

**CINETIQUE D'EPURATION DU FORMALDEHYDE  
PAR LES PLAQUES PRÉGYROC AIR®  
Etudes menées dans des cellules d'essai à l'échelle 1**

**Docteur Fabien SQUINAZI**  
**Ancien Directeur du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris**  
E-mail : fabien.squinazi@gmail.com

Le formaldéhyde est une substance chimique retrouvée principalement dans l'air des environnements intérieurs. Ses sources d'émission y sont multiples, tels que les produits de construction, d'ameublement ou les produits détergents. En effet, en raison de ses propriétés physico-chimiques, le formaldéhyde est utilisé dans de nombreuses applications industrielles en tant que biocide, conservateur ou fixateur. Il est également émis naturellement lors de tout phénomène de combustion (feux, fumée de cigarette) et lors d'activités humaines (cuisson des aliments, poêle à bois). Des phénomènes de réactivité chimique conduisent aussi à la formation secondaire de formaldéhyde.

Par voie aérienne, les effets du formaldéhyde chez l'homme sont des irritations oculaires et des voies respiratoires, observées pour des expositions aiguë et chronique. Par cette même voie chez l'homme, le formaldéhyde est également à l'origine de cancers du nasopharynx, d'après des études épidémiologiques conduites en milieu de travail. Sur cette base, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé depuis 2004 le formaldéhyde dans le groupe 1 « substance cancérigène avérée pour l'homme ».

Selon les résultats de l'évaluation des risques sanitaires pour la population générale menée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), les logements contribuent majoritairement à l'exposition au formaldéhyde dans les environnements intérieurs. La mise en application de l'arrêté du 13 juillet 2006 classant les travaux exposant au formaldéhyde dans la liste des activités impliquant des substances, préparations et procédés cancérigènes, au sens du code du travail, doit conduire, en priorité, à des mesures de substitution du formaldéhyde, notamment dans de nombreux produits de consommation.

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, l'étiquetage obligatoire des produits de construction et d'ameublement ainsi que des revêtements muraux et de sol, des peintures, colles et vernis qui émettent des substances dans l'air ambiant a été proposé et inscrit dans le code de l'environnement. Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2013, tous les produits de construction et de décoration destinés à un usage intérieur (revêtements, cloisons, matériaux d'isolation, ...) possèdent une étiquette "Emissions dans l'air intérieur », selon quatre classes notées de A+ à C. Dix substances, dont le formaldéhyde, et le paramètre « composés organiques volatils totaux » (COVT) sont à mesurer à l'émission.

Enfin, la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les crèches et établissements scolaires, premier temps de la surveillance des établissements recevant du public, repose sur une démarche progressive : (1) l'évaluation obligatoire des moyens d'aération de l'établissement et (2) la mise en œuvre au choix, d'un plan d'actions réalisé à partir d'un bilan des pratiques observées dans l'établissement ou d'une campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur, dont le formaldéhyde, substance jugée prioritaire par la communauté scientifique.

Les valeurs-guides pour l'air intérieur du formaldéhyde dans les établissements recevant du public sont définies par le décret du 2 décembre 2011 :  $30 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition de longue durée et  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2023. La valeur limite, définie par le décret du 5 janvier 2012 et au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées, est fixée à  $100 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

L'usage ubiquitaire du formaldéhyde dans de multiples secteurs d'activité conduit à la présence habituelle de ce composé organique volatil dans la majorité des bâtiments (valeur médiane dans les logements :  $19,6 \mu\text{g.m}^{-3}$  – extrêmes :  $1,3 - 86,3 \mu\text{g.m}^{-3}$ : Observatoire National de la Qualité de l'Air Intérieur, 2006). Des valeurs de formaldéhyde supérieures à  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  sont observées dans 87 % des logements étudiés et supérieures à  $30 \mu\text{g.m}^{-3}$  dans 22 % des logements.

Outre la maîtrise des sources d'émission et le renouvellement d'air des locaux, une troisième voie, celle des systèmes d'épuration d'air, est intéressante à étudier afin de réduire l'exposition de la population générale à cette substance chimique omniprésente dans les environnements intérieurs.

A cet effet, la société SINIAT S.A. a développé une technologie de captation et de neutralisation des composés organiques volatils (principalement le formaldéhyde) qui se décline dans une gamme appelée « PRÉGY AIR® ». Les plaques de plâtre PRÉGYPLAC AIR® et PRÉGYROC AIR® permettent de réaliser facilement et rapidement des cloisons mono-parement, contre-cloisons et plafonds dans tous les types de bâtiments (maisons individuelles, établissements recevant du public, ...). Elles sont disponibles en BA13 (120 cm de large) et en BA18 S (90 cm de large), en plaque standard en 13 mm ou haute dureté en 18 mm (3 à 4 fois plus résistante aux chocs qu'une plaque standard). L'étude menée par le Centre scientifique et technique du bâtiment (rapport d'essai n°SB-10-44 du 11 juin 2010) dans une chambre d'essai d'émission, selon la norme NF EN ISO 16000-9 : Août 2006 (« Air intérieur – Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Partie 9 : méthode de la chambre d'essai d'émission »), a révélé que la capacité d'épuration du formaldéhyde par la plaque PRÉGYROC AIR® est de 79 % pour une concentration de formaldéhyde à épurer de  $58 \pm 1 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

Les deux études présentées dans cet article sont réalisées au cours des années 2013 et 2015. Elles sont menées dans des cellules d'essai à l'échelle 1, en présence d'une source de formaldéhyde, afin de vérifier sur le long terme (plusieurs mois) l'efficacité d'épuration des plaques PRÉGYROC AIR® dans des conditions réelles d'utilisation et comparativement à des plaques de plâtre classiques. Les concentrations de formaldéhyde sont mesurées dans les cellules constituées d'une part de cloisons en plaques PRÉGYROC AIR® nues et d'autre part de cloisons en plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une finition peinture.

Les essais ont été menés dans les locaux de la société SINIAT S.A. de Carpentras sous la supervision du Docteur Fabien SQUINAZI qui a élaboré les protocoles d'étude et interprété les résultats.

## **1. MATERIELS ET METHODES**

### **1.1. Cellules d'essai**

Trois cellules d'essai sont montées en parallèle dans un hangar de l'usine. Leur taille identique est de 4,20 m x 2,40 m x 2,50 m, soit un volume de  $25,20 \text{ m}^3$ . Elles comprennent une porte d'entrée étanche en PVC, de taille 0,90 m x 2,15 m, avec décaissé en pied de 1 cm pour l'entrée d'air et une fenêtre étanche en PVC, de taille 0,40 m x 0,60 m, avec entrée d'air intégrée. Un radiateur de 1500 W est également présent dans la cellule (Figure 1).

A l'intérieur des cellules, est disposé, à une hauteur de 1,4 m, un rail guide chariot pour l'introduction des tubes de prélèvement passif du formaldéhyde par l'intermédiaire d'une lucarne de 0,15 m x 0,30

m. Des sondes d'enregistrement de la température et de l'hygrométrie sont placées à une hauteur de 1,6 m. Le sol est tapissé de feuilles d'aluminium (Figure 2).

Les cellules d'essai sont ventilées mécaniquement afin d'assurer un renouvellement d'air de 0,5 à 0,6 vol/h, selon l'arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements.

La source de formaldéhyde est représentée par des panneaux de bois aggloméré d'un même lot et disposés à raison de 5 panneaux par cellule d'essai sur une hauteur de 0,9 m (Figure 3). Ces panneaux, d'une densité de 660 kg/m<sup>3</sup> (épaisseur de 16 mm), offrent une surface totale d'émission de formaldéhyde de 16 m<sup>2</sup> pour un poids total de 170 kg. Ils sont classés E1 selon la norme européenne EN 120 (panneaux à base de bois – détermination de la teneur en formaldéhyde – méthode par extraction dite méthode au perforateur), c'est-à-dire qu'ils renferment un maximum de 8 mg de formaldéhyde pour 100 grammes de panneau, soit une quantité totale de formaldéhyde de 13,6 g pour une surface de 16 m<sup>2</sup>.

Une étude menée dans les cellules d'essai a montré l'influence de la température sur les émissions de formaldéhyde par les panneaux de bois aggloméré. Les émissions, mesurées grâce au kit de mesure Ethern Profilair Dynamic, sont relativement faibles dans la première demi-heure qui suit l'introduction des panneaux dans les cellules, puis les émissions augmentent de manière linéaire jusqu'à la fin des mesures (4 heures). Les quantités de formaldéhyde émises à une température de 32°C sont le double de celles mesurées à 22°C et les quantités émises à 42°C sont environ six fois supérieures à celles mesurées à 22°C.

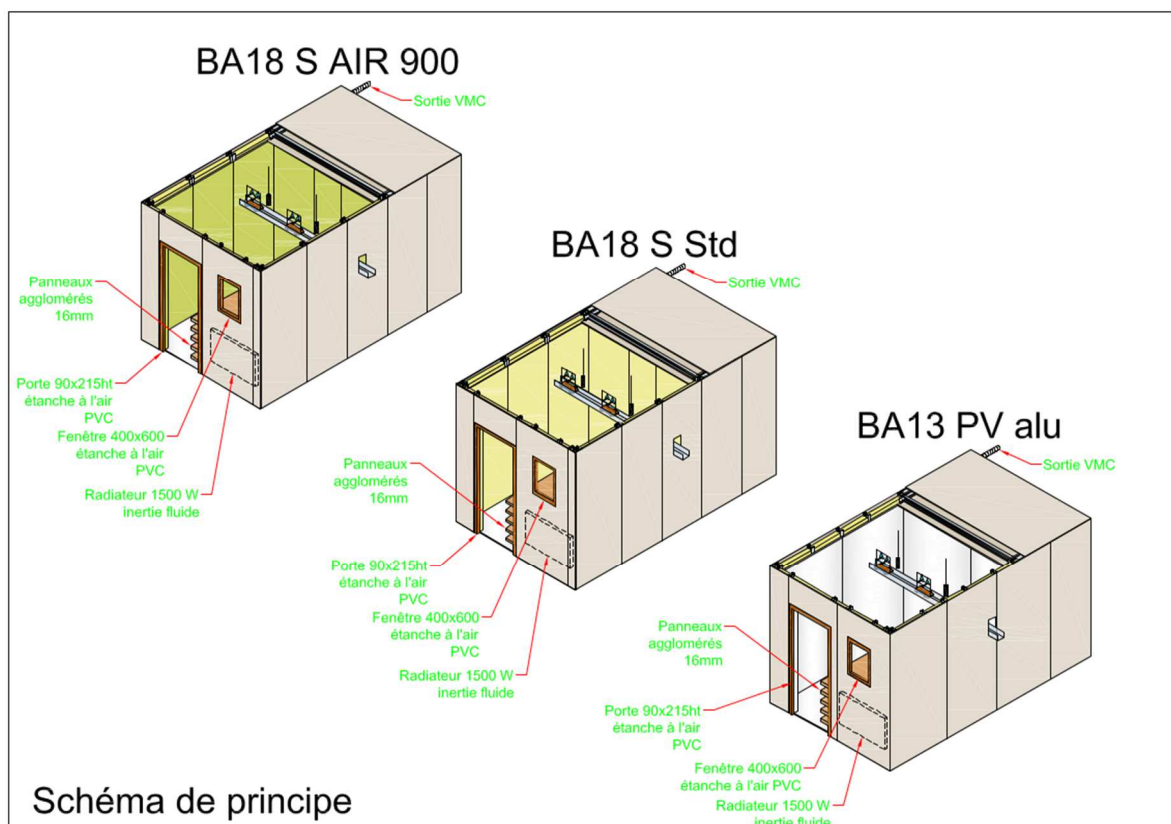
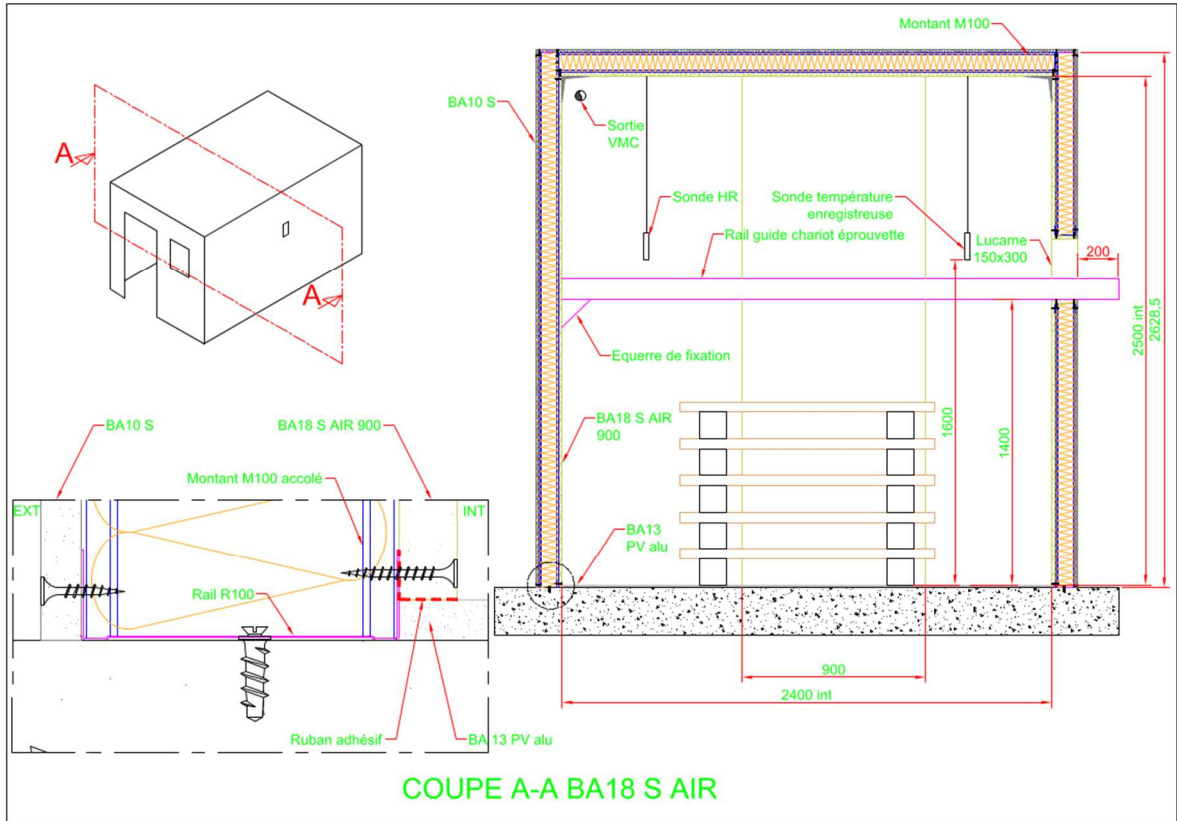
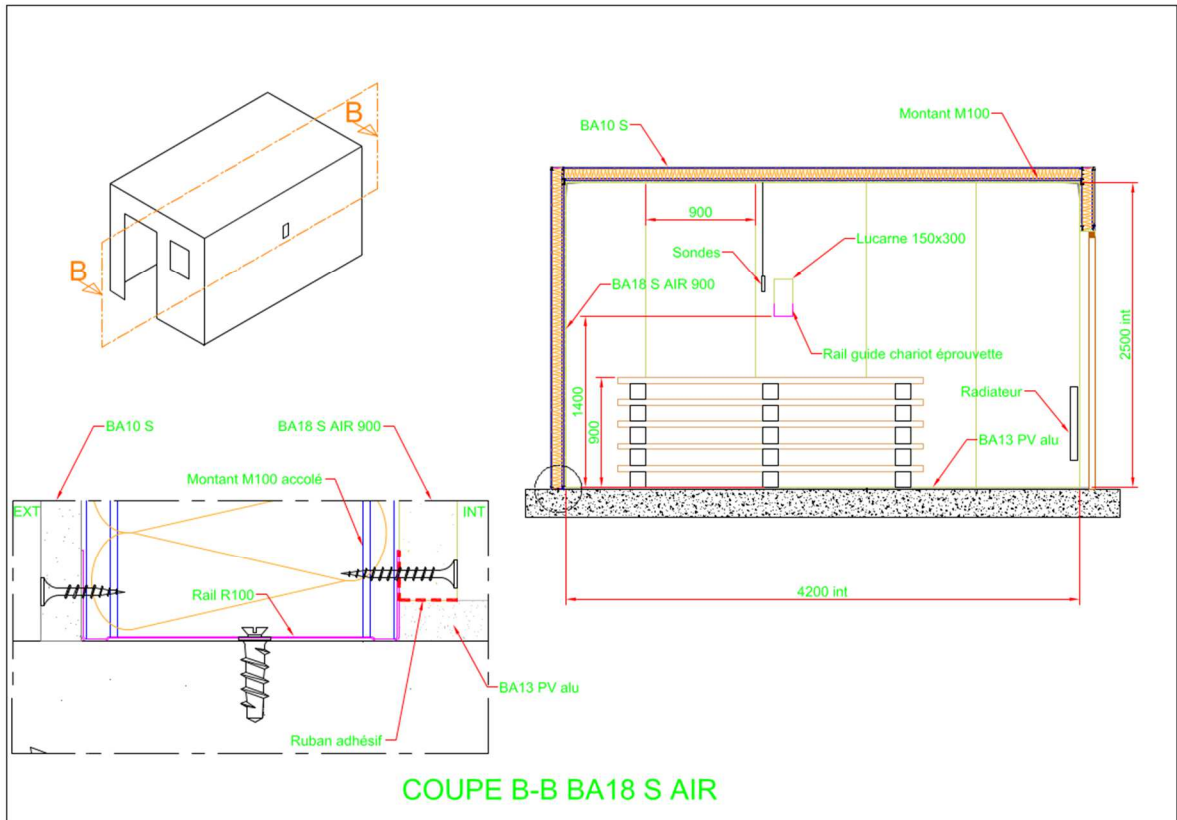


Figure 1 : Schéma des cellules d'essai



**Figure 2 : Coupe transversale d'une cellule d'essai**



**Figure 3 : Coupe longitudinale d'une cellule d'essai**

Dans la première expérience, au cours de l'année 2013, les cellules d'essai sont constituées de :

- Cellule 1 : plaques PRÉGYROC AIR® BA 18 S
- Cellule 2 : plaques classiques PRÉGYPLAC BA 18 S (sans technologie de captation PRÉGY AIR®)
- Cellule 3 : plaques PRÉGYPLAC PV Aluminium BA 13

Dans la seconde expérience, au cours de l'année 2015, les cellules d'essai sont constituées de :

- Cellule 1 : plaques PRÉGYROC AIR® BA 18 S
- Cellule 2 : plaques PRÉGYROC AIR® BA 18 S recouvertes d'une peinture mate standard
- Cellule 3 : plaques PRÉGYROC AIR® BA 18 S recouvertes d'une peinture velours dite « anti-COV »

Le choix s'est porté sur une peinture mate standard qui a une moindre résistance qu'une peinture satin ou velours standard à l'absorption du formaldéhyde. La seconde peinture choisie est une peinture velours dite « anti-COV », d'efficacité modérée pour l'absorption du formaldéhyde, qui dispose d'une technologie permettant de capter et de neutraliser les polluants majeurs de l'air intérieur : le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et l'hexaldéhyde. Son principe actif ne nécessite pas de lumière du jour. Ces deux peintures sont garanties à très faibles teneurs en composés organiques volatils (COV), inférieures à 1G/L, et à très faibles émissions de COV dans l'air intérieur.

## **1.2. Mesurage du formaldéhyde**

Deux dispositifs de prélèvement passif pour le formaldéhyde (tubes à diffusion radiale, Radiello® code 165) sont placés sur le rail, l'un au centre de la cellule, l'autre proche d'une paroi, et changés toutes les semaines. Ces prélèvements sont basés sur le piégeage chimique du formaldéhyde par réaction avec un agent dérivatisant imprégné sur la cartouche d'absorption, la DNPH (2,4-DiNitroPhénylHydrazine). La cartouche code 165 est un filet en acier inoxydable (100 mesh) rempli de fluorisil et revêtu de 2,4-DNPH. Ces cartouches sont introduites dans des corps diffusifs cylindriques poreux (code 120-1) favorisant l'absorption sur toute la surface du cylindre et non uniquement à son extrémité.

Le formaldéhyde est analysé par le Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, selon la norme ISO 16000-4 : Février 2012 « Air intérieur - Partie 4 : dosage du formaldéhyde - Méthode par échantillonnage diffusif ». Le formaldéhyde, piégé par l'absorbant et transformé en hydrozone, est désorbé chimiquement puis analysé en chromatographie liquide haute performance associée à un détecteur ultra-violet à une longueur d'onde de 360 nm.

## **1.3. Planning des études**

### **1.3.1. Première étude (année 2013)**

Cette étude est menée en trois phases.

Dans une première phase, les mesurages de formaldéhyde débutent après l'introduction de cinq panneaux de bois aggloméré de même lot dans chacune des cellules. La ventilation est arrêtée durant deux semaines afin de concentrer les émissions de formaldéhyde. L'étude d'efficacité d'épuration du formaldéhyde est menée sur 11 semaines consécutives (S1-S11). Après le retrait des panneaux de bois aggloméré, les mesurages de formaldéhyde sont repris durant trois semaines non consécutives (S12-S14). Durant cette phase, la température est en moyenne de 19°C (températures moyennes hebdomadaires comprises entre 17,9°C et 21,4°C).

Dans la deuxième phase, les mesurages de formaldéhyde débutent après l'introduction de cinq nouveaux panneaux de bois aggloméré de même lot dans chacune des cellules. La ventilation est arrêtée durant deux semaines afin de concentrer les émissions de formaldéhyde. La température moyenne hebdomadaire des cellules d'essai est comprise entre 21,5°C et 26,4°C. L'étude d'efficacité d'épuration du formaldéhyde est menée sur 4 semaines consécutives (S15-S18). Après le retrait des panneaux de bois aggloméré, les mesurages de formaldéhyde sont repris durant trois semaines consécutives (S19-21) au cours desquelles la température moyenne hebdomadaire est comprise entre 26,8°C et 28,9°C. Après un délai d'un mois, les mesurages de formaldéhyde sont réalisés sur deux semaines consécutives (S22-S23) pendant lesquelles la température des cellules d'essai est comprise entre 20,1°C et 24°C.

Dans la troisième phase, les mesurages de formaldéhyde débutent, après un délai de 4 mois suivant le retrait de la source de formaldéhyde, sur une période de six semaines consécutives (S24-S29). Le chauffage des cellules autour de 40°C a pour objet de vérifier la désorption éventuelle de formaldéhyde par les plaques testées, en conditions de températures élevées. Les températures moyennes hebdomadaires ont fluctué entre 36,5°C et 41°C.

### **1.3.2. Seconde étude (année 2015)**

Les plaques PRÉGYROC AIR® BA 18 S des cellules 2 et 3 sont peintes, la première avec une peinture mate standard, la seconde avec une peinture velours dite « anti-COV ». La ventilation des cellules fonctionnera durant trois mois.

Les mesurages de formaldéhyde débutent à la semaine 1. La première semaine (S1) sert de « blanc cellules » (absence de source de formaldéhyde ajoutée), puis cinq panneaux de bois aggloméré de même lot sont introduits dans chacune des cellules. La ventilation est arrêtée durant trois semaines afin de concentrer les émissions de formaldéhyde. L'étude d'efficacité d'épuration du formaldéhyde est menée sur 15 semaines consécutives (S2-S16). Après le retrait des panneaux de bois aggloméré, le chauffage des cellules à 30°C durant trois semaines (S17-S19) a pour objet de vérifier la désorption éventuelle de formaldéhyde par les plaques testées.

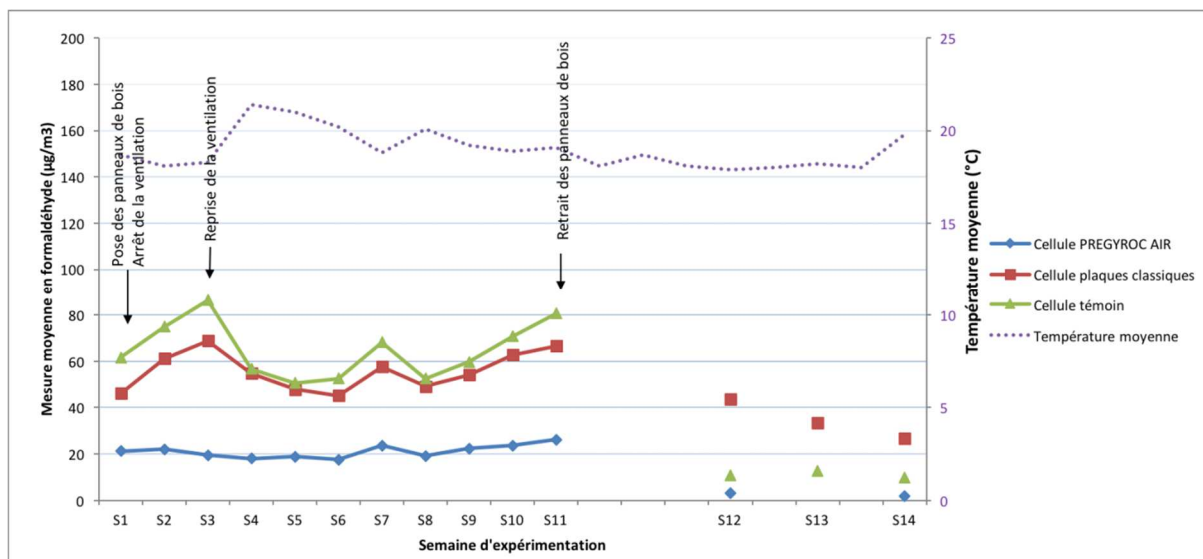
## **2. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **2.1. Première étude sur les plaques PRÉGYROC AIR® (année 2013)**

#### **2.1.1. Première phase**

Cette première phase consiste à introduire dans chacune des cellules d'essai des panneaux de bois aggloméré afin de mesurer l'efficacité d'épuration du formaldéhyde des plaques PRÉGYROC AIR® et des plaques classiques en comparaison des concentrations observées dans la cellule témoin (plaques PV aluminium).

Les résultats des mesurages de formaldéhyde (moyennes des deux prélèvements sur une semaine) en présence des panneaux de bois aggloméré (S1 à S3 sans ventilation et S4 à S11 avec ventilation) et après leur retrait (S12 à S14) sont représentés sur la figure 4.



**Figure 4 : Evolution des concentrations de formaldéhyde (S1 à S14) en  $\mu\text{g.m}^{-3}$  après introduction (S1) puis retrait (S12) des panneaux de bois aggloméré (Première phase de la première étude)**

Les plaques PRÉGYROC AIR® permettent d'obtenir au cours du temps des concentrations stables et faibles de formaldéhyde (moyenne :  $21 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) et des concentrations très faibles après le retrait de la source de formaldéhyde. Pour les plaques classiques, la courbe des concentrations de formaldéhyde suit celle de la cellule témoin, avec des concentrations légèrement plus faibles (moyenne :  $56 \mu\text{g.m}^{-3}$  versus  $65 \mu\text{g.m}^{-3}$ ), témoignant d'une légère absorption de formaldéhyde.

On notera une augmentation de la concentration en formaldéhyde dans les cellules témoin et plaques classiques durant la période sans ventilation (S1 à S3), alors que la cellule en plaques PRÉGYROC AIR® a une concentration stable. L'augmentation de concentration liée à l'émission des panneaux de bois aggloméré, en absence de ventilation, est ici annihilée par la capacité d'absorption des plaques PRÉGYROC AIR®. Cette propriété pourrait trouver son intérêt dans des logements mal ventilés et en présence d'une source de formaldéhyde.

Le tableau 1 montre les concentrations moyennes en formaldéhyde mesurées dans chacune des cellules d'essai et les pourcentages d'efficacité d'épuration des plaques PRÉGYROC AIR® et des plaques classiques par rapport à la cellule témoin.

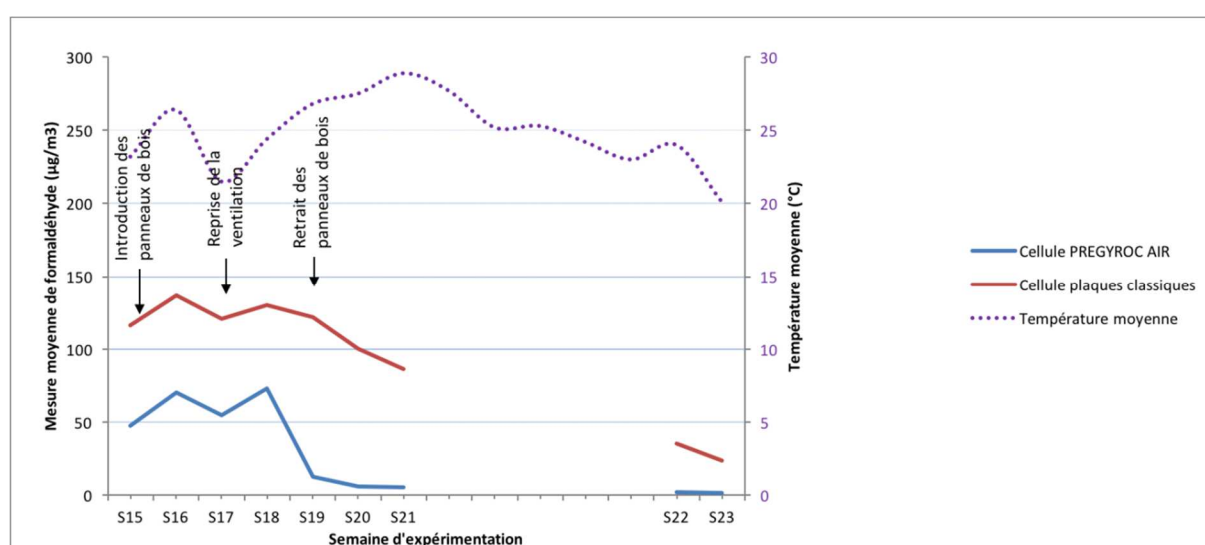
semaines	Arrêt ventilation			Avec ventilation								Retrait des panneaux		
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
PRÉGYROC AIR®	21,2	22,1	19,55	18,05	18,55	17,55	23,6	19,15	22,35	23,7	26,25	3,1		1,85
% efficacité	<b>65,6</b>	<b>70,5</b>	<b>77,4</b>	<b>68,2</b>	<b>62,7</b>	<b>66,6</b>	<b>65,3</b>	<b>63,5</b>	<b>62,6</b>	<b>66,4</b>	<b>67,5</b>	<b>71,5</b>		<b>81,3</b>
Plaques classiques	46,2	61,1	68,8	54,75	47,95	45,1	57,65	49,15	54,05	62,75	66,6	43,6	33,5	26,65
% efficacité	<b>25</b>	<b>18,4</b>	<b>20,4</b>	<b>3,5</b>	<b>5,2</b>	<b>14,2</b>	<b>15,3</b>	<b>6,3</b>	<b>9,5</b>	<b>11,2</b>	<b>17,5</b>	-	-	-
TÉMOIN	61,6	74,85	86,45	56,75	50,6	52,6	68,1	52,5	59,75	70,65	80,7	10,9	12,7	9,9

**Tableau 1 : Pourcentages d'efficacité d'épuration du formaldéhyde des plaques PRÉGYROC AIR® et des plaques classiques en présence (S1 à S11) et après retrait (S12 à S14) des panneaux de bois aggloméré**

Lorsque les plaques PRÉGYROC AIR® sont soumises à une source permanente et de forte émission de formaldéhyde (concentration moyenne de  $65 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  relevée dans la cellule témoin), elles possèdent une efficacité moyenne d'épuration du formaldéhyde de 71,2 % (65,6 % à 77,4 %) sans ventilation de la cellule d'essai, de 65,3 % (62,6 % à 68,2 %) avec ventilation et de 76% (71,5 % et 81,3 %) après le retrait de la source d'émission. Les plaques classiques, elles, n'ont qu'une efficacité moyenne de 13 % (3,5 % à 25 %) en présence de la source de formaldéhyde.

### 2.1.2. Deuxième phase

Cette deuxième phase consiste à introduire dans les cellules d'essai (PRÉGYROC AIR® et plaques classiques) un nouveau lot de panneaux de bois aggloméré. Les résultats des mesurages de formaldéhyde (moyennes des deux prélèvements sur une semaine) en présence des panneaux de bois aggloméré (S15 à S18) et après leur retrait (S19 à S23) sont représentés sur la figure 5.



**Figure 5 : Evolution des concentrations de formaldéhyde (S15 à S23) en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  après nouvelle introduction (S15), puis retrait (S19) des panneaux de bois aggloméré (Deuxième phase de la première étude)**

Les plaques PRÉGYROC AIR® permettent d'obtenir au cours du temps des concentrations stables de formaldéhyde. Ces concentrations sont supérieures à celles observées lors de l'expérience précédente (moyenne :  $61 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), probablement liées à un nouveau lot plus émissif de panneaux de bois aggloméré et/ou à une augmentation de la température dans les cellules d'essai (entre  $21,5^\circ\text{C}$  à  $26,4^\circ\text{C}$ ). Pour les plaques classiques, les concentrations de formaldéhyde sont nettement plus élevées (moyenne :  $126 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Par rapport aux plaques classiques, la concentration en formaldéhyde de la cellule des plaques PRÉGYROC AIR® est 2 fois plus faible.

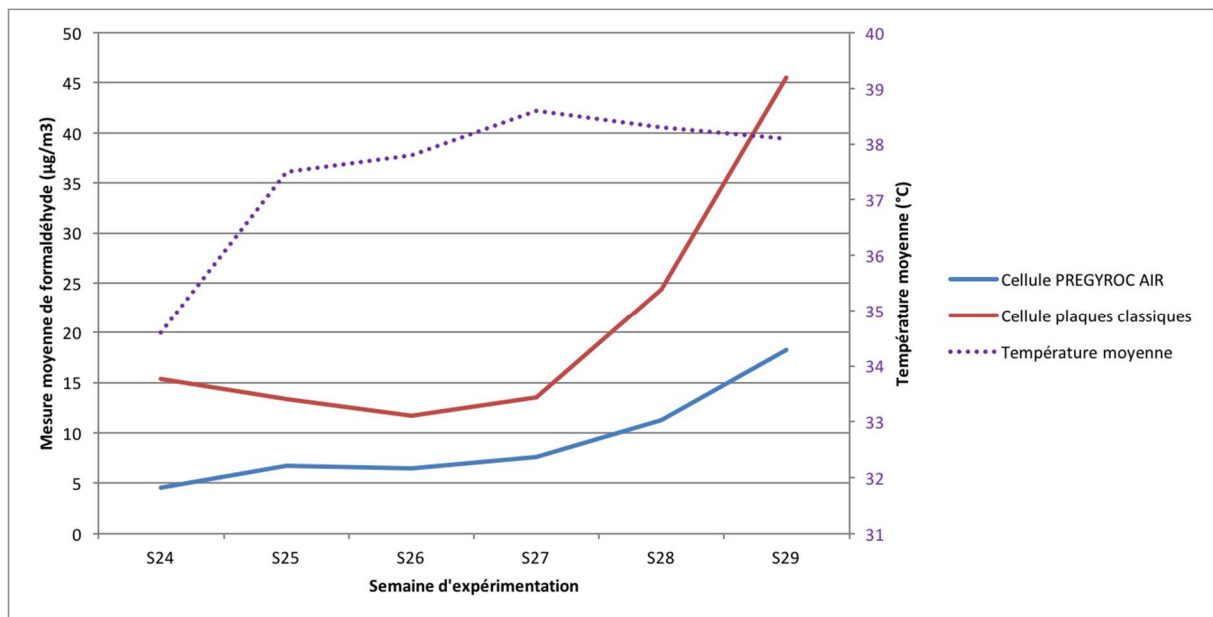
Les concentrations de formaldéhyde dans la cellule des plaques PRÉGYROC AIR® diminuent fortement après le retrait de la source de formaldéhyde et atteignent des niveaux très bas (proches de la limite de détection) dès la première semaine, sans aucune désorption de formaldéhyde. Les températures moyennes hebdomadaires dans les cellules d'essai sont comprises entre  $26,8^\circ\text{C}$  et  $28,9^\circ\text{C}$ . En revanche, les concentrations de formaldéhyde dans la cellule des plaques classiques diminuent très lentement et sont encore supérieures à  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , six semaines après le retrait de la source d'émission de formaldéhyde.



### 2.1.3. Troisième phase

Cette troisième phase de l'étude consiste à augmenter la température, jusqu'à 40°C, des cellules d'essai (PRÉGYROC AIR® et plaques classiques) à l'aide du radiateur présent à l'intérieur des cellules durant une période d'essai de six semaines (S24 à S29).

Les résultats des mesurages de formaldéhyde (moyennes des deux prélèvements sur une semaine) obtenus durant les six semaines d'essai (S24 à S29) sont représentés sur la figure 6.



**Figure 6 : Evolution des concentrations de formaldéhyde en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  après un délai de 4 mois suivant le retrait de la source de formaldéhyde et durant le chauffage des cellules (S24 à S29) (Troisième phase de la première étude)**

Après un délai de 4 mois suivant le retrait de la source de formaldéhyde et durant le chauffage des cellules d'essai sur six semaines, les concentrations mesurées restent stables pendant les 4 premières semaines de la période d'essai :  $6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  en moyenne pour la cellule des plaques PRÉGYROC AIR® et  $13 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  en moyenne pour la cellule des plaques classiques. Les deux dernières semaines, alors que la température a atteint 40°C, on observe une augmentation (x3) des concentrations de formaldéhyde :  $11,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  et  $18,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  dans la cellule des plaques PRÉGYROC AIR® et  $24,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  et  $45,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  dans la cellule des plaques classiques, ce qui pourrait témoigner d'une certaine désorption de formaldéhyde lors d'une forte augmentation de la température, au-delà de 38°C.

#### Etude complémentaire en chambre d'émission

La détection du formaldéhyde, toutefois moins importante pour les plaques PRÉGYROC AIR® que pour les plaques classiques, à une température très élevée mais non représentative des conditions usuelles des bâtiments en intérieur, a conduit à mener une étude complémentaire dans une chambre d'émission dans les laboratoires Wessling. Cette étude avait pour objectif de mesurer à deux températures, 22°C et 40°C, les émissions de formaldéhyde d'un échantillon de plaque PRÉGYROC AIR®, exposée au formaldéhyde sur une longue durée lors de la seconde étude de l'année 2015.

Les échantillons de  $0,11 \text{ m}^2$ , d'une masse de 1 941 g, sont placés dans une chambre d'émission de 110 L répondant aux spécifications de la norme NF EN ISO 16000-9 : Août 2006 (« Air intérieur –

Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Partie 9 : méthode de la chambre d'essai d'émission ». Le débit d'air est de 917 ml/mn et le taux de renouvellement d'air de la chambre d'essai de 0,5 h<sup>-1</sup>. Les prélèvements de formaldéhyde sont effectués, en sortie de chambre, sur des tubes de gel de silice imprégnés de DNPH, désorbés chimiquement avec de l'acétonitrile et analysés par HPLC selon la norme NF ISO 16000-3 : décembre 2011 (« Air intérieur – Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et dans l'air des chambres d'essai – Partie 3 : Méthode par échantillonnage actif »). Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

Température	Hygrométrie	J+1	J+3	J+14	J+28	J+45
22,5 ± 0,14 °C	48,97 ± 5,82 %	< LD	< LD	-	-	-
38,79 ± 4,11 °C	44,96 ± 7,58 %	6,3	6,2	5,5	5,6	< LD

LD : Limite de détection

**Tableau 2 : Concentrations moyennes -sur deux prélèvements - en formaldéhyde (µg.m<sup>-3</sup>) mesurées en sortie de chambre d'émission pour un test d'émission, à deux températures, de deux échantillons de plaque PRÉGYROC AIR® exposée au formaldéhyde sur une longue durée**

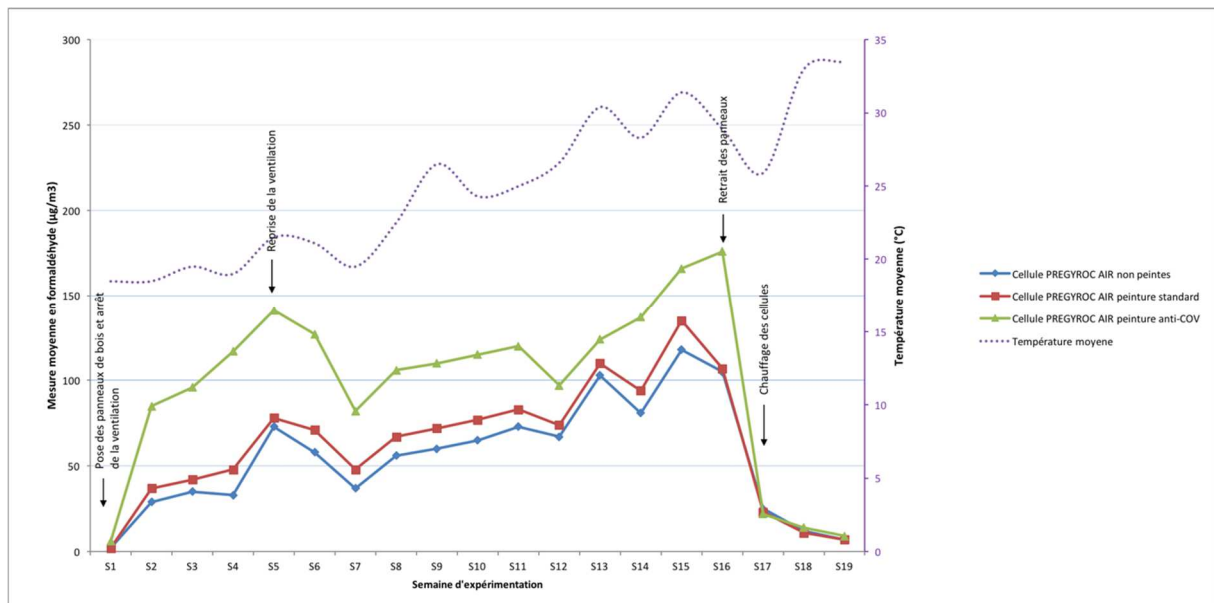
Les essais réalisés au mois de novembre 2016, un an après la forte exposition des plaques PRÉGYROC AIR® au formaldéhyde, révèlent en sortie de chambre d'émission, des concentrations inférieures à la limite de détection pour une température d'essai de 22,5 °C. Pour une température d'essai maintenue à 38,79 °C, on observe une concentration de 6,2 µg.m<sup>-3</sup> au troisième jour, puis de 5,6 µg.m<sup>-3</sup> au vingt huitième jour et inférieure à la limite de détection au quarante-cinquième jour. Ces résultats témoignent d'une faible émission de formaldéhyde, même à une température très élevée, et sont inférieurs à 10 µg.m<sup>-3</sup>. Cette concentration correspondrait au seuil d'émission de l'étiquetage A+ (arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils), dont les essais en chambre d'émission sont toutefois réalisés à une température de 23 ± 2°C (norme NF EN 16000-9).

Les deux expériences d'émission de formaldéhyde menées sur les mêmes plaques PRÉGYROC AIR®, quatre mois (en cellule d'essai) et douze mois (en chambre d'émission) après leur forte exposition au formaldéhyde, démontrent l'absence de réémission de cette substance à une température de 22°C et une faible réémission à une température de 40°C, qui diminue au cours du temps. Ceci peut être probablement expliqué par une captation et une neutralisation progressives du formaldéhyde par les plaques PRÉGYROC AIR®, toutefois seulement détectées à une température élevée, inhabituelle dans les environnements intérieurs.

## 2.2. Seconde étude sur les plaques PRÉGYROC AIR® peintes (année 2015)

La seconde étude consiste à reproduire l'expérience précédente avec trois cellules d'essai comportant des plaques PRÉGYROC AIR® qui sont soit nues, soit recouvertes d'une finition peinture utilisant une peinture mate standard ou une peinture velours dite « anti-COV ».

Les résultats des mesurages de formaldéhyde (moyennes des deux prélèvements sur une semaine) en présence des panneaux de bois aggloméré (S2 à S16) et après leur retrait (S17 à S19), avec un chauffage des cellules les deux dernières semaines (S18 et S19), sont représentés sur la figure 7.



**Figure 7 : Evolution des concentrations de formaldéhyde (S1 à S19) en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  après introduction (S2) puis retrait (S17) des panneaux de bois aggloméré (Seconde étude sur plaques PRÉGYROC AIR® peintes)**

Durant la période d'essai (S2 à S16), en présence des panneaux de bois aggloméré, les concentrations de formaldéhyde augmentent progressivement de  $29 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  à  $105 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  dans la cellule comportant les plaques PRÉGYROC AIR® nues, avec un pic de concentration à  $118 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . La concentration moyenne est de  $66 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pour les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une peinture mate standard, l'augmentation des concentrations est parallèle à celle des plaques PRÉGYROC AIR® nues, de  $37 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  à  $107 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , avec un pic de concentration à  $135 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . La concentration moyenne est de  $76 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pour les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une peinture velours anti-COV, captant le formaldéhyde, les concentrations augmentent de  $85 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  à  $176 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . La concentration moyenne est de  $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

La différence entre les concentrations de formaldéhyde observées dans la cellule comportant des plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une peinture mate standard et dans la cellule comportant des plaques PRÉGYROC AIR® nues, durant la période S2 – S16, est comprise entre 2 et  $17 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Elle est suffisamment faible pour considérer que la peinture mate standard crée un léger obstacle à la pénétration et à la capture du formaldéhyde par les plaques PRÉGYROC AIR®. En revanche, la peinture velours anti-COV semble offrir une plus grande résistance à la capture du formaldéhyde par les plaques PRÉGYROC AIR® et son action d'absorption du formaldéhyde n'est pas aussi efficace que celle des plaques PRÉGYROC AIR® lorsque celles-ci sont recouvertes d'une peinture mate standard.

Les relevés de température effectués dans les cellules au cours de cette période d'essai, montrent une température autour de  $20^\circ\text{C}$  durant les semaines S2 à S7, puis un accroissement progressif de la température jusqu'à atteindre  $30^\circ\text{C}$  à la semaine S15, puis  $35^\circ\text{C}$  à la semaine 16.

Deux périodes peuvent donc être distingués selon le niveau de température : S2 – S7 :  $20^\circ\text{C}$  et S8 – S16, de  $20^\circ\text{C}$  à  $35^\circ\text{C}$ . Lorsque la température reste stable autour de  $20^\circ\text{C}$  (S2 - S7), les concentrations de formaldéhyde montrent une certaine stabilité pour les plaques PRÉGYROC AIR® nues (moyenne :  $44 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) et pour les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une peinture mate standard (moyenne :  $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). En revanche, lorsque la température ambiante s'accroît durant la période S8 – S16, les concentrations de formaldéhyde augmentent progressivement pour les plaques PRÉGYROC AIR®

nues (moyenne : 81  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) et les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une peinture mate standard (moyenne : 91  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ). Concernant les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une peinture velours anti-COV, les concentrations de formaldéhyde s'élevaient durant toute la période d'essai (S2 – S16), avec des moyennes respectives de 108  $\mu\text{g.m}^{-3}$  durant la période S2-S7 et de 128  $\mu\text{g.m}^{-3}$  durant la période S8-S16.

Après le retrait des panneaux de bois aggloméré (semaines S17 à S19), les concentrations de formaldéhyde chutent fortement et n'évoluent pas lors du chauffage à 30°C des cellules d'essai. Cela est en cohérence avec la troisième phase de la première étude qui a montré l'absence de désorption du formaldéhyde entre 22° et 38°C.

## CONCLUSION

Les deux études menées dans des cellules d'essai de 25,20 m<sup>3</sup>, avec une ventilation mécanique contrôlée, avaient pour objectif de vérifier, en situation réelle, l'efficacité d'épuration du formaldéhyde par les plaques PRÉGYROC AIR®, nues et peintes.

En présence d'une source permanente et fortement émissive de formaldéhyde de panneaux de bois aggloméré, les concentrations mesurées dans les cellules restent stables au cours du temps : 21  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne pour les plaques PRÉGYROC AIR® contre 56  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour des plaques classiques. Par rapport aux concentrations observées dans la cellule témoin, les plaques PRÉGYROC AIR® ont une efficacité moyenne d'épuration de 71 % sans ventilation et de 65 % avec ventilation en présence de la source de formaldéhyde, et de 76 % après le retrait de la source. L'efficacité moyenne d'épuration n'est que de 13 % pour les plaques classiques.

La technologie de capture du formaldéhyde mise en œuvre dans les plaques PRÉGYROC AIR® montre ainsi son efficacité dans des cellules d'essai à l'échelle 1. Les plaques PRÉGYROC AIR® sont donc bien capables d'absorber et de fixer sur une longue durée (4 mois dans cette étude de forte exposition) le formaldéhyde, substance chimique omniprésente dans l'air des environnements intérieurs (logements, établissements recevant du public, ...) et connue pour ses effets irritants et cancérogènes.

L'introduction d'un nouveau lot de panneaux de bois aggloméré, probablement plus émissif en formaldéhyde que le lot précédent et/ou en raison d'une température plus élevée des cellules d'essai (entre 21,5°C et 26,4°C), révèle toujours une stabilité des concentrations mesurées mais à des niveaux plus élevés : 61  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne pour les plaques PRÉGYROC AIR® contre 126  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour les plaques classiques.

Quatre mois après le retrait de la source de formaldéhyde, les concentrations mesurées dans les cellules sont stables et faibles : 6  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne pour les plaques PRÉGYROC AIR® et 13  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne pour les plaques classiques. Ces concentrations ont tendance à s'élever lorsque la température des cellules d'essai atteint 40°C (température non représentative de celles rencontrées dans les bâtiments). Une étude complémentaire en chambre d'émission, réalisée sur des échantillons d'une plaque PRÉGYROC AIR®, un an après sa forte exposition au formaldéhyde lors de la seconde étude en cellule d'essai, montre l'absence de réémission de formaldéhyde à une température de 22°C et une faible réémission à une température de 40°C. Cette réémission de formaldéhyde correspondrait toutefois au seuil d'émission d'un produit très performant de l'étiquetage A+, alors que la température de 40°C est largement supérieure à celle utilisée pour les essais pour l'étiquetage. Ces expériences, en cellule d'essai puis en chambre d'émission, témoignent de la captation et la neutralisation progressives dans le temps du formaldéhyde par les plaques PRÉGYROC AIR®, qui ne sont toutefois révélées qu'à une température élevée.

Lors de la seconde étude avec des plaques PRÉGYROC AIR® nues et recouvertes d'une peinture mate standard, l'observation des relevés de température dans les cellules d'essai montre une première période où la température se situe autour de 21°C et une seconde période où la température s'élève progressivement jusqu'à 35°C. Dans la première période, les concentrations de formaldéhyde sont stables, en moyenne de 44 µg.m<sup>-3</sup> pour les plaques PRÉGYROC AIR® nues, et de 54 µg.m<sup>-3</sup> pour les plaques recouvertes de la peinture mate standard. Mais, dans la seconde période, les concentrations de formaldéhyde s'élèvent progressivement, probablement en lien avec l'accroissement des émissions sous l'effet de l'augmentation de la température : en moyenne 81 µg.m<sup>-3</sup> pour les plaques PRÉGYROC AIR® nues et 91 µg.m<sup>-3</sup> pour les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes de la peinture mate standard.

L'évolution des courbes de concentrations de formaldéhyde pour les plaques PRÉGYROC AIR® nues et pour les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes de la peinture mate standard montre une faible différence (entre 2 et 17 µg/m<sup>3</sup>), ce qui traduit une bonne porosité de cette peinture avec un léger obstacle à la capture du formaldéhyde par les plaques PRÉGYROC AIR®.

Quant aux concentrations de formaldéhyde pour les plaques PRÉGYROC AIR® recouvertes d'une peinture velours anti-COV, elles s'élèvent progressivement au cours de la période d'étude et sont beaucoup plus élevées, en moyenne de 120 µg.m<sup>-3</sup>, révélant ainsi une moins bonne porosité d'une peinture velours.

Dans cette seconde étude, le chauffage des cellules à une température de 30°C, après le retrait de la source d'émission de formaldéhyde, ne s'accompagne pas d'élévation des concentrations de formaldéhyde, contrairement à la première étude à partir de 38°C. Ainsi, à une température de 30°C, on n'observe pas de désorption du formaldéhyde, comme pour les essais en chambre d'émission menés à une température de 22°C.

**Au total**, en présence d'une source d'émission de formaldéhyde dans des cellules d'essai à l'échelle 1, les plaques PRÉGYROC AIR® permettent de diminuer et de stabiliser les concentrations atmosphériques de formaldéhyde sur plusieurs semaines, mais à des niveaux différents selon la température de la cellule d'essai qui influe sur le taux d'émission de la source de formaldéhyde. La finition peinture, avec la peinture mate standard utilisée, modifie peu la capture du formaldéhyde, à l'inverse d'une peinture satin ou velours. Les plaques PRÉGYROC AIR®, par leur efficacité d'épuration du formaldéhyde, durable et dans des conditions de températures variables, apportent un élément complémentaire dans la lutte contre la pollution de l'air des environnements intérieurs.

### **Remerciements et autres mentions**

L'auteur remercie Valérie Michel et Mickaël Jahan de SINIAT SA pour la réalisation technique de ces études.

**Financement** : Ces études ont été financées par SINIAT SA

**Liens d'intérêt** : L'auteur déclare ne pas avoir de lien d'intérêt

### **Références bibliographiques**

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)  
Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. Toxicité du formaldéhyde. Etat des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence. Mai 2008.

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)

Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. Evaluation des risques sanitaires pour la population générale. Mai 2008.

Arrêté du 13 juillet 2006 modifiant l'arrêté du 5 janvier 1993 fixant la liste des substances, préparations et procédés cancérogènes au sens du deuxième alinéa de l'article R. 231-56 du code du travail. *Journal officiel de la République française du 29 juillet 2006.*

Décret n°2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils. *Journal officiel de la République française du 25 mars 2011.*

Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils. *Journal officiel de la République française du 13 mai 2011.*

Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène. *Journal officiel de la République française du 4 décembre 2011.*

Décret n°2015-1000 du 17 août 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public. *Journal officiel de la République française du 19 août 2015.*

Décret n°2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n°2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuée au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public. *Journal officiel de la République française du 1<sup>er</sup> janvier 2016.*

Arrêté du 1<sup>er</sup> juin 2016 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public. *Journal officiel de la République française du 5 juin 2016.*

Observatoire de la qualité de l'air intérieur.

Campagne nationale Logements. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final DDD/SB – 2006-57. Novembre 2006 (mise à jour : mai 2007).