

Modélisation éléments finis du comportement des panneaux peints soumis à un test de vieillissement accéléré

Dubois Frédéric⁽¹⁾, Jamaoui Amine⁽¹⁾, Podgorski Laurence⁽²⁾, Lambert Marion⁽¹⁾, Rouger Frédéric⁽²⁾

⁽¹⁾ Université de Limoges, Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes, Département Génie Civil & Durabilité, Campus Universitaire de Génie Civil, Master Génie Civil IMRO, Boulevard Jacques Derche, 19300 Egletons

⁽²⁾ Institut Technologique FCBA, Allée de Boutaut, 33000 Bordeaux

G E M H GC&D



Un des freins majeurs au développement des structures en bois est, sans conteste, la problématique du vieillissement des éléments exposés aux intempéries (pluie, ensoleillement, etc.) induisant des rythmes de maintenance en désaccord avec les standards sociétaux actuels. Dans ce contexte, un protocole expérimental et normalisé de vieillissement accéléré (EN 927-6) constitue pour les développeurs de produits de finition un outil de comparaison réglementé. Malheureusement, il ne permet pas de proposer une transposition fiable entre ses résultats et un vieillissement réel prenant en compte une région climatique et une orientation spécifique. Si ce processus de vieillissement accéléré est répétable et maîtrisé, il reste éloigné d'une situation réelle. Si un vieillissement naturel est réaliste, sa durée dans le temps le rend incompatible avec la nécessité de réaction du marché. Nous proposons donc le développement d'un outil de simulation numérique faisant une passerelle entre les résultats issus d'un vieillissement accéléré vers le pronostic d'un vieillissement naturel.

Contexte Scientifique

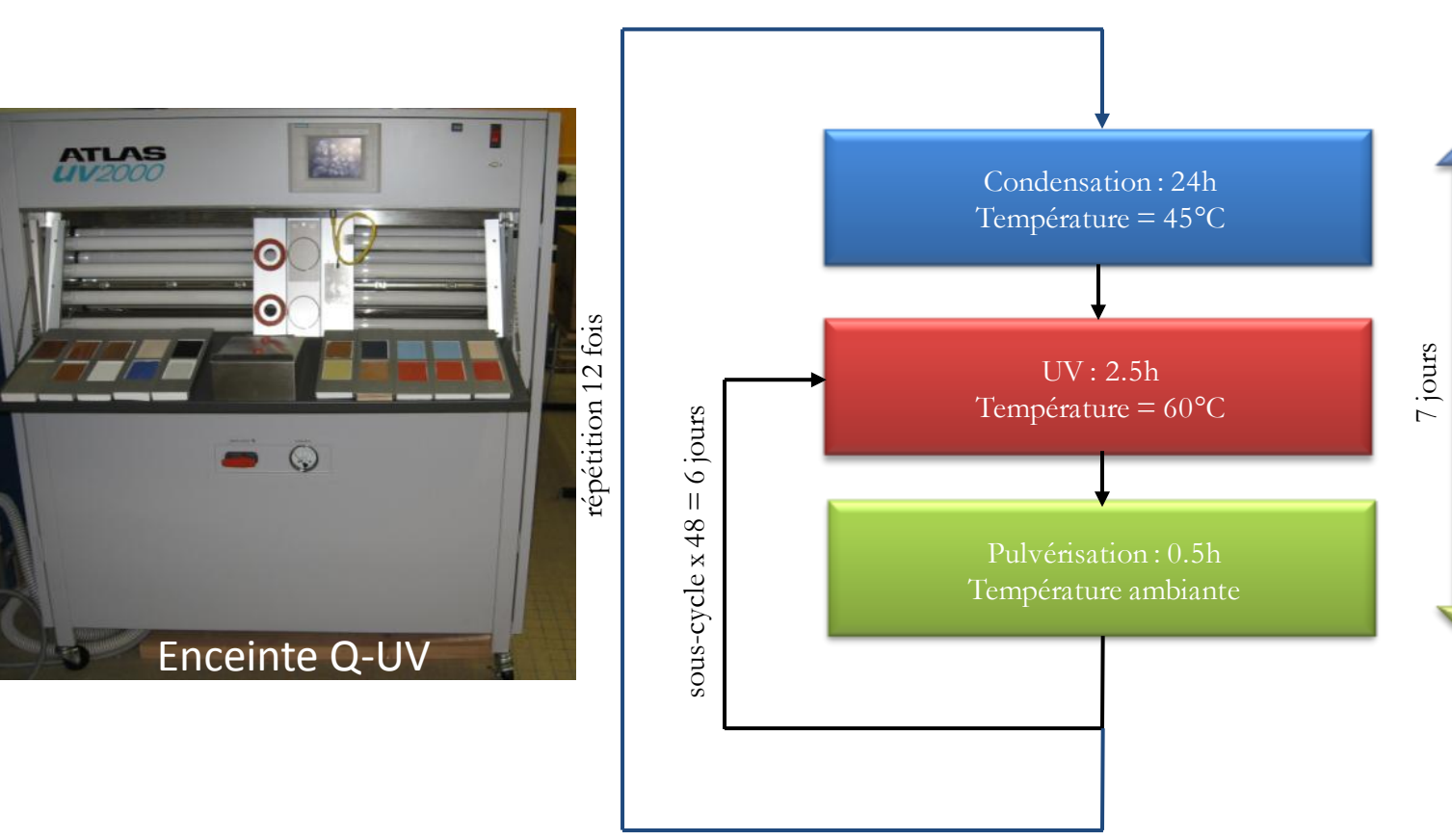
Approche par Simulation Numérique

Vieillessement naturel



- Avantages :**
- Vieillessement sous climat réel
- Inconvénients :**
- Temps expérimentaux trop longs
 - Validation pour un climat unique

Vieillessement accéléré



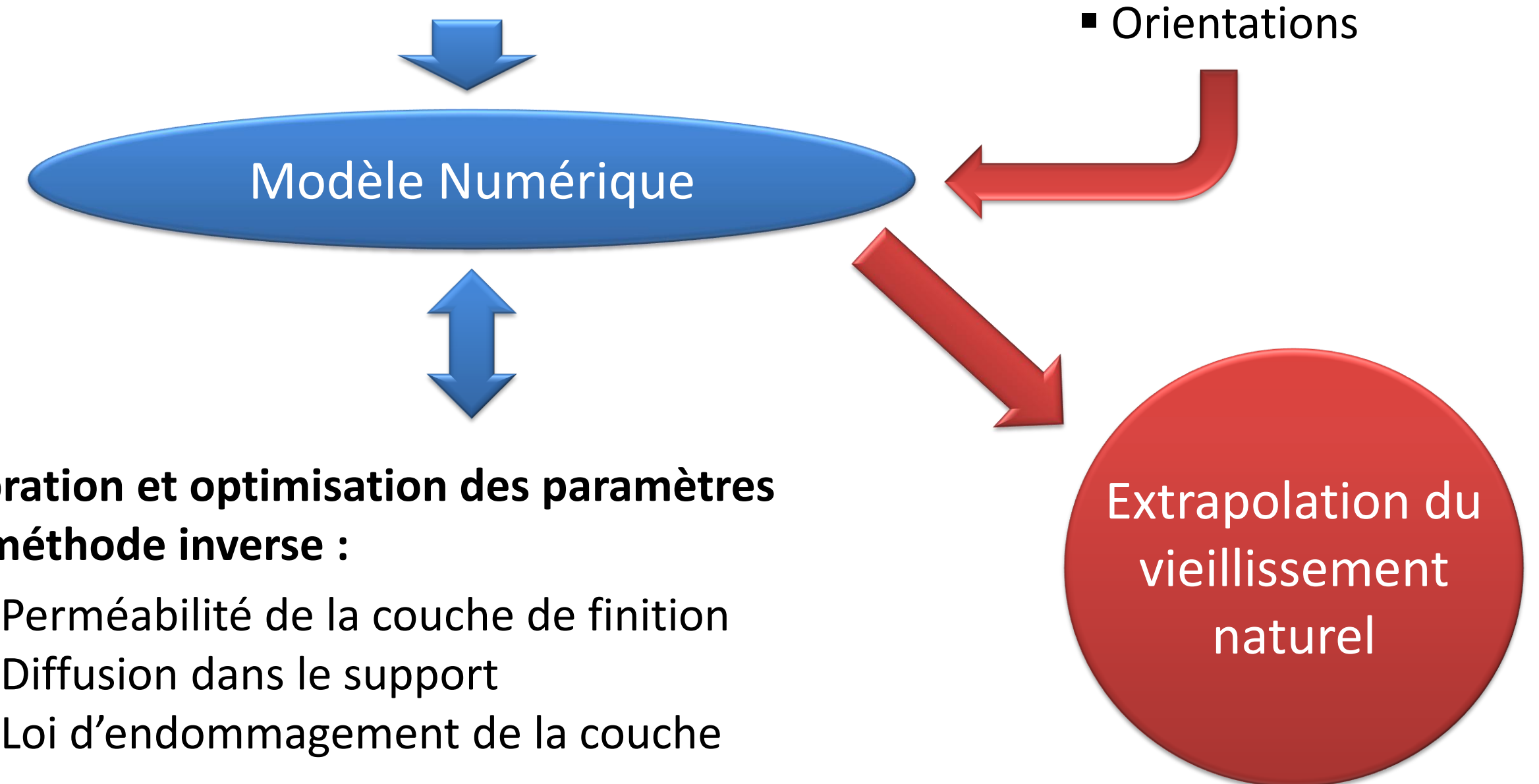
- Avantages :**
- Cycles normalisés
 - Temps expérimentaux courts
- Inconvénients :**
- Facteur d'échelle temporel ?
 - Extrapolation pour des climats réels ?

Essais de vieillissement accéléré :

- Perméabilité de la couche de finition
- Evolution de l'humidité interne dans le panneau
- Endommagement de la couche de finition

Conditions climatiques régionales :

- Température
- Humidité Relative
- Ensoleillement
- Orientations



Calibration et optimisation des paramètres par méthode inverse :

- Perméabilité de la couche de finition
- Diffusion dans le support
- Loi d'endommagement de la couche

Caractérisation expérimentale

Caractérisation par séquence

Préparation des échantillons de Pin Sylvestre sans finition



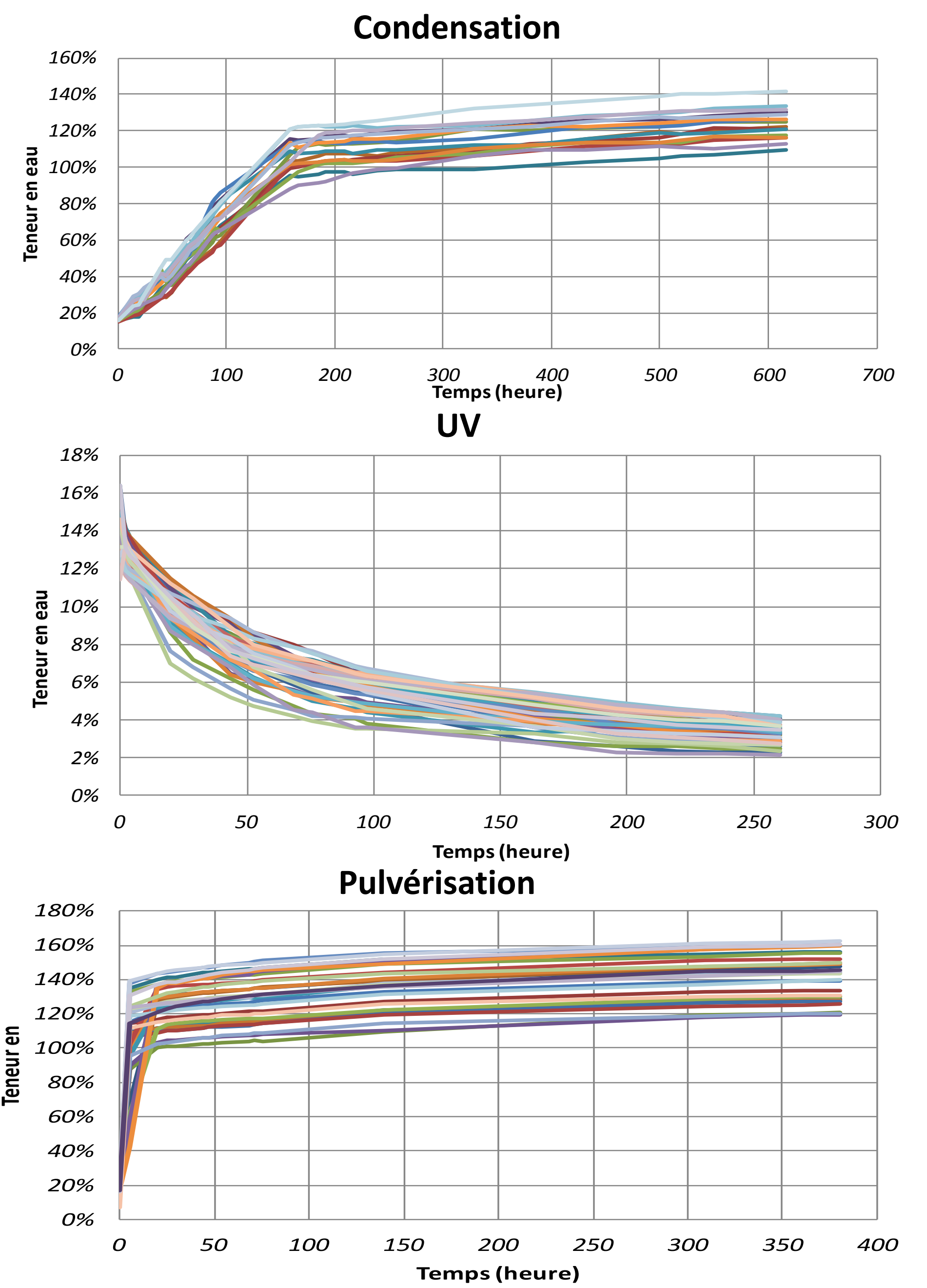
2^{de} Loi de Fick : $\frac{\partial w}{\partial t} - \text{div} \left(D_w \cdot \text{grad} w \right) = 0$

Diffusion orthotrope : $D_w = \begin{bmatrix} D_w^L & 0 & 0 \\ 0 & D_w^R & 0 \\ 0 & 0 & D_w^T \end{bmatrix}$

Diffusion non linéaire : $D_w^L w = D_o^L \cdot \exp k_L \cdot w$ $D_w^R w = D_o^R \cdot \exp k_R \cdot w$ $D_w^T w = D_o^T \cdot \exp k_T \cdot w$

Inversion par Méthode du simplexe

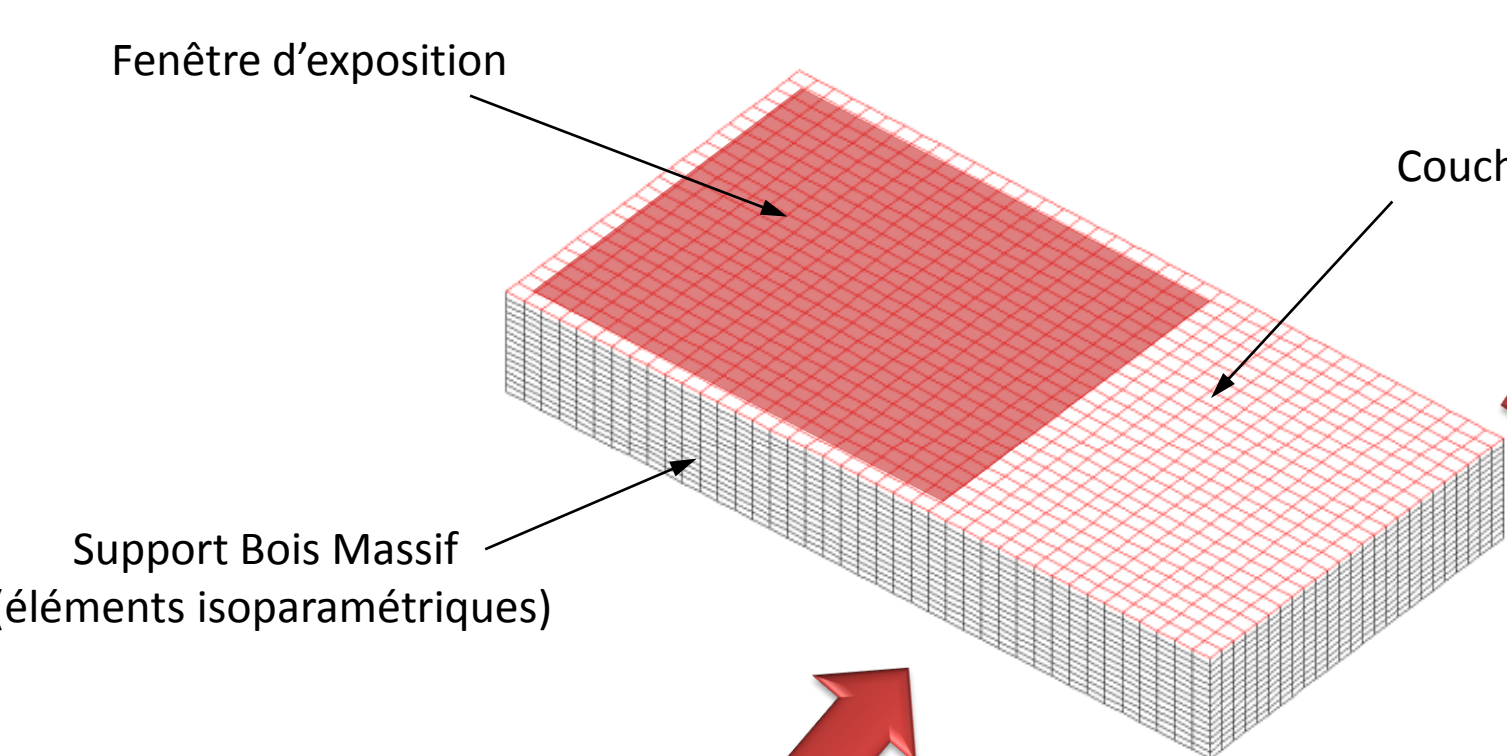
Exposition	Température	Humidité d'équilibre	Do	k
UV Condensation	60°C	109,7%-140,2%	$D_o^L = 4,17 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{s}$	$k_L = 0$
UV	45°C	2,38%-3,33%	$D_o^T = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$	$k_T = 0,5$
Pulvérisation	20°C	125,3%-163,8%	$D_o^R = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{s}$	$k_R = 0,5$



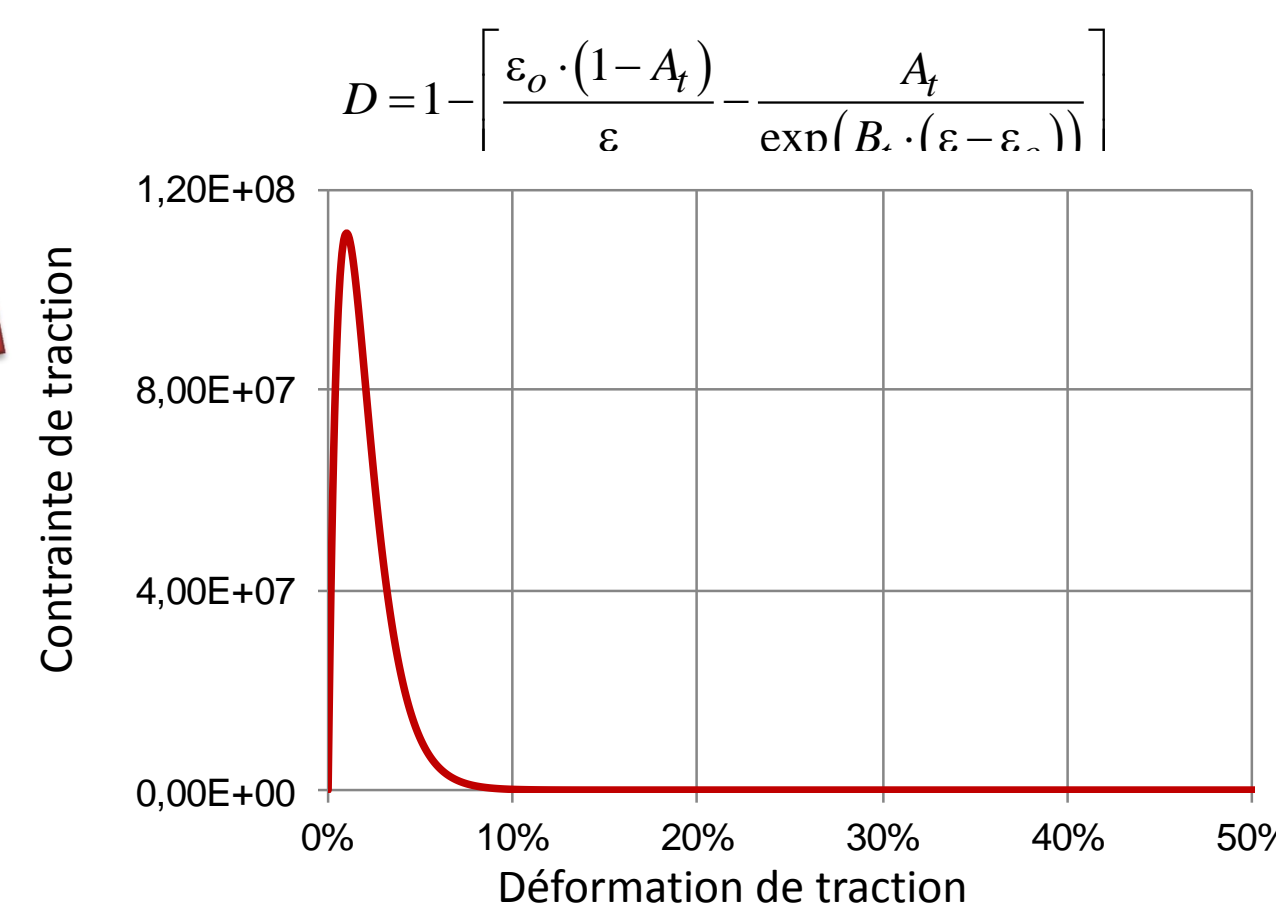
Modélisation par éléments finis

Résultats de simulation

Maillage éléments finis



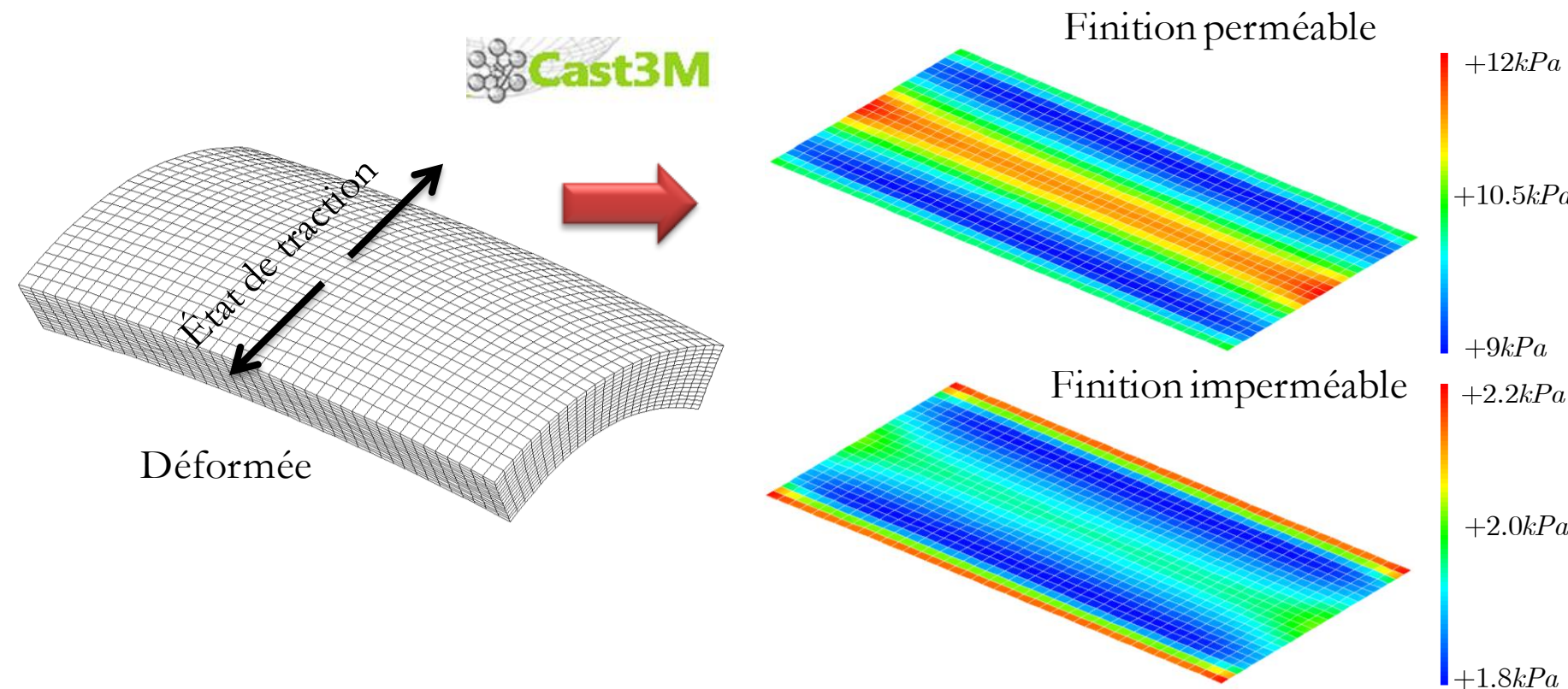
Endommagement quasi-fragile de la couche de finition



Comportement mécano-sorptif du support bois

$$\underline{\underline{\epsilon}}(t) = \int_0^t [J] t, \tau \cdot \frac{\partial [g \underline{\underline{\sigma}} \cdot \underline{\underline{\sigma}}]}{\partial \tau} d\tau + \int_0^t \underline{\underline{\alpha}} \cdot \frac{\partial w}{\partial \tau} \cdot d\tau$$

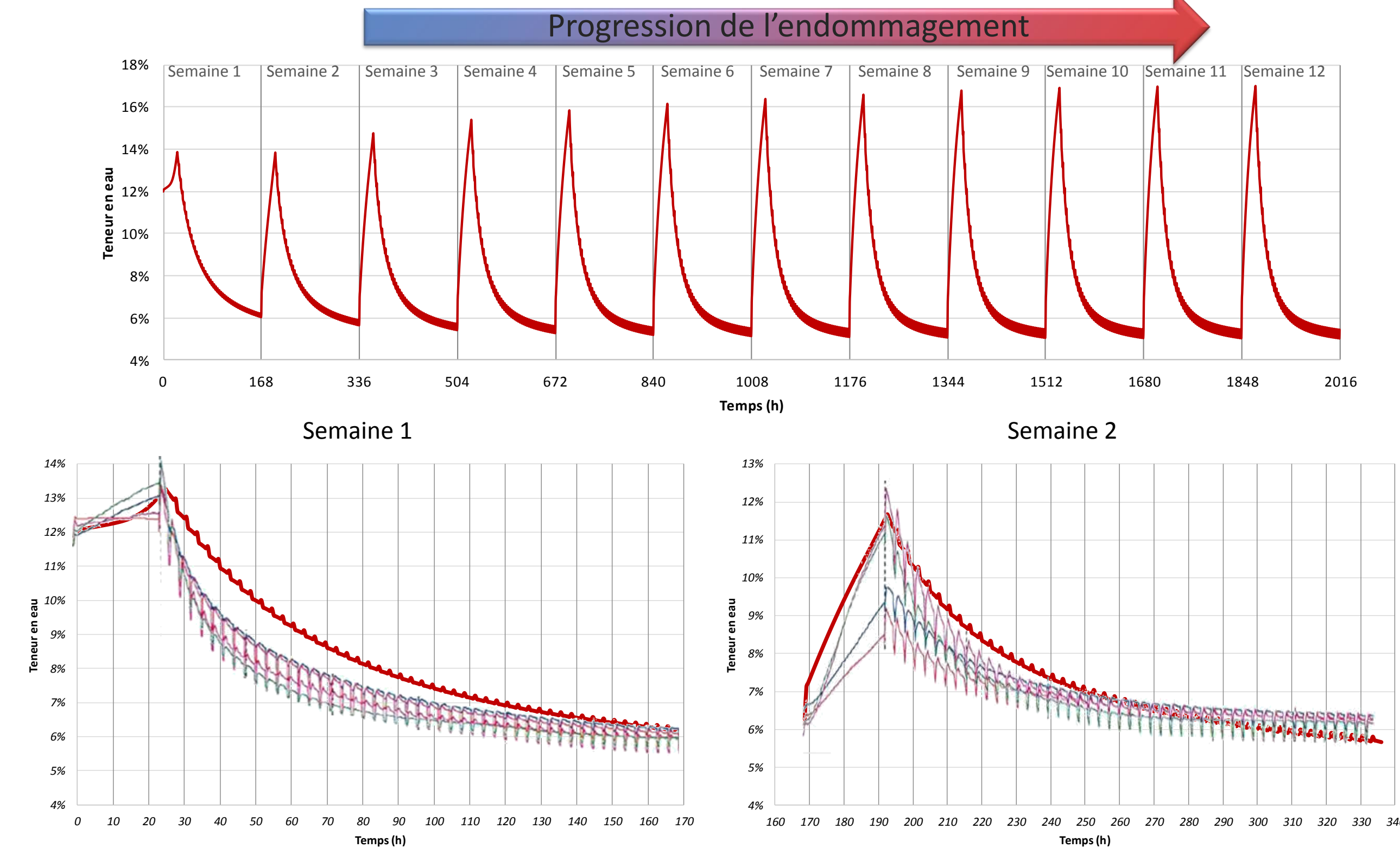
$$J t, \tau = \frac{1}{k^o} + \sum_{i=1}^N \frac{1}{\tau_i} \int_0^t \frac{1}{\eta_i} \cdot \exp \left(-\frac{\alpha_i \cdot t}{\tau_i} \right) \cdot d\alpha$$



Echange hydrique en surface de finition durant l'endommagement

$$F_w = \tilde{S}_w \cdot (w_{surf} - w_{air}) \Rightarrow \tilde{S}_w = 10^{-6} - 9,9 \cdot 10^{-7} \cdot D$$

Evolution de l'humidité durant le cycle de vieillissement accéléré



Conclusions et Perspectives

Ce travail a permis de franchir une première étape quant à la modélisation du vieillissement artificiel de panneaux de bois peints et permet d'espérer une adaptation ultérieure au vieillissement climatique.

- Reste aujourd'hui à optimiser la cinétique d'endommagement de la couche de finition
- Adapter le modèle à une stratégie de vieillissement naturel
- Intégrer d'autres processus d'endommagement (décollement de l'interface, corrélation avec le vieillissement d'aspect (couleur, brillance, etc.))