



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

**CSTB**  
le futur en construction

# Transferts d'humidité dans les bâtiments à ossature bois climatisés - Etude de sensibilité

*20 février 2017*

**Siège social**  
10, rue Galilée  
77420 Champs-sur-Marne  
Tél +33 (0)1 72 84 97 84

**Claude POMPEO (CSTB) - Julien LAMOULIE (FCBA)**

**IBC Recherche**  
Allée de Boutaut – BP 227  
33028 Bordeaux Cedex  
Tél +33 (0)5 56 43 63 00  
Fax +33 (0)5 56 43 64 80

[www.fcba.fr](http://www.fcba.fr)

Siret 775 680 903 00132

Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

**Avec le soutien de :**



# SOMMAIRE

1.	Contexte et objectif de l'action .....	2
2.	Les différents types de climatisation .....	2
3.	Analyse des études réalisées .....	8
4.	Conclusion sur la présente étude bibliographique .....	9
5.	Application aux parois à ossature bois.....	10
6.	Conclusion générale .....	13
7.	Liste bibliographique .....	14

## 1. Contexte et objectif de l'action

L'étude « paroi perspirante » menée par FCBA et le CSTB en 2010/2011 ne couvrait pas les bâtiments climatisés, situés en métropole ou dans les départements d'outre-mer. La commission de normalisation du DTU 31.2 a décidé que, en l'état actuel des connaissances, le domaine d'application du DTU 31.2 ne pouvait couvrir ni les bâtiments climatisés. Il en serait de même dans le futur DTU « 31.4 » sur les façades à ossature bois.

Mais une grande partie des bâtiments tertiaires sont climatisés, ainsi que certains logements collectifs

De plus, le marché de la construction bois est en pleine expansion dans les DOM.

Pour accompagner le développement de la filière bois construction, filière de plus en plus sollicitée dans les projets de bâtiments de grande ampleur, souvent entièrement ou partiellement climatisés, une étude bibliographique des conditions d'humidité dans les parois à ossature bois dans ce type de locaux est effectuée. Celle-ci servira de base à une étude plus approfondie pour garantir des conditions de salubrité (et de sécurité à long terme) pour les maîtres d'ouvrages et les utilisateurs des locaux.

Cette étude bibliographique consiste à analyser les études déjà réalisées sur les transferts hygrothermiques à travers des parois de locaux climatisés, que ce soit en France métropolitaine ou dans les départements d'outre-mer.

## 2. Les différents types de climatisation

L'abaissement de la température d'un local est réalisée à partir d'un appareil dit « climatiseur ». Le fonctionnement de cet appareil est basé sur le même principe qu'un circuit frigorifique. Un fluide frigorigène, en changeant d'état, permet d'absorber la chaleur à un endroit pour la restituer à un autre endroit. Le fluide frigorigène joue le rôle d'intermédiaire pour le transfert d'énergie entre le milieu à refroidir (air ou eau) et le milieu extérieur (eau ou air de l'extérieur).

Les températures de changement de phase du fluide frigorigère sont fonction de la nature et de la pression de celui-ci.

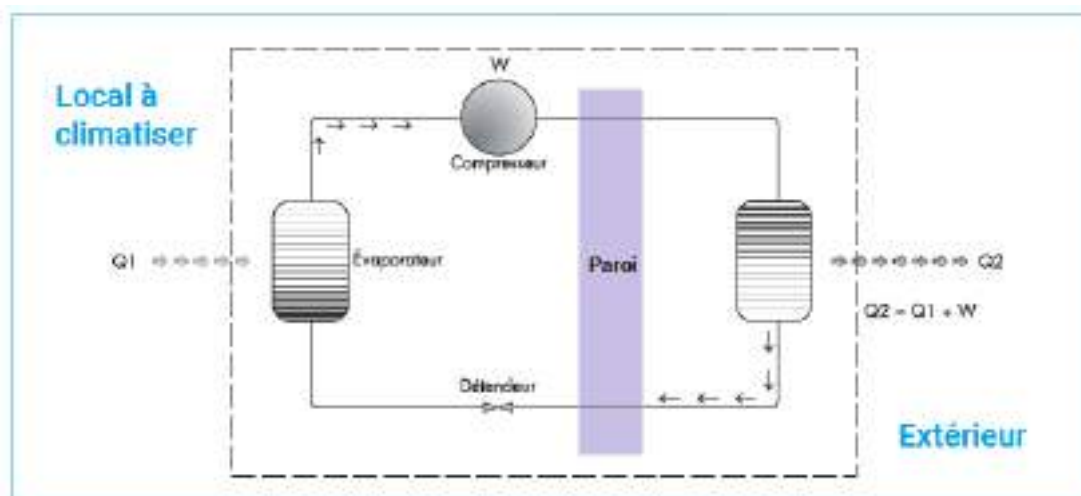


Figure 1 : schéma basique d'un système de climatisation

Il existe une vaste gamme d'appareils destinés à la climatisation ou au conditionnement d'air. Une typologie des différents procédés mis en œuvre ou systèmes de climatisation permet d'appréhender leurs différences.

Une classification des appareils de climatisation a été établie au cours d'une étude générale des systèmes de climatisation menée par le Comité scientifique et technique des industries climatiques (COSTIC) sous l'égide de l'Association pour l'environnement et la maîtrise de l'énergie (ADEME) et de la Fédération Nationale du bâtiment (FNB).

Dans cette classification, les appareils de climatisation sont groupés en catégories de « systèmes » comme indiqué ci-après.

#### **A. Systèmes à détente directe**

**Climatiseurs individuels** – Il s'agit :

- des climatiseurs de fenêtre,
- des climatiseurs à éléments séparés (Split system).

**Armoires de climatisation** – Il s'agit :

- des condenseurs à air,
- des armoires compactes,
- des condenseurs à air séparé,
- des condenseurs à eau.

#### **B. Systèmes tout air**

**Systèmes à débit constant** – On distingue deux types de système à débit constant :

- unizone (centrale unizone, unité de toiture [roof-top], centrale unizone sans réchauffage terminal),
- multizone (avec ou sans réchauffage terminal).

**Systèmes à débit variable** – Il existe trois types de système à débit variable :

- sans réchauffage terminal,
- avec réchauffage terminal,
- système à induction.

**Systèmes à deux conduits** – On distingue les systèmes suivants :

- avec un ventilateur de soufflage,
- avec deux ventilateurs de soufflage.

#### **C. Systèmes tout eau**

**Systèmes à ventilo-convecteur** – Il existe :

- des systèmes à deux tuyaux,
- des systèmes à trois tuyaux,
- des systèmes à quatre tuyaux.

#### **D. Autres systèmes**

Une quatrième catégorie inclut d'autres systèmes, par exemple :

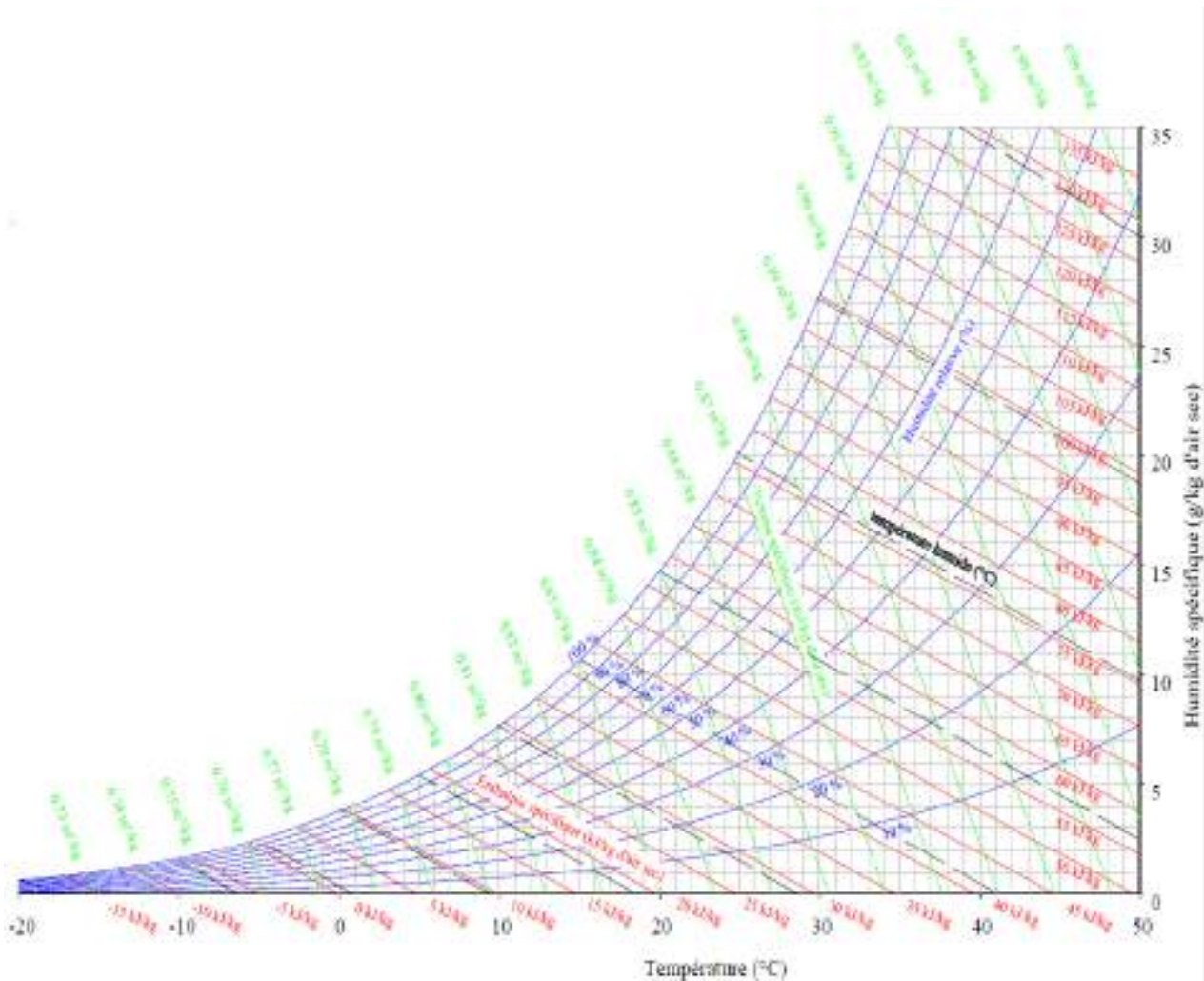
- les pompes à chaleur sur boucle d'eau,
- les systèmes à volume réfrigérant variable (VRV).

Les transferts hygrothermiques à travers les parois de bâtiment sont liés à la constitution des parois, aux caractéristiques des produits utilisés et aux conditions aux limites. Ces dernières comprennent le climat extérieur (température, humidité, ensoleillement, etc.) et le climat intérieur.

Les différences entre un local climatisé et un local non climatisé proviennent de la température et de l'humidité intérieures. Elles sont dues au traitement de l'air provenant de l'extérieur.

Les différents systèmes énumérés ci-dessus ont une incidence différente sur les teneurs en eau dans le local.

Le diagramme de MOLLIER ou le diagramme de CARRIER permettent de déterminer facilement les différentes caractéristiques de l'air humide.



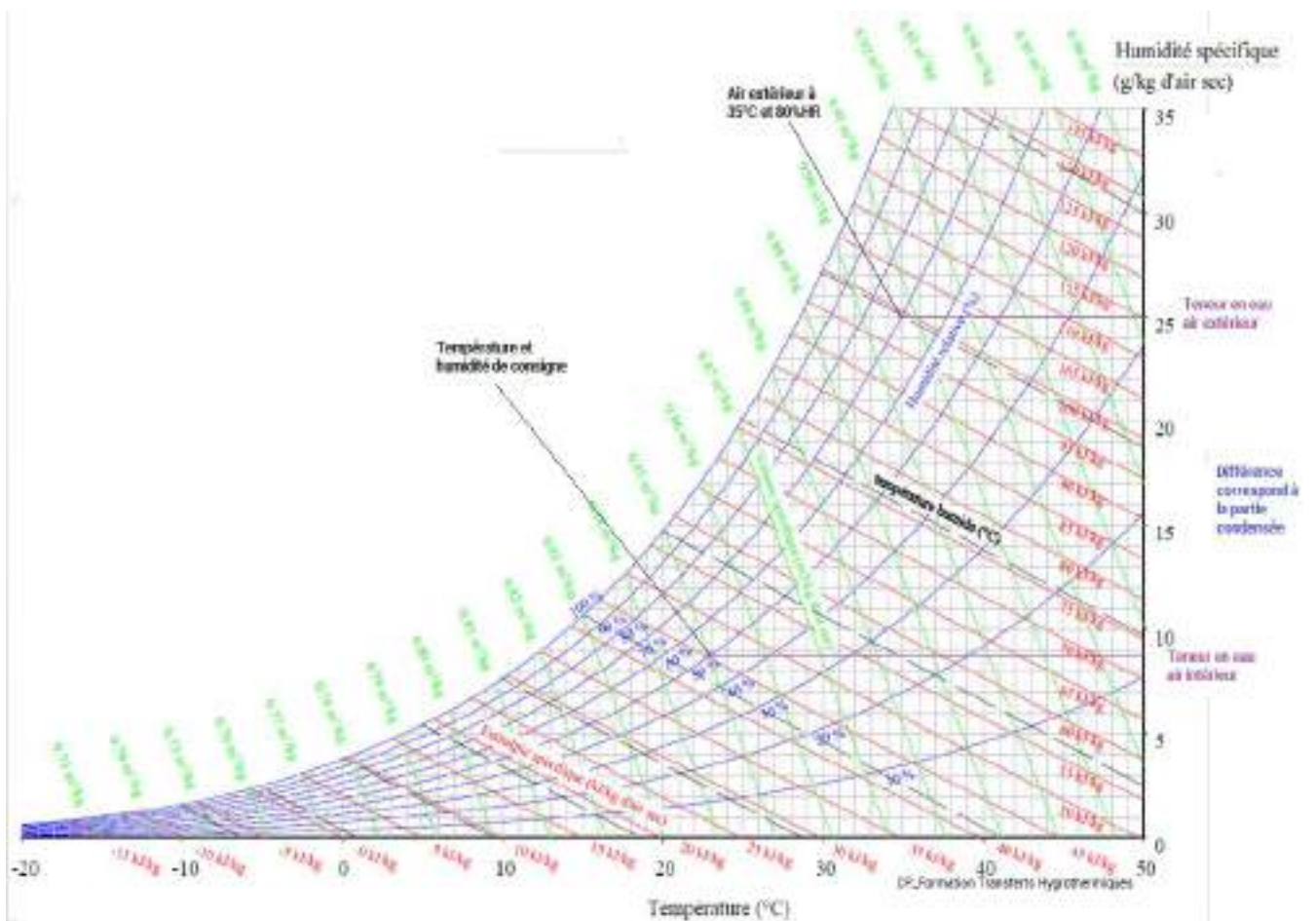
**Figure 2 : Diagramme de MOLLIER**

Pour déterminer cette teneur en eau interne, trois catégories sont à prendre en compte :

- les climatiseurs avec régulation de l'humidité relative,
- les climatiseurs qui assèchent l'air venant de l'extérieur,
- les climatiseurs refroidissant uniquement l'air.

Dans la première catégorie, l'humidité relative peut facilement être définie par le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage, en fonction des besoins du local.

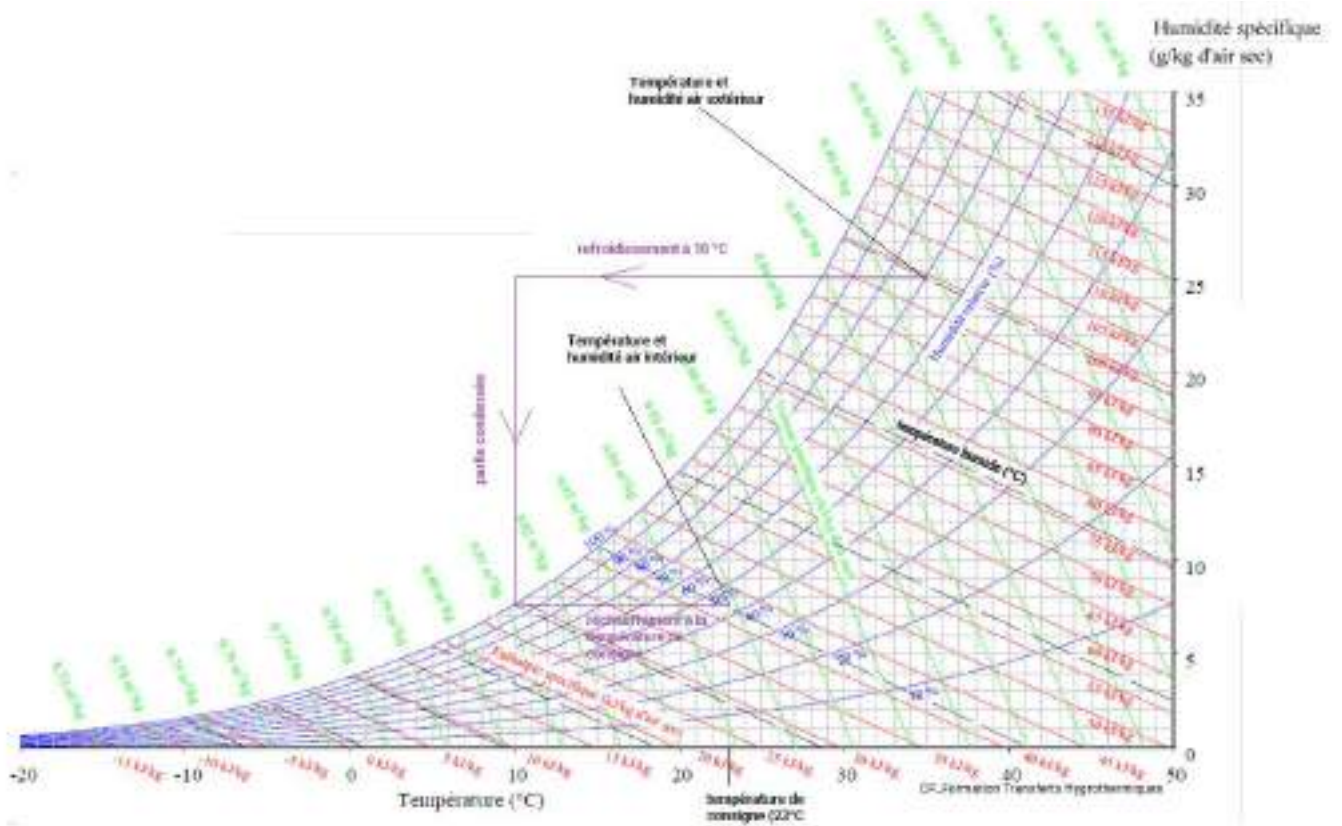
En connaissant la température et l'humidité relative réglées par le système de climatisation, il est facile de déterminer la quantité d'eau contenue dans l'air et sa pression partielle de vapeur d'eau.



**Figure 3 : Variation entre air intérieur et air extérieur avec un système régulant la température et l'humidité**

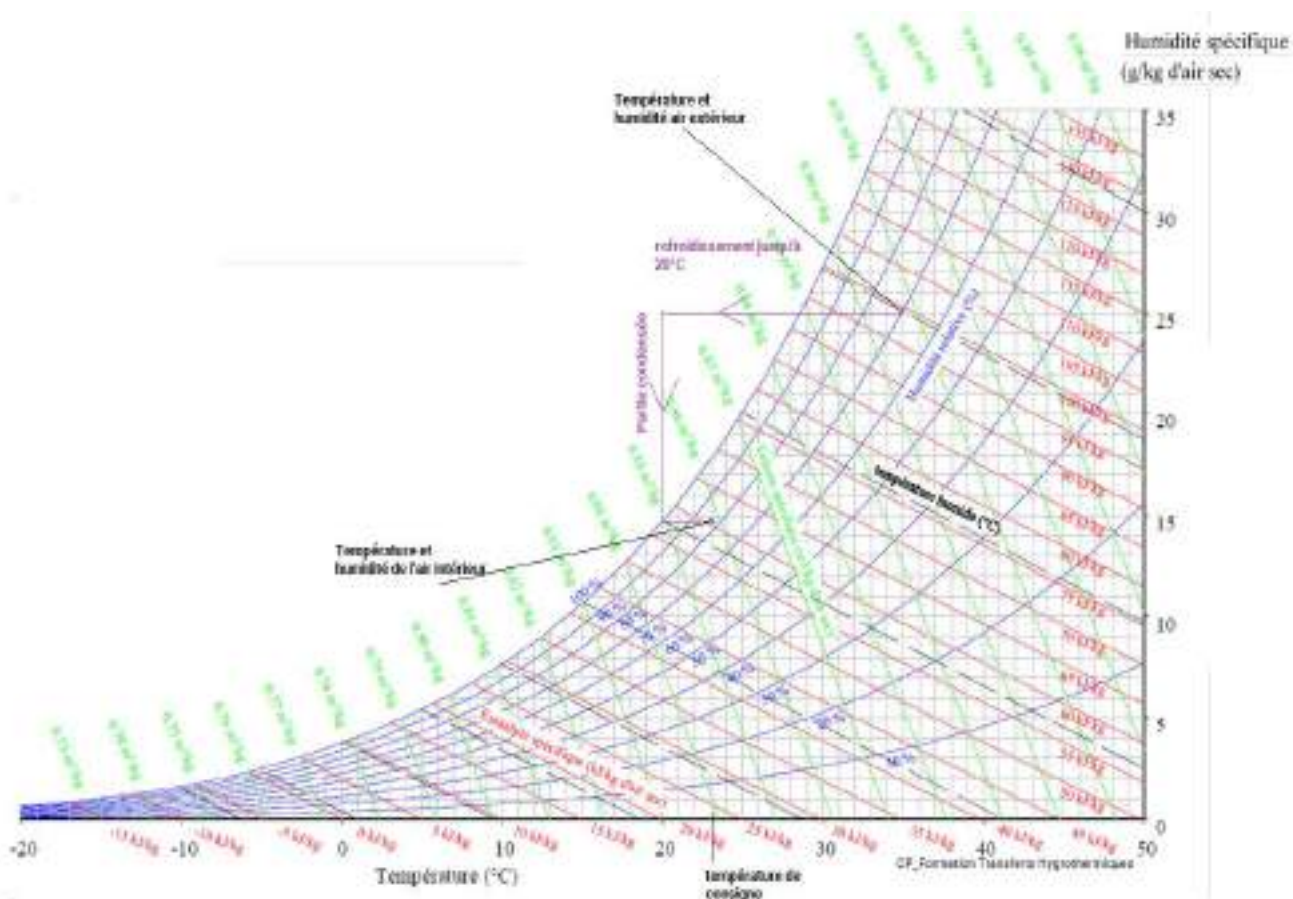


Dans la seconde catégorie, l'air est fortement refroidi. La vapeur d'eau contenue dans l'air sera en grande partie condensée. Cet air obtiendra une teneur en eau plus faible que lorsqu'il était à l'extérieur.



*Figure 4 : Variation entre air intérieur et air extérieur avec un système régulant la température après une diminution importante de la température*

Dans la troisième catégorie, s'il n'y a qu'un rafraîchissement, une bonne partie de la teneur en eau ne sera pas condensée et se retrouvera à l'intérieur du local.



**Figure 5 : Variation entre air intérieur et air extérieur avec un système régulant la température après une diminution peu importante de la température**

Dans ce dernier cas, l'humidité intérieure est nettement plus importante que dans les deux premiers cas de figure.

Dans toutes les études concernant les transferts hygrothermiques à travers des parois de locaux climatisés, l'humidité relative interne est importante. Or, elle peut être déterminée si le type de climatisation est bien défini, ainsi que les températures de rafraîchissement.



### 3. Analyse des études réalisées

Il y a pléthore d'études sur les transferts hygrothermiques, certaines plus ou moins théoriques, d'autres plus ou moins pratiques.

Par contre, peu de publications ont été réalisées concernant la problématique des locaux climatisés vis-à-vis de l'humidité et des transferts hygrothermiques.

- L'article « Evaluation des bâtiments munis de systèmes de rafraîchissement passif. Application au cas de l'évaporation adiabatique » a été publié dans la Revue Générale de Thermique en 1997 (N° 36 – p. 547-561).

Il a été réalisé par Rafik BELARBI, Maurice SPERANDIO et Francis ALLARD.

L'étude consiste à définir une approche simplifiée du comportement des systèmes de rafraîchissement naturel des bâtiments. Elle permet de fournir des informations relatives à la faisabilité de l'intégration d'une technique naturelle de rafraîchissement d'un bâtiment donné.

Les éléments pris en considération sont le rafraîchissement potentiel et le confort des occupants.

Dans cet article est proposée une méthode d'évaluation thermique des bâtiments munis de systèmes de rafraîchissement adiabatique direct et indirect. Cette procédure d'évaluation, appliquée sur un bâtiment tertiaire type situé à La Rochelle, fournit des informations utiles quant au comportement du bâtiment (du point de vue de la thermique et de la qualité de l'air).

Mais, dans la qualité de l'air, n'est pris en compte que la température et non l'humidité. De plus, dans cet article, les transferts hygrothermiques et leurs conséquences sur la paroi ne sont pas pris en compte.

- L'étude intitulée « Transferts couplés de chaleur et d'humidité dans les bâtiments climatisés » a été réalisée par Abdelkrim TRABELSI, Rafik BELARBI et Menghao QIN.

Cette étude des transferts couplés de chaleur et d'humidité dans les enveloppes des bâtiments a révélé l'importance de la prise en compte de ces phénomènes à l'échelle de la paroi pour une bonne évaluation du comportement des ambiances intérieures et pour une meilleure prédiction de la performance globale des bâtiments climatisés.

Tout d'abord, une modélisation des transferts de chaleur et d'humidité a été entreprise à l'échelle des matériaux. Ce modèle a ensuite été implémenté sous "Matlab-Simulink", puis validé en utilisant des outils de validation variés.

Cette étude est plutôt théorique sur les transferts hygrothermiques et le but final est de définir un modèle permettant de prédire les transferts hygrothermiques le plus fidèlement possible.

Mais la particularité de la climatisation n'a pas prise en compte.

- L'étude « Impacts sanitaires des installations de climatisation - Domicile des particuliers, Habitat collectif, habitat individuel », rédigée par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale en août 2004.

Celle-ci permet d'apporter des recommandations sur les réglages et l'entretien des systèmes de climatisation pour limiter leurs effets sur la santé.

- Le dernier document analysé concerne les résultats de l'« Annex 41 – Whole Building Heat Air – Moisture Response » de l'International Energy Agency, présentés en 2008.

Cette étude a plutôt pour objectif

- d'une part, de définir l'incidence des transferts hygrothermiques sur les consommations énergétiques et sur les humidités relatives rencontrées dans les bâtiments avec, à l'appui, des mesures in situ et
- d'autre part, d'évaluer l'impact de l'inertie hydrique qu'apportent les meubles et les éléments disposés dans les locaux.

Elle a également pour objectif d'améliorer et de compléter les modèles existants pour simuler ces transferts au niveau de la paroi et du bâtiment.

En conclusion, les modèles ont été améliorés et les simulations peuvent être proches des mesures réalisées in situ, mais le plus délicat reste la connaissance des caractéristiques des produits et la détermination des données d'entrée des conditions aux limites.

## 4. Conclusion sur la présente étude bibliographique

Les simulations des transferts hygrothermiques à travers des parois de bâtiment dans des locaux climatisés sont réalisables, à l'aide de plusieurs outils.

Mais ces outils exigent des données d'entrée telles que :

- Les caractéristiques des produits utilisés dans la paroi
- Caractéristiques thermiques ( $\lambda$  fonction de la température et de l'humidité relative,  $C_p$ , enthalpie, ..),
- Caractéristiques hydriques ( $\mu$ , isotherme de sorption, diffusion liquide, ...),
- Autres caractéristiques ( $\rho$ , porosité),
- Les conditions aux limites
- La température et l'humidité extérieures,
- L'ensoleillement,
- La pluie, le vent,
- Les coefficients surfaciques d'échanges de chaleur et d'échanges d'humidité,
- La température et l'humidité relative intérieures.

La climatisation va influencer les deux derniers termes de la liste ci-dessus. Les autres caractéristiques resteront inchangées.

Comme il a été indiqué plus haut, ces deux termes seront dépendants du type de climatisation utilisé et des consignes à respecter.

Des climats internes avec climatisation suivant le type de système devront être définis afin de réaliser correctement des simulations de transferts hygrothermiques.

## 5. Application aux parois à ossature bois

Les règles de conception établies dans le cadre de l'étude « parois perspirantes » ont été définies en prenant en compte un climat intérieur particulier défini comme suit :

### Humidité :

- Quantité d'eau air intérieur = Quantité d'eau air extérieur +  $x \text{ g/m}^3$  de vapeur d'eau.

La valeur  $x$  dépend de l'hygrométrie  $W/n$  du local (prise égale à  $5 \text{ g / m}^3$  pour les locaux à moyenne hygrométrie, conformément aux limites du domaine d'application du NF DTU 31.2) sauf du 1er mai au 30 septembre ou  $x = 0$  (période à laquelle il sera considéré que l'ouverture des fenêtres sera suffisante pour que la vapeur d'eau produite soit évacuée)

### Température :

- $20^\circ\text{C}$  du 1er octobre au 30 avril,
- $25^\circ\text{C}$  du 1er juillet au 31 août,
- croissante linéairement entre le 1er mai et le 30 juin de  $20^\circ\text{C}$  à  $25^\circ\text{C}$ ,
- décroissante linéairement entre le 1er septembre et le 30 septembre de  $25^\circ\text{C}$  à  $20^\circ\text{C}$ .

Ce scénario climatique intérieur est bien différent de ceux définis dans les chapitres 2, 3 et 4 ci-dessus. Les principales différences pouvant avoir un impact significatif sur le comportement hygrothermique des parois à ossature bois sont les suivantes :

- L'humidité relative n'est pas indexée sur le climat extérieur mais est constante toute l'année. Il n'y a pas de période « favorable » propice au séchage de la paroi (pas de  $W/n = 0$  en été)
- La température est également constante toute l'année.

Pour certains climats extérieurs chauds et humides (Départements d'Outre-Mer, notamment), une ambiance intérieure « climatisée » relativement sèche peut entraîner des inversions du flux de vapeur.

Dans un climat tempéré, même humide (Brest) un exemple de simulation réalisée avec le logiciel WUFI 2D montre que le risque « humidité » n'est pas significativement accru :

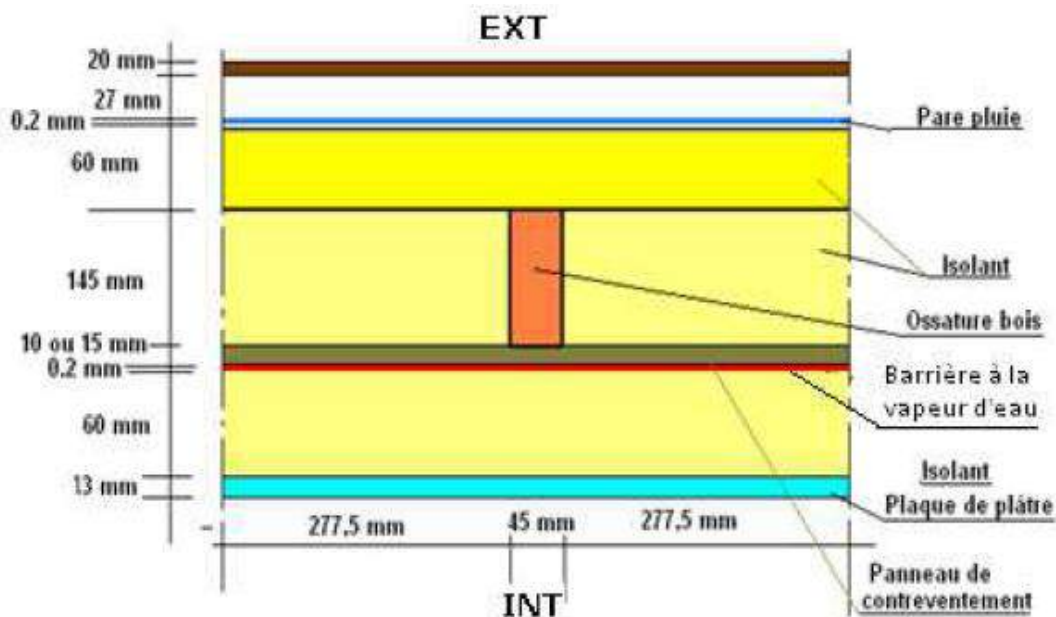


Figure 6 : exemple de paroi avec isolant ouate de cellulose et pare-vapeur de  $s_d = 18$  m

Les courbes ci-dessous présentent l'évolution de l'humidité (en % massique) dans le voile de contreventement pendant 3 ans, pour un climat extérieur de océanique (Brest)

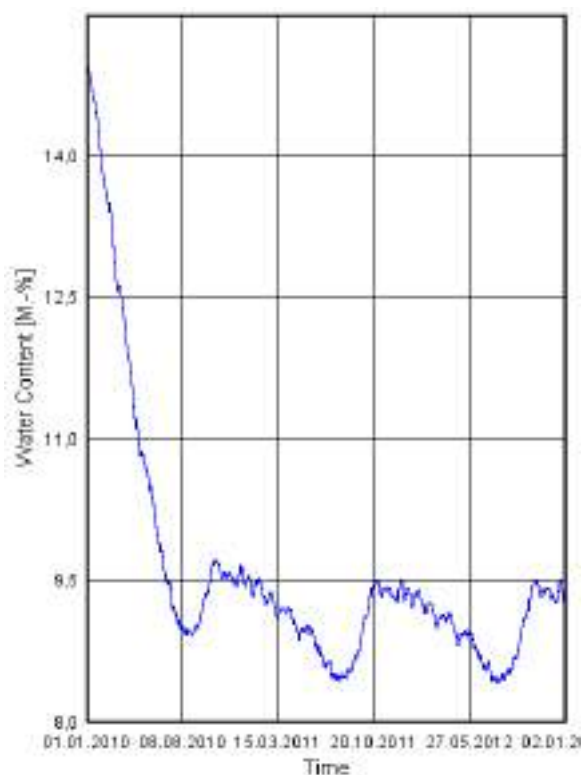


Figure 7 : Evolution de l'humidité du voile de contreventement sur trois ans pour un bâtiment non climatisé, avec  $W/n = 5$  g/m<sup>3</sup> sauf en été

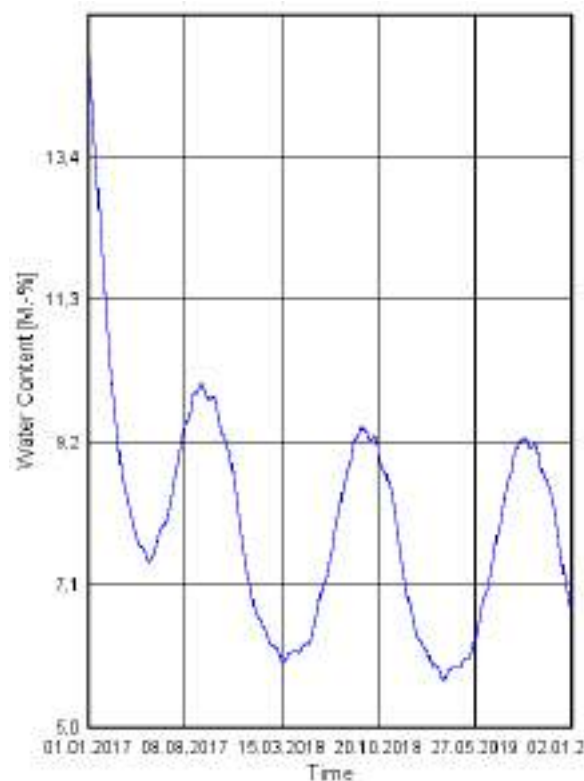
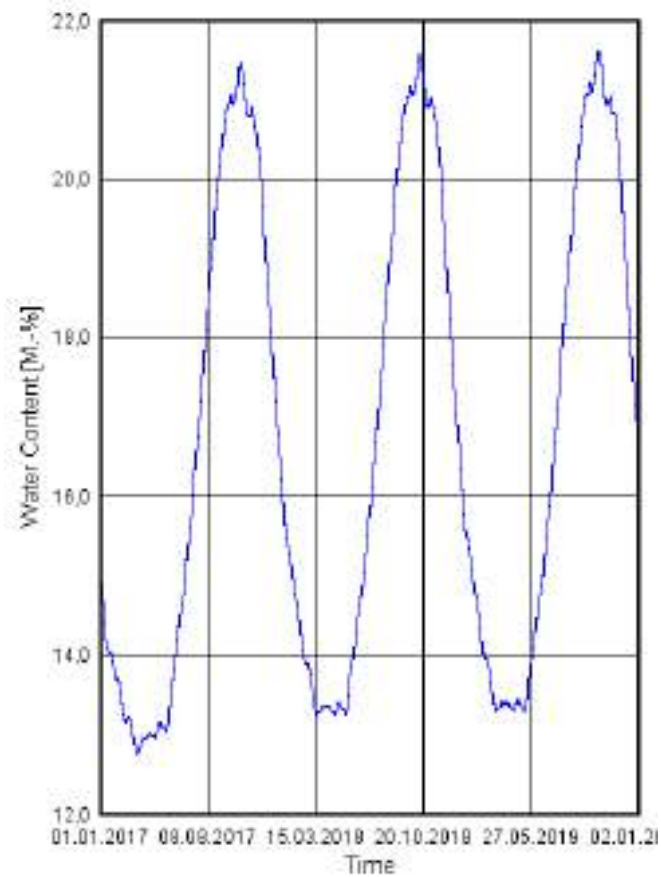


Figure 8 : Evolution de l'humidité du voile de contreventement sur trois ans pour un bâtiment climatisé à 21°C et 50% HR en climat océanique (Brest)



**Figure 9 : Evolution de l'humidité du voile de contreventement sur trois ans pour un bâtiment climatisé à 21°C et 50% HR en climat tropical**

Cette dernière configuration génère une humidité dans le panneau beaucoup trop importante, remettant en cause la pérennité de la paroi.



## 6. Conclusion générale

Les références bibliographiques portant à la fois sur les domaines « transferts d'humidité », « ossature bois » et « climatisation » sont rares, voire inexistantes et ne permettent pas de conclure avec suffisamment de certitudes sur notre problématique initiale.

Les écarts constatés sur le climat intérieur entre les niveaux de température et d'humidité relative des bâtiments climatisés et des bâtiments non climatisés sont significatifs.

Les prescriptions habituellement appliquées pour la conception hygrothermique des bâtiments non climatisés ne sont donc pas transférables sans adaptation aux bâtiments climatisés, au vu de la variabilité sur la notion même de « climatisation » et des variables climatiques.

A priori, la mise en œuvre de climatisation dans les bâtiments à ossature bois peut ne pas poser de problème de salubrité dans les parois, mais il faut en définir précisément les conditions.

En fonction des différents types de climatisations et des ambiances intérieures spécifiquement générées, pour s'assurer de la salubrité de la conception, des simulations approfondies de transferts couplés température et humidité devront être entreprises.

## 7. Liste bibliographique

« Evaluation des bâtiments munis de systèmes de rafraîchissement passif. Application au cas de l'évaporation adiabatique » Revue Générale de Thermique (1997) N°36 p547-561 par Rafik BELARBI, Maurice SPERANDIO et Francis ALLARD.

« Traitement de l'air et climatisation - Généralités » Technique de l'ingénieur Réf BE9270 V1 de Janvier 2001, par André BAILLY, Michel CLERC-RENAUD, Emmanuel RUTMANN et Claude TERNANT.

« Impacts sanitaires des installations de climatisation - Domicile des particuliers, Habitat collectif, habitat individuel » d'août 2004, par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale.

« Les appareils de climatisation », Technique de l'ingénieur Réf TBA2780 de Juin 2008.

« Dossier : Ossature bois : comment éviter les condensations dans les parois » Guyan'Info Bois n° 17 de Juin 2008.

« Transferts couplés de chaleur et d'humidité dans les bâtiments climatisés » par Abdelkrim TRABELSI, Rafik BELARBI et Menghao QIN.

« Annex 41 – Whole Building Heat Air – Moisture Response » International Energy Agency 2008.