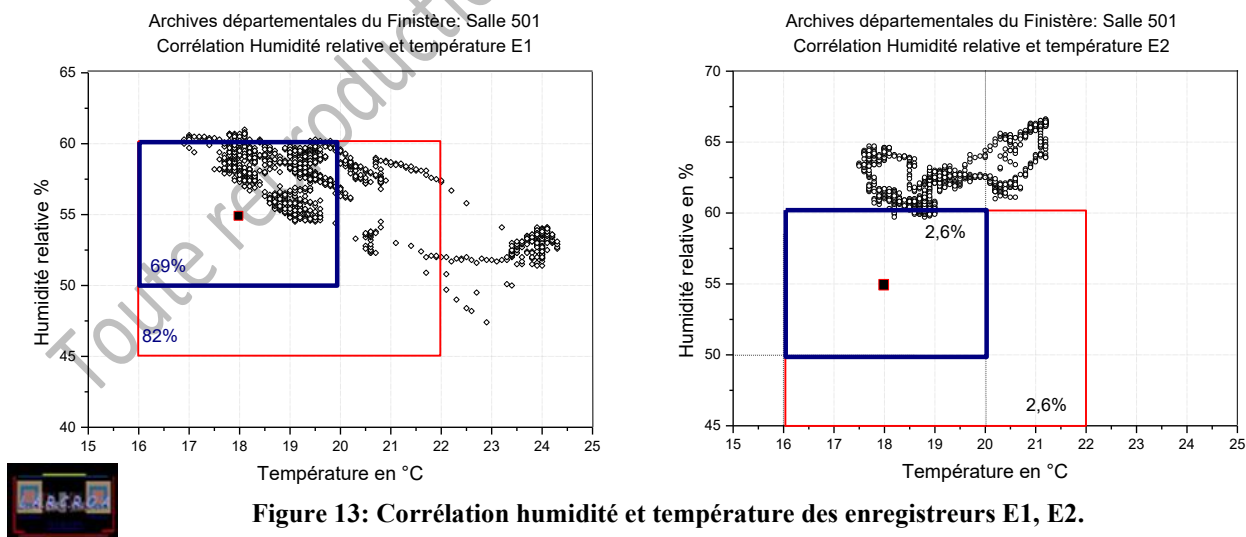
Caractéristiques climatiques.

Cette salle est orientée Nord/Ouest et subit davantage les intempéries dominantes. Les conditions climatiques qui règnent dans ce magasin sont :

- du point de vue de HR : Les valeurs moyennes des deux enregistreurs se trouvent en dehors de la zone de tolérance. L'écart d'humidité relative moyenne entre E1 et E2 est de 5,74% et correspond à une dégradation des conditions d'humidité relative et un manque de régulation de l'humidité.

- du point de vue des températures : les valeurs moyennes sont représentatives ($\sigma < 2$) mais elles sont en limite supérieure de la zone de tolérance. L'écart de température entre les deux enregistreurs est inférieur au °C, ce qui témoigne d'une assez bonne régulation de la température.

Les pourcentages de couples de valeurs répondant aux critères de conservation (zone bleue) et les consignes imposées (zone rouge) sont représentés par deux graphes suivants :



E1 situé sur la bouche de soufflage d'air enregistre 69% de couples de valeurs HR/T correspondant aux critères de conservation et E2 situé à l'autre extrémité du magasin sur l'un des deux bouches d'aspiration de l'air n'enregistre plus que 2,6%. Le flux d'air qui se déplace d'un point à l'autre du magasin a subi une forte modification et les conditions de conservation se sont fortement dégradées. Les raisons de cette dégradation sont liées à un apport hydrique.

Néanmoins tous les points de mesure restent en dehors du seuil de contamination des espèces microbiologiques.

Comportement du climat vis-à-vis des facteurs externes.

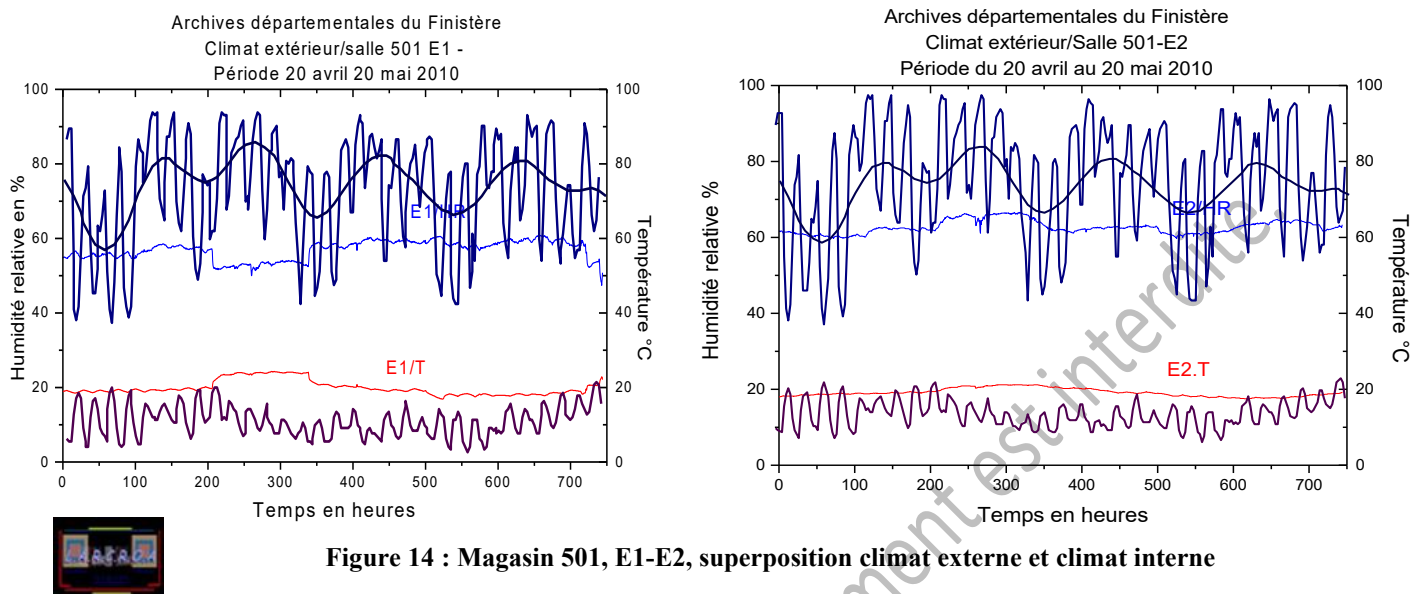


Figure 14 : Magasin 501, E1-E2, superposition climat externe et climat interne

Humidités relatives : Les valeurs d'humidité relative de l'enregistreur E1 (entrée d'air) présentent 3 périodes bien marquées :

- du 20 au 28 avril ; moyenne partielle de 56%
- du 28 avril au 4 mai ; moyenne partielle 53%
- du 4 au 20 mai ; moyenne partielle 58%

et semblent indépendantes des fluctuations du climat extérieur. Par contre les valeurs de l'enregistreur E2 (sortie d'air) sont plus élevées (moyenne 62,68%), plus régulières et semblent soumises à l'influence du climat extérieur.

Températures : La température moyenne est de l'ordre de 19°C. Les variations de températures de cette salle ne semblent pas soumises aux fluctuations de la température externe. Elles sont moins marquées pour les valeurs en sortie d'air.

La corrélation température/humidité est assez évidente pour l'enregistreur E1, elle ne l'est plus pour E2.

On peut considérer que le climat à l'intérieur de ce magasin n'est pas homogène. En entrée d'air, les valeurs d'humidité relative et de température respectent à 69% les critères de conservation des archives mais le flux d'air en se déplaçant vers les sorties d'air se dégrade. Un apport d'humidité est responsable de cette dégradation du climat et elle peut provenir d'un manque d'étanchéité du bâtiment.

A partir de l'expression suivante

$$\psi \times x_s = x$$

on calcule les teneurs en vapeur d'eau moyennes pour E1 et E2.

Teneur en eau E1 : 8,39 g/kg d'air sec

Teneur en eau E2 : 8,97 g/kg d'air sec

soit un apport d'eau venu de l'extérieur de 0,58 g/kg d'air sec.

○ Magasin 301 (niveau 3, NO)

	E5 S	E6 A	E5-E6
Moyenne HR %	56,41	56,72	-0,31
σ HR %	1,93	1,96	
HR max %	59,7	61,6	-1,9
HR mini %	49,8	53,4	-3,6
Ecart maximum HR %	9,9	8,2	
Moyenne T °C	20,86	20,97	-0,11
σ T °C	1,96	1,09	
T max °C	25,2	23,5	1,7
T mini °C	18,2	19,5	-1,3
Ecart maximum T °C	7	4	
Respect CCC en %	42,5	25,3	
Respect consignes imposées %	78,8	77,04	

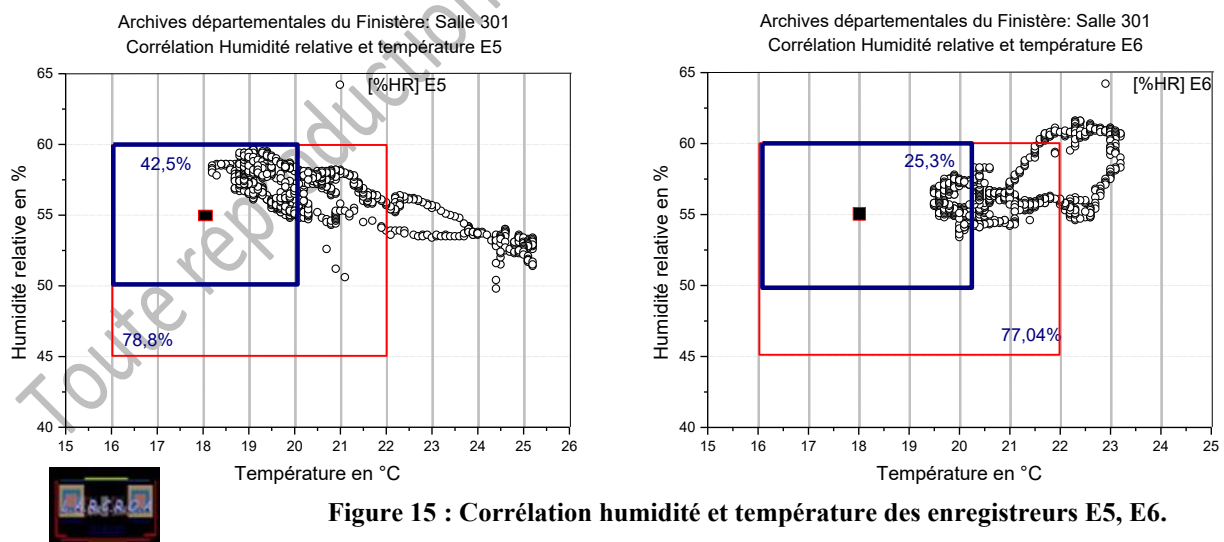
Caractéristiques climatiques.

Cette salle est orientée comme la salle 501 Nord/Ouest mais elle se situe au niveau inférieur. Les conditions climatiques qui règnent dans ce magasin sont :

- du point de vue de HR : Les valeurs moyennes des deux enregistreurs se trouvent dans la zone de tolérance et proche de la valeur idéale 55%. L'écart d'humidités relatives moyennes entre E5 et E6 est de 0,31%. D'amplitude très faible il témoigne d'une bonne régulation de l'humidité du magasin.

- du point de vue des températures : les valeurs moyennes sont en limite supérieure de la zone de tolérance. L'écart de températures entre les deux enregistreurs est 0,11°C, ce qui indique également une bonne régulation de la température.

Les pourcentages de couples de valeurs HR/T répondant aux critères de conservation (zone bleue) et les consignes imposées (zone rouge) sont représentés par deux graphes suivants :



E5, situé sur la bouche d'entrée d'air, enregistre 42,5% des couples de valeurs correspondant aux critères de conservation et E2 situé à l'autre extrémité du magasin sur l'un des deux bouches de sortie l'air n'enregistre plus que 25,3 %. Malgré l'uniformité des valeurs moyennes de l'humidité relative et de la température, on observe une légère dégradation des conditions de conservation durant la traversée du flux d'air. En température les valeurs d'entrée d'air sont légèrement au-dessus de la limite supérieure de tolérance (20,86°C).

L'échauffement de 0,11°C de l'air pendant son parcours est responsable de la dégradation des conditions de conservation.

Tous les couples de valeurs sont également en dehors du seuil de contamination des espèces microbiologiques.

Comportement du climat vis-à-vis des facteurs externes.

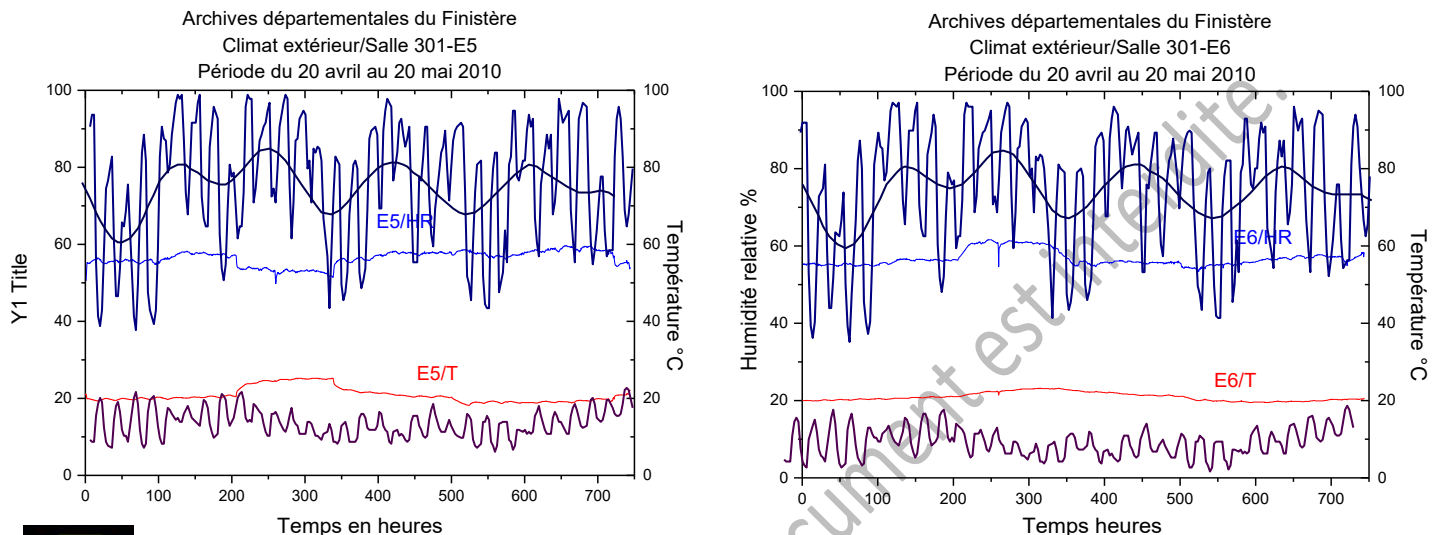


Figure 16 : Magasin 301 : E5-E6, superposition climat externe et climat interne

Humidités relatives : Les valeurs d'humidité relative de l'enregistreur E5 (entrée d'air) présentent également les 3 périodes déjà définies et semblent indépendantes des fluctuations du climat extérieur. Le comportement climatique d'entrée d'air de cette salle est très proche de celle de la 501.

En sortie d'air E6 les valeurs d'humidité suivent la fréquence des trois périodes déjà définies :

- du 20 au 28 avril ; moyenne partielle de 56%
- du 28 avril au 4 mai ; moyenne partielle 53%
- du 4 au 20 mai ; moyenne partielle 57%

L'influence du climat extérieur est assez peu ressentie en entrée d'air et beaucoup plus en sortie.

Températures : Les températures en entrée et sortie d'air sont légèrement supérieures à 20°C. L'élévation de la température d'entrée d'air que l'on observe pendant la période du 28 avril au 4 mai est résorbée pendant la traversée du magasin.

La corrélation HR/T est assez évidente pour l'enregistreur E5, elle ne l'est plus pour E6.

On peut considérer que le climat à l'intérieur de ce magasin est homogène – voir magasin 504. Il n'y a pas d'apport hydrique ou autrement dit pas d'échange avec l'extérieur. La température en arrivée d'air est légèrement au-dessus de la zone de tolérance et le moindre réchauffement de l'air est responsable d'une dégradation des conditions de conservation des archives.

○ Magasin 302, (niveau 3, SO) en cours

.	E11 S	E12 A	E11-E12
Moyenne HR %	28,54	37,14	-8,6
σ HR %	3,96	1,77	
HR max %	45,70	44,1	1,6
HR mini %	23,9	34,8	-10,9
Ecart maximum HR %	21,8	9,3	
Moyenne T °C	29,21	25,23	3,98
σ T °C	3,96	1,77	
T max °C	33,8	28,3	5,5
T mini °C	19,1	21,3	-202
Ecart maximum T °C	17,7	7	
Respect CCC en %	0	0	
Respect consignes imposées %	1,47	0	

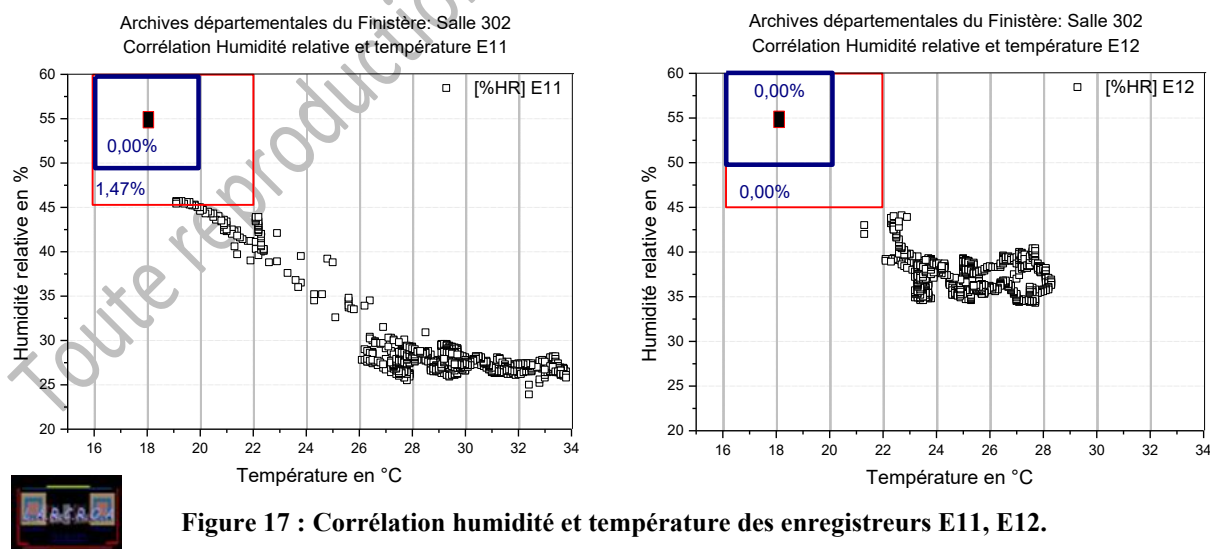
Caractéristiques climatiques.

Cette salle est orientée au Sud/Ouest et elle est exposée aux intempéries dominantes. Les conditions climatiques qui règnent dans ce magasin sont :

- du point de vue de HR : Les valeurs moyennes des deux enregistreurs se trouvent bien en dessous de la zone de tolérance. L'écart d'humidités relatives moyennes entre E11 et E12 est de - 8,6%. Pour E11 la variation maximum entre les extrêmes est de 21,8 %. Cet important écart témoigne d'un manque de régulation de l'air au niveau de sa production..

- du point de vue des températures : les valeurs moyennes sont très au-dessus de la zone de tolérance. L'écart de températures entre les deux enregistreurs est 3,98°C ce qui se traduit un refroidissement de l'air.

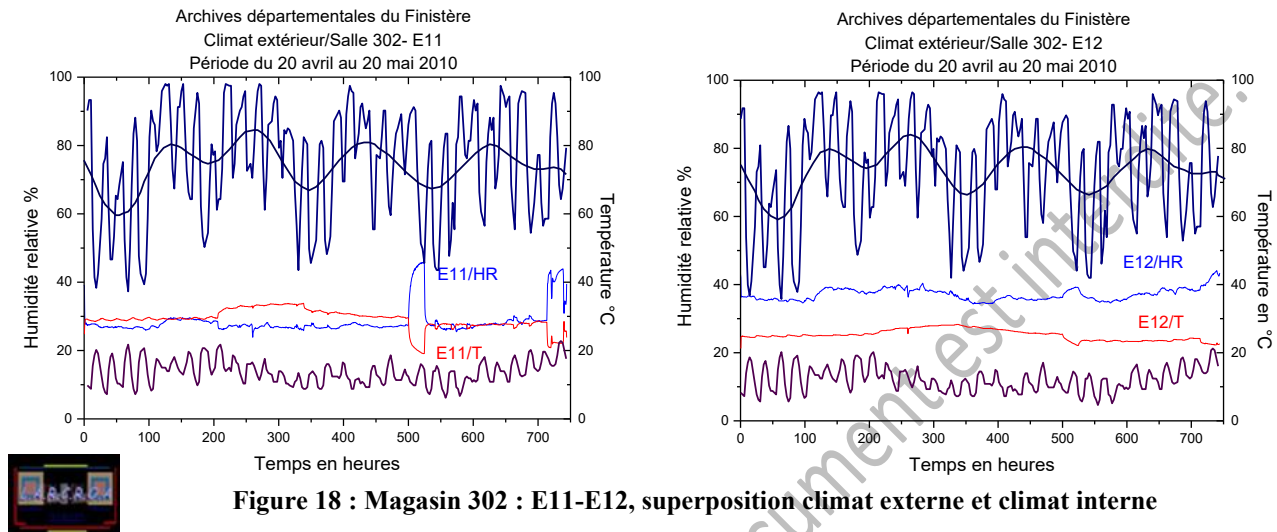
Les pourcentages de couples de valeurs répondant aux critères de conservation (zone bleue) et les consignes imposées (zone rouge) sont représentés par deux graphes suivants :



Pour les deux enregistreurs aucun couple de valeurs ne se situe dans la zone de critères de conservation. Dans les deux cas la température est trop élevée et l'humidité trop faible.

En tout état de cause la température et son degré d'humidité maintiennent des conditions de l'air en dehors du seuil de contamination des espèces microbiologiques.

Comportement du climat vis-à-vis des facteurs externes.



Humidités relatives : Les valeurs d'humidité relative de l'enregistreur E11 (entrée d'air) présentent une période du 20/04/2010 au 10/05/2010 où les valeurs oscillent entre 26 et 29%. La production d'air pendant cette période est sèche mais stable. Les 10 et 11 mai on observe un pic d'humidité allant jusqu'à 45%. La période du 11 au 19 mai retrouve un régime autour de 27% et la campagne d'enregistrement se termine par une seconde augmentation brutale de l'humidité. Ces deux événements climatiques semblent totalement indépendants du climat extérieur et sont dus à des dysfonctionnements. En sortie d'air E12 les fluctuations de l'humidité sont plus marquées, l'air est globalement plus humide. Les deux pics d'humidité sont absorbés.

Températures : Le profil des températures de l'entrée d'air est proche des autres magasins, l'élévation de la température dans la période du 28/04/2010 au 02/05/2010 est récurrente. En revanche au regard du pic d'élévation de l'humidité, on a une chute brutale de la température ce qui confirme bien l'étroite relation température/humidité.

Les conditions d'entrée d'air sont moins bonnes qu'en sortie d'air. Le flux d'air très sec s'est enrichi en humidité et la température s'est abaissée.

○ Salle des microfilms (106) (niveau 1)

	E7 S	E8 A	E7-E8
Moyenne HR %	51,38	49,27	2,11
σ HR %	2,88	2,8	
HR max %	60,2	58,4	1,8
HR mini %	43,6	43,5	0,1
Ecart maximum HR %	16,6	14,9	
Moyenne T °C	21,57	21,84	-0,27
σ T °C	1,46	1,27	
T max °C	25,1	24,9	0,2
T mini °C	20,2	20,4	-0,2
Ecart maximum T °C	4,9	4,5	
Respect CCC en %	0	0	
Respect consignes imposées %	80,26	65,77	

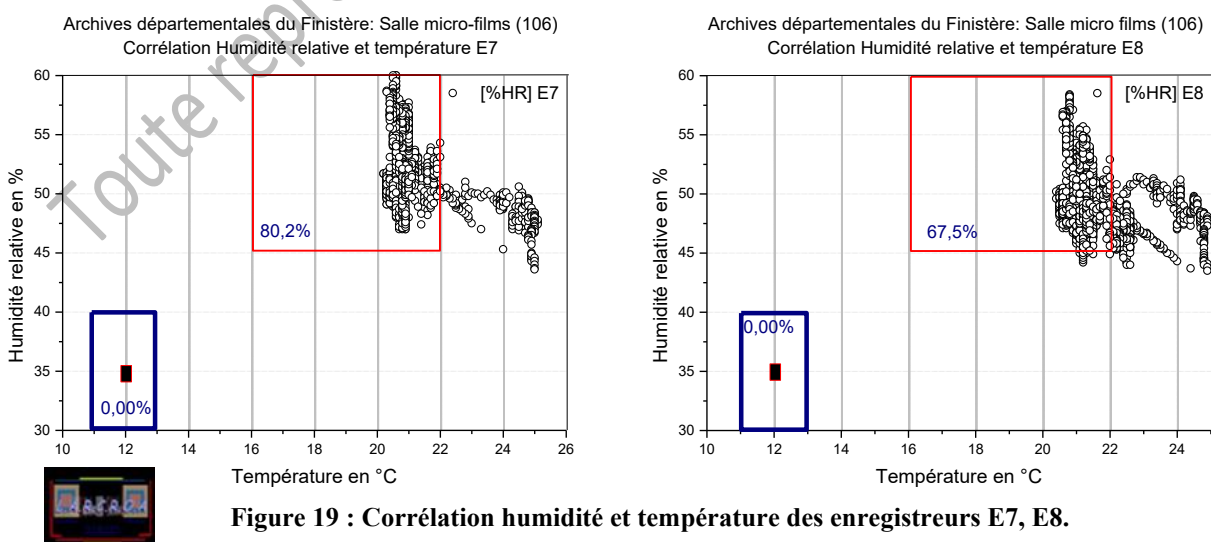
Caractéristiques climatiques.

Cette salle se trouve au niveau 1, c'est une enclave située dans le silo 101, qui correspond environ au quart du volume du silo 101. Elle n'est pas en contact avec l'extérieur. Seule une porte donne sur le couloir central. Les conditions climatiques qui règnent dans cette salle sont :

- du point de vue de HR : La valeur moyenne de l'humidité relative d'entrée d'air E7 est encore située dans la zone de tolérance, 51,38%. Après avoir traversé ce volume, la moyenne de l'humidité relative diminue et sort de la zone de tolérance. L'écart est de 2,11% et correspond à diminution de l'humidité relative. La régulation en humidité de ce magasin est insuffisante.

- du point de vue des températures : les valeurs moyennes sont en dehors de la limite supérieure de la zone de tolérance. L'écart de température entre les deux enregistreurs est 0,27°C et correspond à un accroissement de la température. La régulation en température de ce magasin est relativement bonne.

Les pourcentages de couples de valeurs répondant aux critères de conservation (zone bleue) et les consignes imposées (zone rouge) sont représentés par deux graphes suivants :



Aucun couple de valeurs HR/T ne parvient à remplir les critères de conservation des documents d'archives alors que les consignes imposées sont relativement bien suivies. Même si certaines valeurs d'humidité se situent dans les limites de tolérance, la température trop élevée rend le climat de cette salle inadapté.

Tous les couples de valeurs HR/T sont en dehors du seuil de contamination des espèces microbiologiques.

Comportement du climat vis-à-vis des facteurs externes.

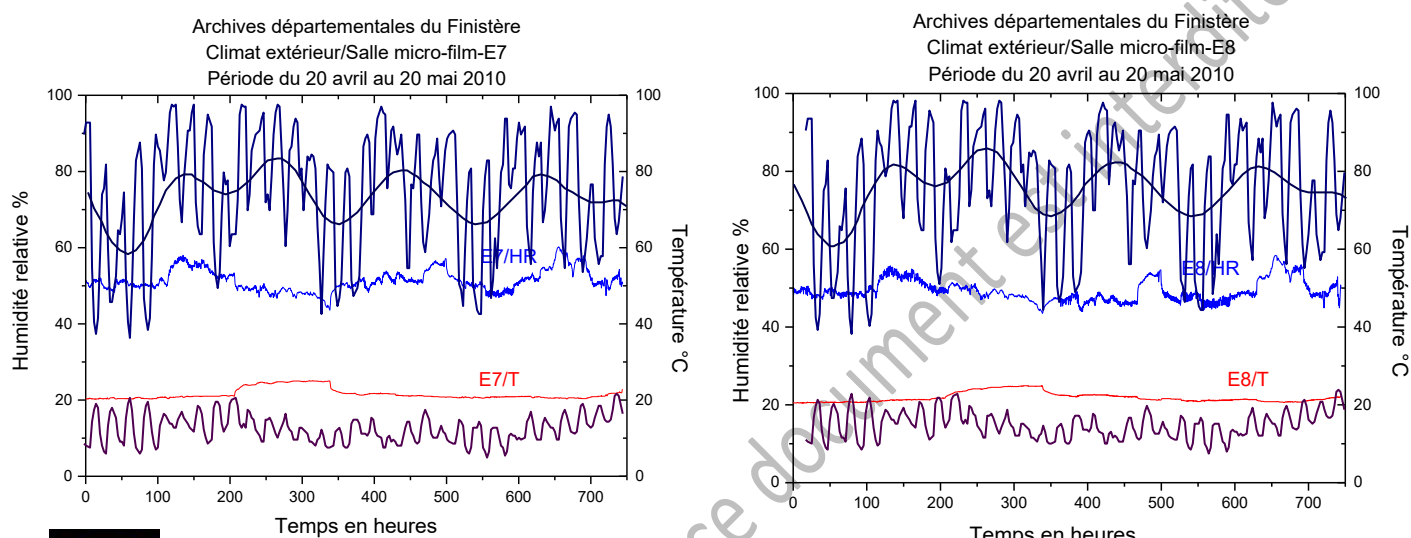


Figure 20 : Salle des micro-films : E7-E8, superposition climat externe et climat interne

Humidités relatives : Les écarts maxima d'humidité relative des enregistreurs E7 et E8 et leurs écarts types laissent prévoir des instabilités climatiques. Ces données statistiques correspondent à une dispersion de points par rapport à la moyenne relativement importante. Les fluctuations 1, 3, 4 de l'hygrométrie du climat extérieur est en phase avec les fluctuations des humidités relatives en entrée d'air et en sortie d'air.

Températures : Les températures en entrée et sortie d'air sont supérieures à 21°C. Les courbes qui les représentent sont très proches. Les faibles variations de températures pendant la période de mesure et le petit écart qui subsiste entre les valeurs moyennes contrastent avec le comportement hydrique et confirment l'absence de corrélation entre l'humidité et la température.

Le comportement hydrique à l'intérieur de cette pièce pourrait faire croire qu'il dépend directement du climat extérieur, ce qui est en contradiction avec sa position isolée dans le bâtiment.

○ Salle des plans (107) (niveau 1)

Caractéristiques climatiques.	E9 S	E10A	E9-E10
Moyenne HR %	48,79	47,13	1,66
σ HR %	4,25	3,71	
HR max %	58	60	-2
HR mini %	37,40	37,20	0,2
Ecart maximum HR %	20,6	22,8	
Moyenne T °C	20,28	20,78	-0,5
σ T °C	2,27	2,09	
T max °C	25,3	25,6	-0,3
T mini °C	17,5	18,1	-0,6
Ecart maximum T °C	7,8	7,5	
Respect CCC en %	39,73	23,43	
Respect consignes imposées %	2,10	6,77	

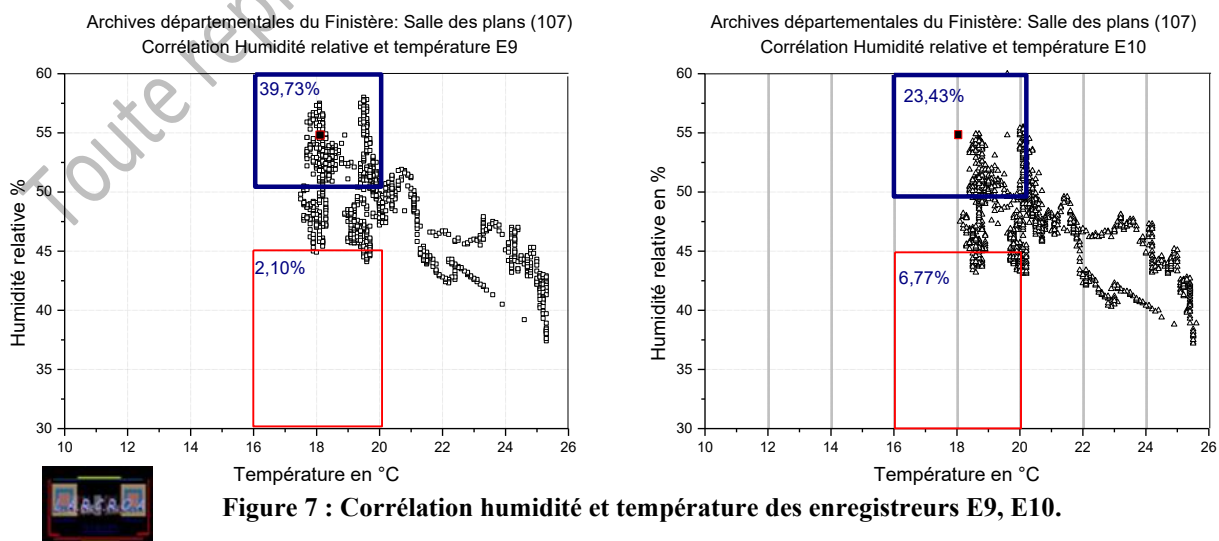
Caractéristiques climatiques.

Cette salle se trouve également au niveau 1, c'est une enclave à cheval sur les silos 102 et 104, son volume est un peu plus important que la salle des micro-films. Elle n'est pas en contact avec l'extérieur. Une porte donne sur le couloir central. Les conditions climatiques qui règnent dans cette salle sont :

- du point de vue de HR : Aucune des valeurs moyennes de l'humidité relative d'entrée d'air et de sortie d'air n'est située dans la zone de tolérance. Après avoir traversé ce volume, la moyenne de l'humidité relative. L'écart de 1,66% correspond à diminution de HR. La régulation en humidité de ce magasin est insuffisante.

- du point de vue des températures : les valeurs moyennes sont un peu au-dessus de la limite supérieure de la zone de tolérance. L'écart de température entre les deux enregistreurs est 0,5°C et correspond à un accroissement de la température. La régulation en température de ce magasin n'est pas satisfaisante.

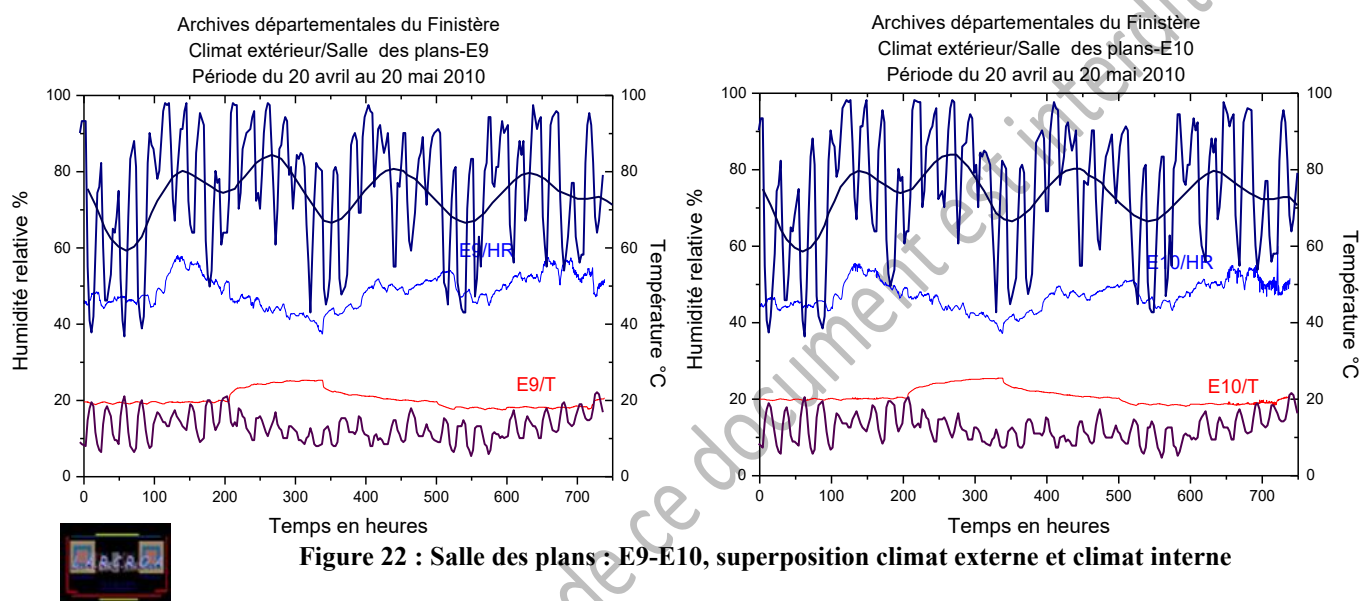
Les pourcentages de couples de valeurs répondant aux critères de conservation (zone bleue) et les consignes imposées (zone rouge) sont représentés par deux graphes suivants :



E9, situé sur la bouche de soufflage d'air, enregistre 39,75% des couples de valeurs correspondant aux critères de conservation et E10 situé à l'autre extrémité du magasin sur l'un des deux bouches d'aspiration de l'air n'enregistre que 23,4 %. Donc le flux d'air qui se déplace d'un point à l'autre du magasin se trouve dégradé par les modifications simultanées de l'humidité relative qui baisse et la température qui augmente.

Tous les couples de valeurs sont également en dehors du seuil de contamination des espèces microbiologiques.

Comportement du climat vis-à-vis des facteurs externes.



Humidités relatives : Les écarts maxima d'humidité relative des enregistreurs E9 et E10 sont respectivement de 20,6% et 22,8% et les écarts types qui sont pour E9 $\sigma = 4,25\%$ et pour E10 $\sigma = 3,71$ laissent prévoir d'importantes instabilités climatiques. Les fluctuations 1, 3, 4 de l'hygrométrie du climat extérieur est en phase avec les fluctuations des humidités relatives en entrée et sortie d'air.

Températures : Les températures en entrée et sortie d'air sont supérieures à 20°C. Les courbes qui les représentent sont très proches.

Dans ce cas les faibles variations de températures pendant la période de mesures contrastent avec le comportement hydrique et réaffirment l'absence de corrélation entre l'humidité et la température.

Le comportement hydrique à l'intérieur de cette pièce est semblable au comportement de la salle des micro-films à la différence d'une instabilité climatique plus grande malgré une proportion non négligeable de couples de valeurs répondant aux critères de conservation.

II-4-6 Comportement climatique des magasins par rapport aux conditions externes

L'humidité et la température moyennes de chaque magasin sont obtenues en moyennant les valeurs moyennes d'humidité et de température en entrée et sortie d'air. Ces résultats vont nous permettre de comparer les valeurs des magasins d'un même niveau.

		HR moyen/magasin (%)	T moyen/magasin (°C)
Niveau 5	501 (n-o)	59,81	19,54
	504 (s-e)	49,95	20,14
Niveau 3	301 (n-o)	56,56	20,92
	302 (s-o)	32,85	27,22
Niveau 1	Microfilm	50,32	21,70
	Plans	47,96	20,53

Analyse niveau par niveau.

Niveau 5 : silos 501 et 504.

Ces deux magasins sont situés au même niveau mais leur situation géographique les distingue. Le comportement climatique du magasin 501 situé au Nord/Ouest est à la fois plus humide (59,81/ 49,95%) et plus froid (19,54 /20,14°C).

Niveau 3 : silo 301 et 302.

Le magasin 301 situé au Nord/Ouest est plus humide (56,56%) et plus frais que le magasin 302 situé au Sud/Ouest qui est beaucoup plus sec (32,85%) et chaud (27,22°C).

Niveau 1 : Salle des micro-films et des plans.

Le comportement climatique de ces deux salles situées au niveau 1 dépend d'une part des arrivées d'air mais aussi des humidificateurs en place. Ces deux salles présentent un petit décalage de l'humidité et de la température, la salle des plans étant plus sèche et plus froide.

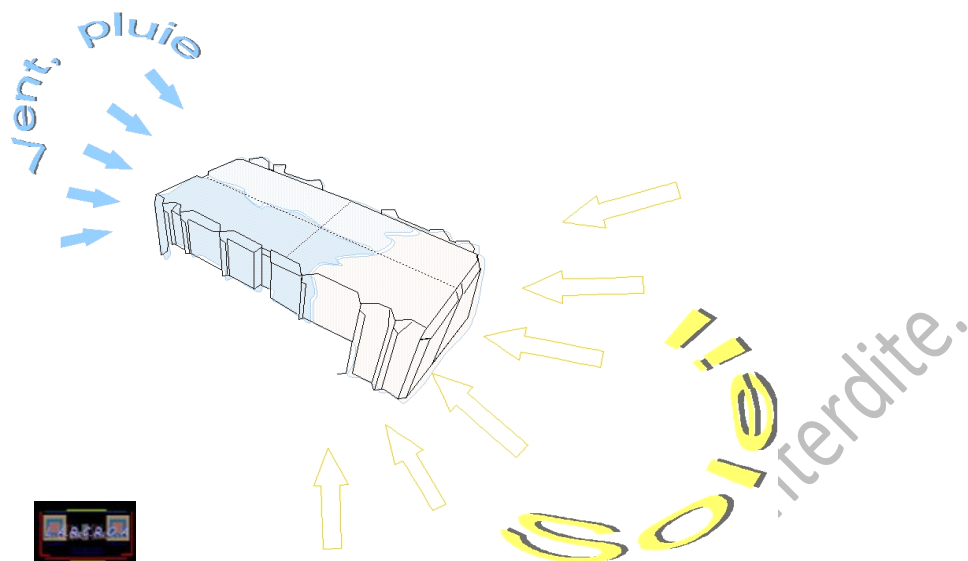
La comparaison des valeurs moyennes de l'humidité et de température dans les magasins instrumentés 501, 504 – 301, 302, nous permet de conclure que l'orientation géographique des salles doit avoir une influence sur leur comportement climatique général. Cette observation ne peut pas se vérifier au niveau 1 sur les salles des micro-films et des plans.

Analyse pour des niveaux différents.

Niveaux 5 à 1 : silos 501, 301, salle micro-films : Ces trois magasins ont une même orientation Nord/Ouest mais ils sont répartis sur les niveaux 5-3-1. Du point de vue de l'humidité relative le magasin 501 (niveau 5) est le plus humide et la salle des micro-films située au niveau 1 est la plus sèche. Inversement du point de vue température le magasin 501 est moins chaud que la salle des micro-films. Cette belle ordonnance des valeurs d'humidités relatives et de températures nous incite à penser encore une fois que la position du magasin dans le bâtiment joue un rôle sur son comportement climatique.

L'analyse de ces enregistrements montre que le comportement climatique des magasins dépend en plus de l'état sanitaire du bâtiment de :

- des conditions climatiques extérieures.
- de l'orientation des magasins
- de sa position dans le bâtiment.



II-4-7 Comportement climatique des magasins liés aux installations climatiques

L'étude des données des enregistreurs situés à proximité des bouches de soufflage d'air permet d'évaluer l'efficacité des installations climatiques. Par rapport aux conditions limites,² le calcul de la teneur en eau des différentes bouches de soufflage met en évidence les divergences ou les similitudes de comportement qui existent entre les différentes salles.

Les alimentations en vapeur d'eau des salles 501 et 301 suivent une même évolution avec toutefois un décalage quantitatif de l'ordre $\Delta = 0,27 \text{ g/kg d'air sec}$.

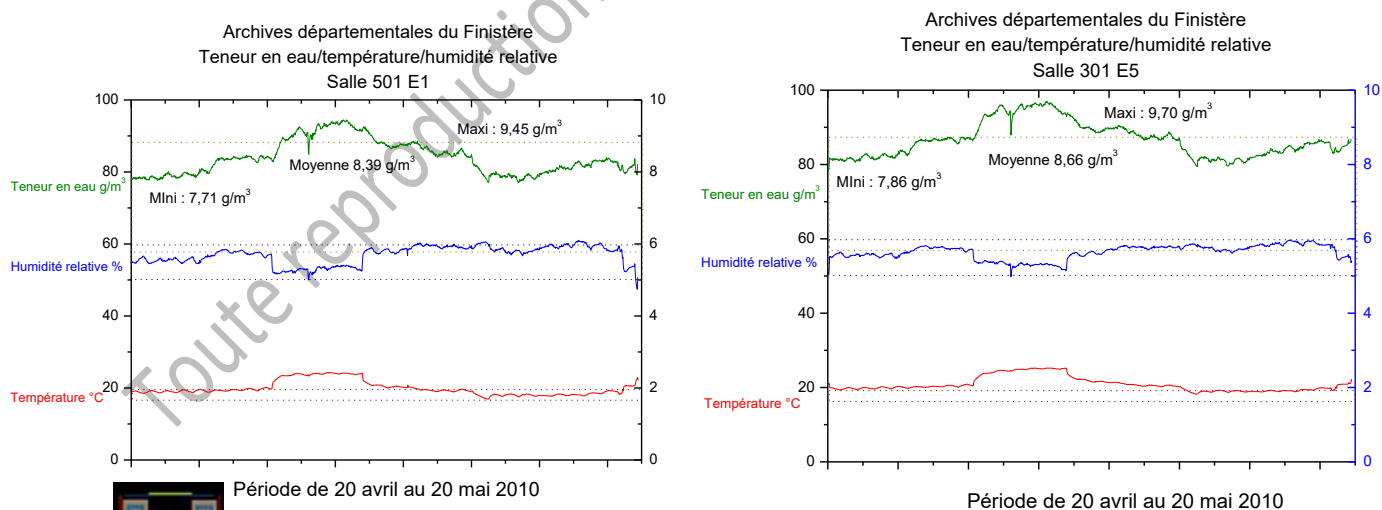


Figure 24 : Variations de la teneur en eau de l'humidité et de la température.

L'apport d'humidité maximum dans la période de 29 avril au 3 mai correspond à une élévation de température. Cette compensation a pour but de maintenir l'humidité relative dans la zone de tolérance admise en conservation des archives. Le système de régulation a joué

² HR=50%, T=16°C → x=5,71 g/kg d'air sec
HR = 60% T=20° → x=8,83 g/kg d'air sec

correctement son rôle afin de maintenir l'humidité à un niveau acceptable. Néanmoins si c'est la chute de la température externe qui est responsable de l'élévation de la température de l'air soufflé, la régulation en température est inopérante.

L'étude de l'humidification des salles des micro-films et des plans est également très révélateur.

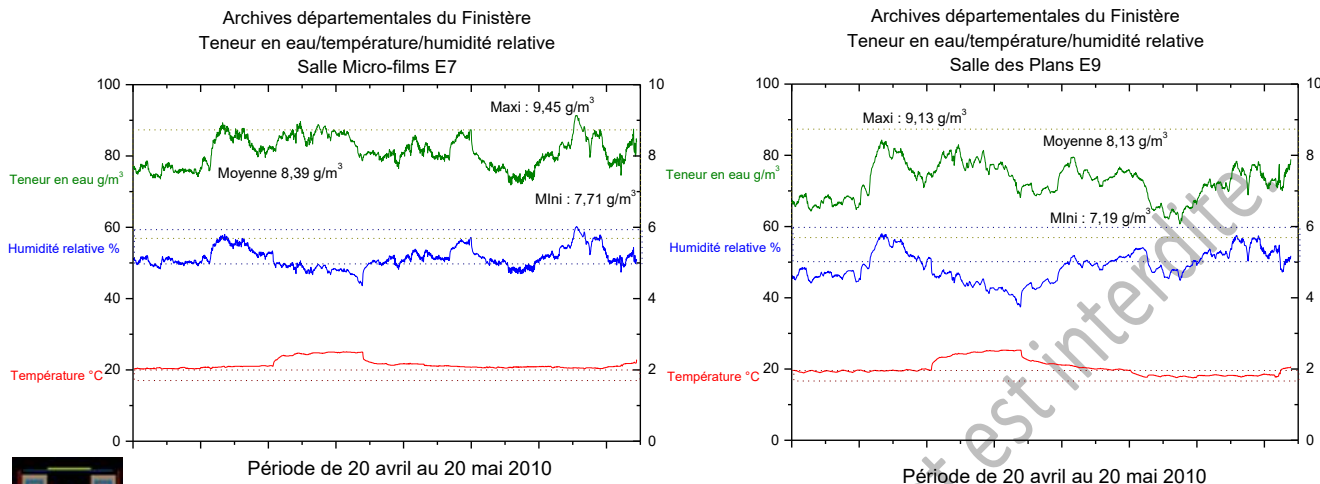


Figure 25: Variations de la teneur en eau de l'humidité et de la température.

Dans ces deux salles l'apport de vapeur d'eau est très irrégulier. Des fluctuations quotidiennes de petites amplitudes se superposent à des fluctuations plus importantes. La présence des déshumidificateurs est responsable de ces fluctuations en teneur d'eau. Au moment où ils se mettent en marche l'humidité baisse et inversement. La réactivité du système de régulation du conditionnement d'humidité n'est pas assez rapide et la régulation de la température est impuissante.

Un dernier cas intéressant salle 502 qui souligne les dysfonctionnement du système de régulation du climat.

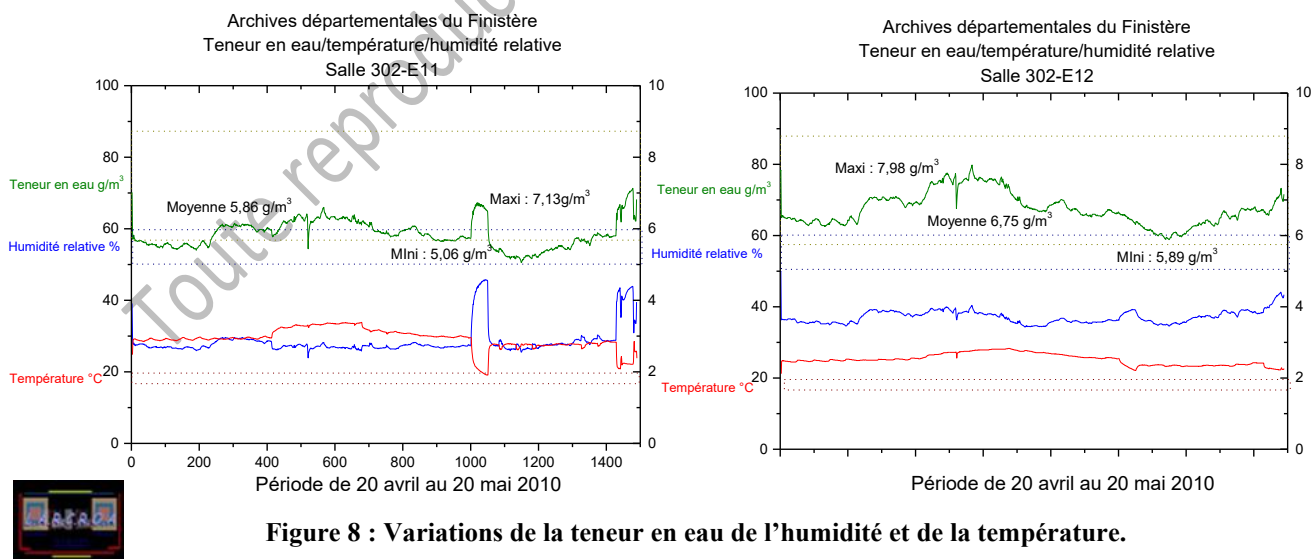


Figure 8 : Variations de la teneur en eau de l'humidité et de la température.

Les courbes : teneur en eau, humidité relative, température sont les témoins d'un événement qui est difficile à interpréter. Est-ce une panne, une tentative de réglage ? Peu importe mais comme la campagne de mesures n'était que d'un mois, un événement de ce type peut-être grave si il se répète souvent.

II-4-8 Discussion.

En dehors des risques de contamination micro biologique, il ne faut pas oublier que les matériaux d'une collection d'archives, à base de cellulose et de ses dérivés sont hygroscopiques. Ils absorbent ou désorbent une partie de la vapeur d'eau présent dans le milieu jusqu'à un certain équilibre que l'on appelle « teneur en eau à l'équilibre ». Le taux d'absorption est plus rapide que le taux de désorption. Ces échanges de vapeur d'eau se font en continu dans les matériaux et entraînent des variations dimensionnelles.

Une humidité relative supérieure à 65% provoque un gonflement et induit des réactions d'hydrolyse. En dessous de 40% HR les matériaux se rétractent entraînant des sur-contraintes dans les matériaux. Les variations d'humidité ou de températures sont responsables d'une fatigue mécanique qui à long terme entraîne une décohésion des matériaux. Outre le maintien de l'humidité et de la température dans la zone de tolérance définie il faut que l'humidité et la température soient uniformes, toutes variations brusques sont délétères.

Le magasin 504 dit de « référence » est à la limite des conditions climatiques recommandées – $HR_{\text{moy}} \simeq 50\%$ – $T_{\text{moy}} \simeq 20^{\circ}\text{C}$. Cependant son climat est assez stable et ses critères climatiques de conservation (CCC) sont élevés ils ont tendance à se dégrader légèrement. De plus comme ce magasin est vide son contenu ne peut pas interférer. Néanmoins le climat de ce magasin ne répond pas aux normes.

Du point de vue climatique le silo 301 est incontestablement le plus stable. Les faibles écarts d'humidité et de température que subit le flux d'air entre les bouches de soufflage et de reprise d'air en témoignent. Les CCC sont malgré tout inférieurs aux CCC de 504. La régulation des températures est bonne mais elles sont trop élevées. Le climat de ce magasin ne répond pas aux normes.

Le silo 501 qui dépend du même circuit de distribution d'air a en entrée une valeur d'humidité relative (56,94%) très proche de 301. Dans cette salle la situation climatique est rapidement dégradée par un apport hydrique qui ne peut venir que de l'extérieur étant donné que la présence de personnel est très limitée. Le climat de ce magasin ne répond pas aux normes.

La salle 302 représente certainement un cas de dysfonctionnement des systèmes de production de l'air conditionné. A l'arrivée, l'air est beaucoup trop sec (28,54%) et la température beaucoup trop élevée (29,21°C). Ces deux paramètres sont complètement en dehors des limites de CCC. La faible amélioration climatique doit se faire au détriment de son contenu en asséchant un peu plus les documents présents. Le climat de ce magasin ne répond pas aux normes.

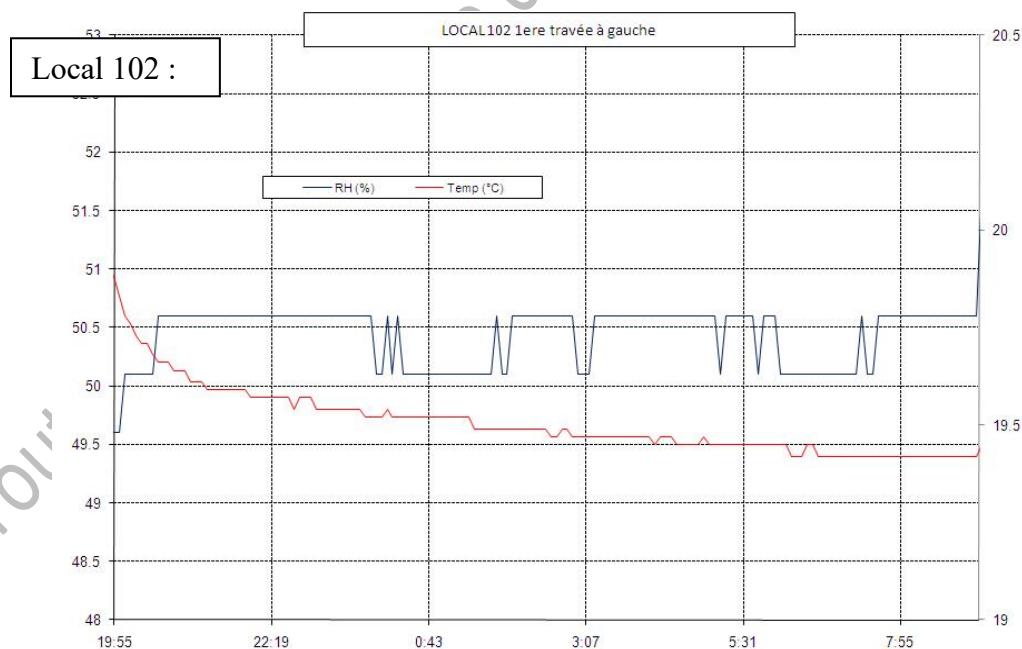
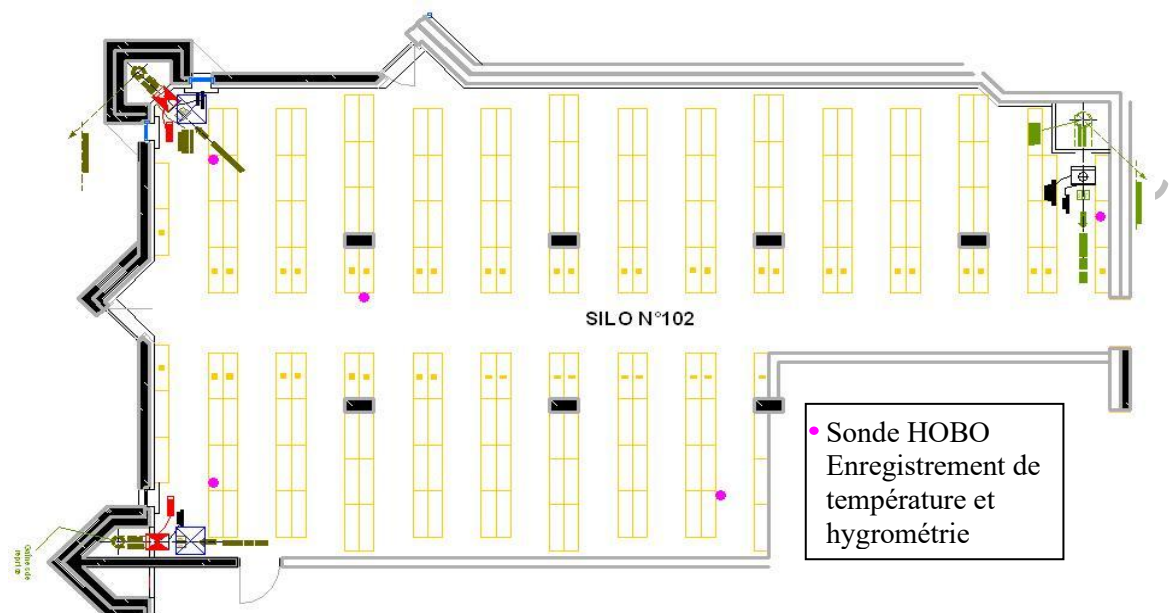
Le climat de la salle des plans est le plus instable. Les variations de HR sont de fortes amplitudes pendant toute la campagne de mesures. L'écart moyen entre les maxima et minima des deux enregistreurs est de 21,7%. En entrée d'air les CCC ne sont que de 39,75% et se dégradent rapidement en perdant de la vapeur d'eau. La régulation de la température semble relativement bonne malgré des variations pouvant atteindre 7,8°C. Par contre l'humidité est trop faible et surtout mal régulée. Les documents souffrent de ces variations trop importantes.

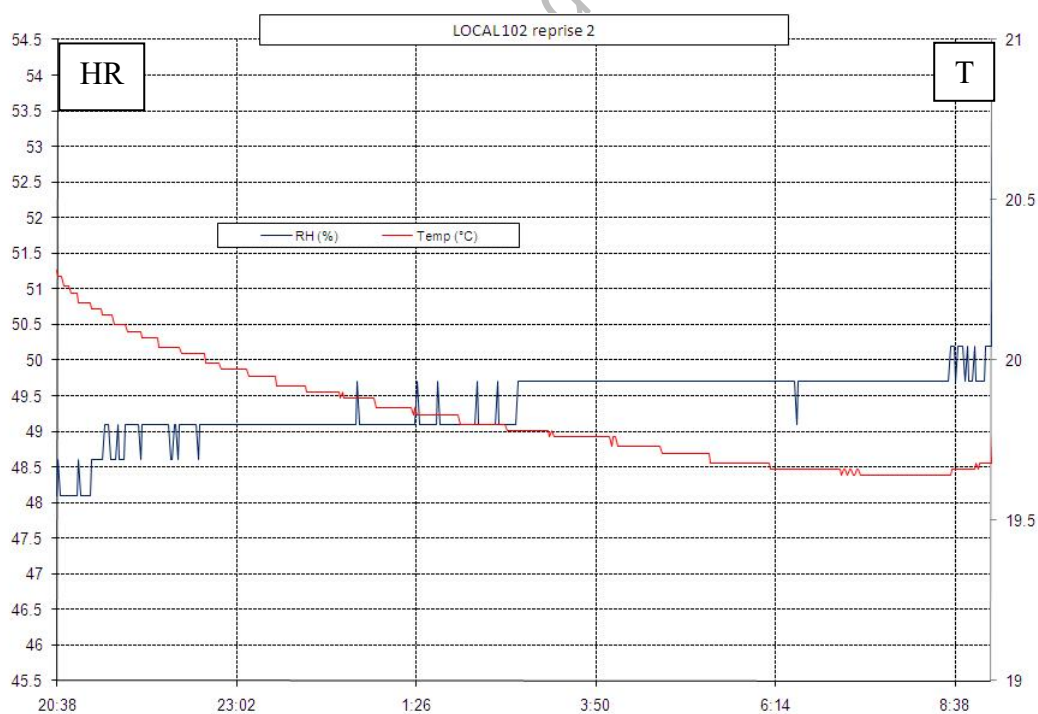
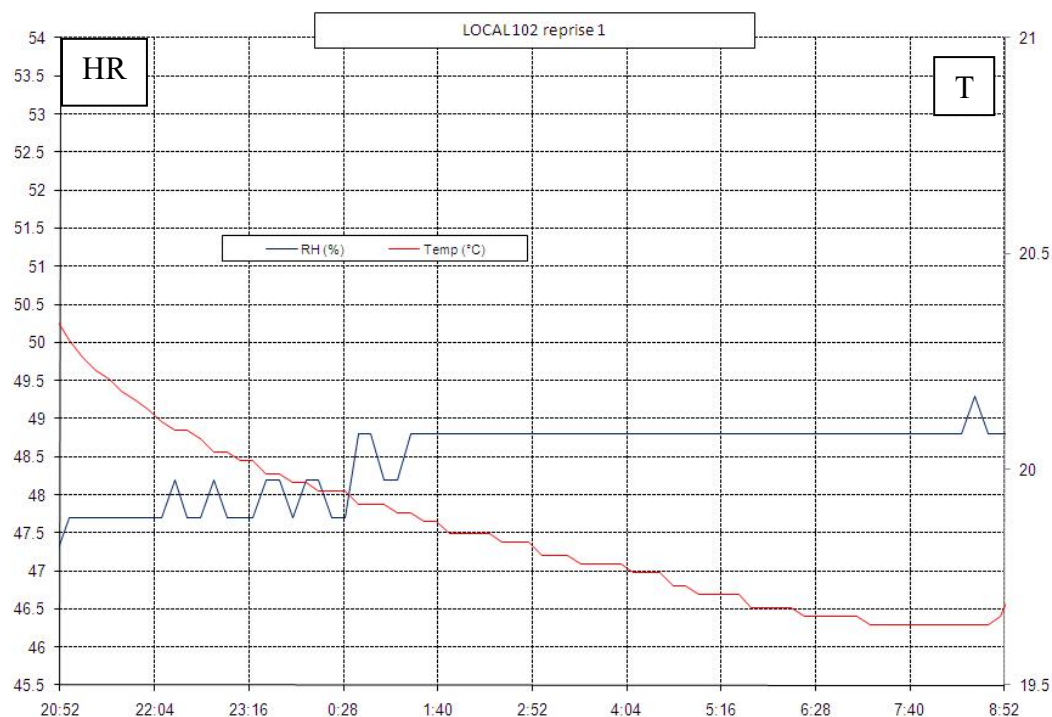
Le climat de la salle des micro-films n'est pas du tout adapté à son contenu. Les conditions de conservation sont plus restrictives et doit être assimilées aux documents photographiques noirs et blancs ou les conditions recommandées sont : $35\% \pm 5\%$ et $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

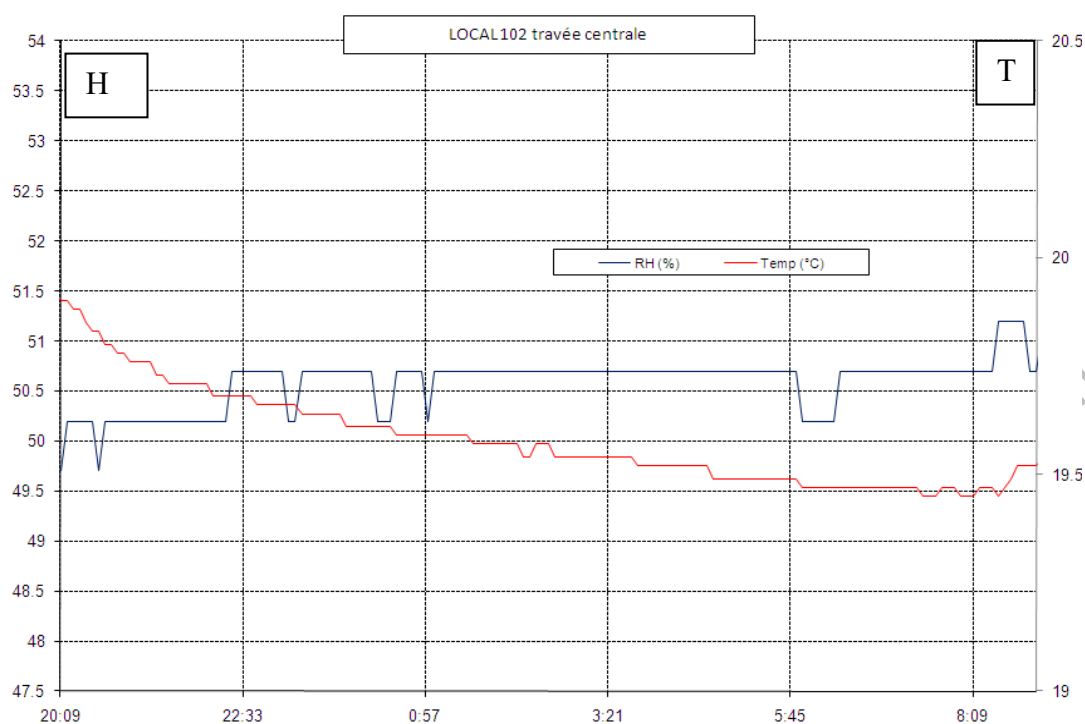
II-5 ANALYSE DES ENREGISTREMENTS COSTIC

Le schéma suivant indique le positionnement des enregistreurs choisi par le technicien du COSTIC pour effectuer les mesures de température et d'hygrométrie.

Cette analyse porte sur deux locaux ; n° 102 et n° 207.



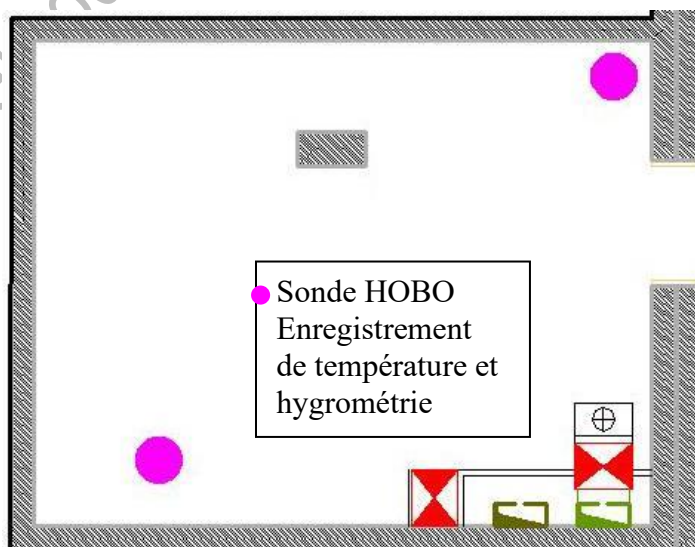


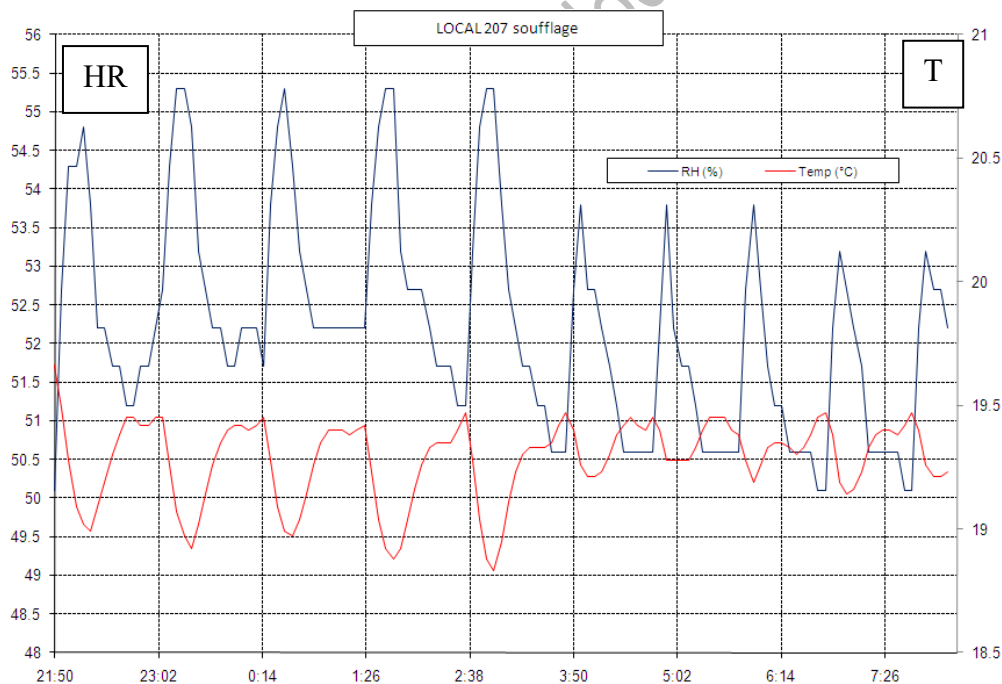
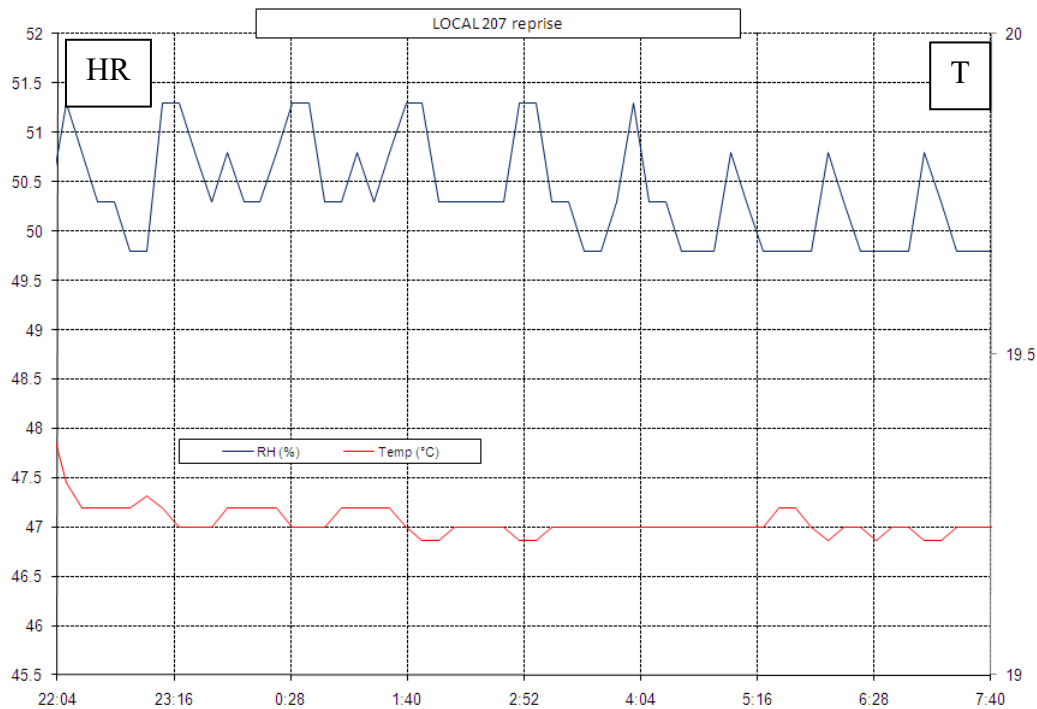


Dans l'ensemble du local 102, on observe que les courbes de température et d'hygrométrie évoluent parallèlement. On remarque que l'air proche de la reprise est légèrement plus chaud que l'air ambiant du local et que l'hygrométrie est légèrement plus faible. Les variations de température et d'hygrométrie sont minimales (de l'ordre de 0.5 °C ou 1 % HR).

Les consignes de température et d'hygrométrie sont respectées.

Local archive N°207





L'hygrométrie de l'ambiance proche de la reprise est plus faible que celle du soufflage. Ceci est dû à la présence d'un déshumidificateur dans le local. Les mesures de température sont comprises entre 19 et 20 °C, (la première heure des graphiques n'étant pas prise en compte).

La consigne de température est donc respectée.

Les mesures d'hygrométrie sont comprises entre 46 et 55 %,

La consigne comprise entre 30 et 45 % n'est donc pas respectée. (Voir préconisations)

III- Audit des installations climatiques

Le bâtiment abritant les archives du Finistère a été construit en 1990, il est depuis sa création victime de dégâts des eaux. Les installations climatiques sont d'origines, exception faite du groupe de production d'eau glacée. C'est pourquoi nous avons effectué un audit du bâti et des installations.

III-1 CONTEXTE

L'entreprise AXYMA lors de notre rendez-vous, nous a clairement expliqué les moyens mis en œuvre pour respecter les consignes de température et d'hygrométrie imposées par le stockage de documents papiers.

- Mise à l'arrêt des batteries chaudes des CTA
- Mise à l'arrêt des humidificateurs
- Réglage manuel des batteries terminales à eau chaude.

III-2 HISTORIQUE

Nos divers entretiens avec le personnel des archives permettent de dresser l'historique suivant :

DATE	EVENEMENT
1990	Réception du bâtiment, emménagement du service et des archives.
De 1990 à 2007	Multiplication des problèmes de dégâts des eaux dans l'ensemble des archives (murs plafonds, ouvrants...)
2007	Réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse
2008	Mise à l'arrêt du groupe d'eau glacée
2009	Mise en service du nouveau groupe eau glacée
01/01/2010	Prise en charge de la maintenance par AXIMA
Du 19/04 au 20/05/2010	Mise en place des enregistreurs LARCROA
07/06/2010	Intervention AXIMA
Du 15 au 18/06/2010	Diagnostic et audit COSTIC

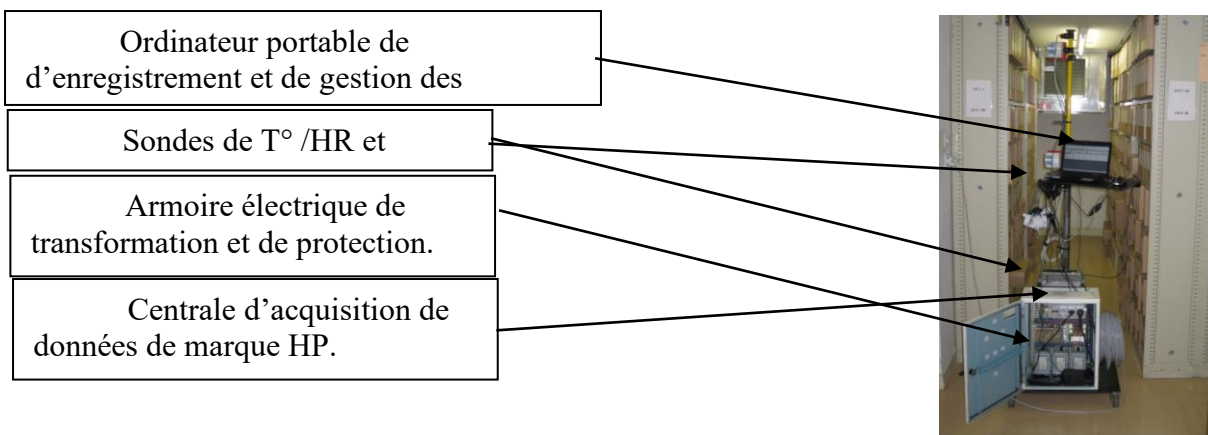
III-3 MOYENS

L'étude d'une installation climatique telle que les archives départementale de QUIMPER ne peut se faire sans un matériel et des procédés particuliers.

- Mesure multidirectionnelle de la vitesse de déplacement de l'air dans les locaux [m/s]

Ceci sur trois niveaux de hauteurs différentes afin d'avoir une lecture précise des déplacements d'air et des phénomènes de stratification.

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

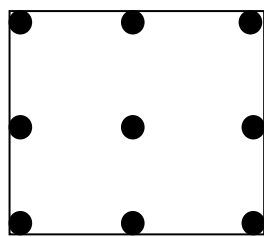


Mesures aux points de soufflages et de reprise :

Les grandeurs mesurées aux points de soufflages et de reprises sont les suivantes :

Humidité relative [% HR]
 Température [°C]
 Vitesse de l'air [m/s]
 Section de la bouche [m²]

Exemple :



1
1 [m]

Bouche de 1 mètre de haut par 1 mètre de large

$S = \text{Surface} = 1 [\text{m}^2]$

Débit de l'air = Q_v

$V = \text{Vitesse de l'air} = [2 \text{ m/s}]$

La vitesse est mesurée en 9 points

La moyenne des vitesses de ces 9 points est multipliée à la surface $Q_v = V \times S$

Donc: $Q_v = 2 [\text{m/s}] \times 1 [\text{m}^2] = 2 [\text{m}^3/\text{s}]$

Ces mesures sont effectuées avec un matériel conventionnel étalonné très fréquemment.

On retrouve :

- Un thermo-hygromètre
- Un anémomètre à fil chaud
- Un anémomètre à hélice.

Mesures des grandeurs caractéristiques de l'air à la production :

Afin d'identifier le fonctionnement des centrales de traitement d'air, des mesures de température et d'hygrométrie ont été effectuées aux différents étages des centrales.

Le matériel utilisé est le même que pour les mesures de températures et d'humidités relatives aux points de soufflages et de reprises.

Pour ce faire, il a fallu, créer des accès, car les centrales ne sont pas équipées d'organes de lectures de température et d'humidité.



III-4 INSTALLATIONS.

Le technicien en charge de l'audit a réuni tous les documents techniques et plans dont le maître d'ouvrage disposait afin d'identifier, dans son intégralité, la composition et les modes de fonctionnement des systèmes énergétiques.

La totalité des notices techniques n'étant pas présentes sur place, un travail de recherche a été effectué au sein du COSTIC.

Ne disposant d'aucun historique de l'installation antérieure à janvier 2010, il nous est difficile d'effectuer un parallèle entre les éventuels problèmes liés à l'exploitation technique du site et les problèmes de respect de consignes de température et d'hygrométrie dans les salles de stockage d'archives. (AXYMA ayant repris le site en janvier 2010). Néanmoins un historique partiel nous a été fourni à l'oral concernant le groupe de production d'eau glacée.

III. 4-1 Distribution

Entre la production en local CTA et la diffusion dans les salles d'archivages, l'air circule dans des gaines, c'est la distribution. Ces gaines ont un tracé horizontal en toiture et vertical par des trémies depuis la toiture vers les salles.

De la rouille dans les gaines de reprise avant le plenum de mélange air neuf/air repris a été constaté. Cette rouille est due à un problème de condensation dans les gaines de reprises cheminant à l'extérieur, en toiture.

En hiver, l'air circulant dans les gaines est plus chaud que l'air extérieur ce qui amène l'air chaud à condenser sur les parties métalliques les plus froides.

Traces de rouille



Analyse des mesures aux bouches de soufflage et de reprise.

		TEMPERATURE				CONSIGNE
		SOUFFLAGE	REPRISE 1	REPRISE 2	ECART	
CTA reprise LT 1	102	19.9	20.8	20.8	0.9	entre 16 et 22°C
	104	19.2	19.9	20.1	0.8	entre 16 et 22°C
	202	19.7	20.8	20.7	1.05	entre 16 et 22°C
	502	19.4	21.5	21.5	2.1	entre 16 et 22 °C
	504	18.9	20.8	20.6	1.8	entre 16 et 22 °C
CTA reprise LT 2	103	17.9	19.4	19.4	1.5	entre 16 et 22°C
	201	18.6	20.3	20.1	1.6	entre 16 et 22°C
	301	18.7	20.4	20.4	1.7	entre 16 et 22 °C
CTA CCH 16 LT1	107	18.8	20.1		1.3	entre 16 et 20 °C
	207	17.7	19.8		2.1	entre 16 et 20 °C
CTA Cch 24 LT 2	106	19.4				entre 16 et 22°C
	206	19.1	20.7		1.6	entre 16 et 22°C

Le tableau ci -dessus est un bilan des températures de soufflage et de reprise sur un échantillon de 12 salles.

Les températures de reprise étant très proches de l'ambiance, ce tableau nous permet également de comparer les conditions de soufflage aux conditions d'ambiance.

On remarque que le soufflage est plus froid que l'ambiance, ce qui est normal vue la saison, nous sommes en mode rafraîchissement car le local subit des charges internes (éclairage, occupation) des locaux ou l'impact des charges externes (ensoleillement).

Les chiffres sont en °C. (Degré Celsius).

On observe que les consignes sont respectées.

		HUMIDITE RELATIVE				CONSIGNE
		SOUFFLAGE	REPRISE 1	REPRISE 2	ECART	
CTA reprise LT 1	102	51.2	49.1	49.5	-1.9	entre 45 et 60 %
	104	56.5	54.8	54.1	-2.05	entre 45 et 60 %
	202	51.3	49.1	50	-1.75	entre 45 et 60 %
	502	55.9	49.8	50	-6	entre 45 et 60 %
	504	53.7	52	51.8	-1.8	entre 45 et 60 %
CTA reprise LT 2	103	63.7	59.8	59.4	-4.1	entre 45 et 60 %
	201	60.5	54.7	55	-5.65	entre 45 et 60 %
	301	60.4	55	55.6	-5.1	entre 45 et 60 %
CTA CCH 16 LT1	107	53.4	48.4		-5	entre 30 et 45 %
	207	57	49.3		-7.7	entre 30 et 45 %
CTA Cch 24 LT 2	106	58.8				entre 45 et 60 %
	206	58.5	51.8		-6.7	entre 45 et 60 %

Le tableau ci-dessus est un bilan de l'hygrométrie relative aux bouches de soufflage et de reprise sur un échantillon de 12 salles.

Les chiffres sont en % HR. (Pourcentage d'humidité relative).

On observe que dans trois locaux les consignes ne sont pas respectées (Local 103, 107, 207).

L'humidité relative de l'air repris est plus faible que celle de l'air soufflé ce qui est dû au réchauffement de l'air dans le local ainsi qu'une possible absorption de l'humidité de l'air par les ouvrages papiers présents dans les locaux. (Voir tableau ci-dessous pour les mêmes écarts mais en masse d'eau).

Notons également que les consignes de température et hygrométrie des régulateurs pilotant ces installations sont respectivement :

- Grands locaux impairs : 17°C 46 % HR max
- Grands locaux pairs : 17 °C 46 % HR
- Petits locaux impairs : 17 °C 46 % HR
- Petits locaux pairs 17°C 44 % HR

Variation de l'humidité spécifique entre soufflage et reprise :

local	rs_Soufl g/m ³ air sec	rs_Rep g/m ³ air sec	ECART g/m ³ air sec
102	7.377	7.460	0.0827
103	8.170	8.352	0.1816
104	7.818	7.891	0.0728
106	8.238	0.000	
107	7.210	7.053	-0.1579
201	8.085	8.075	-0.0102
202	7.304	7.553	0.2489
206	8.050	7.829	-0.2218
207	7.214	7.058	-0.1560
301	8.120	8.171	0.0518
502	7.827	7.922	0.0949
504	7.295	7.859	0.5645

Le tableau nous permet :

- D'identifier le fonctionnement des batteries froides en déshumidification.
- D'identifier les pièces où l'air repris est plus humide que l'air soufflé.
- D'identifier clairement les pièces équipées de déshumidificateurs autonomes.

Seules les pièces 107/207 et 106/206 rendent l'air plus sec qu'au soufflage car elles sont équipées de déshumidificateurs autonomes.

Les autres pièces rendent l'air plus humide qu'au soufflage.

De l'humidité est donc cédée à l'air par le local ou son contenu.

III. 4-2 Ventilation

Débits soufflage/reprise

	N° SALLE	DEBIT				
		SOUFFLAGE	REPRISE 1	REPRISE 2	ECART	ECART REEL THEORIQUE
CTA reprise LT 1	102	1955	863	923	169	68
	104	2107	1083	874	150	49
	202	1724	807	786	131	30
	502	1818	1008	704	106	5
	504	2495	1123	1210	162	61
CTA reprise LT 2	103	1690	660	903	127	26
	201	1529	693	703	133	32
	301	1636	787	723	126	25
CTA CCH 16 LT1	107	1185	1118		67	-34
	207	471	369		102	1
CTA CCh 24 LT 2	106	1328				
	206	810	792		18	-83

Le tableau ci-dessus est un bilan des débits de soufflage et de reprise sur un échantillon de 12 salles.

Les chiffres sont en m³/h. (mètres cube par heure). La colonne écart est le résultat de la différence entre le débit de soufflage et la moyenne des débits de reprise. Chaque salle a normalement un débit à la reprise inférieur de 101 m³/h au débit de soufflage, ce qui amène la salle à être en surpression. (Méthode servant à éviter les contaminations extérieures aux locaux, en effet l'air tend à sortir des locaux plutôt qu'à y rentrer)

L'écart entre le débit réel et le débit théorique est la différence entre les débits mesurés et les débits inscrits sur les schémas de principe des installations de traitement d'air.

En considérant que ces valeurs de débits sont celles correspondant à un bon équilibrage du réseau, cet écart nous permet de vérifier l'équilibrage du réseau aéraulique.

Seuls deux locaux sont en dépression (local 107 et 206). Le reste des locaux échantillonnés est bien en surpression mais les valeurs sont légèrement au dessus de celles calculées à la création de l'installation climatique. Le taux de brassage moyen est de 4.4 volumes heures pour les salles de 206 m² et 4.15 volume heure pour les salles de 164 m²

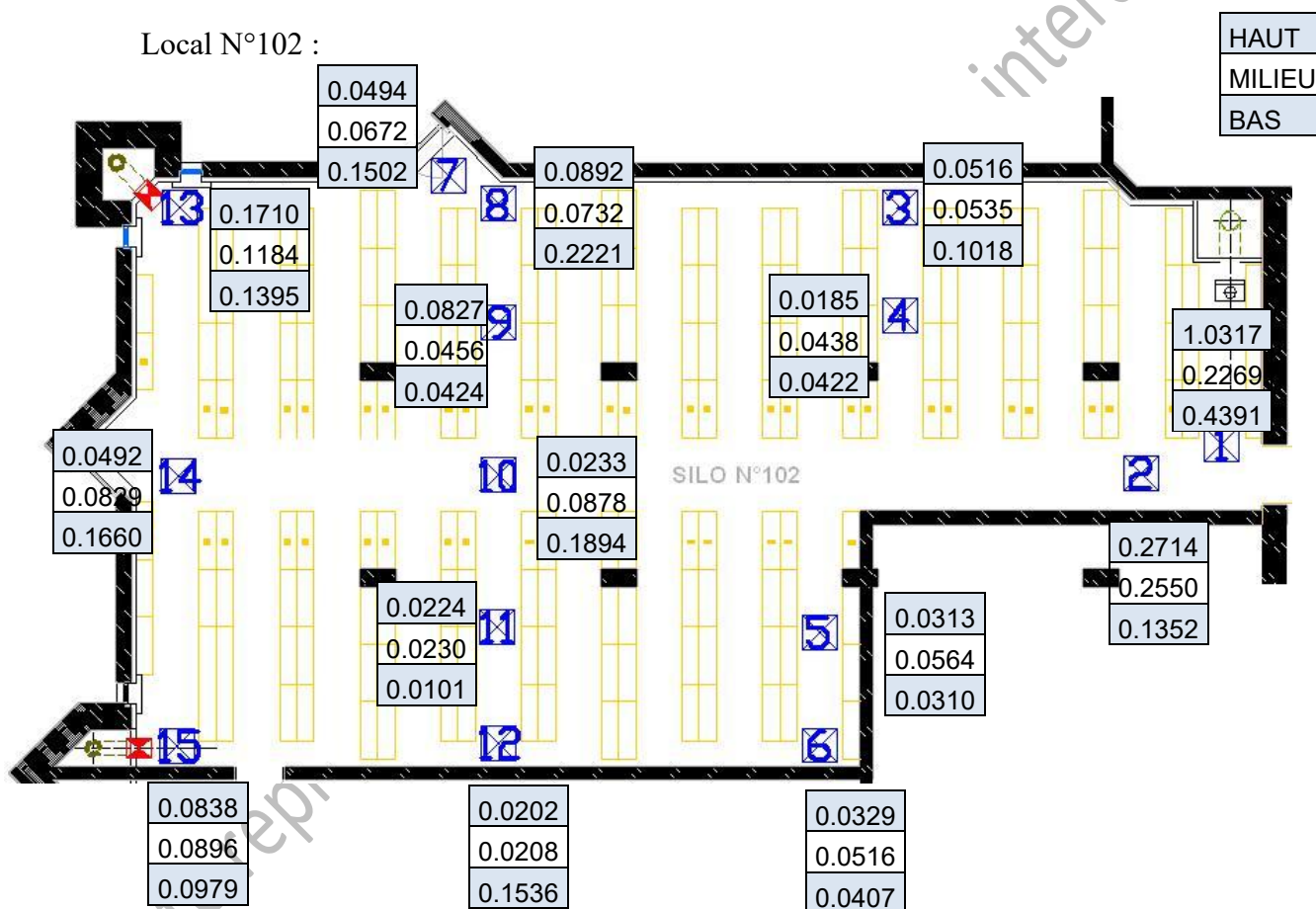
Diffusion de l'air

Analyse des vitesses d'air dans les locaux d'archivages : Le local test est le N°102, 15 points de mesures y ont été effectués.

Nos mesures des vitesses d'air sur trois niveaux de hauteurs, (2.10 m / 98 cm / 15 cm) permettent de connaître les mouvements d'air d'un local.

Les enregistrements s'effectuent via une centrale d'acquisition de données et sont ensuite archivés informatiquement.

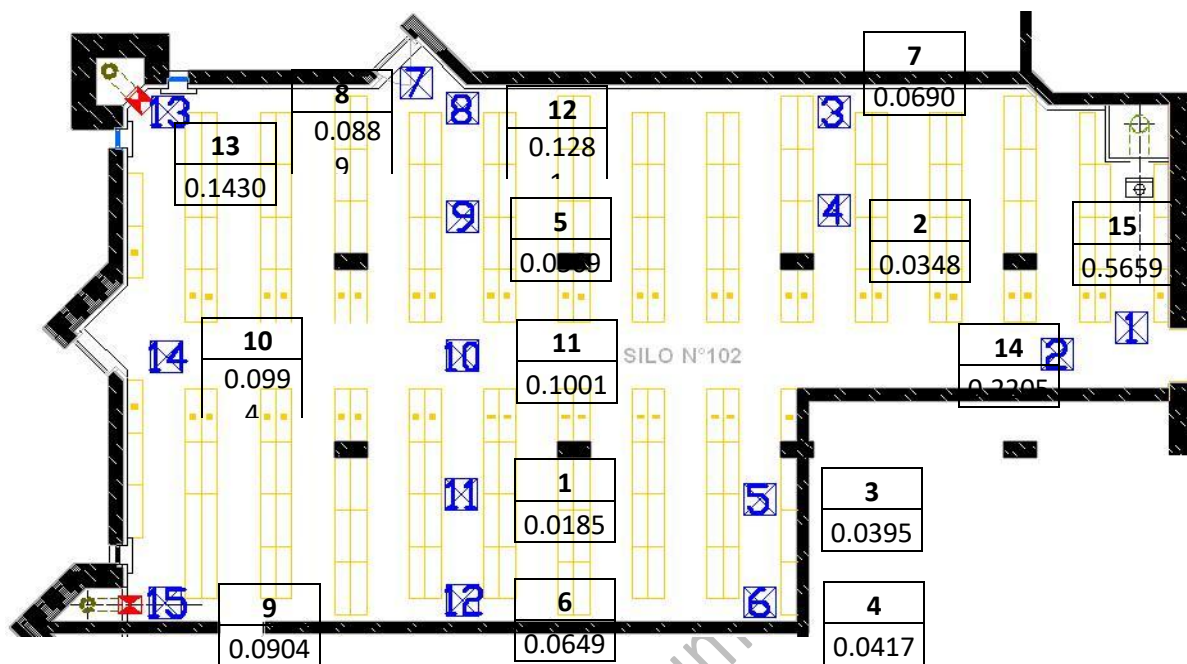
Les données sont présentées sous forme de petits tableaux apposés sur un plan du local regroupant les moyennes des vitesses en [m/s] par niveaux (haut, milieu, bas).



L'unité des valeurs présentées sur le schéma ci-dessus est le [m/s].

On peut observer que la vitesse maximum de déplacement d'air est atteinte en partie haute de la travée où se situe la bouche de soufflage (supérieur à 1.03 m/s). La vitesse la plus faible de déplacement de l'air est atteinte en bas de l'emplacement de mesure N°11 soit 0.0101 m/s.

Après calcul, le classement des zones par ordre croissant de vitesse (donc de balayage de l'air) est le suivant :



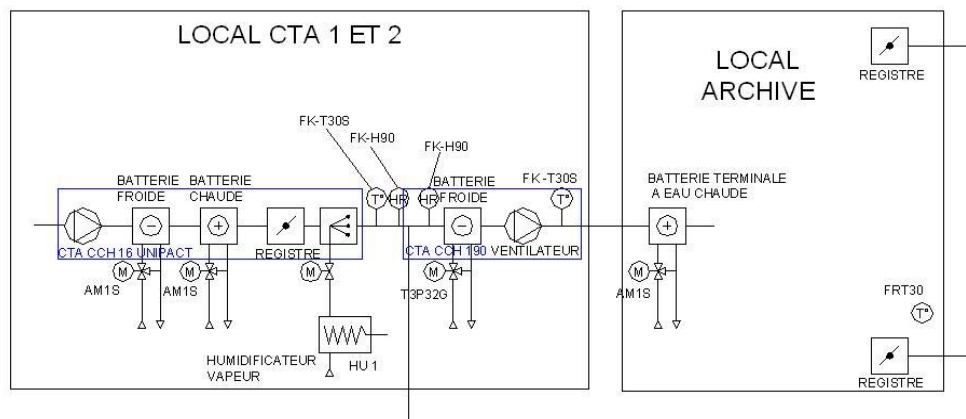
Comme on peut le voir, les zones les moins balayées par le système de traitement d'air sont le centre et le fond des travées. La travée centrale est très bien ventilée, l'air ayant plus de facilité à traverser cette zone. La différence de vitesse au niveau des bouches de reprise est vérifiée par leurs différences de débit de reprise. (Traité dans la partie soufflage / reprise). L'air privilégie le coté soufflage pour se déplacer dans la pièce.

III. 4-3 Traitement de l'air.

Production

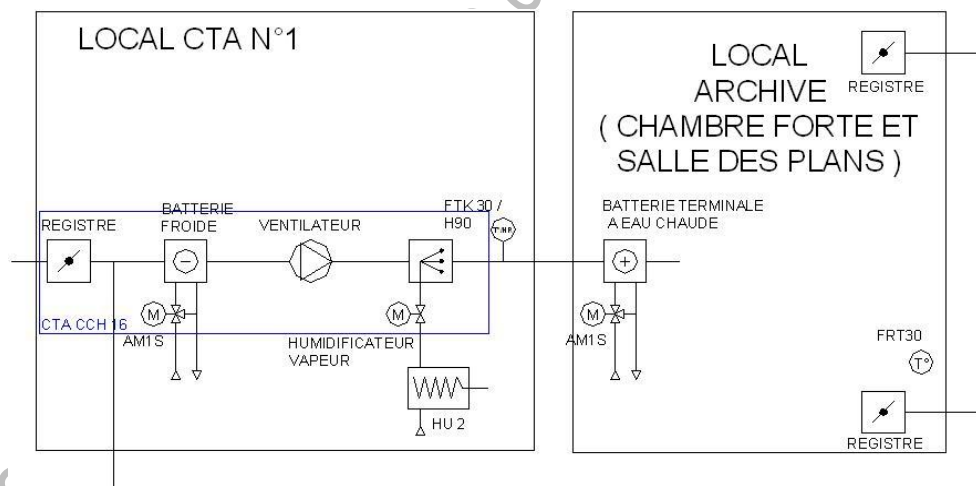
Principe de traitement de l'air des grands magasins de stockage pairs et impairs:

L'air neuf (1000 m³/h soit 5.17% pour la CTA du LT 1 et 6.23% pour la CTA du LT 2) passe successivement dans la batterie froide et dans la batterie chaude de la centrale (air neuf) CCH 6 UNIPACT puis est humidifié par l'humidificateur vapeur (consignes régulateur : 17°C 50% HR). Il est ensuite mélangé dans le plenum de la centrale CCH 190 à l'air repris dans les magasins de stockage (deux bouches de reprises par magasin). Le mélange d'air repris et d'air neuf passe de nouveau par une batterie froide (CCH 190) avant d'être distribué dans les magasins de stockage au moyen d'une bouche de soufflage équipée d'une batterie à eau chaude dite « terminale ».

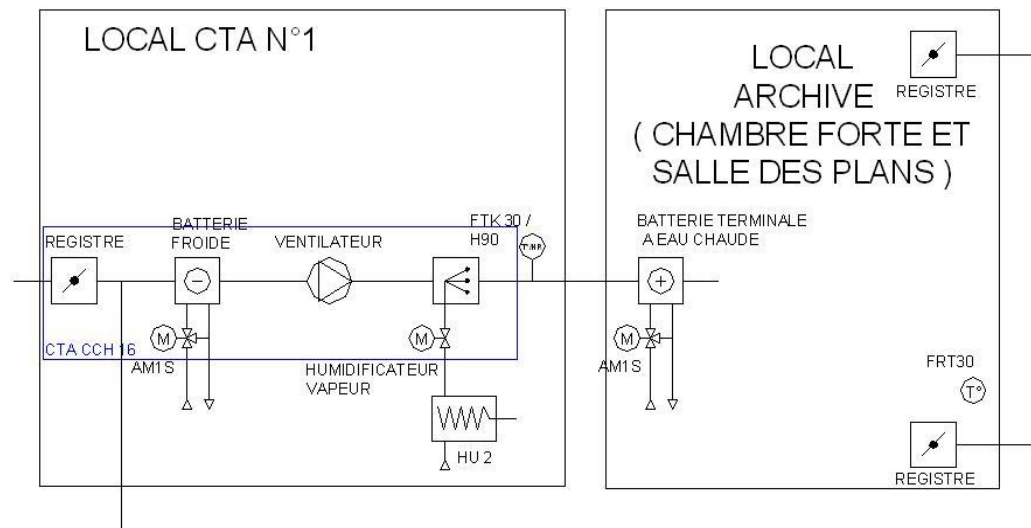


Principe de traitement de l'air des petits magasins impairs : (chambre forte et salle des plans)

L'air extérieur est mélangé à l'air repris sans pré traitement de l'air neuf, le pourcentage de ce mélange est géré au moyen d'un registre sur la gaine d'air neuf. Le mélange air neuf / air repris passe par la batterie froide de la centrale CCH 16 et est ensuite humidifié par un humidificateur vapeur puis distribué par des gaines jusqu'aux bouches de soufflage des magasins. Enfin, il est réchauffé par une batterie à eau chaude dite terminale.



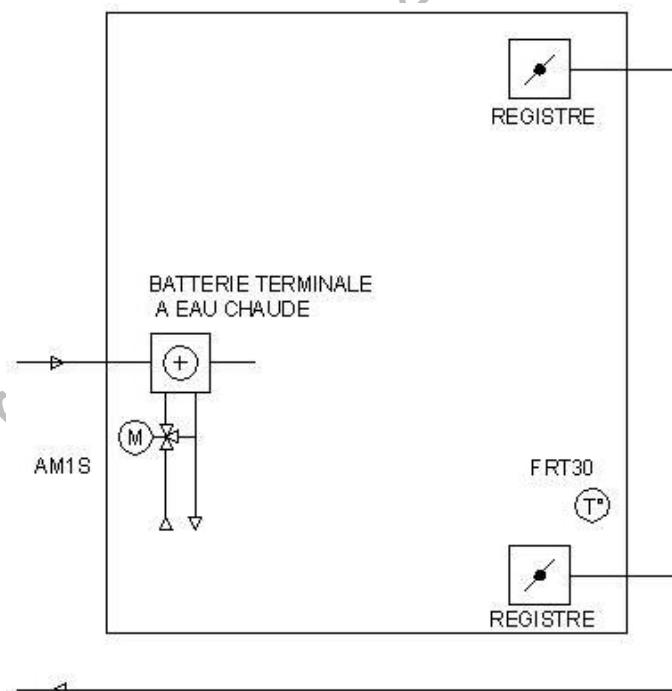
Le principe de traitement de l'air des petits magasins pairs (audiovisuel et microfilms) est le même à un détail près. Une partie de air repris / air neuf est traitée par un déshydrateur de marque MUNTER puis est mélangé au reste de l'air repris avant d'être traité par la centrale.



Diffusion de l'air et reprise :

Dans chaque salle d'archivage, la diffusion de l'air traité par les centrales est assurée par une bouche de soufflage équipée d'une batterie à eau chaude dite terminale.

Deux bouches de reprise situées à l'opposé de la bouche de soufflage et de part et d'autre de la pièce reprennent l'air.



Equipements techniques

Les centrales de traitement d'air ne sont pas pourvues d'équipements de contrôles. Les thermomètres sont très utiles aux techniciens de maintenance afin de vérifier visuellement le bon fonctionnement des installations. Le manomètre différentiel permet quand il est installé de part et d'autre des filtres d'en vérifier l'encrassement et de prévoir leurs remplacements.

Thermomètre et manomètre différentiel non installés

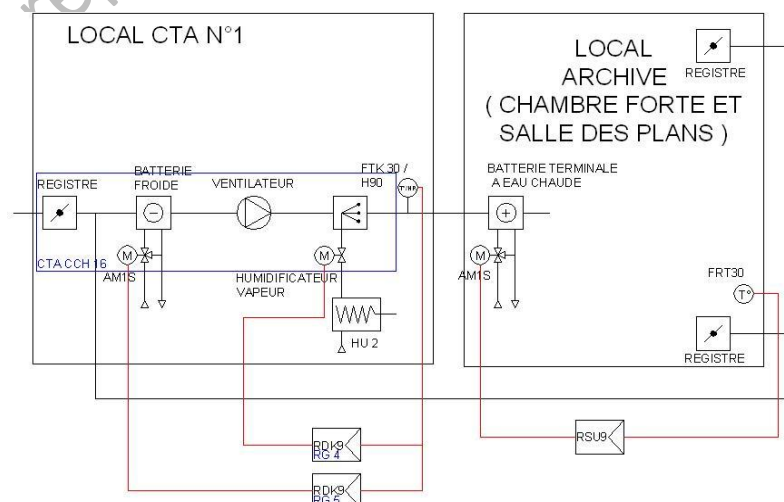


Régulation

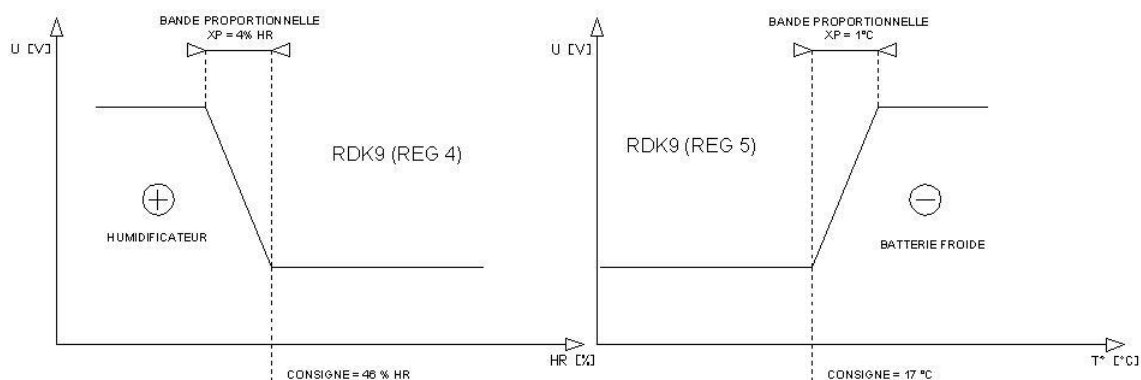
Centrale de traitement d'air type CCH 16 : (salle des plans / chambre forte) LT CTA N°1.

La centrale de traitement d'air est pilotée par un unique système de régulation composé de 2 éléments distincts renseignés par une sonde. (Ces éléments pilotent les caractéristiques de l'air avant son passage dans la batterie terminale à eau chaude).

- Un régulateur de température de l'air au soufflage RDK9 (RG5)
- Un régulateur d'hygrométrie de l'air au soufflage RDK9 (RG4)
- Une sonde Thermo-hygrométrique à la sortie de la CTA FTK 30/H90



La logique de fonctionnement peut être représentée par le schéma de principe ci-dessous :



Comme on peut le voir sur la photo de la page suivante, pour chaque régulateur, un potentiomètre permet de régler la consigne de température ou d'humidité dans le cas du régulateur REG 1 la valeur de consigne est réglée à 50 % HR.

Un petit potentiomètre nommé Xp permet de régler la bande proportionnelle. Cette bande correspond à la zone de manœuvre de l'organe de régulation (sa sensibilité).

Dans le cas du régulateur REG 1 la bande proportionnelle est réglée à 2°C soit 4% HR. L'organe de régulation passe donc de 0% d'ouverture à 100% sur une plage de 4 % HR.

Un autre petit potentiomètre nommé Xk permet de régler la zone neutre. Cette zone correspond aux valeurs pour lesquelles aucun ordre n'est envoyé à l'organe de régulation.

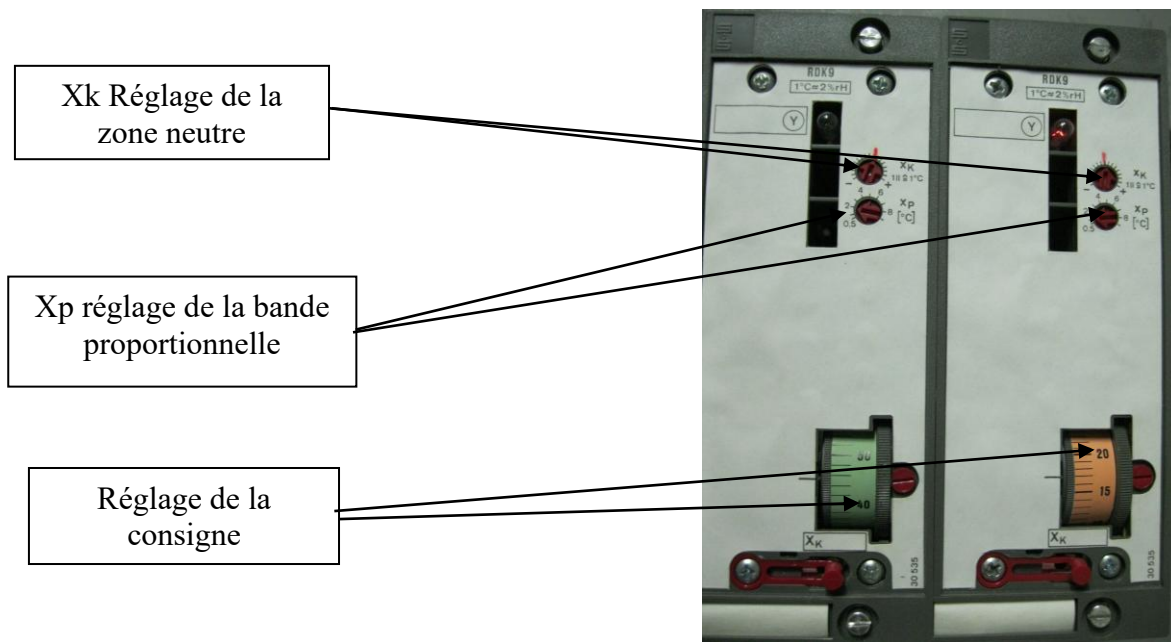
Dans le cas du régulateur REG 1 la zone neutre est de - 6 %, ce qui veut dire qu'entre la valeur de consigne à 50 % HR et 44 % HR mesuré, aucune action n'est demandée à l'organe de régulation.

Ce matériel d'ancienne génération est de type analogique. Le COSTIC possédait dans ses archives la documentation technique de ce dernier. (Une copie est fournie en annexe).

Remarque :

La dénomination de ces régulateurs permet d'identifier de façon simple leurs caractéristiques :

- Un RDK 9 correspond à une sortie proportionnelle (exemple : action sur une vanne 3 voies d'une batterie à eau glacée)
- Un RDK 99 correspond à deux sorties proportionnelles
- Un RDK 2 correspond à une sortie tout ou rien (exemple : mise en marche du déshydrateur)
- Un RDK 92 correspond à une sortie proportionnelle et une sortie tout ou rien.



Régulation des batteries terminales à eau chaude :

- Petits magasins (pairs et impairs) :

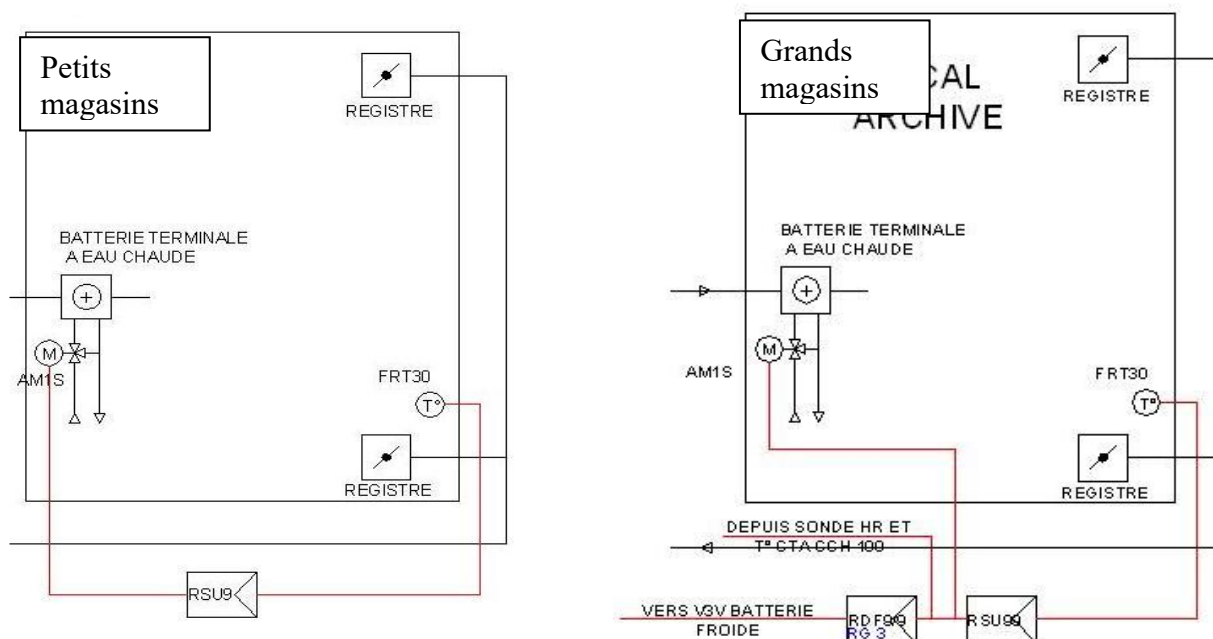
La tête de vanne thermique (organe de réglage agissant sur la vanne trois voies) est commandée par un régulateur situé dans l'armoire électrique du local CTA N°1 ou N°2 de type RSU9 STAEFA. Celui-ci mesure la température de la pièce au moyen d'une sonde FRT30 située proche de l'une des reprises d'air de la salle d'archivage.

Dans le cas des petites salles d'archivages, (chambre forte, salle des plans, audiovisuel et microfilms) les régulateurs ne partagent pas leurs informations avec la centrale de recyclage.

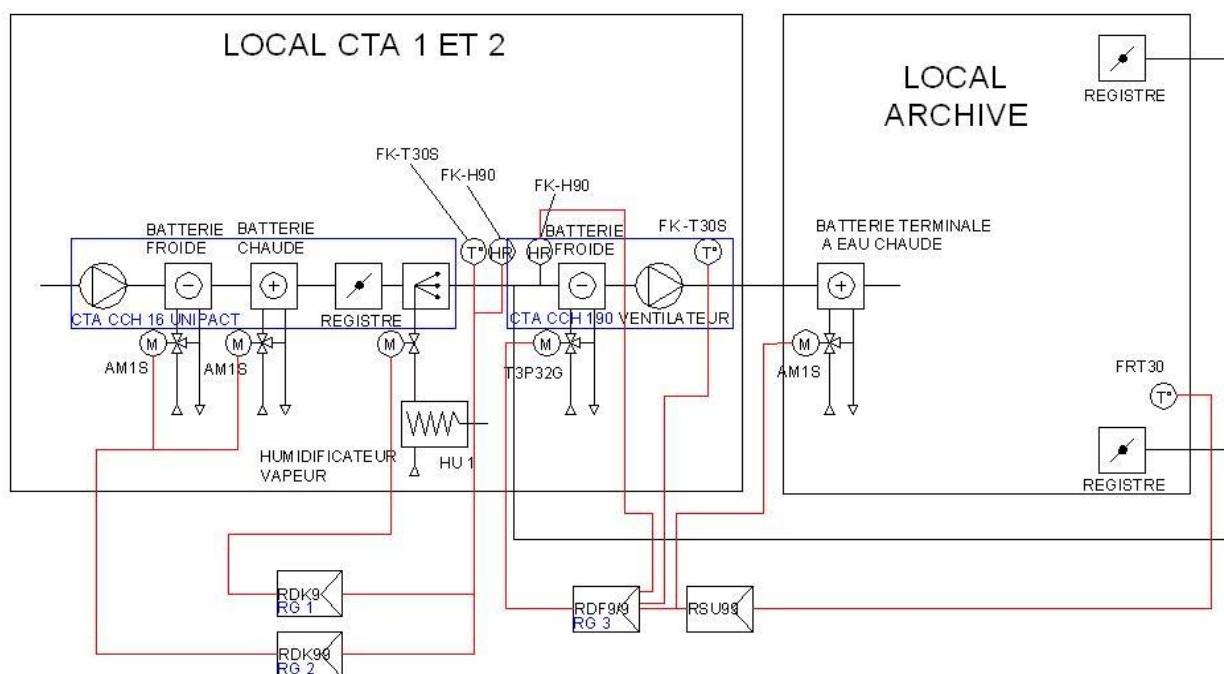
- Grands magasins de stockage (pairs et impairs) :

Les grands magasins de stockage sont équipés de régulateurs RSU99 et d'un RDF 9/9. qui partagent les données transmises par la sonde de température de reprise d'air afin de piloter la vanne trois voies de la batterie terminale à eau chaude ainsi que la vanne trois voies de la batterie froide de la centrale de recyclage de l'air CCH 190 (le RDF 9/9 fait une moyenne de toutes les données émises par les RSU 99 des magasins, la sortie émettant la plus grande tension devient prioritaire et donne l'ordre ou non de piloter la vanne trois voies de la batterie froide).

Voir schémas ci-dessous :



CTA CCH 16 / CCH 190 LT 1 ET 2 :



Principe de fonctionnement de la régulation.

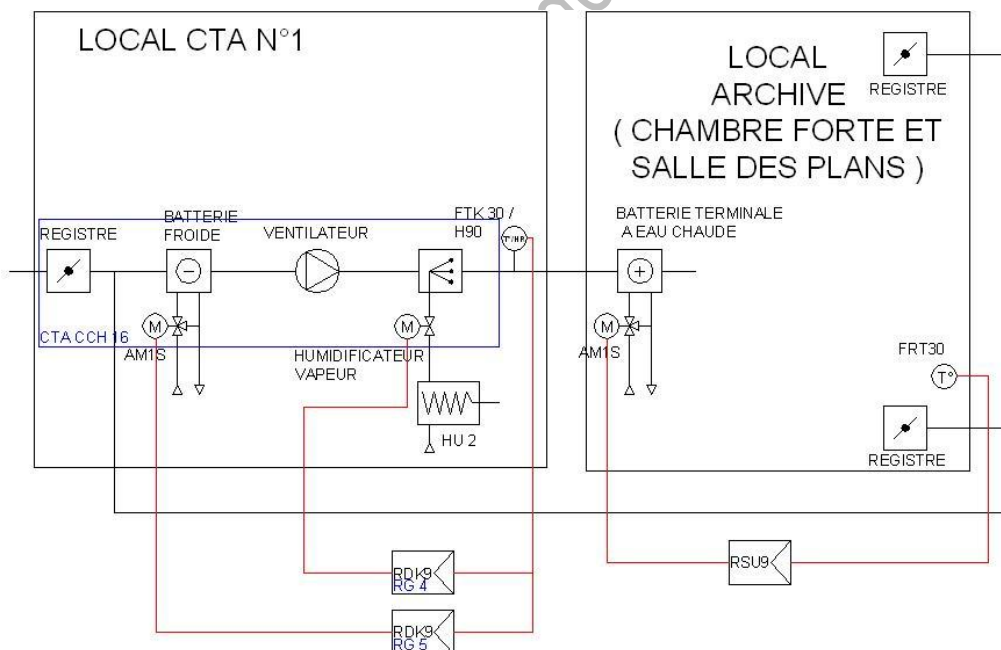
- Le RDK 99 (REG 2) pilote l'ouverture ou la fermeture des vannes trois voies des batteries froide et chaude de la CTA CCH 16 UNIPACT en fonction de la température de l'air à la sortie de la CTA.
- Le RDK 9 (REG 1) pilote la mise en marche de l'humidificateur si l'air en sortie de CTA est trop sec (consigne à 50 % HR).

La régulation de cette centrale ne pilote pas la déshumidification.

Pour permettre de piloter la déshumidification, il faut mettre en place un régulateur pilotant la batterie froide de la centrale en fonction d'une sonde d'hygrométrie au soufflage et non en fonction de la température.

Le RDF 9/9 (REG 3) pilote l'ouverture ou la fermeture de la vanne trois voies de la batterie froide de la CTA CCH 190 soit en fonction de l'hygrométrie de l'air entrant dans la centrale soit en fonction des températures lues en sortie de centrale et à la reprise des locaux d'archivage. La régulation de cette centrale pilote la déshumidification.

CTA CCH16 LT 1 :



Principe de fonctionnement de la régulation :

Deux RDK 9 pilotent la CTA CCH 16.

Le RDK 9 (REG 4) pilote la mise en marche de l'humidificateur si l'air en sortie de CTA est trop sec.

Le RDK 9 (EG 5) pilote l'ouverture ou la fermeture de la vanne trois voies de la batterie froide en fonction de la température de l'air à la sortie de la CTA. La régulation de cette centrale ne pilote pas la déshumidification.

Nb : Une déshumidification s'opère malgré tout au niveau de la batterie froide car l'air chaud condense sur la batterie, cette régulation ne permet pas d'en avoir la maîtrise.

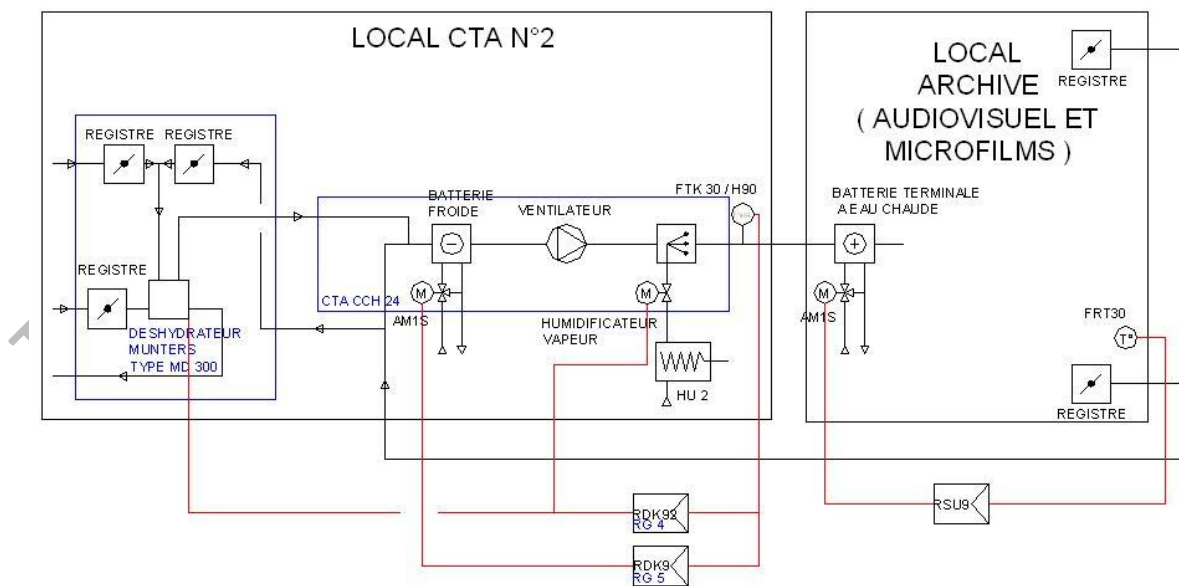
CTA CCH 24 LT N°2 :

Principe de fonctionnement de la régulation :

Deux RDK pilotent la CTA CCH 24.

- Le RDK 92 (REG 4) pilote la mise en marche de l'humidificateur si l'air en sortie de CTA est trop sec ou la mise en marche du déshydrateur si l'air est trop humide.
- Le RDK 9 (EG 5) pilote l'ouverture ou la fermeture de la vanne trois voies de la batterie froide en fonction de la température de l'air à la sortie de la CTA.

Dans un fonctionnement normal, la régulation de cette centrale pilote la déshumidification. A ce jour ce fonctionnement est dégradé car le déshydrateur est hors service.



III. 4-4 Maintenance

Groupe frigorifique :

Le groupe frigorifique en toiture est actuellement en mode de fonctionnement dégradé. Le circuit frigorifique fonctionne avec seulement un compresseur sur deux car le fait que 2 des trois aérocondenseurs soient en panne (information AXIMA) ne lui permet pas de fonctionner à pleine puissance (Risque de coupure du système en haute pression HP).



Ce mode de fonctionnement ne permet pas maintenir la consigne de départ en 4/11 °C (4 Degrés au départ, 11 °C au retour) comme prévu à la conception de l'installation climatique.

Les mesures effectuées lors de notre audit sont les suivantes : entre 9 et 12 °C au départ / entre 12 et 14°C au retour.

Ces températures sont trop élevées pour permettre la déshumidification de l'air, la température de rosée n'est pas atteinte.

Exemple de température de rosée :

Pour 19.8 0°C et 55.4 % HR le point de rosée est de 10.6°C

Pour 21.5°C et 51.3 % HR le point de rosée est de 10.1 °C

IV- Etude de la biocontamination.

IV-1 ETAT DES LIEUX/CARTOGRAPHIE

Lors de notre première visite nous avons pu constater l'étendue et la configuration de la biocontamination des magasins des archives départementales du Finistère, Quimper.

Celle-ci semble toucher tous les étages du bâtiment d'archive qui se compose de cinq niveaux, divisés en quatre magasins et incluant aux rez-de-chaussée et premier étage des salles de stockage de petites dimensions.

Des problèmes de régulation de la température et surtout de l'humidité relative intérieures nous sont apparus lors de relevés ponctuels d'humidité autour de 75%HR et supérieurs à 75% dans les salles de stockage. Depuis notre première visite, des mesures ont été prises en installant de déshumidificateurs dans les petites salles.

En première analyse :

La contamination est généralisée mais discontinue au sein de chaque magasin.

Le taux d'empoussièrement important rend parfois difficile la discrimination entre zones contaminée et non contaminée.

Afin de préciser l'étendue et la configuration des zones de contamination visuellement identifiables, (basées sur un examen visuel, présence de voiles de mycélium à la surface des documents) une cartographie sur plans établie par nos soins le 14/04/2010 est présentée en annexes. Elle permet de confirmer les premières observations et de les préciser :

Tous les magasins semblent touchés mais à des degrés variés. Le tableau suivant montre cette répartition, au sein de laquelle ne semble pas émerger de schéma général. Les critères « contamination faible » / « contamination importante » sont basés sur un rapide rapport des travées atteintes aux travées saines.

502 Contamination faible	504 Magasin vide	501 Contamination importante	503 Contamination importante
402 Contamination faible	404 Contamination faible	401 Contamination faible	403 Contamination faible
302 Contamination importante	304 Contamination importante	301 Contamination importante	303 Contamination importante
202 Contamination non caractérisée / dépôts et fort empoussièrement	204 Contamination faible	201 Contamination faible	203 Contamination non caractérisée / dépôts et fort empoussièrement
102 Contamination faible	104 Contamination faible	101 Contamination importante	103 Contamination importante

A tous les niveaux, les zones de contaminations visuellement identifiées sont discontinues tant aux seins des travées que des étagères où documents présentant des plages de mycelium et documents « sains » voisinent.

L'étude visuelle des magasins met en relief une prédominance de la présence de développements sur certains types de documents qui explique la répartition présentée. Les magasins pour lesquels le caractère « contamination faible » a été attribué regroupent pour l'essentiel des documents conservés en boîte. A l'inverse, les magasins à « contamination importante » regroupent majoritairement des volumes reliés. C'est également le cas pour les magasins à « contamination non caractérisée ».

L'apparition d'un duvet mycélien semble dépendant des matériaux constituant les différents conditionnements et documents et de leur ancienneté (les développements sont préférentiellement observés sur des livres couverts de toile ou cuir, des boîtes d'archives anciennes)

IV-2 ECHANTILLONNAGE

Au sein de chaque magasin, les prélèvements réalisés sont de trois types :

- Echantillonnage de surfaces (étagères, murs, sols).
- Echantillonnage d'air.
- Echantillonnage sur documents.

Ces méthodes permettent de rendre compte de situations complémentaires, la première en permettant la caractérisation (en termes quantitatifs et qualitatifs) de la flore microbiologique sédimentée avec le temps et la seconde la caractérisation de la flore microbiologique prépondérante au moment de l'étude.

Pour des raisons pratiques, les échantillons constituant la présente étude ont été prélevés en deux fois et répartis comme suit :

- Prélèvements d'environnement (surfaces) et sur documents, le 19/04/2010.
- Prélèvements d'environnement (air) et sur documents, le 06/05/2010.

Les zones d'échantillonnage (section II.2.) ont été définies à partir de la cartographie de biocontamination. Sur la base des observations précédentes (totalité des étages touchés, dissémination irrégulière au sein de chaque magasin), il a été décidé - afin d'arriver à une vision la plus globale possible de la situation fongique dans l'ensemble du bâtiment sans avoir à mettre en place une analyse exhaustive - de procéder à un échantillonnage sur :

Deux étages, un étage élevé (3^{ème}) et un étage bas (RdC), de situation contrastée en terme d'environnement extérieur et représentatifs d'un éventuel gradient de température et d'humidité relative dans le bâtiment se répercutant en termes de densités de biocontamination.

Trois magasins et une salle, sur un seul étage (silos 101, 102, 103 et salle des microfilms), représentatifs de chacun des ensembles déterminés par la présence de systèmes de ventilation distincts et des situations fongiques contrastées.

Le système de ventilation lui-même, au niveau des bouches de soufflage et de reprise d'air.

L'environnement extérieur (avant/après le filtre en entrée de l'air dans chaque système de ventilation).

Au sein de chaque magasin, les échantillons sont répartis de façon à rendre compte d'un éventuel gradient dans la distribution des espèces microbiologiques par rapport aux mouvements d'air dans les salles et la présence d'ouvertures.

IV-2-1 Prélèvements : méthodes.

Afin de bénéficier de points de comparaison, les différents échantillons ont été mis en culture sur milieux équivalents : milieux de type flore totale et DRBC.

Les prélèvements sur documents ont été réalisés par frottis des surfaces à l'aide d'écouvillons stériles. La surface échantillonnée a été fixée à 1cm² afin de permettre une comparaison entre échantillons.

La mise en culture a été effectuée par dépôt direct en stries à la surface des milieux de culture le lendemain du prélèvement. Les milieux de culture utilisés sont des milieux Sabouraud (Difco – composition : malt (40g/L) / agar (15g/L) / digestat enzymatique de caséine (10g/L)) pour la croissance de la flore totale, préparés la veille du prélèvement.

Les prélèvements de surfaces ont été réalisés par application pendant environ 10s, de lamelles contact gélosées sur les zones définies. Ces lames présentent un type de milieu par face :

Face 1, milieu PCA, pour le développement de la flore totale, tant fongique que bactérienne.

Face 2, milieu DRBC (Dichloran Rose Bengal Chloramphénicol), à faible activité en eau et additionnée d'un antibiotique, pour le développement des espèces xérotolérantes et inhibition des espèces bactériennes.

Le transport des lames a été effectué à température ambiante. Elles ont été précédemment stockées selon les recommandations du fabricant, jusqu'au matin du départ.

Les prélèvements d'air ont été réalisés par impaction à l'aide d'un biocollecteur SAS IAQ (conforme à la norme EN ISO 14698) d'un débit de 100L.min⁻¹ positionné à 1,5m du sol en chaque point de prélèvement au sol, sur deux milieux gélosés :

- Milieu Sabouraud (Difco).
- Milieu DRBC (Difco – composition : dichloran (0,002g/L) / chloramphénicol (0,1g/L) / dextrose (10g/L) / peptone (5g/L) / phosphate de monopotassique (1g/L) / sulfate de magnésium (0,5g/L) / agar (15g/L) / rose bengale (25g/L)) pour l'énumération des levures et moisissures. Milieux préparés la veille du prélèvement.

Le volume d'air échantillonné est de 500L (correspondant à une prise de 5min).

Les milieux fraîchement préparés au laboratoire ont été stockés au réfrigérateur, à 4°C, et transportés à température ambiante afin d'éviter les condensations et les mouvements de films d'eau pouvant interférer avec les processus d'impaction et d'ensemencement.

Un échantillon de chaque milieu a été préparé pour le contrôle de la stérilité des phases de fabrication et de transport. Pour les impactions, les boîtes témoins négatifs ont été transportés sur place et mis en culture sans impaction.

Les milieux sont préparés par dissolution dans l'eau du produit déshydraté, chauffage sous agitation constante, autoclavage à 121° pendant 15mn, puis coulés en boîtes de Pétri stériles, dans le champ d'un bec bunsen.

Tous les échantillons de surface et d'air ont été mis en culture le soir même du prélèvement, par incubation à 25°C en enceinte (enceinte à régulation électronique Memmert SE200). Les échantillons écouvillonnés ont été mis en culture le lendemain du prélèvement.

IV-2-2 Prélèvements : localisation.

La politique d'échantillonnage proposée est basée sur les recommandations de l'ASPEC. Ces recommandations ont été adaptées à la situation particulière des réserves des archives du Finistère et au besoin de rapporter le nombre de prélèvements à des quantités manipulables.

La présente étude repose sur un total de 134 échantillons dont 80 échantillons de surface (11 en système de ventilation dont 8 au niveau des bouches d'arrivée et de reprise d'air en magasins et 3 en local technique ; 34 sur murs en magasins ; 16 au sol en magasins ; 19 sur étagères) 17 échantillons d'air et 37 échantillons sur documents.

Dans chaque magasin, les prélèvements de surface sont réalisés aux mêmes points entre étages ou en miroir par rapport au couloir central d'un même étage. Etant donné la répartition discontinue observée dans le bâtiment, les échantillons sont répartis au sein d'un magasin :

En zone où aucune contamination visible n'a été mise en évidence.

A proximité des arrivées d'air.

A proximité des reprises d'air.

En zone de contamination visible.

Les échantillons ont été répartis comme suit dans chacun des magasins retenus :

Niveau 1- rez de chaussée

1 prélèvement d'air dans le couloir distribuant les magasins.

Magasin 101 :

2 prélèvements au niveau des bouches du système de ventilation, 1 en arrivée d'air et 1 autre en reprise d'air.

8 prélèvements à deux hauteurs sur murs, en quatre points répartis entre arrivée et reprise d'air, et 6 prélèvements sur étagères.

4 prélèvements au sol dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

7 prélèvements sur documents et boîtes, en accord entre zones non contaminées/contaminées et zones de prélèvements sur murs.

4 prélèvements d'air en quatre points répartis dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

Salle des microfilms :

1 prélèvement au niveau de la bouche d'arrivée d'air du système de ventilation.

4 prélèvements à deux hauteurs sur murs, en deux points répartis entre arrivée et reprise d'air et 1 prélèvement sur meuble.

1 prélèvement au sol dans la zone de prélèvements sur mur face à l'arrivée d'air.

4 prélèvements sur documents et boîtes, en accord entre zones non contaminées/contaminées et zones de prélèvements sur murs.

1 prélèvement d'air dans la zone de prélèvements sur mur face à l'arrivée d'air.

Magasin 102 :

1 prélèvement au niveau de la bouche de reprise d'air du système de ventilation, la bouche d'arrivée d'air étant inaccessible.

8 prélèvements à deux hauteurs sur murs, en quatre points répartis entre arrivée et reprise d'air, et 5 prélèvements sur étagères (ou surfaces horizontales).

4 prélèvements au sol dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

7 prélèvements sur documents et boîtes, en accord entre zones non contaminées/contaminées et zones de prélèvements sur murs.

3 prélèvements d'air en trois points répartis dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

Magasin 103 :

2 prélèvements au niveau des bouches du système de ventilation, 1 en arrivée d'air et 1 autre en reprise d'air.

6 prélèvements à deux hauteurs sur murs, en trois points répartis entre arrivée et reprise d'air, et 3 prélèvements sur étagères.

3 prélèvements au sol dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

8 prélèvements sur documents et boîtes, en accord entre zones non contaminées/contaminées et zones de prélèvements sur murs.

3 prélèvements d'air en trois points répartis dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

Niveau 5- troisième étage

1 prélèvement d'air dans le couloir distribuant les magasins.

Magasin 501 :

2 prélèvements au niveau des bouches du système de ventilation, 1 en arrivée d'air et 1 autre en reprise d'air.

6 prélèvements à deux hauteurs sur murs, en trois points répartis entre arrivée et reprise d'air, 3 prélèvements sur étagères et 1 prélèvement sur rebord de fenêtre.

3 prélèvements au sol dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

8 prélèvements sur documents et boîtes, en accord entre zones non contaminées/contaminées et zones de prélèvements sur murs.

4 prélèvements d'air en quatre points répartis dans les zones de prélèvements sur murs et étagères.

Local technique

2 prélèvements de surface au plancher du système de ventilation est avant et après filtre, 1 prélèvement de surface au plancher du système de ventilation de la salle des microfilms après filtre.

Niveau 4- deuxième étage.

Magasin 401 :

3 prélèvements complémentaires sur documents et boîtes.

Le prélèvement d'air prévu au niveau du toit terrasse, aux fins de comparaison des espèces intérieures et extérieures, n'a pu être réalisée pour cause de pluie abondante.

La localisation des prélèvements sur les plans des magasins des niveaux 1 et 5 est jointe en annexes.

IV-3 RESULTATS

IV-3-1 Mesures environnementales.

Niveau	Silo	Point de prélèvement	Epi	Travée	Température (°C)	Humidité relative (%)
1	Microfilms	A6	Meuble 1		23,5	45,6
	101	A1	Couloir		24	43,3
	101	A2	1/2	1	25,1	41,2
	101	A3	17/18	1	24,5	44
	101	A4	21/22	4	24,1	46,2
	101	A5	29/30	4	24	47,5
	102	A7	45/46	1	26,5	32,1
	102	A8	25/26	4	25,8	37
	102	A9	17/18	4	25,6	37,5
	103	A10	3/4	1	21	58,9
	103	A11	37/38	4	20,5	58,3
	103	A12	29/30	4	20,4	58,7
5	501	A13	Couloir		21,4	50,6
	501	A14	55/56	1	20,9	56,8
	501	A15	21/22	4	20,7	56,4
	501	A16	29/30	4	20,6	57,4

Les mesures réalisées montrent que malgré des variations dans le climat de chaque magasin, les valeurs de température et d'humidité relative ont été ramenées dans des valeurs basses permettant le contrôle des développements fongiques.

Le climat en silo 102 est même tombé en dessous des valeurs d'humidité préconisées pour la bonne conservation des documents graphique.

V.3-2. Degré de biocontamination : niveau 5- voir tableau annexe-

IV.3-3. Degré de biocontamination : niveau 3 - voir tableau annexe-

IV.3-4 Degré de biocontamination : système de ventilation.- voir tableau annexe-

IV-4 INTERPRETATIONS

IV-4-1 Degré général de biocontamination.

Trois caractères principaux conduisent à l'évaluation de la gravité d'une biocontamination en milieu intérieur :

1. Déséquilibre entre flore extérieure et flore intérieure.
2. Pauvreté/varieté des espèces identifiées dans l'environnement.
3. Concentration de spores reviviscibles dans l'environnement (surfaces et air ambiant).

La norme française XP X 43-407 de Mars 2006, portant sur la qualité de l'air dans les locaux non industriels, définit des catégories de qualité de l'air intérieur en terme de contamination fongique :

Niveau de la contamination	Logement	Autre environnement intérieur (immeubles de bureaux)
Très faible	< 50	< 25
Faible	< 200	< 100
Moyen	< 1 000	< 500
Elevé	< 10 000	< 2 000
Très élevé	> 10 000	> 2 000

Il n'existe pas en France de niveaux d'alerte en terme de contamination microbiologique des surfaces. Cependant deux axes d'évaluation ont été définis par des groupes de recherche :

Concentration	Évaluation qualitative de la contamination
moins de 200 UFC/cm ²	Faible
de 200 à 500 UFC/cm ²	Moyenne
> 500 CFU/cm ²	Forte

Tableau 2 : Evaluation qualitative de la contamination en fonction des concentrations en particules reviviscibles présentes sur surfaces lisses.³

Surface contaminée	Evaluation
< 0,3 m ²	Faible contamination
0,3 m ² - 3 m ²	Contamination moyenne
> 3 m ²	Contamination élevée

Tableau 3 : Evaluation qualitative de la contamination en fonction de la surface de contamination évaluée visuellement.⁴

En fonction de ces axes d'analyses, quelques conclusions quant aux caractéristiques de la biocontamination des magasins des archives départementales du Finistère peuvent être extraites des mesures réalisées :

³ : LIGNES DIRECTRICES POUR L'INSPECTION, L'ÉVALUATION ET L'ÉLIMINATION DES MOISSURES DANS LES LIEUX DE TRAVAIL, Division de la sécurité et de l'hygiène du travail - Travail et Immigration Manitoba, Mars 2001, p.12.

⁴ : CONTAMINATIONS FONGIQUES EN MILIEUX INTERIEURS - DIAGNOSTIC - EFFETS SUR LA SANTE RESPIRATOIRE -

CONDUITES A TENIR, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique De France - Groupe de travail « Moisissures dans l'habitat », Septembre 2006, p.82.

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

- L'étude de la flore fongique globale montre la prédominance de quatre genres :

Cladosporium, espèces cladosporoides et herbarum.

Penicillium, espèces brevicompactum et digitatum (et dans une moindre mesure chrysogenum, et expansum).

Acremonium, espèce charticola.

Absidia, espèce corymbifera.

Ces espèces sont largement majoritaires quantitativement et rencontrés conjointement ou en alternance dans de nombreux points d'échantillonnage.

- En ambiance, les autres espèces présentes en proportions remarquables sont Penicillium corylophilum et Aspergillus versicolor. Il existe donc un déséquilibre de la flore microbienne dans les magasins dû à une sélection, un développement et une dispersion préférentiels de ces quelques souches.

- Les concentrations en spores reviviscibles aéroportées sont constantes et inférieures à 25 UFC/m³ (UFC : Unité Formant Colonie). Le niveau de contamination fongique de l'air des magasins des archives départementales du Finistère peut donc être qualifié de faible. Cependant les échantillons d'air réalisés en regard des arrivées d'air dans les magasins 101, 102, 103 et 501 montrent des valeurs de reviviscence très basses. Cette observation, mise en parallèle avec la concentration de spores relevée dans l'air de la salle des microfilms et les niveaux sur murs dans tous les magasins d'une part et la vitesse de l'air pulsé d'autre part montre que la force de la circulation de l'air et les conditions d'aérosolisation des spores a un impact négatif sur leur culturabilité. Les mesures de la charge fongique de l'air ambiant et des murs en regard des arrivées d'air sont sans doute faibles mais sont sous-estimés par un faible taux de récupération des espèces due au fort débit de l'air.

- Les concentrations en particules reviviscibles sur surfaces lisses (sol, murs et étagères) entrent dans la catégorie des contaminations faibles telles que définies dans le tableau 1 (maxima autour de 30 UFC/cm² à J+7 au niveaux des étagères et au sol en l'épi 29/30 du silo 501, autour de 10 UFC/cm² à J+7 au niveau des reprises d'air en silos et 37 à 40 UFC/cm² à J+7 en arrivée d'air de la salle des microfilms). Les prélèvements sur murs montrent des concentrations inférieures à 1 UFC/cm² dans tous les silos sauf en salle des microfilms où elles atteignent 5 UFC/cm² en moyenne. Sur étagères, ces concentrations sont comprises entre 1 et 6 UFC/cm² sauf au point précité en silo 501.

- La surface de contamination active visuellement identifiable est évaluée à plus de 3m² et correspond à une biocontamination élevée selon les critères définis dans le tableau 2.

Cependant, les critères pris en compte ne sont applicables qu'aux locaux de travail et les seuils définis en terme de risque sanitaire.

Il convient donc de réajuster les conclusions précédentes en fonction de la destination des lieux : malgré de faibles charges fongiques générales, la présence de larges zones de développements disséminés dans la quasi-totalité des magasins des archives rend la situation préoccupante pour la bonne conservation des documents et doit être réglée au plus vite.

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

IV-4-3 Impact des espèces fongiques majoritaires isolées.

NOM	Effet pathogène ^{5, 6}	Effet sur le patrimoine écrit ^{7, 8}
Cladosporium cladosporoides et herbarum	Allergisation	Colonisation et consolidation sur livres en archives, isolé sur papier et cuir
Pénicilliums	Allergisation	Colonisation et consolidation sur livres en archives, isolé sur papier, cuir et colles animales et végétales
P. brevicompactum	Production de mycotoxines	Agent de dégradation courant en tannerie sur produit fini, isolé sur livres et papiers
P. chrysogenum	Production de mycotoxines	Agent de dégradation courant en tannerie sur produit fini, isolé sur livres et papiers
P. expansum	Production de mycotoxines	Isolé sur livres
Absidia		Isolé en bibliothèque
Acremonium	Allergisation	Colonisation sur livres en archives, isolé sur papier et cuir
Aspergillus versicolor	Allergisation et production de mycotoxines	Colonisation sur livres en archives, isolé sur papier, cuir et colles animales et végétales

Les effets pathogènes des espèces fongiques isolées dans les magasins des archives de Quimper, listés dans le tableau précédent ne sont présentés qu'à fin d'information sur la santé.

Les réactions allergiques induites sont essentiellement de type atteintes bronchiques (toux) et asthme. Les cas de rhinite sont controversés. Il faut noter que le caractère allergène des moisissures est plus important chez les personnes souffrant déjà d'asthme (pour lesquels la fréquence de la sensibilisation augmente avec la sévérité de l'asthme) et que la sévérité de la réaction n'est pas exclusivement dépendante de la dose d'exposition.

Quant à l'effet toxique des moisissures il est essentiellement le fait de l'ingestion. Un effet par voie respiratoire chez l'homme reste débattu même s'il a été démontré expérimentalement chez l'animal.

En aucun cas LARCROA ne peut se prononcer sur le caractère préoccupant ou non de la situation microbiologique des magasins des archives départementales du Finistère en termes de santé publique.

⁵ D'après : CONTAMINATIONS FONGIQUES EN MILIEUX INTERIEURS - DIAGNOSTIC - EFFETS SUR LA SANTE RESPIRATOIRE - CONDUITES A TENIR, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique De France - Groupe de travail « Moisissures dans l'habitat », Septembre 2006.

⁶ : MOISSURES UTILES ET NUISIBLES : IMPORTANCE INDUSTRIELLE, BOTTON B., Masson, Paris, 1990.

⁷ : Voir « Fungi isolated from library materials : a review of the literature », Bronislaw Zyska, in: *International Biodeterioration and biodegradation*, Vol.40, N°1, 1997, pp 43-51.

⁸ : Voir « Microbial biodeterioration of leather and its control : a review », Alois Orlita, in: *International Biodeterioration and biodegradation*, Vol.53, 2004, pp 157-163.

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

IV-4-4 Configuration et causes probables.

Comme le montrent les résultats, et contrairement à la perception qu'induit la répartition visuelle des développements telle que représentée dans la première phase de cartographie, la biocontamination des magasins est faible en termes de charge fongique et se révèle uniforme : Une corrélation nette entre composition des flores fongiques en environnement et en système de ventilation n'a pu être établie :

Les profils de contamination par travées ne présentent pas de gradient de dépôt des espèces à travers les magasins.

Les densités relevées en reprise d'air sont statistiquement plus élevées que celles mesurées en arrivée d'air dans tous les magasins étudiés à l'exception du silo 102 où les niveaux de reviviscence en reprise d'air sont faibles (il est dans ce cas difficile de trancher entre variations ponctuelles de dépôt et reflet réel de la situation en environnement : les niveaux de contamination des surfaces sont statistiquement équivalentes à celles relevées dans les autres magasins mais la contamination visuelle y est plus faible). Il y a donc enrichissement en espèces reviviscibles au sein des magasins qui semblent se comporter comme des réservoirs.

Les espèces relevées en système de ventilation sont identiques, bien que moins variées, à celles identifiées en magasin.

Les concentrations en spores reviviscibles sur étagères sont systématiquement plus élevées que les concentrations au sol. Les résultats d'échantillonnage au sol sont difficilement utilisables du fait de leur nettoyage régulier (nettoyage à sec de la totalité des étages sur une semaine – à raison d'un étage par jour). Cependant, des zones de plus forte concentration au sol associée à de fortes concentrations sur murs ont été observées au niveau des fenêtres des magasins 501 et 103. De telles configurations n'ont pas été relevées en magasins 101 et 102, partiellement protégés par le bâtiment administratif. Cette situation indique que les fenêtres peuvent jouer un rôle dans la situation fongique de certains magasins (silos aériens ou non protégés par le bâtiment administratif) par l'entrée d'espèces fongiques et une plus grande sédimentation et/ou conservation des spores.

Les concentrations en spores reviviscibles sur documents sont étonnemment faibles. Une forte proportion d'échantillons prélevés sur documents n'a pas donné lieu à des développements sur milieu MEA. Ces profils de reviviscence permettent de relativiser la gravité de la situation fongique dans les magasins des archives départementales du Finistère. Dans chaque silo, la proportion d'échantillons ayant donné lieu à développement rapportée au nombre de documents écouvillonnés montre une plus grande contamination relative dans les silos 501 et 101 que dans les silos 102 et 103, situation cohérente avec les cartographies de contamination visuellement identifiables dans ces magasins.

La présence généralisée de développements bactériens dans l'ensemble des magasins échantillonnés est imputable à l'activité humaine. Ces dernières demandent une quantité d'eau importante dans le substrat pour se développer (proche d'une activité en eau égale à 1, c'est-à-dire une complète saturation) et ne constituent pas dans le cas des archives départementales du Finistère un problème important sauf en cas de dégât des eaux.

Le croisement de l'ensemble des résultats permet de proposer l'analyse suivante :

La cause principale de la biocontamination des magasins des archives départementales du Finistère est un dérèglement cyclique du climat ayant conduit au développement d'espèces fongiques présentes sur les documents. Cette observation est appuyée par la plus forte proportion de documents activement contaminés au niveau 5 (silo 501) où l'humidité relative mesurée lors de la prise d'échantillons est plus élevée que dans le reste des magasins. On peut

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

présumer qu'une partie au moins des genres *Cladosporium* et *Penicillium* est issue d'une sédimentation des spores contenus dans l'air soufflé par le système de ventilation, à moins que le système de ventilation n'ait été qu'un agent de dispersion des espèces pré-existantes. L'homogénéité observée des degrés de sédimentation et des compositions de la flore fongique en magasins semble être le résultat de l'important taux de renouvellement de l'air ambiant (estimé à 8 volumes/h par le COSTIC). La vitesse de déplacement de l'air intérieur a sans doute eu pour effet une forte dispersion des spores dans l'ensemble du volume des magasins mais aussi une limitation de leur sédimentation et un effet négatif sur la conservation des structures fongiques conidiogènes (responsables de la production de spores – ou conidies – chez la plupart des espèces identifiées). Associée à la bonne homogénéité des conditions climatiques au moment des prélèvements, cette caractéristique peut expliquer la sélection en espèces fongiques rencontrées dans les magasins : *A. versicolor* est le premier colonisateur dans l'environnement avec des besoins en activité de l'eau à 20°C (eau disponible dans le substrat) à 78%HR il est suivi de *P. chrysogenum* et *brevicompactum* (78-82%HR), *P. expansum* (82-85%HR), *Cladosporium* (85-88%HR), *Absidia* (88-89%HR) et *P. digitatum*, *Acremonium* (90%HR).

La répartition irrégulière des développements mycéliens, telle qu'elle est établie par la phase de cartographie et confirmée par la prise d'échantillons sur documents, indique que le développement fongique est essentiellement dépendant de la nature du support : il touche préférentiellement les boîtes d'archives anciennes et les livres de la bibliothèque. Le conditionnement des archives semble donc un point crucial de contrôle des développements fongiques dans les magasins. Cependant la faible proportion d'échantillonnage par rapport à la collection des archives du Finistère limite l'impact de l'observation.

La salle des microfilms présente une situation particulière par rapport au reste des magasins avec de plus fortes concentrations en spores reviviscibles sur les surfaces et les documents, dans l'air et dans l'ensemble du système de ventilation. Un important défaut de régulation du climat et de la maintenance de la ventilation (nettoyage, changement des filtres) est évident. Ici aussi le conditionnement des documents impacte le niveau de contamination : les documents conservés en meubles présentent des taux de reviviscence bien plus faibles que les documents conservés à l'extérieur et directement soumis au flux d'air du système de ventilation.

Les concentrations en spores reviviscibles importantes en environnement proche des fenêtres montrent que ces dernières sont des points d'entrée de souches microbiologiques dans les magasins élevés. Si les archives départementales du Finistère veulent maîtriser ses problèmes fongiques, les problèmes d'étanchéité du bâtiment devront être réglés.

Malgré une contamination importante en termes de surface touchée, les charges fongiques faibles relevées sur documents permettent de penser que la phase de sporulation des espèces s'étant développées n'a pas atteint sa maturation ou que l'assèchement de l'atmosphère a induit une dispersion importante de ces spores. Il semble donc que la prise en charge des dysfonctionnements thermo-hygrométriques a permis le contrôle et la stabilisation de la biocontamination des magasins des archives départementales du Finistère, au moins dans les magasins.

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

Conclusion

En regardant avec objectivité la situation dans son ensemble, l'état «catastrophe» a été honorablement géré pour faire place à un état «d'équilibre» qui risque de se rompre du jour au lendemain. Les pannes à répétition, la mise à l'arrêt d'équipements hors usages ou défectueux, les modifications de réglages, signe d'un matériel vieillissant ou d'une maintenance inopérante, ont compliqué terriblement la gestion du climat. Actuellement stabilisé par les soins AXIMA les conditions climatiques ne reposent que sur la maîtrise du soufflage. Or, plusieurs dysfonctionnements sur les installations du traitement d'air ont été relevés. Le groupe de production d'eau glacée n'est pas en mesure de fournir suffisamment de froid pour déshumidifier l'air. D'un autre côté les déshydratateurs d'air desservant les locaux 106 et 206 ne fonctionnent pas correctement. Enfin la régulation des batteries terminales n'est pas en mesure de piloter correctement le chauffage en fonction de la température de reprise.

A cela s'ajoute un état du bâtiment qui se dégrade. Le manque d'étanchéité du toit terrasse et des menuiseries extérieures des baies et ouvertures, est à l'origine d'infiltrations d'eau qui ruinent peu à peu, le sol, les murs, les plafonds et même le bas des étagères.

Si la contamination s'est arrêtée à la suite des mesures prises pour améliorer la régulation du climat, il n'en n'est pas moins vrai que la présence de colonies d'espèces reviviscibles sont encore en concentration suffisamment importantes pour se développer si les conditions climatiques redeviennent favorables. Les larges zones de développement disséminées dans la quasi-totalité des magasins rendent la situation malgré tout préoccupante.

Il faut donc avouer que ces multiples constatations, ne sont pas là pour nous rassurer si de sérieuses mesures ne sont pas prises pour remédier à cet état de fait.

Dans l'accomplissement de notre mission d'évaluation et d'accompagnement qui relève des points suivants :

- 1- *Evaluation de questions relatives du climat et à la présence de moisissures dans les magasins* -
- 2- *Etat des lieux consistant en un mode d'emploi permettant la maîtrise des équipements de traitement de l'air et d'observation des conditions climatiques.*
- 3- *Avis argumenté et préconisation sur la capacité d'évolution des équipements de traitement de l'air.*

nous avons apporté toutes les informations et les renseignements utiles et indispensables à l'évaluation des besoins nécessaires en vue de l'amélioration de l'état du bâtiment et de ses équipements. Une liste, de recommandations et de préconisations classées par catégorie et hiérarchisées, détaille l'ensemble des actions à prévoir.

LARCROA

Alain Roche : Mandataire
Sébastien Gilot : Biologiste

COSTIC

Cédric Beaumont : Directeur technique
Arnaud Ranc : Technicien.

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

Recommandations et préconisations.

Les recommandations et les préconisations sont classées par ordre de priorité en quatre groupes – Bâtiment – Equipement climatique – Assainissement microbiologique – Conservation des Archives.

I- BATIMENT

L'audit visuel du bâti a révélé des problèmes d'étanchéité de la couverture, des menuiseries extérieures ainsi que des remontées par capillarité. Les actions à mener sont listées par ordre budgétaire et technique

1- Un diagnostic de la nouvelle étanchéité de toiture est nécessaire car les dommages les plus récents associés aux variations climatiques vont accélérer la détérioration de celle-ci. En effet des réparations simples et locales peuvent encore être menées.

2- Une réfection de l'étanchéité des fenêtres est à envisager car les dégâts causés par l'eau vont générer d'autres fuites par détérioration des éléments métalliques d'encadrement.

3- Un diagnostic de l'étanchéité de la jupe goudronnée des murs enterrés du vide sanitaire est à envisager, l'audit n'a révélé de problèmes que dans le local 101 à l'angle Nord Ouest (98 % HR). Ce type de travaux est lourd et nécessite du terrassement.

II- EQUIPEMENT TECHNIQUE CLIMATIQUE

Préconisations principales

1- Remettre en état le groupe d'eau glacée.

2- Remettre en état ou remplacer le déshydrateur de la CTA CCH 24 alimentant les locaux 106 et 206. A défaut d'une remise en état, le remplacement de la régulation en place par une régulation pilotant également la batterie froide en déshumidification est possible.

3- Réaliser un audit de contrôle des organes de régulations des batteries terminales (Sondes de température, régulateurs RSU9 et 99, têtes de vannes magnétiques). Le remplacement à l'identique n'étant pas faisable (matériel très ancien), il faudra prévoir des appareils compatibles ou garantissant une compatibilité (exemple : convertisseur 0-10 V / 0-20 Volts pour les actionneurs). Voir inventaire des réglages batteries terminales en annexe.

4- Remplacer la régulation des centrales de traitement d'air CCH16 UNIPACT (LT1 et 2) et CCH16 du LT1 par une régulation pilotant la batterie froide en déshumidification.

5- Le remplacement de ces régulateurs peut amener des problèmes de compatibilité avec les sondes et actionneurs. C'est pourquoi il est préférable de les remplacer également. Ces

LARCROA	Archives départementales, site de Quimper.	COSTIC
---------	--	--------

nouveaux régulateurs piloteront la batterie froide en fonction de l'hygrométrie et de la température, priorisant l'action par une loi de tension.

Préconisations secondaires.

- 1- Revoir les consignes de température et d'hygrométrie, une température plus basse génère des économies, une hygrométrie plus faible plus éloigne de la zone de développement bactérien et donne une plus grande marge
- 2- Ajouter des instruments de mesure (thermomètres et thermo-hygromètres) d'une part sur les boucles d'eau chaude et d'eau glacée et d'autre part au niveau de la CTA (a minima en sortie), des manomètres différentiels au niveau des filtres.
- 3- Tracer, analyser et conserver des graphiques (au moins une fois par mois) de l'évolution des conditions d'ambiance. Modifier le dispositif de suivi actuel si celui-ci ne le permet pas à ce jour.
- 4- Revoir les bandes proportionnelles des régulateurs. Une bande proportionnelle trop étroite sur un régulateur amène celui-ci à actionner les vannes à 100 % pour un faible décalage par rapport à la consigne, ce qui produit de grande variation de température et d'humidité de l'air au soufflage et donc de l'ambiance pour une partie du local (avant que le mélange de l'air dans le local n'adoucisse le phénomène).
- 5- Continuer à assurer la traçabilité des événements à travers le carnet de chaufferie
- 6- Dans le cas où des ouvrages sensibles seraient placés proche des bouches de soufflage, il est conseillé de les déplacer. En effet, pour maintenir des conditions d'ambiance satisfaisante, le système de traitement d'air est normalement souvent amené à souffler un air dont les caractéristiques sont en dehors des consignes de stockage.

II- ASSAINISSEMENT MICROBIOLOGIQUE.

- 1- La première mesure à prendre en attendant la conduite d'actions correctives est le maintien des conditions actuelles de conservation dans les magasins, qui se sont révélées efficaces à contenir la biocontamination des ouvrages. A savoir contrôler au maximum les conditions d'hygrométrie et de température ambiante, c'est-à-dire éviter les fluctuations importantes.
- 2- Comme le montrent les résultats en salle des microfilms, le contrôle du climat doit obligatoirement s'accompagner d'une maintenance régulière et fiable du système de ventilation (notamment par le nettoyage des caisses de ventilation et par un changement régulier des filtres qui peuvent être, à saturation une source importante de contamination).
- 3- La forte proportion d'air recyclé dans le système de ventilation et le fort taux de renouvellement de l'air constituent un risque de dissémination et d'enrichissement en espèces

fongiques des magasins. Il est donc également conseillé de chercher des solutions afin de réduire la proportion d'air recyclé, améliorer sa circulation pour réduire les débits d'air.

4- Par dépoussiérage précautionneux et nettoyage *de toutes les surfaces (étagères, meubles à plans,....)*. Cette solution, légère, permet la stabilisation de la situation et une réduction concentrations en spores sur document et en environnement. Elle constitue un compromis qui nous semble intéressant dans le cas des archives départementales du Finistère en raison des faibles charges fongiques relevées, de la configuration non continue de la contamination fongique visuellement identifiée et de la superficie totale des magasins. Cependant, elle ne permettra qu'une diminution de la charge fongique observée. Le point faible de cette option est l'impossibilité de parvenir à un nettoyage efficace des conduits de ventilation en raison de la présence d'un isolement intérieur fibreux et de la complexité des conduits. Ce fait peut-être contourné par l'installation de filtres HEPA (High efficiency particulate air filter) en sorties de gaines. Cette mesure implique la mise en place d'une routine de maintenance mais permettrait de limiter les sédimentations imputables au système de ventilation.

5- Sur la base des résultats de la présente étude et tant donnés les faibles niveaux de développements sur documents, aucune campagne de désinfection n'est préconisée, à l'exception des affiches conservées sur les meubles de la salle des microfilms.

Cependant, la demande d'analyse de l'ensemble de l'environnement nous a conduit à fonctionner avec un échantillonnage sur documents réduit en rapport avec l'importance de la collection. Il nous semble donc important de recommander une étude complémentaire plus large et globale de l'état de contamination des documents conservés aux autres étages et silos non inclus ici.

6- Le nettoyage du magasin devra avoir lieu une fois vidé. Le nettoyage d'une travée devra débuter par les tablettes les plus hautes pour finir avec les tablettes les plus basses. Les tablettes pourront être lavées avec une solution alcoolique à 70% et les sols avec un produit approprié à sa nature.

Le nettoyage d'un magasin doit inclure, au minimum, les caissons et les pales des arrivées et reprises d'air.

Afin que le nettoyage soit efficace, il nous semble important de préconiser également le changement des dalles ayant subi des dégâts des eaux et le nettoyage du sol sous-jacent avant remplacement.

De la même façon, les problèmes d'infiltration et de défaut d'étanchéité des fenêtres doivent être réglés avant le retour en magasin des documents dépoussiérés. L'absence de traitement des infiltrations peut conduire à une recontamination importante et rapide. Chaque magasin peut-être traité individuellement.

7- La stabilisation des conditions environnementales de conservation dans les magasins doit impérativement être réalisée avant la remise en fonction du système de ventilation.

IV- CONSERVATION DES ARCHIVES

1- Ajuster les consignes aux critères de conservation recommandés :

$16^{\circ}\text{C} < T < 20^{\circ}\text{C}$ ou $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $50 \% < \text{HR} < 60\%$ ou $55 \pm 5\%$.

2- Le dépoussiérage *des documents* devra être menée d'abord sur les documents contaminés et réalisé avec un aspirateur à filtre absolu en suivant les mêmes recommandations que le dépoussiérage des livres non moisiss. Afin de terminer plus finement le dépoussiérage, les opérateurs peuvent utiliser des peaux de chamois non pelucheuses ou des chiffons microfibre doux sans imprégnation de produit de nettoyage.

Les documents devront être traités individuellement et le dépoussiérage concernera tous l'ouvrage : les faces extérieures : tranches, dos et plats et le corps d'ouvrage si nécessaire (si la contamination s'est développée à l'intérieur du corps d'ouvrage).

L'aspirateur devra être muni, de variateurs de puissance entre 20 et 1300 W avec une pression maximum de 2286 bars, de filtres correspondant à la norme HEPA (High efficiency particulate air filter), d'embouts adaptés (brosses à poils doux sans parties métalliques).

Le matériel sera nettoyé chaque jour à l'alcool à 70% et séché avant emploi. Les filtres seront changés au minimum une fois par semaine (A voir avec les préconisations du fournisseur)

Les documents seront dépoussiérés dans une salle ayant une extraction d'air mécanique pour permettre une meilleure évacuation des poussières et des moisissures. Par ailleurs le personnel devra être muni de protections individuels : gants masques, blouse.

Le dépoussiérage doit être l'occasion d'un renouvellement des conditionnements utilisés. En effet, l'observation visuelle de la contamination a révélé une prépondérance des développements fongiques sur les boîtes archives anciennes et les conditionnement de papier kraft. Les conditionnements présentant des traces de moisissures doivent être changés afin d'assainir la situation. Il est également conseillé de changer les boîtes anciennes non visuellement touchées mais plus sensibles à des réinfestations futures.