Comportement de boîtes de conservation aux variations de températures et hygrométrie ambiantes

Camille Bossuat, Thi-Phuong Nguyen

▶ **To cite this version:**

Camille Bossuat, Thi-Phuong Nguyen. Comportement de boîtes de conservation aux variations de températures et hygrométrie ambiantes. Actualités de la conservation (En ligne), 2011, 30, pp.1-6. hal-00789148

HAL Id: hal-00789148
https://bnf.hal.science/hal-00789148

Submitted on 15 Feb 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Comportement de boîtes de conservation aux variations de température et hygrométrie ambiantes / Camille Bossuat, élève de 2e année, IUT de Créteil Vitry (spécialité Chimie) ; Thi-Phuong Nguyen, BnF, département de la Conservation, laboratoire

La Bibliothèque nationale de France, comme bien d'autres institutions, conserve certains documents graphiques dans des boîtes en polypropylène ou en carton. L'usage des boîtes en polypropylène est parfois contesté à cause de sa prétendue herméticité. En effet, une bonne boîte de conservation doit être suffisamment perméable pour permettre les échanges gazeux (humidité, polluants) entre l'intérieur et le milieu environnant. Pour répondre à la question de l'herméticité des boîtes en polypropylène, le laboratoire a consacré une étude comparative du comportement des boîtes de conservation en polypropylène et en carton vis-à-vis de certains facteurs environnementaux, et plus précisément des agents climatiques. Dans le présent article, nous avons choisi d'exposer trois cas représentatifs de situations récurrentes dans les bibliothèques et les archives :

- température stable et hygrométrie fluctuante, situation rencontrée notamment dans les bâtiments munis de systèmes de conditionnement de l'air sous-évalués ou défaillants ; la stabilisation de l'hygrométrie étant généralement plus difficile à obtenir que celle de la température ;
- température fluctuante dans un bâtiment à faible inertie thermique démuni de système de conditionnement de l'air ;
- conditionnement de documents humides.

1. Nature des boîtes étudiées
2. Résultats des tests
2.1. Humidité relative variable, température constante
2.2. Température variable
2.3. Température et humidité relative constantes
Conclusions

1. Nature des boîtes étudiées

figure 1. *boîte cloche en polypropylène*
©photo Bnf

Les deux boîtes de conservation étudiées sont en carton et en polypropylène alvéolaire (PP). Le polypropylène utilisé ne contient ni charge ni autre additif que le colorant qui lui confère sa couleur verte. Le carton est composé à 100% de fibres issues d'un traitement chimique et blanchies, son pH est alcalin et peut être considéré comme chimiquement stable.

Ces boîtes ont un façonnage et des dimensions identiques (L=31 cm, l=15 cm, H=15 cm) ; il s'agit de boîtes cloches munies d'un couvercle indépendant et entièrement couvrant (FIG. 1).

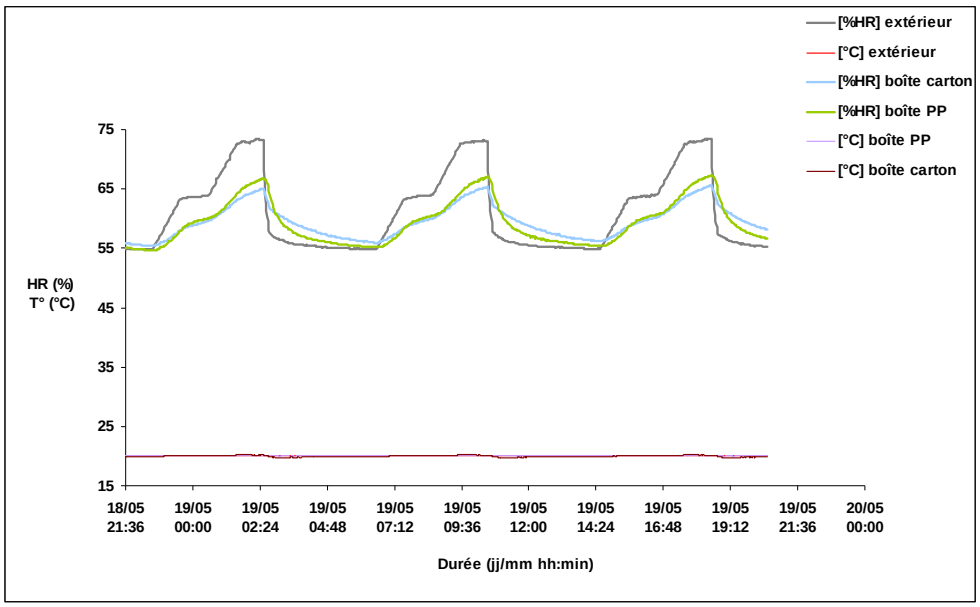
2. Résultats des tests

2.1. Humidité relative variable, température constante

Les premiers essais ont consisté à soumettre les boîtes à des variations d'humidité relative à température constante (1). Le programme se déroule comme suit :

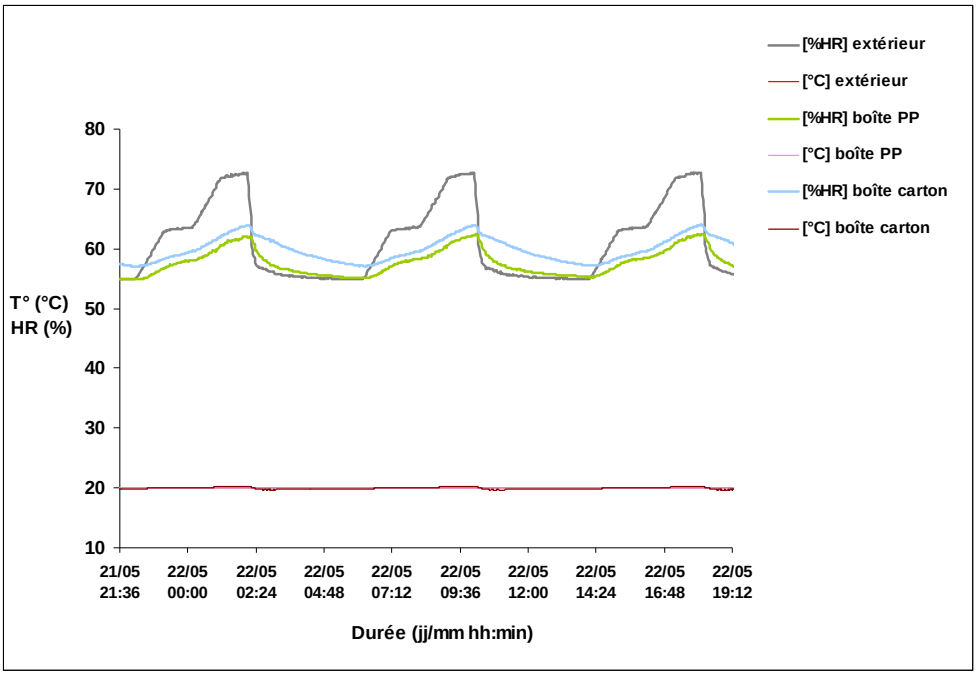
- maintien de l'humidité relative à 55% pendant 5h ;
- augmentation de l'humidité relative de 55% à 65% en 1h ;
- maintien de l'humidité à 65% pendant 1h ;
- augmentation de l'humidité relative de 65% à 75% en 1h ;
- maintien de l'humidité relative à 75% pendant 1h ;
- diminution rapide de l'humidité relative de 75% à 55%.

Un thermohygromètre (2) est placé à l'intérieur de chacune des boîtes ainsi qu'à l'extérieur de ces dernières. Deux essais ont été réalisés, le premier avec les boîtes vides et le second avec les boîtes contenant chacune le même livre (papier contemporain, pâte 100% chimique blanchie, pH alcalin, reliure cartonnée, poids total 950 g), lequel a été pré conditionné plusieurs jours à 50 % d'humidité relative et 23°C.
Les courbes thermohygrométriques sont présentées sur les graphes 1 et 2.



graphe 1. *évolution de la température et de l'humidité relative à l'intérieur d'une boîte en PP et d'une boîte en carton vides, en fonction des variations extérieures.*

Comportement de boîtes de conservation aux variations de température et hygrométrie ambiantes / Camille Bossuat ; Thi-Phuong Nguyen, BnF. Dans : *actualités de la conservation*, n°30, 2011, 6 p.



graphe 2. *évolution de la température et de l'humidité relative à l'intérieur d'une boîte en PP et d'une boîte en carton contenant un livre, en fonction des variations extérieures.*

Commentaires :

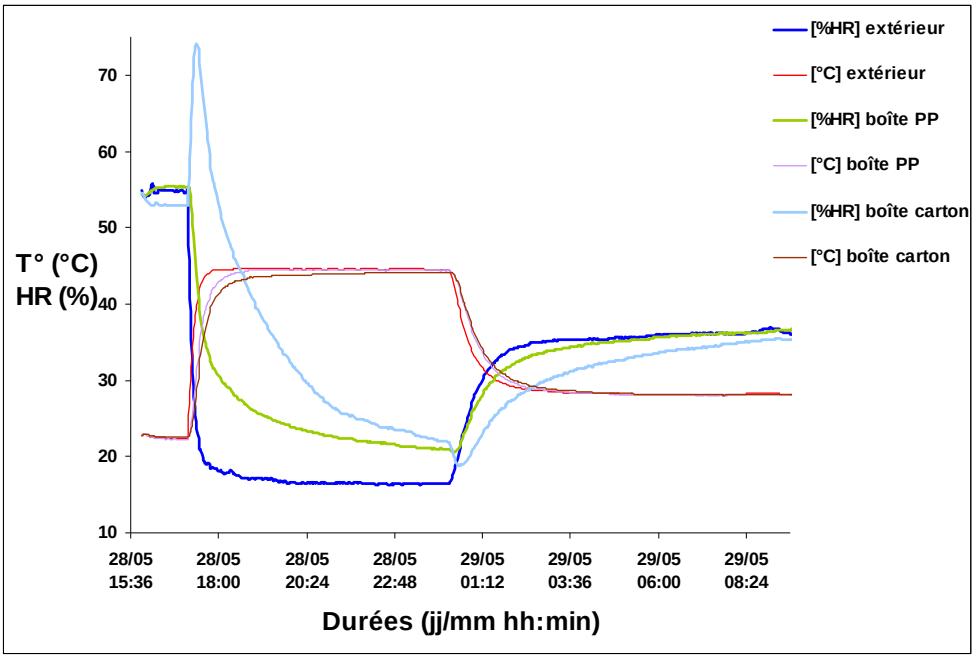
On observe que les courbes d'humidité relative dans les boîtes en PP et en carton suivent à peu près celles imposées par l'enceinte climatique avec toutefois des amplitudes beaucoup moins marquées et un certain « effet retard » : l'humidité relative à l'intérieur des boîtes évolue moins rapidement qu'à l'extérieur, ce qui tend à laisser penser que ces boîtes présentent une certaine herméticité. Mais alors qu'on aurait pu s'attendre à une faible variation de l'hygrométrie à l'intérieur de la boîte en PP par rapport à celle de la boîte en carton — le PP étant quasi imperméable à la vapeur d'eau, contrairement au carton — les deux boîtes réagissent de manière quasi identique aux variations d'humidité relative extérieures. Ainsi, bien qu'elles aient peu d'ouvertures, ces deux boîtes ne sont finalement pas si hermétiques et permettent un échange significatif d'humidité qui semble se faire préférentiellement par les rares ouvertures et moins par le matériau. La différence entre les matériaux constitutifs des deux types de boîtes – en carton ou boîte en polymère plastique – n'est en l'occurrence, pas véritablement frappante.

En revanche, lorsque la boîte est remplie de papier, la différence entre boîte en PP et boîte en carton est légèrement plus marquée. Par rapport à l'environnement extérieur, les amplitudes hygrométriques à l'intérieur des boîtes sont dans les deux cas encore moins marquées que pour les boîtes vides, ceci étant particulièrement le cas pour la boîte en carton. Dans ce dernier cas, des variations de 20% de l'humidité relative extérieure sur un laps de temps de 9 h, entraînent uniquement des variations de 4% de l'humidité relative interne au lieu de 10% lorsque la boîte est vide. Le livre a un donc effet tampon évident vis-à-vis de l'humidité environnante, effet qui va se combiner à celui, moins net mais néanmoins existant, de la boîte en carton. La boîte en PP se contentant quant à elle, de retarder les échanges gazeux entre l'intérieur et l'extérieur via les ouvertures.

En conclusion, lorsque l'environnement extérieur (lieu de stockage des documents par exemple) subit des variations importantes d'humidité relative, il est préférable d'utiliser des boîtes en carton pour le conditionnement des documents sur support papier, car l'humidité relative à l'intérieur de celles-ci variera moins que dans les boîtes en PP. On retiendra néanmoins que la différence entre les deux boîtes reste faible.

2.2. Température variable

La situation décrite ici prétend simuler le cas d'une boîte conservée dans un magasin non climatisé où l'on observe des variations importantes de température sur des laps de temps courts. S'agissant d'une salle fermée, toute évolution de la température s'accompagne automatiquement d'une évolution de l'humidité relative dans le sens opposé. L'essai consiste à augmenter rapidement la température de 24°C à 45°C, s'ensuit un palier à 45°C pendant environ 7 h, puis une diminution rapide à 24°C. L'essai est réalisé uniquement avec les deux boîtes vides.
Les courbes thermohygrométriques sont présentées sur le graphe 3.



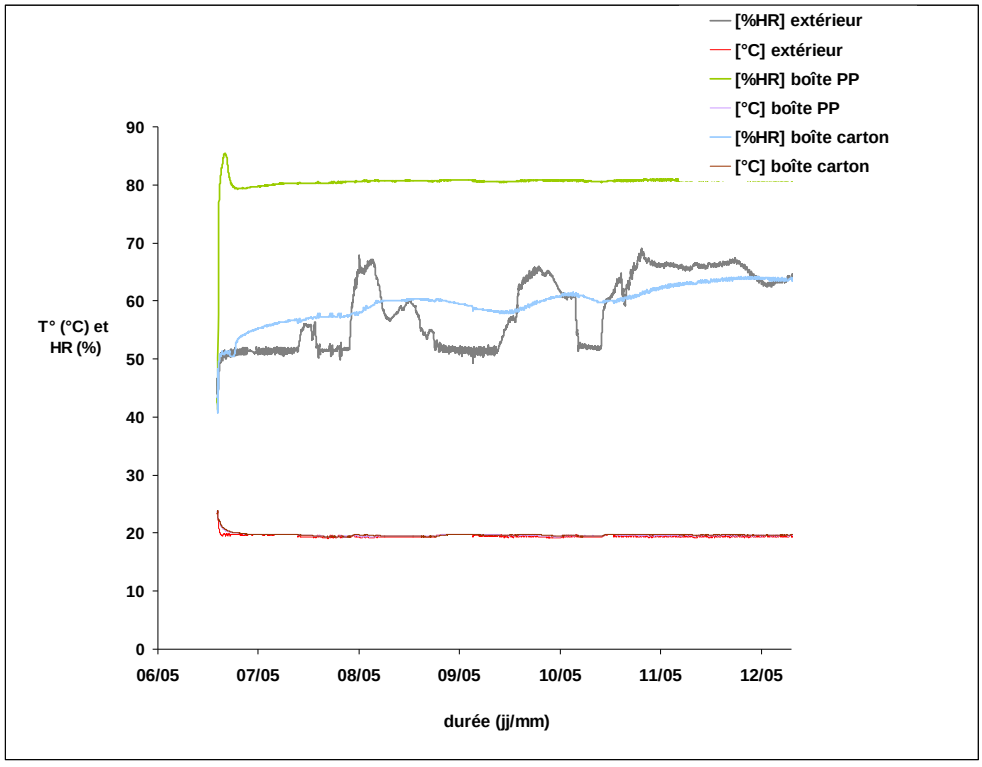
graphe 3. *évolution de la température et de l'humidité relative à l'intérieur de boîtes vides, l'une en PP et l'autre en carton, en fonction des variations des températures extérieures.*

Commentaires :
Comme attendu, lorsque la température du four augmente, l'humidité relative diminue de manière concomitante. Bien que l'augmentation de la température observée à l'intérieur de la boîte en PP suive de très près celle de l'extérieur, la diminution d'humidité relative y est bien moins marquée. Ce décalage pourrait être dû à une faible désorption d'humidité par le polymère synthétique engendrée par la montée en température.
Pour la boîte en carton, on observe au contraire une augmentation de l'humidité relative lorsque la température augmente. Celle-ci est certainement due à une désorption beaucoup plus importante d'humidité par le matériau carton. Dès que la température se stabilise, l'humidité relative descend progressivement pour atteindre une valeur proche de celle observée à l'extérieur de la boîte. Il se produit très probablement lors de cette phase stationnaire, un échange d'humidité de l'intérieur vers l'extérieur de la boîte qui se stabilise lorsque l'équilibre est atteint.
La baisse de température extérieure s'accompagne naturellement d'une augmentation de l'humidité relative, qui est toutefois légèrement moins marquée à l'intérieur de la boîte en PP. Ce décalage est probablement dû à une réabsorption d'humidité par le PP lorsque la température diminue. Ce phénomène, quoique plus marqué, s'observe également pour la boîte en carton et se manifeste en outre, par l'apparition d'un petit pic de diminution de l'humidité relative pendant toute la phase de diminution de température. Dès que la température extérieure se stabilise, l'humidité relative à l'intérieur des boîtes tend progressivement à atteindre celle de l'extérieur.
Il ressort donc de cet essai que, lors d'une élévation de la température, l'hygrométrie à l'intérieur des boîtes en carton peut atteindre des valeurs beaucoup plus élevées que celles observées à l'extérieur. Ce phénomène est certainement amplifié si la boîte contient un matériau hygroscopique tel qu'un livre, et

peut expliquer la prolifération de moisissures à l'intérieur de la boîte suite à un dérèglement du système de refroidissement de l'air, alors même qu'aucune activité biologique n'est visible sur la partie externe. La situation est similaire lorsque par exemple, le chauffage est rétabli dans un magasin froid. La boîte en PP désorbant beaucoup moins d'humidité, le risque de prolifération biologique consécutif à une augmentation de température est moins élevé. En revanche, le PP n'exerçant qu'un effet « tampon » faible, une variation d'hygrométrie ambiante se manifeste par une variation quasi instantanée de l'hygrométrie à l'intérieur de la boîte. Si celles-ci sont fréquentes et rapides, la durée de vie des documents conservés s'en trouvera écourtée.

2.3. Température et humidité relative constantes

La troisième série de tests a été réalisée dans le but de vérifier la capacité des deux boîtes à évacuer l'humidité apportée par un livre humide.
A l'intérieur de chacune des boîtes, un livre a donc été placé (papier contemporain, pâte 100% chimique blanchie, pH alcalin, reliure cartonnée, poids total 950 g) et pré conditionné 24 h à 90 % d'humidité relative et à 50 °C. Les boîtes sont ensuite placées dans une salle climatisée à 50% d'humidité relative et à 20°C le jour, et du lundi au vendredi ; cette climatisation s'arrêtant le soir et le week-end. Les variations d'humidité relative et de température à l'intérieur de chacune des boîtes sont suivies pendant 5 jours. Les résultats sont regroupés sur le graphe 4.



graphe 4. *évolution de la température et de l'humidité relative à l'intérieur de boîtes , l'une en PP et l'autre en carton, contenant un livre pré conditionné à 90% HR et 50°C en fonction des variations des conditions extérieures.*

Commentaires :
Les températures des boîtes et de la salle sont strictement identiques et stabilisées à 20°C, alors que, les courbes d'humidité relative sont très différentes.
A l'intérieur de la boîte en PP, l'humidité relative augmente jusqu'à près de 90% sitôt après mise en place du livre humide, et diminue rapidement pour se stabiliser à 80% pendant les 5 jours de l'étude.

Une partie de l'humidité délivrée par le livre est donc évacuée par les ouvertures de la boîte en polypropylène, mais il faudra plus de 10 jours pour que cet excès d'humidité soit éliminé de l'intérieur de la boîte et que l'humidité intérieure soit en équilibre avec celle observée à l'extérieur.
En revanche, à l'intérieur de la boîte en carton, même si l'on observe une légère augmentation de l'humidité relative quelques minutes après avoir mis en place le livre humide, celle-ci n'excède jamais 10% de la valeur extérieure. Le carton agirait donc comme une « pompe » en absorbant l'humidité rejetée par le livre humide et la réémettant dans l'atmosphère extérieure. Si les conditions extérieures sont stables, l'humidité relative intérieure l'est également et reste à un niveau légèrement supérieur tant que le livre continue à rejeter de l'humidité. Cet équilibre n'est perturbé que si les conditions extérieures changent comme c'est le cas lorsque la climatisation s'arrête de fonctionner (nuit et week-end).
Il ressort donc de cet essai, que les boîtes en PP ne permettent pas d'évacuer rapidement l'humidité dégagée par un livre humide. Si de telles boîtes doivent être utilisées, il est impératif de s'assurer que les documents soient bien secs avant leur conditionnement. Les boîtes en cartons, au contraire, évacuent plus facilement l'humidité dégagée par un document humide, cette évacuation se réalisant au travers du matériau carton, ce qui n'est pas possible dans le cas du PP.

Conclusions

Boîte en carton ou boîte en polypropylène, le choix de l'un ou l'autre des matériaux pourra dépendre des conditions environnementales du magasin dans lequel les collections sont conservées.
Dans le cas d'un magasin doté d'un système de traitement/climatisation de l'air sous dimensionné ou mal entretenu par exemple, où la température est assez stable mais l'humidité relative fluctuante, l'utilisation de boîtes en carton peut se révéler plus judicieuse que celle de boîtes en polymère plastique.
Dans un magasin non doté de système de traitement/climatisation de l'air, où l'on peut observer des variations importantes de température, l'utilisation de boîtes en polymère plastique serait plutôt conseillée. Enfin, si des documents, conservés dans un lieu à forte hygrométrie, une cave par exemple, doivent être conditionnés en vue d'un déménagement, la boîte en carton s'impose.
A ces critères environnementaux, il faudra bien sûr également tenir compte d'autres facteurs tels que les risques liés au bâtiment (présence ou non de sprinklers, conduites hydriques, etc.), l'usage qui est fait des boîtes, les contraintes liées à la couleur ou à la signalétique, le budget disponible, etc. Mais dans tous les cas de figure, il faudra retenir qu'un conditionnement, quel qu'il soit, ne pourra jamais pallier de mauvaises conditions environnementales. La priorité doit donc avant tout être portée sur l'inertie du bâtiment et au maintien de conditions environnementales stables et favorables à la bonne conservation des collections.

Notes :
1 : Les boîtes ont été exposées à des cycles de température et d'humidité relative dans une enceinte climatique *Vötsch Industrie Technik* VC 0020
2 : Les mesures de l'humidité relative ont été prises au moyen de capteurs enregistreurs (*Datalogger, testo 175-H2 V01.10*) pilotés par le logiciel *Testo Comfort Software Basic*

Comportement de boîtes de conservation aux variations de température et hygrométrie ambiantes / Camille Bossuat ; Thi-Phuong Nguyen, BnF. Dans : *actualités de la conservation*, n°30, 2011, 6 p.