

Note de positionnement sur la classe de service des charpentes en bois lamellé collé des halles de piscine

Christophe MERZ

Mai 2017

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Avec le soutien :



CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

SOMMAIRE

1	Introduction	2
2	Contexte normatif et réglementaire	3
2.1	Classes de service et classe d'emploi des charpentes en bois	3
2.1.1	Classes de service de l'EC5	3
2.1.2	Commentaires	4
2.2	Hygrométrie et ambiance intérieure des locaux	4
2.2.1	Classification de l'hygrométrie des locaux	4
2.2.2	Commentaires	5
2.3	Réglementation	5
2.3.1	Température d'air	6
2.3.2	Renouvellement d'air	6
2.3.3	Commentaires	6
3	Humidification des charpentes en bois dans les halls de piscine	8
3.1	Ambiance hygrothermique des halls de piscine	8
3.2	Taux d'humidité du bois dans les halls de piscine	9
3.2.1	Equilibre hygroscopique du bois en ambiance maîtrisée	9
3.2.2	Constats sur ouvrages	10
3.2.3	Risques d'humidification localisés	16
4	Conclusions	17
	Documents de référence	19
	Normes et référentiels techniques	19
	Documents particuliers, rapports techniques	19

1 Introduction

Le bois lamellé-collé offre des possibilités architecturales, des performances mécaniques élevées et une bonne durabilité en ambiance corrosive particulièrement adaptées pour les charpentes des halls de piscines. Ses qualités le placent comme une solution largement reconnue et plébiscitée depuis des décennies par les prescripteurs et les donneurs d'ordre.

Cependant, avec l'application des Eurocodes, les professionnels du SNBL sont souvent confrontés à des discussions avec des bureaux de contrôle, bureaux d'étude, ou experts qui exigent que la classe de service 3 soit systématiquement retenue pour le dimensionnement à l'Eurocode 5 des charpentes en bois lamellé-collé des halls de piscines.

Cette note de positionnement, basée sur une étude bibliographique, a pour objectif de définir la classe de service à retenir pour le dimensionnement des charpentes des halls de piscines en fonction des conditions hygrométriques ambiantes.

2 Contexte normatif et réglementaire

2.1 Classes de service et classe d'emploi des charpentes en bois

2.1.1 Classes de service de l'EC5

Dans l'Eurocode 5 (EN 1995-1-1), l'influence de l'humidité sur le comportement en résistance et déformation des structures en bois est prise en compte en leur affectant une classe de service correspondant à des conditions d'environnement déterminées.

Trois classes de service sont définies au § 2.3.1.3 de l'EN 1995-1-1, en fonction de l'humidité dans le bois correspondant à des conditions d'humidité relative de l'air environnant, à une température de 20°C, rappelées dans le tableau ci-dessous :

Classe de Service	Humidité relative (HR) de l'air environnant à une température de 20°C	Humidité moyenne correspondante dans la plupart des bois résineux
1	≤ 65%*	≤ 12%
2	≤ 85%*	≤ 20%
3	> 85 %	>20%

*ne pouvant être dépassée que quelques semaines par an

Tableau 2-1 : Définition des classes de service suivant l'EN 1995-1-1, §2.3.1.3

L'humidité moyenne à laquelle se stabilise le bois suivant les conditions de température et d'humidité de l'air ambiant peut être déterminé à partir des courbes d'équilibre hygroscopique, données à titre indicatif dans l'Annexe Nationale française de l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-1/NA) et reproduites ci-dessous.

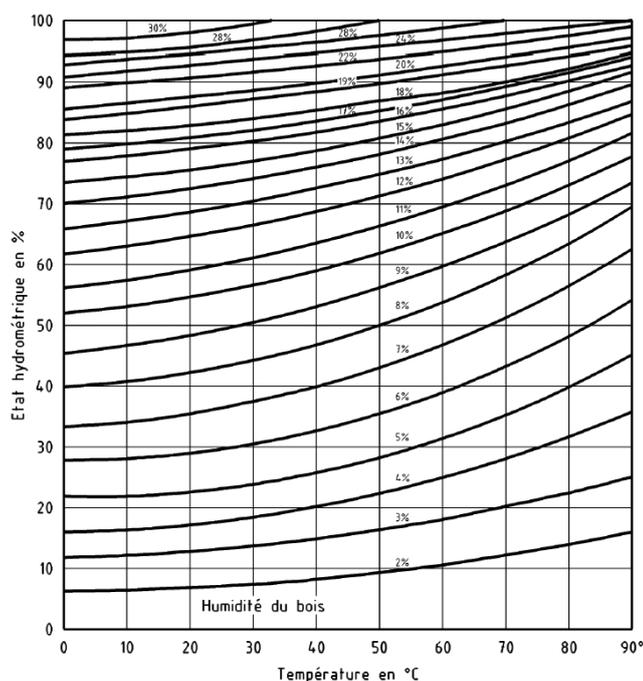


Figure 2-1 : Courbes d'équilibre hygroscopique des bois mis en œuvre (extrait NF EN 1995-1-1/NA – Clause 2.3.1.3)

L'Annexe nationale française apporte également des précisions sur l'affectation des structures aux classes de service :

Classe de Service	Conditions d'exposition des structures	Humidité moyenne d'équilibre du bois
1	Structure intérieure en milieu sec	7 à 13%
2	Charpente abritée soumise à variations hygrométriques, murs à ossature bois...	13 à 20%
3	Conditions climatiques amenant des humidités moyennes supérieures à celles de la classe de service 2	>20%

Tableau 2-2 : Affectation des structures aux classes de service suivant NF EN 1995-1-1/NA – Clause 2.3.1.3

Dans le cadre d'un projet de construction particulier, il est possible d'affecter différentes classes de service à différents éléments structuraux d'un même ouvrage.

La classe de service sert également de référence dans l'Eurocode 5 pour établir des exemples de dispositions vis-à-vis de la résistance à la corrosion des assemblages métalliques, par l'utilisation de matériaux résistants par nature ou par une protection.

Dans le cas d'ambiance corrosive, les dispositions prescrites sont les mêmes quelle que soit la classe de service : acier inoxydable, revêtement par dépôt électrolytique Fe/Zn 40c ou galvanisation à chaud.

2.1.2 Commentaires

L'affectation de la classe de service pour le dimensionnement à l'Eurocode 5 d'une structure bois a pour but de prendre en compte l'influence de l'hygroscopie sur les propriétés de résistance et de rigidité du bois.

Elle est définie à partir des conditions hygrothermiques de l'air ambiant dans lequel se trouve l'ouvrage qui déterminent l'humidité moyenne à laquelle se stabilise le bois, c'est-à-dire l'équilibre hygrosopique.

Le fait de retenir la classe de service 3 conduit à prendre les paramètres de résistance et de déformation les plus sévères pour le dimensionnement à l'Eurocode 5.

De plus, les conditions d'exposition à l'humidité des pièces de bois sont également à considérer du point de vue de la durabilité biologique.

On se réfère pour cela aux classes d'emploi définies par la norme NF EN 335, suivant les conditions d'humidification et les agents biologiques qui peuvent attaquer le bois dans ces situations.

L'identification de la classe d'emploi permet de définir le niveau de durabilité approprié pour l'ouvrage en fonction de la durée de performance attendue.

Les systèmes de classes de service et de classes d'emploi visent des objectifs différents. Dans son Annexe A informative, la norme NF EN 335 propose une première approche de correspondance entre ces deux notions. Les relations données restent cependant imprécises et dans certains cas inadéquates. La subdivision entre les classes 3.1 et 3.2 n'est pas prise en compte et ce peut être impactant dans certains cas de figure.

Nous ne voyons pas de situation permettant de faire le lien entre classe de service 3 et classe d'emploi 2. Nous considérons que les conditions d'humidification du bois en classe de service 3 correspondent à minima à une situation de classe d'emploi 3.1. En revanche, même en classe de service 2 on peut se trouver en situation de classe d'emploi 3.1.

2.2 Hygrométrie et ambiance intérieure des locaux

2.2.1 Classification de l'hygrométrie des locaux

Dans certains DTU, l'hygrométrie d'un local est classée en fonction de l'excédent d'humidité intérieure (Δv) liée à la production de vapeur d'eau en régime moyen pendant la saison froide. Il correspond au rapport entre la quantité de vapeur d'eau produite dans le local (W) et le taux de renouvellement d'air (n).

$$\Delta v = v_i - v_e = \frac{W}{n}$$

avec

v_i , humidité volumique de l'air intérieur (g/m^3)

v_e , humidité volumique de l'air extérieur (g/m^3)

W , quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par unité de temps (g/h)

n , taux de renouvellement d'air (m^3/h)

Quatre catégories de types de locaux sont définies :

Types de locaux	W/n
Faible hygrométrie	$\leq 2,5 \text{ g/m}^3$
Moyenne hygrométrie	$2,5 < W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$
Forte hygrométrie	$5 < W/n \leq 7,5 \text{ g/m}^3$
Très forte hygrométrie	$W/n > 7,5 \text{ g/m}^3$

Tableau 2-3 : Catégories d'hygrométrie des locaux

Pour chacune de ces catégories, des exemples généraux d'affectation de locaux sont donnés à titre indicatif pour les valeurs du taux horaire de renouvellement d'air prescrit par la réglementation.

Les piscines couvertes sont ainsi classées dans les locaux à très forte hygrométrie.

En complément de l'hygrométrie, une classification de l'ambiance intérieure est également donnée dans certains DTU.

Les piscines susceptibles de dégager des composés chlorés sont classées en ambiance agressive.

2.2.2 Commentaires

Le classement des locaux en fonction de leur hygrométrie figurant dans certains DTU est principalement destiné à servir de référence pour le choix de la constitution des parois et de leurs revêtements de finition associés, en fonction du risque de diffusion et condensation de l'air humide intérieur.

La production d'humidité intérieure ou charge hygrométrique (W/n), permet de faire le lien entre les conditions hygrothermiques à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment et déterminer les paramètres nécessaires à l'évaluation des transferts d'humidité et du risque de condensation dans les parois.

Pour les matériaux pas ou peu hygroscopiques, dont la variation des propriétés avec la teneur en humidité est négligeable, on utilise généralement des méthodes simplifiées qui supposent que le transfert d'humidité se fait uniquement par diffusion de vapeur d'eau (cf. NF EN ISO 13788).

Cette approche simplifiée n'est pas adaptée aux matériaux hygroscopiques, tels que le bois, qui ont la capacité d'absorber ou au contraire de restituer de l'humidité.

Au niveau de la charpente, l'eau apportée par la vapeur va se fixer dans le bois jusqu'à l'équilibre hygroscopique et le risque d'accumulation se situe au droit des interfaces avec les matériaux peu perméables.

2.3 Réglementation

Les halls de piscines sont des locaux devant garantir des conditions particulières d'hygrométrie liées à leur usage. La réglementation thermique ne s'applique pas aux halls de piscine. La réglementation en vigueur vise la limitation de l'énergie.

2.3.1 Température d'air

L'arrêté du 25/07/1977 limite la température de chauffage de différents locaux où s'exercent des activités à caractère sportif et notamment des piscines : hall des bassins (27°C), annexes (vestiaires, douches 23°C).

2.3.2 Renouvellement d'air

L'arrêté du 12/03/1976 relatif au dispositif de renouvellement d'air fixe à 6l/s/personne (soit 21,6 m³/h/personne) la valeur de référence du renouvellement d'air spécifique dans une piscine et limite à 1,3 fois cette valeur, soit 28 m³/h/utilisateur, le renouvellement d'air maximum au moyen d'un dispositif spécifique de ventilation. Toutefois, cette limite peut être dépassée si, grâce à un dispositif de récupération ou de transfert de chaleur, les consommations de chauffage n'excèdent pas celles qu'entraînerait un renouvellement d'air spécifique égal à cette limite, en l'absence de récupération ou de transfert.

2.3.3 Commentaires

La réglementation en vigueur est relativement limitée et peu contraignante sur la maîtrise des conditions d'ambiance hygrothermique des halls de piscine.

La limitation de la température à 27°C fixée pour les activités à caractère sportif peut ne pas s'appliquer si l'on considère qu'il s'agit d'activités ludiques de loisir.

Le taux minimal de renouvellement d'air fixé par la réglementation est celui des locaux à pollution non spécifique uniquement basé sur la « pollution liée à la seule présence humaine » et ne prend pas en compte les émanations chlorées. L'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a recommandé en juin 2010 de classer les piscines collectives dans la catégorie des « bâtiments à pollution spécifique » et d'imposer un débit minimum d'air neuf de 60 m³ /h et par occupant.

Elle recommande également d'intégrer au contrôle sanitaire, notamment :

- la température de l'air, l'hygrométrie, le débit de ventilation et le débit d'air neuf ;
- un contrôle annuel des centrales de traitement de l'air.

3 Humidification des charpentes en bois dans les halls de piscine

3.1 Ambiance hygrothermique des halls de piscine

La maîtrise des conditions de température et d'hygrométrie de l'air ambiant des halls de piscine est déterminante pour assurer un niveau minimal de confort et de qualité sanitaire, tout en limitant la consommation énergétique.

Compte tenu des échanges permanents entre l'eau et l'air, le système de traitement d'air et de déshumidification doit être conçu pour :

- ajuster la température ambiante de l'air par rapport à la température des bassins afin de limiter l'évaporation des plans d'eau ;
- assurer un apport d'air neuf nécessaire au maintien de la qualité de l'air intérieur ;
- limiter le taux d'humidité de l'air ambiant afin de réduire les risques de condensation et assurer la salubrité du bâti et des équipements.

Le « Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des Equipements Sportifs – Piscine » prescrit ainsi que soient définis, programmés et contrôlés des couples humidité relative / température dans les différents secteurs d'une piscine (halls de bassin, vestiaires, zones techniques et administratives, etc...).

Les plages de couple température/ humidité dans les halls de bassin doivent être définies de manière à répondre aux conditions de confort communes aux baigneurs secs et mouillés.

Le référentiel HQE Piscines reprend pour cela le graphique de zones de confort du « Guide Technique des piscines publiques – 2003, réalisé par EDF, l'Association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF), reproduit ci-dessous :

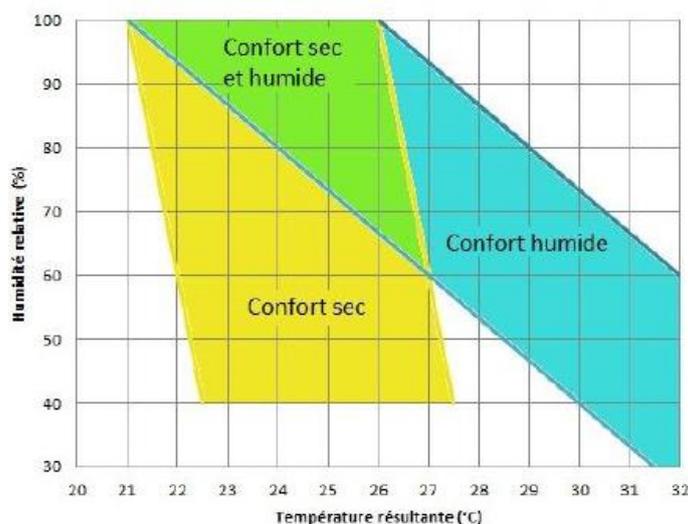


Figure 3-1 : Zones de confort selon les caractéristiques de l'air (extrait Guide technique des piscines publiques reproduit dans le référentiel HQE)

Les zones de confort définies ci-dessus sont exprimées en fonction de l'humidité relative et de la température résultante de l'air qui prend en compte l'effet de la convection et du rayonnement.

Le couple température/humidité de consigne dans le hall des bassins peut donc varier en fonction de la température extérieure.

En hiver, on visera une température plus élevée pour compenser le « rayonnement froid » et une humidité relative plus faible pour abaisser le point de rosée et limiter les risques de condensation.

En fonction de ces paramètres, les conditions généralement visées pour les halls de piscine se situent autour d'une température de 25 à 28°C et une humidité relative de l'air de 60% à 70%, correspondant à une humidité spécifique de l'ordre de l'ordre de 15g/kg d'air sec.

Dans la pratique, la régulation des halls de piscine peut s'avérer délicate avec des conditions s'écartant plus ou moins de cette zone recommandée.

S'agissant de grands volumes, le dispositif de traitement d'air doit être capable d'assurer la climatisation (chauffage/refroidissement), la ventilation et la déshumidification de manière homogène.

3.2 Taux d'humidité du bois dans les halls de piscine

3.2.1 Equilibre hygroscopique du bois en ambiance maîtrisée

L'équilibre hygroscopique du bois, c'est à dire l'humidité à laquelle le bois va se stabiliser au bout d'un certain temps dépend uniquement de l'humidité relative et de la température de l'air ambiant dans lequel il est placé.

Le taux d'humidité d'équilibre hygroscopique du bois en fonction de la température sèche et de l'humidité relative de l'air peut être déterminé sur les courbes d'équilibre hygroscopique présentées au § 2.1.1 ou bien à partir de la relation suivante établie par Simpson (1973) :

$$EH = \frac{18}{W} \left[\frac{k_1 k_2 HR}{1 + k_1 k_2 HR} + \frac{k_2 HR}{1 - k_2 HR} \right]$$

Avec :

EH, équilibre hygroscopique du bois ;

HR, humidité relative de l'air ;

k_1 , k_2 , W , coefficients de calage en fonction de la température sèche T , exprimée en degrés Celsius :

$$k_1 = 4,737 + 0,04773 T - 0,00050012 T^2$$

$$k_2 = 0,7059 + 0,001659 T - 0,000005638 T^2$$

$$W = 223,4 + 0,6942 T + 0,01853 T^2$$

L'application de ces relations aux couples température/humidité de l'air ambiant des halls de piscine conduit aux taux d'humidité d'équilibre du bois présentés dans le tableau ci-dessous :

Conditions hygrothermiques		Température de l'air T (°C)	Humidité Relative de l'air HR (%)	Equilibre hygroscopique du bois EH(%)
Cas 1	Ambiance usuellement visée	25	60	11%
		28	70	13%
Cas 2	Ambiance « tropicale »	28	80	16%
		30	90	20%

Tableau 3-1 : Equilibre hygroscopique du bois en ambiance de hall de piscine maîtrisée

Dans les conditions hygrothermiques généralement visées pour les halls de piscines, on peut déduire des relations ci-dessus ou voir sur les courbes d'équilibre hygroscopique que l'humidité du bois s'établit entre 11 et 13%, en plage haute de la classe de service 1 ou à la limite entre les classes de service 1 et 2.

Dans les cas particuliers (bassins ludiques, bébé nageur, spas, etc..) où la température de l'air peut atteindre 28 à 30°C, l'humidité d'équilibre du bois ne dépasse pas 20% tant que l'humidité relative de l'air reste inférieure à 90%.

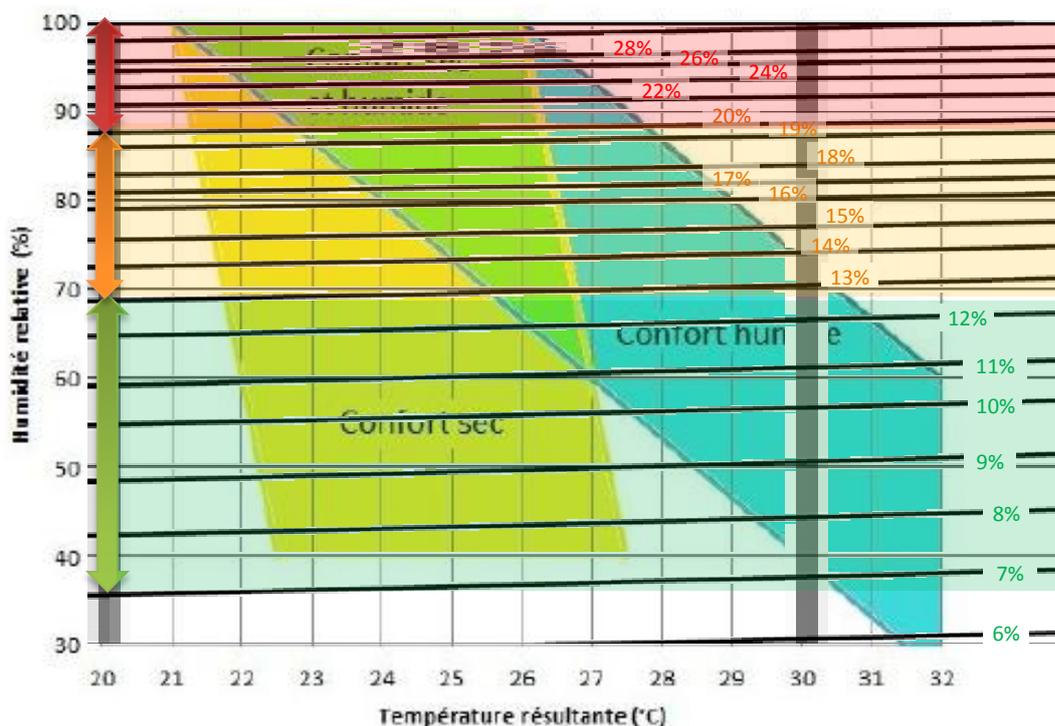


Figure 3-2 : Superposition zones de confort et courbes hygroscopiques du bois

3.2.2 Constats sur ouvrages

3.2.2.1 Constats établis par FCBA

Sur les quinze dernières années, FCBA est intervenu pour des diagnostics de charpentes en bois lamellé-collé à l'intérieur de halls de piscine publique sur une dizaine d'ouvrages environ.

Ces missions ont été réalisées soit dans le cadre d’expertise, suite à des désordres ou pathologies, soit pour vérification d’état sanitaire et solidité dans le cadre de diagnostic de faisabilité avant réaménagement ou restructuration.

Sur ces différents ouvrages, nous avons rencontré un cas (référéncé ouvrage n°1 ci-dessous) de sinistre lié à un affaiblissement de charpente dû à des conditions d’humidification excessive.

Néanmoins, dans ce cas précis, la partie d’ouvrage sinistrée constituait le débord extérieur de toiture, émergeant au-dessus des façades vitrées.

Des valeurs de taux d’hygrométrie du bois des charpentes ont été relevées sur certains de ces ouvrages.

Les mesures ont été effectuées à l’aide d’un hygromètre fonctionnant par résistivité.

Les résultats synthétiques des mesures sont présentés dans le tableau suivant :

Ouvrage	Situation géographique	Taux d’humidité du bois (%)			Observations, pathologies
		Moyen	Mini	Maxi	
1	Grand Est Alt. 200 m	13-14	-	-	Sinistre charpente en débord de toiture
2	Auvergne Rhône-Alpes Alt. 400 m	13	12	>20	Condensation verrière
3	Occitanie Alt. 140 m	15	13,5	16	RAS
4	Centre Val de Loire Alt. 50 m	10,5	8	16	Piscine Caneton Humidification des pieds de poteaux

Tableau 3-2 : Synthèse des mesures d’humidité sur ouvrages

- L’ouvrage n°1 est celui du sinistre évoqué précédemment. La partie extérieure d’un arbalétrier s’est rompue dans sa partie en console en débord de toiture. Le plénum en débord de toiture, non ventilé, était le siège de condensations liées à des défauts d’étanchéité à l’air et à la vapeur d’eau des parois.

La partie rompue n’a pu être examinée par FCBA et les mesures d’humidité qui ont pu être effectuées par FCBA se limitaient à la partie d’arbalétrier encore en place dans le volume intérieur. Les valeurs obtenues se situaient entre 13 et 14%.

- L’ouvrage n°2 a été examiné dans le cadre d’une vérification de l’état sanitaire. L’humidité mesurée en partie courante des éléments de charpente variait entre 12 et 14 %, à la limite des classes de service 1 et 2.

Les taux d’humidité plus élevés ont été mesurés de manière ponctuelle sur des éléments supports de verrière exposés au ruissèlement de condensation.

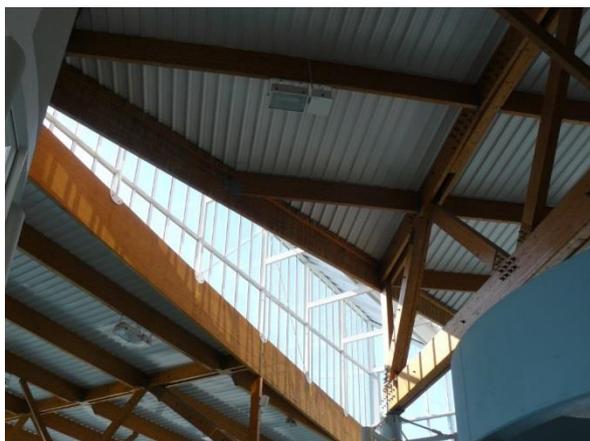


Photo 1 Ouvrage n°2 – vue générale



Photo 2 Ouvrage n°2 – ruissellement sur support de verrière

- L'ouvrage n°3 a fait l'objet d'un remplacement de la charpente et couverture suite à des désordres sur l'existant.

Les mesures sur l'ouvrage n°4 ont été faites sur la nouvelle charpente, environ un mois après la mise en eau du bassin. Les valeurs obtenues en partie courante de charpente, entre 13 et 16% correspondent à la classe de service 2.



Photo 3 Ouvrage n°3 – vue générale



Photo 4 Ouvrage n°3 – Hmax=16% sur panne

- Pour l'ouvrage n°4, la mission de diagnostic s'inscrivait dans le cadre d'un projet de restructuration. Il s'agissait de contrôler l'état sanitaire des structures bois.

Les taux d'humidité mesurés en partie courante correspondent à la classe de service 1. Des valeurs plus élevées, atteignant jusqu'à 16% ont été obtenus ponctuellement en pied de poteaux au niveau des plages de piscine.



Photo 5 Ouvrage n°4 – vue générale



Photo 6 Ouvrage n°4 – Hmax=16% en pied de poteau

FCBA est également intervenu dans le cadre d'évaluation de procédés de toiture à parement intérieur en bois pour établir des constats sur ouvrages existants dans des halls de piscine. Les taux d'hygrométrie du bois et les conditions hygrothermiques de l'air ambiant mesurés lors de ces constats sont présentés dans le tableau suivant :

Ouvrage	Situation géographique	Taux d'humidité du bois (%)	Température air ambiant (°C)	Humidité relative air ambiant (%)	Observations
A1	Auvergne Rhône-Alpes Alt. 500 m	10-11	25-26	55	Mesures dans bois massif support toiture
A2	Auvergne Rhône-Alpes Alt. 550 m	10-11	26	75	Mesures dans panneaux support toiture et bois lamellé-collé charpente
A3	Auvergne Rhône-Alpes Alt. >2000m	7-8	28	55-60	Mesures sur lambris en parement vertical
A4	Auvergne Rhône-Alpes Alt. 500 m	9-11	28	60	Mesures dans support toiture et bois charpente
A5	Ile de France (78) Alt. 160 m	9-13	27	nc	Mesures dans parement sous-face toiture
B1	Bourgogne Franche-Comté Alt. 230 m	10,5-12,5	26	60	Mesures dans parement sous-face toiture

Les différentes mesures réalisées par FCBA sur des ouvrages de charpente, de support de toiture et de parements montrent un taux d'humidité du bois en partie courante correspondant à la classe de service 1 ou à la limite des classes de service 1 ou 2.

Les taux d'humidité plus élevés obtenus localement correspondent à des conditions locales d'exposition à l'eau excessive, liées à des défauts de conception et/ou d'exécution :

- partie d'ouvrage située en plénum non ventilé en débord de toiture (ouvrage n°1) ;
- exposition locale au ruissellement des condensats sur les verrières (ouvrage n°3) ;
- pieds de poteaux non surélevés par rapport au niveau des plages de piscine et non protégés des projections d'eau (ouvrage n°4).

3.2.2.2 Relevés de mesures tirés de publications

Le département construction bois de l'Université Technique de Munich en Allemagne a publié une étude expérimentale de surveillance d'ouvrages de charpente de grande portée avec des mesures des conditions climatiques et d'humidité du bois. Parmi les différents ouvrages instrumentés, trois halls de piscine ont fait l'objet de suivi pendant un an (du 1^{er} octobre 2010 au 30 septembre 2011).

Les résultats des mesures sont récapitulés dans le tableau suivant :

Ouvrage	Situation géographique	Taux d'humidité du bois (%)		Température air ambiant(°C)		Humidité relative air ambiant (%)	
		Moyenne	Amplitude max	Moyenne	Amplitude max	Moyenne	Amplitude max
A1	120 km autour de Munich	9	1,4	30	6,7	48	7
A2	120 km autour de Munich	15,5	2,6	29	6,0	89	19
A3	120 km autour de Munich	8	1,8	30,5	19,5	46	29

- Durant cette période, la piscine A3 a fait l'objet d'une intervention temporaire ayant conduit à un abaissement significatif du taux d'humidité. En dehors de cette interruption, les conditions climatiques ambiantes dans la piscine sont restées relativement constantes, comme pour la piscine A1, avec une humidité relative de l'air de 50% et une température d'environ 30°C, conduisant à un taux d'humidité correspondant à la classe de service 1.
- Pour la piscine A2, les taux d'humidité plus élevés et les plus grandes variations mesurées s'expliquent par la localisation des points de mesure en zone de transition avec l'extérieur. Ces conditions correspondent à la classe de service 2.

Une étude expérimentale de surveillance des panneaux structuraux en bois lamellé-croisé de la piscine municipale d'Almada a été effectuée par l'université de Coimbra au Portugal, immédiatement après la construction.

Les résultats des mesures de l'ambiance climatique dans le hall et le taux d'humidité théorique d'équilibre du bois correspondant sont récapitulés dans le tableau suivant :

Situation géographique	Période de mesures	Température air ambiant (°C)		Humidité relative air ambiant (%)		Taux d'humidité théorique d'équilibre du bois
		Moyenne	Ecart-type	Moyen	Ecart-type	Moyenne %
Almada - Portugal	Hall non ventilé	20	2,3	92	5,5	21,5
	Hall ventilé	31	1,9	58	11,6	10,2

- Lors de la période d'environ trois mois précédant la mise en marche du système de ventilation, où le bassin était rempli d'eau mais pas chauffé, les résultats des mesures montrent des conditions correspondant à la classe de service 3.
- Après la mise en service du système de ventilation, les mesures obtenues en période d'exploitation de la piscine correspondent à la classe de service 1.

3.2.3 Risques d'humidification localisés

Si dans les halls de piscine correctement ventilés, les conditions hygrothermiques généralement retenues placent les ouvrages de charpente bois en classe de service 1 ou 2 en partie courante, des dispositions doivent être prises afin d'éviter des conditions d'humidification plus sévères localement.

- Les pieds de poteaux doivent être surélevés par rapport au niveau des plages de piscine et protégés des projections d'eau.
- Le brassage d'air dans le hall doit être suffisamment efficace pour éviter les « angles morts » insuffisamment ventilés dans certaines parties de la charpente.
- Le soufflage d'air sur les parois et l'utilisation de systèmes de rupture de pont thermique permettent d'éviter la condensation au droit des verrières.
- Le risque de condensation dommageable pour les parties d'ouvrages bois situées dans les parois de l'enveloppe doit être évité en contrôlant la diffusion de la vapeur d'eau au travers de la paroi et en bloquant si nécessaire la migration de vapeur d'eau par l'utilisation de film pare-vapeur du côté chaud de la paroi isolée.
- Les couches d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau des parois de l'enveloppe doivent être continues.
- La traversée de la couche d'étanchéité à l'air est exclue. On limitera les pénétrations en privilégiant la réalisation des parties en dehors de la couche étanche à l'air par des ouvrages rapportés.

Ces risques d'humidification localisés sont principalement à considérer du point de vue de la salubrité du bâti et de la durabilité biologique des parties d'ouvrage où le bois se trouverait en situation de classe d'emploi 3.2 ou 4.

Le dimensionnement des ouvrages en classe de service 3 ne permettrait pas de se prémunir d'une défaillance structurale liée à une altération biologique du bois due à une humidification excessive.

4 Conclusions

La maîtrise des conditions d'ambiance climatiques d'une piscine est fondamentale pour une bonne exploitation, répondant aux besoins des usagers (confort hygrothermique, qualité de l'air), en limitant le coût énergétique et en assurant la pérennité du bâti.

Si la réglementation n'impose pas à ce jour de contrôles des températures, humidités et des taux de ventilation et de renouvellement d'air des halls de piscine, des recommandations ont été émises pour la faire évoluer dans ce sens. Les moyens mis en œuvre pour assurer la maîtrise de ces paramètres constituent d'ores et déjà des critères essentiels du référentiel HQE Piscines.

En phase conception, les solutions architecturales et techniques sont nécessairement déterminées en fonction du niveau de performance visé sur la durée d'exploitation.

Ces conditions d'ambiance climatique maîtrisées, qui sont définies dès la conception, permettent d'affecter aux ouvrages de charpente bois la classe de service correspondante pour le dimensionnement.

Les plages de couple température/humidité relative de l'air ambiant généralement retenues (cf. cas 1 du tableau 3.1) et constatées dans les halls de piscine correspondent à la classe de service 1 ou en partie basse de la classe de service 2.

A l'échelle des ouvrages, des humidités supérieures à la classe de service 2 peuvent être atteintes dans le cas où le système de traitement de l'air ne fonctionne pas. Une telle situation, incompatible avec l'exploitation, ne peut être que temporaire. Comme indiqué dans l'Eurocode 5, un dépassement de quelques semaines par an ne remet pas en cause l'affectation de la classe de service.

La classe de service 3 est seulement à retenir dans les cas particuliers des halls où est maintenue une « ambiance tropicale » (cf. cas 2 du Tableau 3.1) avec des conditions hygrothermiques qui peuvent être notamment à la limite entre les classes de service 2 et 3.

Localement, des dispositions doivent être prises afin de se prémunir de tout risque d'humidification excessive localement, susceptible d'affecter la durabilité biologique du bois.

Dans la grande majorité des cas, la pérennité des charpentes bois sur la durée de vie attendue d'une piscine (30 à 35 ans) impose une conception globale (traitement de l'air et qualité de l'enveloppe du bâtiment) qui permet de maintenir des conditions hygrothermiques de l'air telles que les charpentes en bois sont placées en situation de classe d'emploi 2.

Les cas particuliers (bassins ludique, bébé nageurs, ou autres locaux à ambiance hygrothermique aménagée...) ou parties d'ouvrage spécifiques (par exemple : poteaux émergents sur l'extérieur sans points d'insalubrités et protégés en tête...), doivent faire l'objet d'une conception adaptée vis-à-vis de la durabilité biologique pour la classe d'emploi 3.1. Les conceptions qui conduiraient les ouvrages de charpente bois à se retrouver en situation de classe d'emploi 3.2 et 4 (par exemple : pieds de poteaux très proches des plages, exposition aux condensats sur encadrements de verrières, zones avec faux-plafonds insuffisamment ventilés...) sont à proscrire.

Dans ce contexte, le fait de considérer systématiquement la classe de service 3 pour le dimensionnement des ouvrages de charpente des halls de piscine ne constitue pas une approche de conception pertinente. Cela conduirait à surdimensionner les ouvrages, par rapport aux pratiques courantes et éprouvées, en retenant des hypothèses qui ne correspondent pas et ne doivent pas correspondre à la situation en service.

Les règles de calcul Eurocodes ont été établies pour assurer la fiabilité structurale suivant une méthodologie permettant aux concepteurs l'optimisation, en prenant en compte les différentes situations normales et accidentelles dans lesquelles peuvent se trouver les ouvrages. Il n'y a donc pas lieu de se placer volontairement dans des conditions plus défavorables, dans un souci de robustesse, sauf à constater sur des exemples construits des pathologies imputables à l'insuffisance du code de calcul.

La robustesse des structures bois lamellé-collé des halls de piscine, largement employées depuis des décennies, n'est plus à démontrer. Cela ne signifie pas qu'aucune sinistralité résultant d'humidification excessive n'est à déplorer. Mais celle-ci résulte principalement de choix de conception insuffisamment salubres ou de défauts de fonctions de l'enveloppe du bâti conduisant à des dégradations locales. Ces retours d'expérience montrent qu'une fiabilisation accrue de ces ouvrages passe principalement par le souci permanent de la salubrité des ouvrages.

Documents de référence

Normes et référentiels techniques

- NF EN 1995-1-1 - Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments
- NF EN 335 - Durabilité du bois et des matériaux à base de bois - Classes d'emploi : définitions, application au bois massif et aux matériaux à base de bois
- NF DTU 31.1 - Travaux de bâtiment - Charpente en bois
- FD P 20-651 – Durabilité des éléments et ouvrages en bois
- Cahier 3567 - Mai 2006 - Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois et nomenclature des supports pour revêtements muraux intérieurs
- NF EN ISO 13788 - Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiment – Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse - Méthodes de calcul
- NF DTU 43.3 - Travaux de bâtiment - Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité

Documents particuliers, rapports techniques

- Simpson W.T. "Predicting equilibrium moisture content of wood by mathematical models", 1973
- P. Dietsch, A. Gamper, M. Merk, S. Winter "building climate long-term measurements to determine the effect on the moisture gradient in large-span timber structures", 2012
- Jorge LUÍS, Dias ALFREDO "X-Lam panels in swimming-pool building – monitoring the environment and the performance"