

RAPPORT DE MESURES PASSIVES ET DYNAMIQUES QAI

N° QAI-017-10-13

16 octobre 2017

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI) À RÉCEPTION & EXPLOITATION DU SIÈGE ENERTECH



- Lieu **SCOP ARL ENERTECH**
65, Les balcons de l'Amourier
26160 Pont de Barret
- À la demande de **SCOP ARL ENERTECH**
Olivier GIRODET, Ingénieur électricien
- Dates des mesures **Mesures passives : 15 au 19 mai 2017**
Monitoring : 11 mai au 6 juillet 2017
- Intervenant sur site **Olivier GIRODET**, Ingénieur électricien ENERTECH
- Rédaction du rapport **Sandra BERLIN**, chargée d'étude MEDIECO
- Validation du rapport **Claire-Sophie COEUEVEZ**, directrice associée MEDIECO
Suzanne DÉOUX, consultante fondatrice MEDIECO

Sommaire

1. Contexte de la mission	5
2. Synthèse des résultats des mesures passives	6
2.1. Valeurs de référence pour l'analyse des résultats de QAI	6
2.2. Tableau de synthèse des résultats	6
2.3. Bilan des mesures passives	6
3. Synthèse des résultats du monitoring de qai	9
3.1. Indicateurs pour l'interprétation des résultats	9
3.1.1. Température et humidité relative	9
3.1.2. Dioxyde de carbone	9
3.1.3. Environnement sonore	9
3.1.4. Composés organiques volatils légers (COVL)	9
3.1.5. Composés organiques volatils globaux (COVG)	10
3.1.6. Particules fines	10
3.2. Tableaux de synthèse des résultats	10
3.2.1. Synthèse des résultats dans le bureau 22 – période du 11/05 au 06/07/17	10
3.2.2. Synthèse des résultats dans le bureau 26 – période du 15/05 au 22/05/17	10
3.2.3. Synthèse des résultats dans le bureau 17 – période du 22/05 au 24/05/17	11
3.2.4. Synthèse des résultats dans le bureau 17 – période du 27/06 au 06/07/17	11
3.3. Bilan du monitoring	11
4. Bilan global	12
5. Présentation du bâtiment de bureaux Lowcal	13
5.1. Situation géographique	13
5.2. Caractéristiques techniques du bâtiment de bureaux Lowcal	13
6.2.1. Problématiques et spécificités environnementales	13
6.2.2. Enveloppe du bâtiment	13
6.2.3. Systèmes	14
6.2.4. Matériaux	14
6. Présentation de la campagne de mesures passives	15
6.1. Choix des polluants mesurés	15
6.2. Méthodes de prélèvement et d'analyse	15
6.3. Nombre et emplacements des prélèvements	15
6.4. Durée et période de prélèvement	17
6.5. Interventions lors de la campagne de mesures	18
7. Analyse des résultats des mesures passives	19
7.1. Aldéhydes recherchés	19

7.2. Composés organiques volatils (COV) recherchés	21
8. Comparaison avec des bâtiments performants en énergie	24
8.1. Dispositif OQAI - BPE	24
8.2. Focus sur le projet VIA QUALITÉ®	24
8.3. Campagne à réception dans un immeuble de bureaux livré en 2017.....	25
8.4. Bâtiment de bureaux avec structure porteuse en béton.....	25
9. Conclusions des mesures passives	27
10. Présentation du monitoring de la qai	29
10.1. Présentation des technologies de métrologie	29
10.2. Déroulement du monitoring	30
10.2.1. Durée du monitoring	30
10.2.2. Planning du monitoring et positionnement des balises QEI	30
10.2.3. Ventilation et activités dans les bureaux instrumentés.....	32
11. Analyse des résultats du monitoring de la qai	34
11.1. Synthèse des résultats pour la globalité des paramètres	34
11.1.1. Bureau 22 – période du 11/05/2017 au 06/07/2017 – balise 1440	34
11.1.2. Bureau 26 – période du 15/05/2017 au 22/05/2017 – balise 1437	34
11.1.3. Bureau 17 – période du 22/05/2017 au 24/05/2017 – balise 1437	35
11.1.4. Bureau 17 – période du 27/06/2017 au 06/07/2017 – balise 1437	35
11.1.5. Extérieur – période du 15/05/2017 au 06/07/2017 – balise Greenbee®.....	35
11.2. Résultats détaillés pour les COV légers et globaux	36
11.2.1. Du 11 au 15 mai 2017 : test de reproductibilité des mesures des 2 balises.....	36
11.2.2. Du 15 au 22 mai 2017 : influence des conditions de ventilation en occupation (bureau 26) et inoccupation (bureau 22)	37
11.2.3. Du 22 au 24 mai 2017 : influence des conditions de ventilation en occupation (bureau 17) et inoccupation (bureau 22)	41
12. Conclusions du monitoring	44
ANNEXES	45
Annexe 1 : Rapport d’essai du laboratoire Wessling.....	46
Annexe 2 : Valeurs de référence pour l’évaluation des résultats QAI	52
Annexe 3 : Résultats du dispositif OQAI-BPE (aldéhydes & COV).....	53
Annexe 4 : Résultats de QAI dans un immeuble de bureaux à Lyon.....	54

Liste des graphiques

Graphique 1. Concentrations en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	20
Graphique 2. Concentrations des autres aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21
Graphique 3. Concentrations en COVT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22
Graphique 4. Concentrations en COV individuels ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23
Graphique 5. Concentrations en COV légers dans le bureau 22 du 11 au 15 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36
Graphique 6. Concentrations en COV globaux dans le bureau 22 du 11 au 15 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	37
Graphique 7. Concentrations en COV légers dans le bureau 22 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38
Graphique 8. Concentrations en COV globaux dans le bureau 22 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38
Graphique 9. Concentrations en COV légers dans le bureau 26 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38
Graphique 10. Concentrations en COV globaux dans le bureau 26 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	39
Graphique 11. Zoom sur l'efficacité de la ventilation pour abaisser les concentrations en COVL dans le bureau occupé 26 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40
Graphique 12. Zoom sur l'efficacité de la ventilation pour abaisser les concentrations en COVG dans le bureau occupé 26 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40
Graphique 13. Concentrations en COV légers dans le bureau 22 du 22 au 24 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	41
Graphique 14. Concentrations en COV globaux dans le bureau 22 du 22 au 24 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42
Graphique 15. Concentrations en COV légers dans le bureau 17 du 22 au 24 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42
Graphique 16. Concentrations en COV globaux dans le bureau 17 du 22 au 24 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42

Liste des photos

Photo 1. Localisation du bâtiment de bureaux Lowcal	13
Photo 2. Plan de l'étage du bâtiment Lowcal et emplacement des points de mesures intérieurs	16
Photo 3. Tubes Radiello dans le bureau 22	16
Photo 4. Tubes Radiello dans le bureau 26	16
Photo 5. Tubes Radiello à l'extérieur sous l'abri vélo	17
Photo 6. Tubes Radiello à l'extérieur sous l'abri vélo	17
Photo 7. Balises 1437 et 1440 dans le bureau 22	31
Photo 8. Balise 1437 dans le bureau 26 occupé	31

Liste des tableaux

Tableau 1. Matériaux de second œuvre des différents bureaux	14
Tableau 2. Paramètres mesurés	15
Tableau 3. Méthodes de prélèvement en fonction des polluants	15
Tableau 4. Plages de fonctionnement de la ventilation avant et pendant les mesures passives	17
Tableau 5. Intervenants aux différentes phases de la campagne	18
Tableau 6. Résultats des concentrations en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19
Tableau 7. Résultats des concentrations en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21
Tableau 8. Concentrations en formaldéhyde, hexaldéhyde, alpha-pinène et limonène dans les logements du dispositif OQAI - BPE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24
Tableau 9. Concentrations moyennes en alpha-pinène, limonène et formaldéhyde dans les logements instrumentés dans le cadre de VIA QUALITE® ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25
Tableau 10. Concentrations moyennes en polluants d'intérêt pour un immeuble de bureaux à Lyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25
Tableau 11. Caractéristiques des matériaux et systèmes du bâtiment de bureaux R+2 situé en région parisienne	26
Tableau 12. Concentrations moyennes en polluants d'intérêt pour un immeuble de bureaux en structure béton en région parisienne avant aménagement et après aménagement ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26
Tableau 13. Paramètres et technologies de mesures de la station Fireflies® QEI et de la station Greenbee®	30
Tableau 14. Légende des tableaux 11 et 12	30
Tableau 15. Planning du monitoring balise 1437	31
Tableau 16. Planning du monitoring balise 1440	31
Tableau 17. Plages horaires de fonctionnement de la ventilation dans les bureaux instrumentés	32
Tableau 18. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1440 dans le bureau 22	34
Tableau 19. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1437 dans le bureau 26	34
Tableau 20. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1437 en mai dans le bureau 17	35
Tableau 21. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1437 en juin/juillet	35
Tableau 22. Synthèse des résultats pour les PM_{10} à l'extérieur	35
Tableau 23. Résultats des COVL et COVG pour les balises 1437 et 1440 dans le bureau 22	36
Tableau 24. Résultats des COVL et COVG pour la balise 1437 (bureau 26) et la balise 1440 (bureau 22)	37
Tableau 25. Illustration en chiffres de l'efficacité de la ventilation dans le bureau 26 occupé le 17 mai 2017	41
Tableau 26. Résultats des COVL et COVG pour la balise 1437 (bureau 17) et la balise 1440 (bureau 22)	41

1. CONTEXTE DE LA MISSION

En 2016, la société ENERTECH, bureau d'études spécialisé dans le bâtiment performant, a construit ses nouveaux bureaux nommés **Lowcal**.

Ce bâtiment, construit à l'image des métiers et savoir-faire d'ENERTECH, a notamment fait l'objet d'une réflexion sur le choix de produits de construction faiblement émissifs en COV et respectueux de la santé. La présence d'un système de ventilation mécanique double-flux doit participer également à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Pour établir un retour d'expérience de tous les choix effectués, ENERTECH a sollicité MEDIECO pour réaliser des mesures de QAI à différentes étapes du projet.

L'évaluation de la QAI a compris deux étapes :

1° une campagne de mesures passives des COV et aldéhydes à réception/exploitation du bâtiment pour connaître les caractéristiques intrinsèques du bâtiment.

2° un monitoring de la qualité de l'air intérieur sur un mois pour comprendre le fonctionnement du bâtiment et notamment l'impact de la ventilation sur la qualité de l'air intérieur.

Ces deux études font l'objet de ce présent rapport.

2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES MESURES PASSIVES

2.1. Valeurs de référence pour l'analyse des résultats de QAI

Paramètres mesurés	Valeurs d'évaluation	Couleur
Composés organiques volatils totaux (COVT)	$\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Agence fédérale allemande pour l'environnement)	
	Entre 300 et 1 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	$> 1\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Agence fédérale allemande pour l'environnement)	
Benzène	$\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur Guide 2016 – Décret 2 décembre 2011)	
	Entre 2 et 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	$> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur Guide 2013 – Décret 2 décembre 2011)	
Autres COV	Toutes les valeurs sont inférieures aux valeurs de référence	
	Une ou plusieurs valeurs sont comprises entre les valeurs de référence et 1,5 fois les valeurs de référence	
	Au moins une valeur est supérieure à 1,5 fois les valeurs de référence	
Formaldéhyde	$\leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur Guide 2015 – Décret 2 décembre 2011)	
	Entre 30 et 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	$> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES court terme)	
Autres aldéhydes	Toutes les valeurs sont inférieures aux valeurs de référence	
	Une ou plusieurs valeurs sont comprises entre les valeurs de référence et 1,5 fois les valeurs de référence	
	Au moins une valeur est supérieure à 1,5 fois les valeurs de référence	

2.2. Tableau de synthèse des résultats

Paramètres mesurés	Bureau 22	Bureau 26
COVT		
Benzène		
Autres COV		
Formaldéhyde		
Autres aldéhydes		

2.3. Bilan des mesures passives

Aldéhydes

- Les concentrations en aldéhydes à l'extérieur du bâtiment sont négligeables. Les sources de ces substances très volatiles sont intérieures.
- **Les concentrations en aldéhydes dans le bâtiment de bureaux ENERTECH sont inférieures aux valeurs de référence.**
- Pour tous les aldéhydes, les concentrations mesurées sont légèrement moins élevées dans le bureau 26 par rapport au bureau 22 malgré la présence de mobilier et l'impact de l'occupation dans le bureau 26.

La ventilation diurne dans le bureau 26 depuis la livraison des locaux pourrait avoir permis une élimination des aldéhydes liés aux matériaux de construction dans l'air intérieur. En l'absence de ventilation (excepté la semaine précédant les mesures) dans le bureau 22, les émissions liées aux produits de construction mis en œuvre n'ont pu être éliminées comme dans le bureau 26.

Les teneurs en hexaldéhyde, un peu élevées, ne sont pas anormales compte tenu de la typologie du bâtiment, à savoir une structure bois et des parements intérieurs en bois. En effet, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) mentionne les panneaux de particules, les livres et magazines neufs, les peintures en phase solvant, les produits de traitement du bois (en phase aqueuse) et les panneaux de bois brut comme des sources d'émissions possibles de l'hexaldéhyde.

De même, les concentrations en formaldéhyde sont supérieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur guide pour la qualité de l'air intérieur et future valeur guide 2023 dans les établissements recevant du public) mais restent néanmoins inférieures à la valeur guide 2015 de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Elles peuvent être liées aux planchers OSB.

COV totaux

- À l'extérieur, la concentration en COVT est faible par rapport à l'intérieur. Les sources des COV mesurés sont donc principalement internes.
- Dans les bureaux 22 et 26, les teneurs en COVT sont supérieures à la valeur recommandée par l'Agence fédérale allemande pour l'environnement de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Contrairement aux aldéhydes, la concentration en COVT est plus importante dans le bureau 26 par rapport au bureau 22 et reflète la contribution de l'exploitation du bâtiment aux émissions de COV dans l'air intérieur.

COV individuels

- Comme pour les COVT, les concentrations extérieures des différents COV mesurés sont négligeables ou très faibles. L'environnement extérieur ne subit aucune pollution particulière.
- **A l'intérieur, les teneurs mesurées pour tous les COV individuels recherchés sont satisfaisantes. Elles sont inférieures aux valeurs de référence dans le bureau 22 et 26.**
- Les deux COV majoritaires sont le limonène et l'alpha-pinène, composés pouvant être émis par le bois notamment. Les émissions légèrement plus importantes dans le bureau 26 par rapport au bureau 22 peuvent trouver leur origine dans les activités réalisées dans le bureau 26, par exemple le nettoyage. En effet, en plus d'être émis par le bois, le limonène et l'alpha-pinène sont deux composés fréquemment utilisés comme parfums dans les produits d'entretien.

Les résultats de cette campagne soulignent l'importance de la ventilation lors de la première année d'exploitation pour évacuer les polluants liés au bâtiment. Quelques composés présentent des concentrations un peu élevées tout en restant inférieures aux valeurs de référence sanitaires actuelles : le formaldéhyde, l'hexaldéhyde, l'alpha-pinène et le limonène. Il n'est pas rare que ces substances soient majoritaires dans l'air intérieur, notamment dans les bâtiments au niveau énergétique performant qui se compose de parements bois intérieurs.

Effets sanitaires corrélés aux quatre polluants volatils majoritaires

- **Formaldéhyde**¹ : composé odorant, particulièrement irritant pour les yeux, le nez et la gorge. Il peut favoriser le développement de l'asthme et exacerber la réponse bronchique des allergiques aux aéro-allergènes. Sa cancérogénicité a été retenue en raison de l'augmentation du cancer du nasopharynx lors d'expositions professionnelles mais ne concerne pas la population générale exposée dans les bâtiments à des concentrations bien moindres. En deçà de 10 µg/m³ (valeur guide pour la qualité de l'air intérieur), aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale en l'état des connaissances actuelles.

- **Hexaldéhyde**² : substance à l'origine d'irritations des muqueuses oculaire et rhinopharyngée survenant après de courtes expositions à des concentrations importantes (de l'ordre de 41 mg/m³). Aucune donnée expérimentale ou humaine ne permet de décrire la toxicité à long terme de cette substance. La concentration limite d'intérêt (CLI) de 650 µg/m³ a été élaborée par l'AFSSET (devenu l'ANSES) et vise à protéger des effets irritants de l'hexaldéhyde.

- **Alpha-pinène**³ : des effets aigus d'inflammation respiratoire et d'irritation des yeux, du nez et de la gorge sont survenus lors d'une exposition par voie respiratoire à 450 mg/m³ d'alpha-pinène. À partir de cette valeur et avec un facteur de protection de 1 000, une limite d'exposition (LE) de 450 µg/m³ a été établie. Dans la littérature scientifique, les concentrations habituellement retrouvées dans les bâtiments sont 40 fois inférieures à cette limite d'exposition, soit environ 10 µg/m³, teneur pour laquelle aucun effet irritant sur les yeux, le nez et la gorge n'est attendu. Néanmoins, dans les actuels bâtiments performants sur les plans énergétique et environnemental, les mesures relèvent des teneurs qui peuvent être plus élevées de 70 à 156 µg/m³, comme dans l'étude de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) avec une teneur maximale de 959 µg/m³ d'alpha-pinène (soit près de 2 fois la LE).

- **Limonène**³ : le risque potentiel de ce terpène est l'irritation de la peau et des yeux. C'est également une substance sensibilisante. Ces manifestations sont survenues lors d'expositions de volontaires à 450 mg/m³ de limonène. À partir de cette valeur et avec un facteur de protection de 1 000, une limite d'exposition (LE) de 450 µg/m³ a été établie. Les teneurs en limonène sont, selon la littérature scientifique, en moyenne de 30 µg/m³ dans les logements, en Europe et aux Etats-Unis, et deux fois plus faibles dans les bureaux. Mais, comme pour l'alpha-pinène, les valeurs sont actuellement beaucoup plus élevées, dépassant 100 µg/m³. En raison de la très large utilisation du limonène comme fragrance dans de très nombreux produits de consommation, des expositions de court terme à des niveaux de quelques mg/m³ ne peuvent être exclues.

En outre, la réaction entre les terpènes tels que l'alpha-pinène et le limonène et l'ozone peuvent conduire à des produits de réaction irritants, tels que le formaldéhyde, acroléine, etc. qui sont des irritants puissants des voies respiratoires.

¹ Afsset, *Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs*. Avis de l'Afsset. Mai 2008. 88 p

² Afsset. *Composés organiques volatils et environnement intérieur. Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration*. Avis de l'Afsset. Octobre 2009. 91 p

³ European Commission. *The INDEX project. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU. Final Report*. 2005. 334 p

3. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DU MONITORING DE QAI

3.1. Indicateurs pour l'interprétation des résultats

La technologie de mesures des balises Fireflies® est propre à la société Hager Services. Elle a développé des indicateurs spécifiques à ces balises basés à la fois sur la littérature, les valeurs de référence (VGAI, OMS) et les diverses expérimentations réalisées en collaboration avec ses partenaires (ASQAA, INERIS, etc.).

3.1.1. Température et humidité relative

Pour la température, les valeurs indiquées correspondent aux recommandations de la norme NF EN 15251 d'août 2007⁴ pour un niveau normal attendu qu'il convient d'utiliser pour les bâtiments neufs et les rénovations en bureaux individuels ou paysagés.

En ce qui concerne l'humidité relative, la plage recommandée par les différentes instances sanitaires est de 40 à 60 %.

	Plage de confort
Température	20 °C – 24 °C
Humidité relative	40 % - 60 %

3.1.2. Dioxyde de carbone

Pour le dioxyde de carbone, l'indicateur de confinement renseigne sur l'efficacité du renouvellement d'air. Trois niveaux sont définis :

	Absence de confinement	Légèrement confiné	Confiné
CO ₂	< 1 000 ppm	Entre 1 000 et 1 500 ppm	> 1 500 ppm

3.1.3. Environnement sonore

Quatre niveaux permettent de définir l'environnement sonore :

	Très bon	Bon	Moyen	Dégradé
Bruit	< 55 dB(A)	< 60 dB(A)	< 65 dB(A)	> 65 dB(A)

3.1.4. Composés organiques volatils légers (COVL)

Pour les COVL, trois niveaux sont définis. La moyenne des COVL peut être comparée à ces seuils :

	Air intérieur peu chargé en polluants	Air intérieur moyennement chargé en polluants	Air intérieur chargé en polluants
COVL	< 30 µg/m ³	< 60 µg/m ³	> 60 µg/m ³

⁴ NF EN 15251 (août 2007) : Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique (Indice de classement : E51-762)

3.1.5. Composés organiques volatils globaux (COVG)

Pour les COVG, trois niveaux sont définis. La moyenne des COVG peut être comparée à ces seuils :

	Air intérieur peu chargé en polluants	Air intérieur moyennement chargé en polluants	Air intérieur chargé en polluants
COVG	< 1 000 µg/m ³	< 3 000 µg/m ³	> 3 000 µg/m ³

3.1.6. Particules fines

Pour les particules fines, trois niveaux sont définis. La moyenne des particules peut être comparée à ces seuils :

	Air intérieur peu chargé en polluants	Air intérieur moyennement chargé en polluants	Air intérieur chargé en polluants
Particules	< 1 MPart/m ³	< 2,5 MPart/m ³	> 2,5 MPart/m ³

3.2. Tableaux de synthèse des résultats

3.2.1. Synthèse des résultats dans le bureau 22 – période du 11/05 au 06/07/17

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV totaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	23,6	56,5	36,0	540	73,7	10 057	0,3
Médiane	23,4	57,0	32,0	486	61,0	7 749	0,2
Périodes avec ventilation en fonctionnement (bureau 22 inoccupé)							
Moyenne	24,2	55,9	42,9	598	56,7	7 226	0,5
Médiane	24,0	56,0	44,0	529	54,0	6 514	0,4
Périodes sans ventilation (bureau 22 inoccupé)							
Moyenne	23,2	56,8	31,9	508	84,8	11 930	0,2
Médiane	23,2	57,0	31,0	467	74,0	9 305	0,1

3.2.2. Synthèse des résultats dans le bureau 26 – période du 15/05 au 22/05/17

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV totaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	24,0	52,0	36,2	615	103,0	7 826	0,2
Médiane	24,1	53,0	32,0	564	104,0	6 945	0,1
Périodes avec ventilation en fonctionnement (bureau 26 occupé)							
Moyenne	24,6	50,6	45,2	679	71,4	4 445	0,3
Médiane	24,5	52,0	45,0	631	74,5	4 873	0,3
Périodes sans ventilation (bureau 26 inoccupé)							
Moyenne	23,8	52,5	32,3	588	117,4	9 297	0,1
Médiane	23,6	53,0	32,0	561	119,0	8 904	0,1

3.2.3. Synthèse des résultats dans le bureau 17 – période du 22/05 au 24/05/17

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV totaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	23,5	52,0	41,3	576	72,6	6 462	0,3
Médiane	23,5	53,0	39,0	586	55,0	4 649	0,2
Périodes avec ventilation en fonctionnement (bureau 17 occupé)							
Moyenne	23,7	52,3	50,1	614	70,4	6 289	0,4
Médiane	23,7	53,0	51,0	588	54,0	4 647	0,3
Périodes sans ventilation (bureau 17 inoccupé)							
Moyenne	23,3	51,7	31,8	537	75,4	6 698	0,2
Médiane	23,3	52,0	31,0	554	61,0	4 967	0,1

3.2.4. Synthèse des résultats dans le bureau 17 – période du 27/06 au 06/07/17

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV totaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	22,9	57,5	32,5	414	108,1	24 225	0,1
Médiane	22,5	57,0	32,0	401	104,0	22 226	0,1
Périodes avec ventilation en fonctionnement (bureau 17 occupé)							
Moyenne	23,0	57,4	33,7	411	90,3	19 067	0,1
Médiane	22,6	58,0	33,0	390	85,0	17 102	0,1
Périodes sans ventilation (bureau 17 inoccupé)							
Moyenne	22,9	57,5	31,7	416	119,7	27 561	0,1
Médiane	22,5	57,0	31,0	415	117,0	26 289	0,0

3.3. Bilan du monitoring

- **Les valeurs relatives à la température, l'humidité relative, et la concentration en CO₂ sont satisfaisantes** sur l'ensemble de la période suivie, notamment en présence d'occupants. Les valeurs moyennes et médianes, pour ces paramètres, sont comprises dans les plages recommandées par les indicateurs de la société Hager Services construits sur les données habituellement utilisées. Les teneurs en particules fines, appréciées par comptage et non par gravimétrie, sont très faibles.
- **Les teneurs en COV légers** (parmi lesquels sont mesurés le formaldéhyde et l'hexaldéhyde) **et en COV globaux** (parmi lesquels sont mesurés l'alpha-pinène et le limonène) **ne sont pas satisfaisantes vis-à-vis des indicateurs développés par Hager Services**. Pour ces paramètres dont la méthodologie de mesure est différente des capteurs passifs, les résultats doivent être mis en perspective avec ceux de la première campagne. Ils confirment les valeurs élevées retrouvées pour certains composés lors des mesures passives. Mais, il est possible que les émissions des chaises en bois sur lesquelles ont été posées les balises augmentent les teneurs mesurées.

Les concentrations en COVL et COVG sont plus élevées en l'absence de ventilation et d'occupation qu'en présence d'occupants avec le système de ventilation en fonctionnement. Cela atteste la présence d'émissions liées au bâtiment et de l'efficacité de la ventilation.

Si le renouvellement de l'air des bureaux permet la maîtrise des concentrations en CO₂ en présentiel, celui-ci ne suffit pas à abaisser les concentrations en COVL et COVG accumulées pendant la nuit et surtout les week-ends de manière à obtenir des niveaux de fond satisfaisants selon les indicateurs des balises.

Le monitoring confirme l'observation faite à partir des résultats des mesures passives : le renouvellement de l'air adapté au bâtiment est extrêmement important lors de la première année d'exploitation pour évacuer les polluants émis.

4. BILAN GLOBAL

Les résultats de la campagne de mesures passives et le monitoring soulignent :

- **l'importance de la ventilation lors de la première année d'exploitation pour évacuer les polluants liés au bâtiment.** Quelques composés — le formaldéhyde, l'hexaldéhyde, l'alpha-pinène et le limonène — **présentent des concentrations un peu élevées mais qui restent inférieures aux valeurs de référence sanitaires actuelles.** Il n'est pas rare que ces substances soient majoritaires dans l'air intérieur, notamment dans les bâtiments énergétiquement performants où des surfaces de bois sont en contact avec l'air intérieur.

En outre, les salariés d'ENERTECH sont exposés à des concentrations moindres que celles relevées par l'intermédiaire des mesures passives puisque le monitoring de la QAI a montré que les concentrations en COV étaient les plus importantes en l'absence de ventilation quand les bureaux sont inoccupés. Les concentrations moyennes obtenues avec les mesures passives intègrent les teneurs plus importantes observées la nuit mais non représentatives de l'exposition des occupants.

- **la nécessité de ventiler les bureaux, même en l'absence d'occupants, notamment 1 heure avant leur arrivée dans un premier temps** et de quantifier l'évacuation de ces polluants dont les émissions vont diminuer dans le temps.

- **la diminution des concentrations en COVL et COVG** avec la ventilation et la limitation de l'exposition des salariés d'ENERTECH pendant la journée.

Les recommandations essentielles sont les suivantes :

- Lors de la présence des salariés, le système de ventilation doit fonctionner à son niveau maximum, à savoir le niveau 3, afin de permettre une évacuation plus rapide des polluants.
- Aérer les bureaux par ouverture des fenêtres pendant 10 minutes à l'arrivée des occupants.
- Paramétrer l'allumage automatique de la ventilation 1 heure avant l'arrivée des occupants pour limiter leur exposition aux COV présents et rester cohérent avec la politique d'ENERTECH vis-à-vis des consommations d'énergie.

Autre proposition pour concilier les objectifs sanitaires et d'économies d'énergie :

Après un an d'exploitation, un contrôle de la QAI pourrait être effectué avec les mêmes balises dans les mêmes bureaux afin de contrôler l'efficacité des actions mises en œuvre et d'ajuster la stratégie de ventilation.

5. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT DE BUREAUX LOWCAL

5.1. Situation géographique

Le siège d'ENERTECH est situé en zone rurale, au sein du village de Pont de Barret dans la Drôme (26). À proximité du siège, le trafic routier s'effectue sur la route départementale D310 située à environ 80 m.

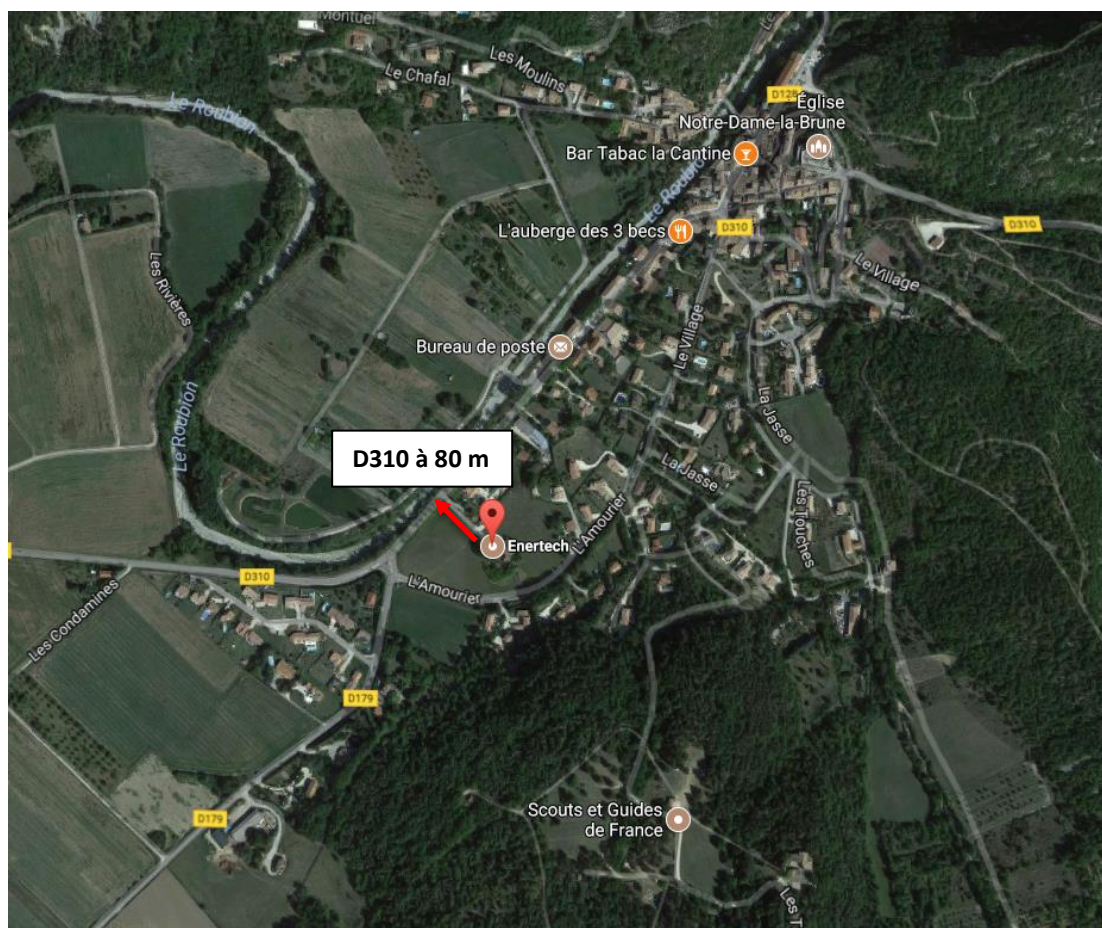


Photo 1. Localisation du bâtiment de bureaux Lowcal

5.2. Caractéristiques techniques du bâtiment de bureaux Lowcal

6.2.1. Problématiques et spécificités environnementales

Le bâtiment est à énergie positive sur la totalité des usages, y compris le « remboursement » de l'énergie grise. Il est conçu de manière à faciliter la conversion éventuelle en usage d'habitation pour 6 à 8 logements collectifs.

6.2.2. Enveloppe du bâtiment

Le bâtiment est en ossature bois avec une isolation en paille et des planchers bois remplis de terre crue. L'ensemble de l'ossature bois repose sur un demi-niveau et vide sanitaire en béton armé.

6.2.3. Systèmes

La très forte isolation de l'enveloppe a permis de s'affranchir d'une installation de chauffage fixe. La chaleur est apportée par le soleil, l'usage des équipements électriques incontournables (bureautique, éclairage, ...) et la présence des occupants.

La ventilation du bâtiment est décentralisée via des caissons individuels intégrés en façade, local par local. Une prise d'air neuf et un rejet d'air vicié par local (ou groupe de locaux lorsque le principe du balayage est mis en œuvre) ont donc été mis en place.

6.2.4. Matériaux

Les matériaux ont été choisis pour leur très faible énergie grise et leur nature biosourcée. Par ailleurs, une attention particulière a été apportée aux émissions de COV des matériaux mis en œuvre.

Le Tableau 1 présente les différents matériaux de second œuvre des bureaux du siège d'ENERTECH.

Tableau 1. Matériaux de second œuvre des différents bureaux

Localisation	Matériaux
Planchers	De la face inférieure à la face supérieure : • Poutres en bois et planches de coffrage entre les poutres en bois • Briques de terre crue • OSB • Linoléum
Murs	Pour trois pans de mur des bureaux : • Plaques de plâtre avec doublage en laine de bois Pour un pan de mur des bureaux : • Briques de terre crue
Portes	• En bois et finition huilée
Menuiseries	• En lames de bois
Stores intérieurs	• En plastique (nature non précisée)

6. PRÉSENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURES PASSIVES

6.1. Choix des polluants mesurés

Pour évaluer de manière exhaustive la qualité de l'air intérieur, une série de composés prédéfinis appartenant à la famille des aldéhydes et des composés organiques volatils (COV) a été quantifiée.

Tableau 2. Paramètres mesurés

Famille de composés	Composés mesurés
Aldéhydes	Acétaldéhyde, acroléine, benzaldéhyde, formaldéhyde, hexaldéhyde, valéraldéhyde
COV	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes (o-,m+p), trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 2-éthylhexanol, limonène, alpha-pinène, n-décane, n-undécane, 1-méthoxy-2-propanol, 2-butoxyéthanol, COV totaux

6.2. Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de dispositifs passifs de type Radiello® : 165 pour les aldéhydes et 145 pour les COV.

Tableau 3. Méthodes de prélèvement en fonction des polluants

Polluants mesurés	Principe de mesure ou de prélèvement/analyse	Normes utilisées pour l'analyse	Emplacements
Aldéhydes	Échantillonnage passif sur cartouche imprégnée de 2,4 DNPH / extraction par solvant / analyse par chromatographie en phase liquide et détection UV ou à barrette de diodes	NF EN ISO 16000-4	Bureau 22 Bureau 26 Extérieur
COV	Échantillonnage passif sur adsorbant de type charbon graphité (carbograph 4) / extraction thermique / analyse par chromatographie en phase gazeuse et détection par spectromètre de masse ou FID	NF EN ISO 16017-2 NF EN ISO 16000-9	Bureau 22 Bureau 26 Extérieur

6.3. Nombre et emplacements des prélèvements

Cette campagne a fait l'objet de **deux points de mesures intérieurs dans deux bureaux situés à l'étage** du bâtiment et d'**un point de mesure extérieur**.

Pour les prélèvements intérieurs, le **bureau 22 (vide)** a été retenu. Celui-ci n'ayant jamais été occupé depuis la livraison du bâtiment, ni ventilé excepté la semaine précédant les mesures sur demande de MEDIECO, s'avérait être le bureau le plus représentatif de la QAI à réception du bâtiment.

Le second point de prélèvement intérieur a été réalisé dans le **bureau 26 occupé par deux personnes**. Ce point est représentatif de la QAI du bâtiment en phase exploitation. Depuis la livraison du bâtiment, ce bureau a été ventilé en journée lors de son occupation. Les matériaux de second œuvre sont les mêmes que dans le bureau 22.

Une mesure extérieure est également indispensable afin d'interpréter les résultats des mesures au regard de la qualité de l'air ambiant environnant. Ce point permet de statuer sur l'origine des polluants présents dans l'air : intérieure ou extérieure. **Les tubes Radiello® ont été placés au niveau du local vélo afin d'être à l'abri.**

En outre, un « blanc de terrain et transport » a été prévu pour les aldéhydes et les COV afin de valider les résultats obtenus. Un tube qui n'a pas été exposé autrement que lors du transport et de la manipulation de préparation des échantillonnages est analysé. Ce blanc rend compte d'une dégradation éventuelle des tubes durant leur conservation ou transport jusqu'au laboratoire d'analyse. Le tube a été ouvert puis refermé immédiatement sur site et conservé dans les mêmes

conditions que les autres tubes et prélèvements utilisés durant la campagne de mesures, c'est-à-dire dans le même environnement lors de l'échantillonnage dans la pièce puis lors de la conservation après l'échantillonnage. **Les blancs COV et aldéhydes sont restés dans le bureau 26 pendant la semaine de mesures.**

Les emplacements des bureaux 22 et 26 sont visualisables dans le plan ci-après.

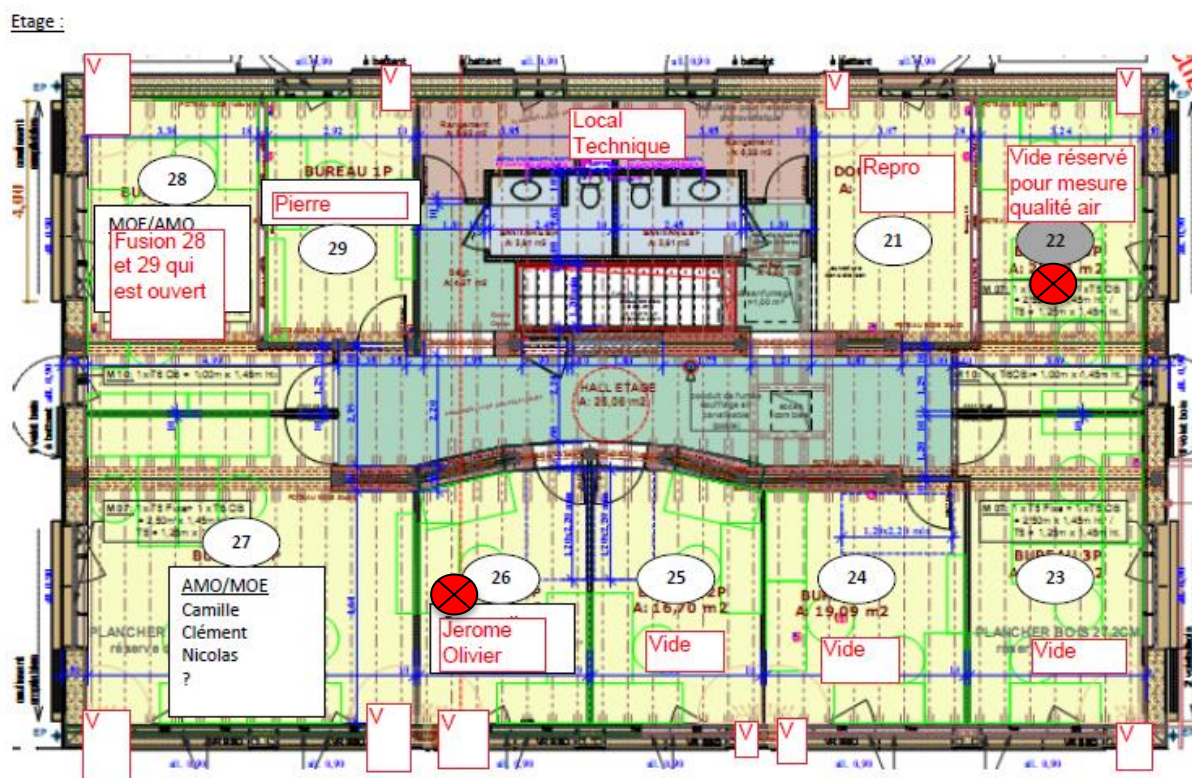


Photo 2. Plan de l'étage du bâtiment Lowcal et emplacement des points de mesures intérieurs

Les photos ci-après permettent de visualiser les points de prélèvement.



Photo 3. Tubes Radiello dans le bureau 22



Photo 4. Tubes Radiello dans le bureau 26



Photo 5. Tubes Radiello à l'extérieur sous l'abri vélo



Photo 6. Tubes Radiello à l'extérieur sous l'abri vélo

6.4. Durée et période de prélèvement

Les prélèvements passifs des COV et des aldéhydes ont été effectués pendant **4,5 jours du lundi 15 mai au vendredi 19 mai 2017**.

Les bureaux 22 et 26 ont été ventilés la semaine précédant les mesures et durant celles-ci. Les plages de fonctionnement de la ventilation dans ces deux bureaux sont présentées dans le Tableau 4. Le bureau 22, resté inoccupé depuis la livraison du bâtiment, n'avait jamais été ventilé auparavant.

Par ailleurs, les jours d'activité de ménage des bureaux instrumentés sont aussi renseignés dans le Tableau 4.

Tableau 4. Plages de fonctionnement de la ventilation avant et pendant les mesures passives

Date	Bureau 22	Bureau 26
Avant le 10/05/17	Pas de ventilation	Ventilation tous les jours travaillés
10/05/17	8.40 h – 21.00 h	8.00 h – 10.00 h
11/05/17	8.00 h – 21.00 h	8.00 h – 13.00 h et 14.30 h – 18.00 h
12/05/17	8.00 h – 21.00 h	8.00 h – 13.30 h et 14.30 h – 18.00 h
13/05/17	19.00 h – 22.00 h	Ménage mais pas de ventilation
14/05/17	Pas de ventilation	Pas de ventilation
15/05/17	8.00 h – 21.00 h	7.40 h – 18.10 h
16/05/17	8.00 h – 21.30 h	8.00 h – 18.00 h
17/05/17	8.00 h – 20.00 h	7.40 h – 18.10 h
18/05/17	8.00 h – 20.00 h	8.10 h – 18.10 h
19/05/17	8.00 h – 20.00 h	7.50 h – 19.00 h

6.5. Interventions lors de la campagne de mesures

Tableau 5. Intervenants aux différentes phases de la campagne

Déroulement de la campagne de mesures	Intervenants
Fourniture des dispositifs de prélèvement	WESSLING
Installation des dispositifs de prélèvement	ENERTECH
Analyse des échantillons d'air	WESSLING
Interprétation des résultats	MEDIECO

7. ANALYSE DES RÉSULTATS DES MESURES PASSIVES

7.1. Aldéhydes recherchés

Les **aldéhydes** constituent une famille chimique de composés organiques très volatils. Le plus connu des aldéhydes est le formaldéhyde utilisé dans de nombreux produits comme conservateur et entre dans la fabrication de résines destinées à des produits de construction, de bricolage.

Le formaldéhyde est à l'origine d'irritations oculaires et respiratoires, d'aggravation des symptômes asthmatiques et allergiques mais également de cancers nasopharyngés lors des expositions professionnelles. Contrairement à la majorité des composés organiques volatils dont les émissions des matériaux diminuent progressivement, celles du formaldéhyde peuvent être stables et persistantes.

Les résultats des prélèvements d'aldéhydes sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6. Résultats des concentrations en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

		Valeurs de référence	Bureau 22	Bureau 26	Extérieur	Blanc
Formaldéhyde	30	Valeur guide 2015 (Décret 2011-1727)	26,19	13,68	1,36	0,42
Acétaldéhyde	160	VGAI ¹ ANSES	32,92	28,94	1,26	< 0,41
Acroléine	1,1	VGAI court terme	1,62	< 1,21	< 1,21	< 1,21
Benzaldéhyde	90	CLI AFSSET/ANSES ²	1,80	1,13	< 0,68	< 0,68
Pentanal	1 700	CLI AFSSET/ANSES	28,81	23,15	< 1,99	< 1,99
Hexanal			105,62	86,81	25,97	15,43
Hexanal valeur corrigée ³	650	CLI AFSSET/ANSES	90,19	71,38	10,54	

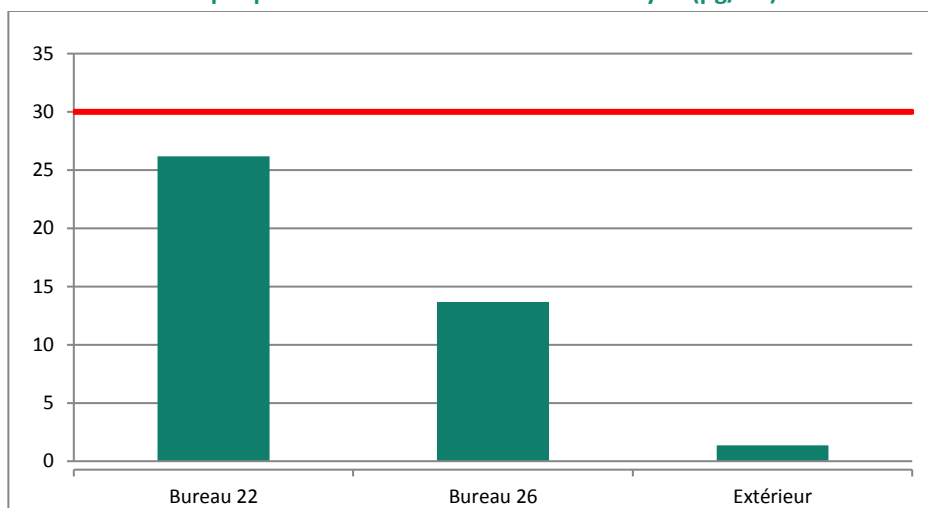
¹VGAI : Valeur guide pour la qualité de l'air intérieur ; ²CLI : Concentration limite d'intérêt ; ³Valeurs ajustées en retirant la valeur du blanc aux concentrations mesurées à l'intérieur et à l'extérieur

Observations pour le formaldéhyde

- A l'extérieur, la teneur en formaldéhyde est négligeable. Les sources de ce polluant très volatil sont donc internes confirmant les données de la littérature sur l'origine de ce composé.
- Les concentrations en formaldéhyde dans les bureaux 22 et 26 sont inférieures à la valeur guide 2015 fixée à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Elles sont néanmoins supérieures à la valeur guide pour la qualité de l'air intérieur de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui sera la valeur guide à respecter à l'horizon 2023 dans les établissements recevant du public.
- La concentration dans le bureau 22, qui n'a jamais été occupé ni ventilé depuis la livraison, est presque deux fois supérieure à celle mesurée dans le bureau 26. Cela confirme que l'origine du formaldéhyde est liée au bâtiment et souligne le rôle important de la ventilation du bureau 26 dans la diminution des concentrations par rapport à la phase réception du bâtiment.
- Les planchers OSB contenant des liants à base de formaldéhyde peuvent contribuer aux teneurs en formaldéhyde

Le Graphique 1 illustre les concentrations en formaldéhyde mesurées dans les différents locaux et à l'extérieur.

Graphique 1. Concentrations en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Observations pour les autres aldéhydes

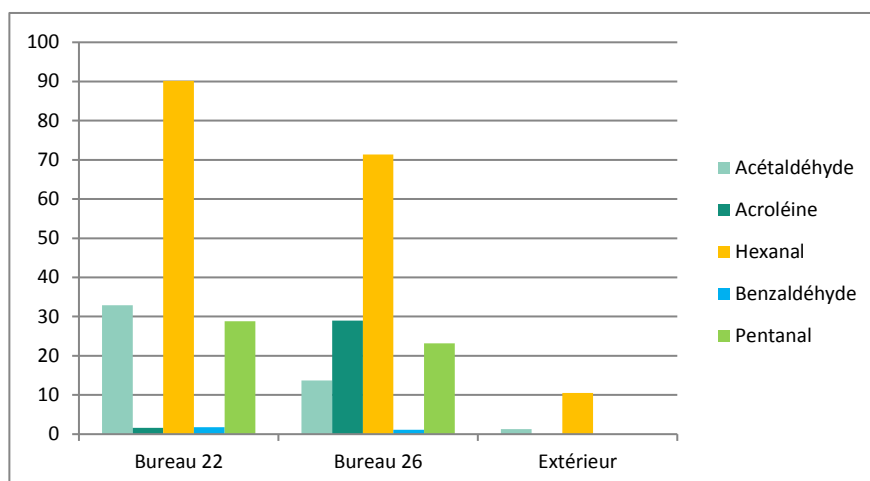
- À l'extérieur, les concentrations en aldéhydes autres que le formaldéhyde sont négligeables ou faibles par rapport à l'intérieur. Cela est conforme aux données de la littérature sur l'origine de ces composés.
- À l'intérieur, les teneurs en acétaldéhyde, acroléine, benzaldéhyde et pentanal sont satisfaisantes. Elles sont inférieures aux valeurs de référence dans les bureaux 22 et 26.
- Pour l'hexanal (ou hexaldéhyde), les concentrations à l'intérieur sont inférieures à la valeur de référence de $650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ définie par l'AFSSET/ANSES. Elles restent néanmoins élevées et supérieures à la valeur de référence de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du label Gutes Innenraumklima pour les bâtiments neufs. Les valeurs pour ce composé ont été corrigées en fonction de la concentration mesurée au niveau du blanc. Cette dernière a été déduite des concentrations initiales déterminées dans les bureaux 22 et 26 ainsi qu'à l'extérieur.

Les teneurs en hexaldéhyde ne sont pas anormales compte tenu de la présence de bois dans les parements intérieurs et les palnchers. En effet, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) mentionne les panneaux de particules, les livres et magazines neufs, les peintures en phase solvant, les produits de traitement du bois (en phase aqueuse) et les panneaux de bois brut comme des sources d'émissions possibles de l'hexaldéhyde.

- Pour tous ces aldéhydes, les concentrations mesurées sont légèrement moins élevées dans le bureau 26 que dans le bureau 22. Ceci confirme la tendance observée pour le formaldéhyde vis-à-vis de l'impact positif de la ventilation même si l'écart observé est moins significatif pour les autres aldéhydes.

Le Graphique 2 illustre les concentrations des autres aldéhydes mesurées dans les différents locaux et à l'extérieur.

Graphique 2. Concentrations des autres aldéhydes (µg/m³)



7.2. Composés organiques volatils (COV) recherchés

L'acronyme « **composés organiques volatils** » désigne un ensemble de plus de 900 substances appartenant à plus de vingt grandes familles chimiques contenant toutes au moins l'élément carbone. Leur point commun est de s'évaporer à la température ambiante et d'être présents à l'état gazeux dans l'air. L'appellation « composés organiques volatils totaux » ou COVT regroupe tous les composés qui ont de 6 à 16 atomes de carbone.

Selon la nature des substances, leur quantité, leur association, les effets sanitaires diffèrent allant de l'inconfort olfactif à des irritations de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires. Des maux de tête, de la fatigue, des troubles neurologiques, des nausées et des vomissements peuvent également survenir. Certains composés ont aussi des potentialités cancérogènes.

Les résultats des prélèvements en COV sont présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7. Résultats des concentrations en COV (µg/m³)

	Valeurs de référence		Bureau 22	Bureau 26	Extérieur	Blanc
1-Méthoxy-2-propanol	2 000	CLI ¹ AFSSET/ANSES	< 0,06	< 0,39	< 0,07	< 0,07
2-Butoxyéthanol	1 000	CLI AFSSET/ANSES	3,12	2,77	< 0,09	< 0,09
2-Ethyl-1-hexanol	50	CLI AFSSET/ANSES	< 2,30	< 4,61	< 0,12	< 0,12
Benzène	2	Valeur guide 2016 (Décret 2011-1727)	0,44	0,54	0,32	< 0,06
Limonène	450	LE ² Projet INDEX	22,95	32,55	0,27	< 0,14
Tétrachloroéthylène	250	VGAI ³ ANSES	< 0,07	0,07	< 0,07	< 0,07
Toluène	260	Valeur guide OMS ⁴	3,46	3,94	1,33	< 0,06
Trichloroéthylène	2	VGAI ANSES	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06
Alpha-pinène	450	LE Projet INDEX	105,3	108,5	1,19	< 0,27
N-décane	200	Label GI ⁵	0,62	1,09	< 0,31	< 0,08
N-undécane	200	Label GI	0,69	0,97	0,46	< 0,14
m-, p-Xylène	870	Valeur guide OMS (Sur 1 an)	2,27	4,11	0,47	< 0,07
o-Xylène			< 1,90	2,82	0,21	< 0,07
COVT (C6-C16) éq. Toluène	300	Agence fédérale allemande pour l'environnement	368,7	428,24	54,81	10,96
COVT (C6-C16) éq. Toluène valeur corrigée			357,74	417,28	43,85	

¹CLI : Concentration Limite d'Intérêt ; ²LE : limite d'exposition ; ³VGAI : Valeur Guide pour la Qualité de l'Air Intérieur ; ⁴OMS : Organisation mondiale de la santé ; Label GI : Label Gutes Innenraumklima

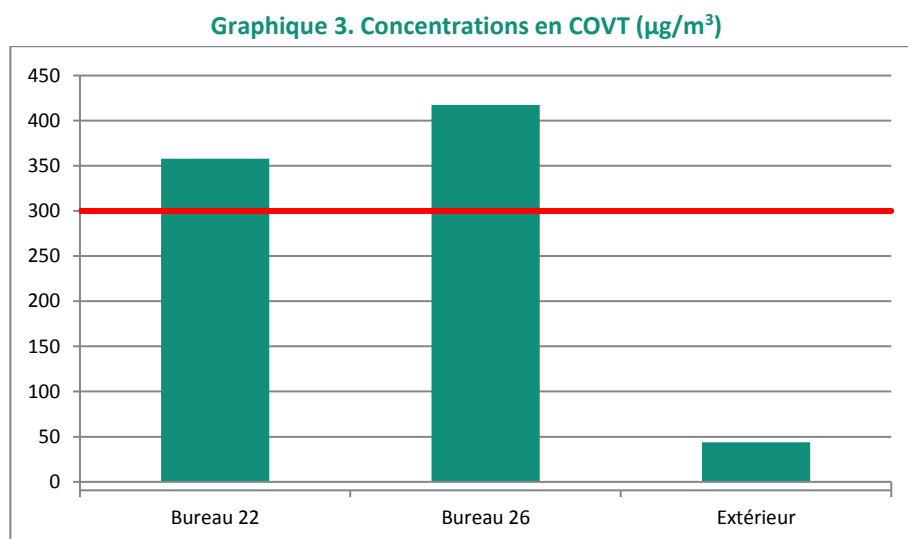
Observations pour les COVT

- A l'extérieur, la concentration en COVT est faible par rapport à l'intérieur. Les sources des COV mesurés sont donc principalement internes.
- Dans les bureaux 22 et 26, les teneurs en COVT sont légèrement supérieures à la valeur recommandée par l'Agence fédérale allemande pour l'environnement de 300 µg/m³.

Les valeurs pour les COVT ont été corrigées en fonction de la concentration mesurée au niveau du blanc. Cette dernière a été déduite des concentrations initiales déterminées dans les bureaux 22 et 26 ainsi qu'à l'extérieur.

- Contrairement aux aldéhydes, la concentration en COVT est plus importante dans le bureau 26 par rapport au bureau 22. Ceci témoigne de la contribution de l'exploitation du bâtiment aux émissions de COV dans l'air intérieur.

Le Graphique 3 illustre les concentrations en COVT mesurées dans les différents locaux et à l'extérieur.

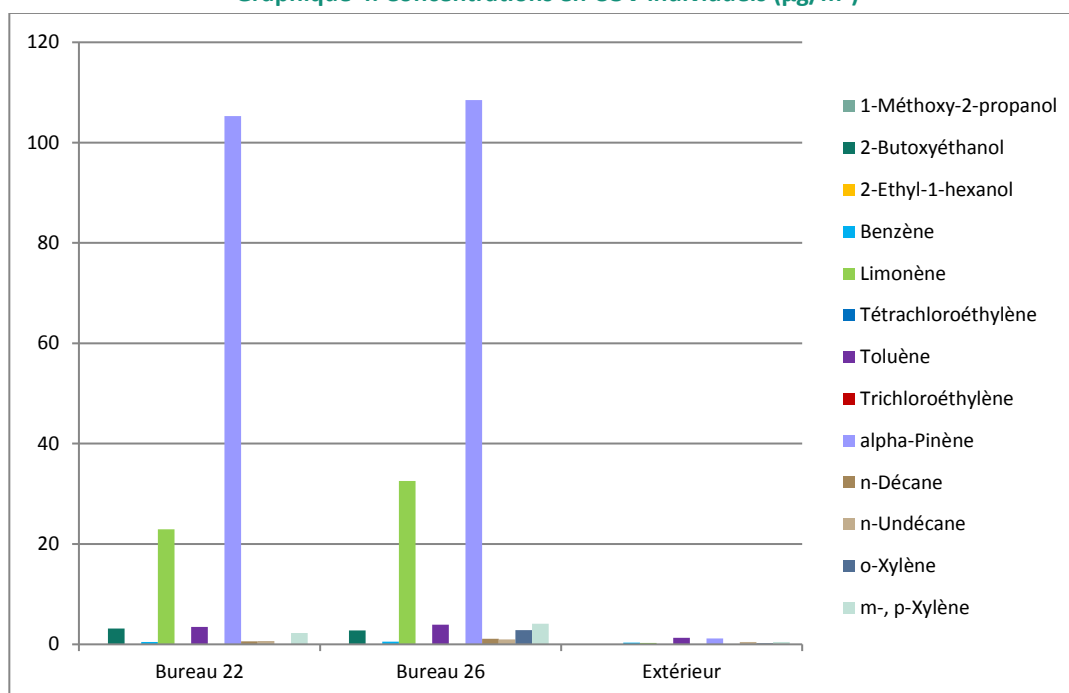


Observations pour les COV individuels

- A l'extérieur, les concentrations des différents COV mesurés sont négligeables ou très faibles, témoignant l'absence de pollution particulière.
- A l'intérieur, les teneurs mesurées pour tous les COV individuels recherchés sont satisfaisantes. Elles sont inférieures aux valeurs de référence dans le bureau 22 et 26.
- Les deux COV majoritaires sont le limonène et l'alpha-pinène, composés pouvant être émis par les produits bois. Les émissions légèrement plus importantes dans le bureau 26 par rapport au bureau 22 peuvent trouver leur origine dans les activités réalisées dans le bureau 26, par exemple le nettoyage. En effet, en plus d'être émis par le bois, le limonène et l'alpha-pinène sont deux composés fréquemment utilisés comme fragrances dans les produits d'entretien.

Le Graphique 4 illustre les concentrations en COV individuels mesurées dans les différents locaux et à l'extérieur.

Graphique 4. Concentrations en COV individuels (µg/m³)



8. COMPARAISON AVEC DES BÂTIMENTS PERFORMANTS EN ÉNERGIE

8.1. Dispositif OQAI - BPE

L'OQAI a mis en place un dispositif unique en FRANCE visant à collecter des données sur la QAI et le confort dans les bâtiments performants en énergie, neufs ou nouvellement réhabilités. Ce programme, dénommé « OQAI – Bâtiments performants en énergie » ou « OQAI – BPE » a rassemblé dans une base de données des informations collectées par des opérateurs locaux. Son but : décrire la qualité de l'air intérieur et le confort dans les bâtiments répondant aux réglementations les plus récentes en matière de performance thermique. Il a concerné les logements individuels et collectifs, soit 72 logements répartis dans 43 bâtiments.⁵

Les concentrations annuelles des indicateurs de pollution (aldéhydes, COV, etc.) correspondent à la moyenne arithmétique des concentrations mesurées en période de chauffe et hors période de chauffe.

Les résultats complets pour les aldéhydes et les COV sont présentés en Annexe 3. Le tableau suivant indique les valeurs des **composés dont les concentrations les plus élevées parmi les COV sont celles du formaldéhyde, l'hexaldéhyde, l'alpha-pinène et le limonène.**

Tableau 8. Concentrations en formaldéhyde, hexaldéhyde, alpha-pinène et limonène dans les logements du dispositif OQAI - BPE (µg/m³)

	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum
Formaldéhyde	18,3	17,2	6,7	38,4
Hexaldéhyde	26,6	21,3	3,1	80,4
Alpha-pinène	56,6	22,6	3,0	843,0
Limonène	35,9	24,2	3,6	119,0

Malgré une typologie de bâtiments différente, les composés majoritaires des logements du dispositif OQAI – BPE sont les mêmes que ceux mis en évidence dans cette campagne de mesures passives au siège ENERTECH. En phase exploitation, ces polluants peuvent également être liés à d'autres sources que le bois mais les résultats observés dans l'immeuble de bureau ENERTECH sont cohérents.

8.2. Focus sur le projet VIA QUALITÉ®

En réponse à un appel à projet CORTEA, le projet VIA QUALITÉ® avait pour objectif de développer deux démarches qualité pour les constructeurs de maisons individuelles, portant sur la ventilation et la qualité de l'air dans les logements individuels à basse consommation d'énergie.

La première phase du projet a notamment consisté à établir un état des lieux de la QAI dans 10 logements énergétiquement performants. Les données ont été transmises à l'OQAI.

Les concentrations mesurées par typologie de bâtiment pour les polluants pertinents au regard des résultats du siège d'ENERTECH sont présentés dans le Tableau 9. L'hexaldéhyde est absent de ce tableau car il n'a pas été intégré à la campagne de mesures du projet VIA QUALITÉ.

⁵ CSTB-OQAI. Base de référence nationale sur la qualité de l'air intérieur et le confort des occupants de bâtiments performants en énergie : OQAI-BPE. Deuxième état descriptif de la qualité de l'air intérieur et du confort de bâtiments d'habitation performants en énergie. Février 2016. 100p.

Tableau 9. Concentrations moyennes en alpha-pinène, limonène et formaldéhyde dans les logements instrumentés dans le cadre de VIA QUALITE® (µg/m³)

Numéro habitation	Structure	Concentration moyenne (salon et chambre) en alpha-pinène	Concentration moyenne (salon et chambre) en limonène	Concentration moyenne (salon et chambre) en formaldéhyde
1	Bois + parements intérieurs bois	70,23	141,43	31,07
2	Bois – Brique	4,92	12,65	35,90
3	Bois	14,32	32,33	24,09
4	Béton	8,87	3,74	17,89
5	Thermopierre	1,55	22,07	9,02
6	Brique	1,45	1,87	10,32
7	Brique creuse	10,07	21,97	15,42
8	Bois	25,00	21,95	22,86
9	Bois	8,65	15,93	17,41
10	Bois	3,94	8,16	11,89

Il ne se dégage pas de tendance significative en fonction de la typologie des bâtiments. Cependant, le logement 1 disposant de parements intérieurs bois présente les concentrations moyennes en alpha-pinène et limonène les plus importantes. La teneur en formaldéhyde est la deuxième plus élevée après le logement 2. Cette observation n'est pas généralisable d'autant plus qu'en exploitation les polluants intérieurs peuvent trouver leur origine dans les activités des occupants, néanmoins elle est intéressante à souligner et tend à confirmer le lien entre la présence de parements intérieurs en bois et des concentrations élevées en alpha-pinène, limonène et formaldéhyde.

8.3. Campagne à réception dans un immeuble de bureaux livré en 2017

MEDIECO dans le cadre de ses missions a accompagné un bâtiment de bureaux en structure bois en 2017 pour des mesures à réception réalisées en mai 2017.

Les résultats des mesures passives pour les composés d'intérêt sont présentés dans le Tableau 10. Les résultats pour tous les composés sont accessibles en Annexe 4.

Tableau 10. Concentrations moyennes en polluants d'intérêt pour un immeuble de bureaux à Lyon (µg/m³)

Numéro habitation	Bureaux à Lyon
Hexaldéhyde	129,68
Formaldéhyde	35,75
Limonène	26,63
Alpha-pinène	156

Dans cette campagne de mesures à réception, les concentrations en hexaldéhyde et alpha-pinène sont les plus importantes dans l'air intérieur (Voir tableau de résultats complets en Annexe). Le plancher technique en panneaux dérivés du bois et la sous-face en bois de la dalle du plafond semble être les sources possibles de ces composés. Le caractère poreux des dalles de moquette qui recouvrent le plancher ne peut avoir un écran au transfert des composés gazeux.

8.4. Bâtiment de bureaux avec structure porteuse en béton

En 2015, MEDIECO a réalisé deux campagnes de mesures dans un immeuble de bureaux R+2, comprenant 160 postes de travail, situé en région parisienne. La première campagne de mesures a été réalisée à réception (moquette posée) avant aménagement et la seconde après cloisonnement et

installation du mobilier mais en l'absence d'occupants. Par ailleurs, l'OQAI a réalisé des mesures en exploitation dans ce bâtiment dans le cadre de sa campagne nationale « Bureaux », mais les résultats n'ont pas été communiqués.

Les caractéristiques de ce bâtiment sont présentées dans le Tableau 11. Le choix des matériaux de second œuvre a fait l'objet d'une attention particulière en phase conception, la réalisation de ce bâtiment ayant été accompagné par MEDIECO de la programmation à la réception.

Tableau 11. Caractéristiques des matériaux et systèmes du bâtiment de bureaux R+2 situé en région parisienne

Structure porteuse	Béton armé
Murs pignons	Blocs de maçonnerie creuse
Façades	Cadre structure alu Isolation extérieure en laine de roche Bardage inox recuit Brises soleil orientables sur façades exposées
Matériaux de finition	Menuiseries intérieures en stratifié Cloisons en plaques de plâtre Revêtement de sol : moquette en dalle Peinture murale en phase aqueuse
Systèmes	Ventilation double-flux Plafonds rayonnants réversibles

Les résultats des mesures des campagnes à réception avant aménagement et après aménagement (sans occupation) sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12. Concentrations moyennes en polluants d'intérêt pour un immeuble de bureaux en structure béton en région parisienne avant aménagement et après aménagement ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Polluants d'intérêt	Phase 1 : réception avant aménagement			Phase 2 : réception après aménagement		
	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum
Formaldéhyde	3,51	3,93	3,29	11,38	14,90	10,63
Alpha-pinène	< LD ¹	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Limonène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

¹LD : Limite de détection

- Lors des deux campagnes de mesures et dans tous les locaux, les concentrations en formaldéhyde étaient inférieures à la valeur guide de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, définie par le décret du 2 décembre 2011. À réception, la moquette étant posée, elles étaient toutes inférieures à la valeur cible de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition à long terme. Eu égard des incertitudes de mesure et des températures plus élevées lors de la seconde campagne réalisée en juin (facteur favorisant les émissions en formaldéhyde des meubles et des matériaux), l'impact du cloisonnement et de l'aménagement ont eu un impact minime sur les émissions de formaldéhyde. Beaucoup d'éléments du mobilier étaient métalliques et peu émissifs.

- Les teneurs à réception avant aménagement et après aménagement en alpha-pinène et limonène étaient négligeables et non détectables par le laboratoire. L'installation du mobilier n'a pas eu d'influence sur les concentrations en terpènes dans le bâtiment.

9. CONCLUSIONS DES MESURES PASSIVES

Aldéhydes

- Les concentrations en aldéhydes à l'extérieur du bâtiment sont négligeables. Les sources de ces substances très volatiles sont intérieures.
- **Les concentrations en aldéhydes dans le bâtiment de bureaux ENERTECH sont inférieures aux valeurs de référence.**
- Pour tous les aldéhydes, les concentrations mesurées sont légèrement moins élevées dans le bureau 26 par rapport au bureau 22 malgré la présence de mobilier et l'impact de l'occupation dans le bureau 26.

La ventilation diurne dans le bureau 26 depuis la livraison des locaux pourrait avoir permis une élimination des aldéhydes liés aux matériaux de construction dans l'air intérieur. En l'absence de ventilation (excepté la semaine précédant les mesures) dans le bureau 22, les émissions liées aux produits de construction mis en œuvre n'ont pu être éliminées comme dans le bureau 26.

Les teneurs en hexaldéhyde, un peu élevées, ne sont pas anormales compte tenu de la typologie du bâtiment, à savoir une structure bois et des parements intérieurs en bois. En effet, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) mentionne les panneaux de particules, les livres et magazines neufs, les peintures en phase solvant, les produits de traitement du bois (en phase aqueuse) et les panneaux de bois brut comme des sources d'émissions possibles de l'hexaldéhyde.

De même, les concentrations en formaldéhyde sont supérieures à 10 µg/m³ (valeur guide pour la qualité de l'air intérieur et future valeur guide 2023 dans les établissements recevant du public) mais restent néanmoins inférieures à la valeur guide 2015 de 30 µg/m³. Elles peuvent être liées aux planchers OSB.

COV totaux

- À l'extérieur, la concentration en COVT est faible par rapport à l'intérieur. Les sources des COV mesurés sont donc principalement internes.
- Dans les bureaux 22 et 26, les teneurs en COVT sont supérieures à la valeur recommandée par l'Agence fédérale allemande pour l'environnement de 300 µg/m³.
- Contrairement aux aldéhydes, la concentration en COVT est plus importante dans le bureau 26 par rapport au bureau 22 et reflète la contribution de l'exploitation du bâtiment aux émissions de COV dans l'air intérieur.

COV individuels

- Comme pour les COVT, les concentrations extérieures des différents COV mesurés sont négligeables ou très faibles. L'environnement extérieur ne subit aucune pollution particulière.
- **A l'intérieur, les teneurs mesurées pour tous les COV individuels recherchés sont satisfaisantes. Elles sont inférieures aux valeurs de référence dans le bureau 22 et 26.**
- Les deux COV majoritaires sont le limonène et l'alpha-pinène, composés pouvant être émis par le bois notamment. Les émissions légèrement plus importantes dans le bureau 26 par rapport au bureau 22 peuvent trouver leur origine dans les activités réalisées dans le bureau 26, par exemple le

nettoyage. En effet, en plus d'être émis par le bois, le limonène et l'alpha-pinène sont deux composés fréquemment utilisés comme fragrances dans les produits d'entretien.

Les résultats de cette campagne soulignent l'importance de la ventilation lors de la première année d'exploitation pour évacuer les polluants liés au bâtiment.

Quelques composés présentent des concentrations élevées tout en restant inférieures aux valeurs de référence sanitaires actuelles : le formaldéhyde, l'hexaldéhyde, l'alpha-pinène et le limonène. Il n'est pas rare que ces substances soient majoritaires dans l'air intérieur, notamment dans les bâtiments performants sur les plans énergétique et environnemental où la présence de bois est importante.

Synthèse de la comparaison de Lowcal avec d'autres bâtiments (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Lowcal			Bâtiment structure béton région parisienne (réception)			Bâtiment ossature bois Lyon (réception)			Projet VIA QUALITE® Logements performants (exploitation)			Dispositif OQAI-BPE		
	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max
Alpha-pinène	106,9	105,3	108,5	< LD	< LD	< LD	156,0	75,64	217,11	14,9	1,55	70,23	56,6	3,0	843,0
Limonène	27,75	22,95	32,55	< LD	< LD	< LD	26,63	15,12	32,54	28,21	1,87	141,43	35,9	3,6	119,0
Hexaldéhyde	80,79	71,38	90,19	NM	NM	NM	129,68	88,95	185,12	NM	NM	NM	26,6	3,1	80,4
Formaldéhyde	19,9	13,68	26,19	3,51	3,29	3,93	35,75	33,66	38,94	19,59	9,02	35,90	18,3	6,7	38,4

LD : Limite de détection ; NM : Non mesuré

10. PRÉSENTATION DU MONITORING DE LA QAI

10.1. Présentation des technologies de métrologie

Un monitoring de la qualité de l'environnement intérieur a été mis en place en parallèle des mesures passives. Les mesures dynamiques permettent de suivre en continu plusieurs paramètres dont la qualité de l'air intérieur : la température, l'humidité relative, le dioxyde de carbone, les composés organiques volatils globaux, les composés organiques légers en équivalent formaldéhyde, les particules fines et l'environnement sonore.

Cette technique ne permet pas l'identification individuelle des composés dans l'air, mais présente l'avantage d'évaluer les variations qui peuvent être liées à la température et à l'hygrométrie, aux émissions des matériaux, à la présence humaine, aux activités qui se déroulent dans les locaux, au nettoyage, à l'aération et au fonctionnement du renouvellement d'air.

Le monitoring de la qualité de l'environnement intérieur a été effectué à l'aide de deux balises Fireflies® (N° 1437 et 1440) de la société Hager Services, fonctionnant sur le principe de microcapteurs électroniques d'oxydes métalliques qui permettent des mesures en temps réel de l'ensemble des paramètres cités précédemment.

Selon les conclusions des essais effectués en 2012 au Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) à l'INERIS, cette balise a démontré *« sa capacité à suivre les variations de concentrations générées et à réaliser une mesure stable tout au long des essais. Ainsi, peu encombrant, silencieux, l'appareil permet de suivre des variations de concentration au cours du temps, faisant de lui un outil de diagnostic et de gestion de la qualité de l'air intérieur pertinent et efficace, complémentaire de mesures plus spécifiques comme les méthodes normalisées par exemple ».*



La communication des données est réalisée par GPRS et les résultats sont normalement consultables le lendemain par internet via le portail web EDEN. Pour cette campagne, il n'a pas été possible de suivre en temps réel les données relevées par les balises en raison d'un problème de communication par GPRS.

En parallèle du monitoring de la QAI, un suivi des particules fines à l'extérieur a été réalisé afin d'évaluer le niveau particulaire dans l'environnement proche du bâtiment et de le comparer aux concentrations relevées à l'intérieur. Cette mesure a été effectuée au moyen de la balise Greenbee® d'Hager Services également. Cette balise est plus adaptée à des mesures en extérieur que la Fireflies® et dispose de la même typologie de capteur de mesures des particules fines permettant de pouvoir comparer les données entre les balises.



Tableau 13. Paramètres et technologies de mesures de la station Fireflies® QEI et de la station Greenbee®

Polluants ou indicateurs mesurés	Technologie de mesure intégrée dans Station Fireflies	Paramètres mesurés	Précision
Température	Sensirion	°C	± 0.4°C
Hygrométrie	Sensirion	% Humidité relative	± 4.5%
Bruit	Sonomètre intégrateur	LAeq 1sec	± 2 dBA
CO₂	Technologie NDIR	ppm	30 ppm
COV Légers	Capteur électrochimique	µg/m ³ éq. Formaldéhyde Composés organiques volatils légers (formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine, méthanol, éthanol).	25%
COV Totaux	Capteur type semi-conducteur	µg/m ³ éq. Toluène Détection la présence des : Alcanes <C10 ; cétones <C6 ; aldéhydes <C10 ; Acides carboxyliques <C5, Alcools <C7 ; Alcènes <C8 ; Aromatiques (benzène, toluène ...liste non exhaustive.). La technologie de ce capteur étant différente de la technologie à photo ionisation (PID), une intercomparaison des niveaux rencontrés dans la littérature mentionnant des études par PID (même avec une lampe à énergie 9.8 eV et exprimées en équivalent Toluène) est difficilement exploitable.	30%
Particules fines (PM1 - 0.5-1.5 µm)	Comptage particules	Millions de particules/m ³ - MPart/m ³	0.1 MPart/m ³

10.2. Déroulement du monitoring

10.2.1. Durée du monitoring

Afin de pouvoir apprécier de manière pertinente l'influence des divers paramètres et leur reproductibilité (émissions des matériaux, efficacité du renouvellement d'air, présence et activités des occupants, procédures d'entretien), le monitoring était prévu sur 4 semaines, mais s'est effectivement déroulé pendant presque 2 mois, du 11 mai 2017 au 6 juillet 2017.

En effet, des problèmes de communication des données par GPRS et d'accès en temps réel, ont imposé un prolongement du monitoring. Il a été nécessaire d'effectuer plusieurs tests sur site afin de vérifier le bon fonctionnement des stations de mesures, en collaboration de M. GIRODET d'ENERTECH. Les balises ont dû être déplacées, débranchées et rebranchées plusieurs fois ce qui a perturbé les conditions de suivi au cours du premier mois de monitoring.

10.2.2. Planning du monitoring et positionnement des balises QEI

Les bureaux 22 et 26 ont fait l'objet du monitoring pour les raisons évoquées dans le cadre des mesures passives. La double mesure dans ces deux bureaux permet de comparer si les tendances observées avec les mesures passives et les mesures dynamiques sont identiques. Le bureau 17 a également été retenu pour pallier l'absence d'occupation dans le bureau 26 à partir du 22 mai 2017. Ce bureau situé au rez-de-chaussée était occupé par quatre personnes. Les différents emplacements des balises 1437 et 1440 sont présentés respectivement dans le Tableau 15 et le

Tableau 16. La légende des couleurs utilisées dans ces tableaux est préalablement expliquée dans le Tableau 14.

Tableau 14. Légende des tableaux 11 et 12

	Emplacement de la balise dans le bureau 22
	Emplacement de la balise dans le bureau 26
	Emplacement de la balise dans le bureau 17

Tableau 15. Planning du monitoring balise 1437

MAI 2017							
Sem.	L	M	M	J	V	S	D
18	1	2	3	4	5	6	7
19	8	9	10	11	12	13	14
20	15	16	17	18	19	20	21
21	22	23	24	25	26	27	28
22	29	30	31				

JUIN 2017							
Sem.	L	M	M	J	V	S	D
22				1	2	3	4
23	5	6	7	8	9	10	11
24	12	13	14	15	16	17	18
25	19	20	21	22	23	24	25
26	26	27	28	29	30		

JUILLET 2017							
Sem.	L	M	M	J	V	S	D
26						1	2
27	3	4	5	6	7	8	9
28	10	11	12	13	14	15	16
29	17	18	19	20	21	22	23
30	24	25	26	27	28	29	30
31	31						

Tableau 16. Planning du monitoring balise 1440

MAI 2017							
Sem.	L	M	M	J	V	S	D
18	1	2	3	4	5	6	7
19	8	9	10	11	12	13	14
20	15	16	17	18	19	20	21
21	22	23	24	25	26	27	28
22	29	30	31				

JUIN 2017							
Sem.	L	M	M	J	V	S	D
22				1	2	3	4
23	5	6	7	8	9	10	11
24	12	13	14	15	16	17	18
25	19	20	21	22	23	24	25
26	26	27	28	29	30		

JUILLET 2017							
Sem.	L	M	M	J	V	S	D
26						1	2
27	3	4	5	6	7	8	9
28	10	11	12	13	14	15	16
29	17	18	19	20	21	22	23
30	24	25	26	27	28	29	30
31	31						

Les photos de l'installation des balises dans les bureaux 22 et 26 sont présentées ci-après.



Photo 7. Balises 1437 et 1440 dans le bureau 22



Photo 8. Balise 1437 dans le bureau 26 occupé

10.2.3. Ventilation et activités dans les bureaux instrumentés

Les plages horaires de fonctionnement de la ventilation, correspondant aux horaires d'occupation dans les bureaux 17 et 26, sont présentés dans le Tableau 17. Les plages horaires des activités de ménage ont parfois été indiquées.

Tableau 17. Plages horaires de fonctionnement de la ventilation dans les bureaux instrumentés

Date	bureau 22	bureau 26	bureau 17
Avant le 10/05	pas de ventilation	ventilation tous les jours travaillés	
10/05/2017	8h40-21h	8h - 10h	
11/05/2017	8h - 21h	8h-13h 14h30-18h	
12/05/2017	8h - 21h	8h-13h30 14h30-18h	
13/05/2017	19h-22h	ménage mais pas de ventilation	
14/05/2017	pas de ventilation	pas de ventilation	
15/05/2017	8h - 21h	7h40-18h10	
16/05/2017	8h - 21h30	8h-18h	
17/05/2017	8h - 20h	7h40-18h10	
18/05/2017	8h - 20h	8h10-18h10	
19/05/2017	8h - 20h	7h50-19h	
20/05/2017	pas de ventilation	pas de ventilation	
21/05/2017	10h - 12h	ménage mais pas de ventilation	
22/05/2017	7h-20h	la balise migre vers bureau 17	7h-18h
23/05/2017	7h-20h		7h-18h
24/05/2017	7h-20h		7h-18h
25/05/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
26/05/2017	20h-21h		pas de ventilation
27/05/2017	19h-21h		pas de ventilation
28/05/2017	19-00h		pas de ventilation
29/05/2017	00h-21h		14h-18h
30/05/2017	7h-23h		10h-19h
31/05/2017	7h-22h		pas de ventilation
01/06/2017	8h-19h		14h-19h
02/06/2017	8h-21h		11h-18h
03/06/2017	10h-13h		pas de ventilation
04/06/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
05/06/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
06/06/2017	7h-21h		9h-17h
07/06/2017	7h-22h		pas de ventilation
08/06/2017	8h-20h		9h-18h
09/06/2017	8h-22h		8h-19h
10/06/2017	19h-21h		pas de ventilation
11/06/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
12/06/2017	7h-19h		8h-16h
13/06/2017	8h-20h		15h-19h
14/06/2017	7h-22h		11h-18h
15/06/2017	8h-22h		10h18h

16/06/2017	8h-22h		10h-18h
17/06/2017	18h-21h		pas de ventilation
18/06/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
19/06/2017	8h-22h		11h-18h
20/06/2017	7h-20h		10h-18h
21/06/2017	8h-21h		9h-19h
22/06/2017	8h-20h		11h-19h
23/06/2017	7h-21h		10h-18h
24/06/2017	19h-22h		pas de ventilation
25/06/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
26/06/2017	7h30-21h30		11h-18h
27/06/2017	7h-21h		10h-18h
28/06/2017	7h30-20h30		pas de ventilation
29/06/2017	8h-20h		pas de ventilation
30/06/2017	8h-20h30		12h-18h
01/07/2017	18h30-22h		pas de ventilation
02/07/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
03/07/2017	pas de ventilation		pas de ventilation
04/07/2017	7h30-19h30		pas de ventilation
05/07/2017	6h-8h 10h-20h		11h-17h

Dans les bureaux 22 et 26, lorsque la ventilation fonctionnait, les débits d'air insufflés et extraits étaient de niveau intermédiaire (niveau 2) par rapport à la capacité du système de ventilation. En outre, les fenêtres n'ont pas été ouvertes pendant les mesures dans ces bureaux.

Dans le bureau 17 occupé par quatre personnes, lorsque le système de ventilation fonctionnait, celui-ci était en position 3, soit le régime de renouvellement d'air maximal. Par ailleurs, les fenêtres ont parfois été ouvertes en journée pour aérer.

11. ANALYSE DES RÉSULTATS DU MONITORING DE LA QAI

11.1. Synthèse des résultats pour la globalité des paramètres

Les résultats synthétiques pour chaque paramètre mesuré par la balise Fireflies® dans les bureaux et par la Greenbee® à l'extérieur, sur l'ensemble de la période du monitoring, sont présentés ci-après. Pour l'expression des résultats, les indicateurs spécifiques à ces balises, sont utilisés.

11.1.1. Bureau 22 – période du 11/05/2017 au 06/07/2017 – balise 1440

Tableau 18. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1440 dans le bureau 22

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV globaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	23,6	56,5	36,0	540	73,7	10 057	0,3
Médiane	23,4	57,0	32,0	486	61,0	7 749	0,2
Min	17,0	32,0	30,0	377	0,0	311	0,0
Max	38,1	74,0	75,0	1 491	230,0	36 301	30,1
Périodes avec ventilation en fonctionnement							
Moyenne	24,2	55,9	42,9	598	56,7	7 226	0,5
Médiane	24,0	56,0	44,0	529	54,0	6 514	0,4
Min	17,7	32,0	30,0	377	0,0	311	0,0
Max	38,1	74,0	71,0	1 491	230,0	28 355	7,3
Périodes sans ventilation							
Moyenne	23,2	56,8	31,9	508	84,8	11 930	0,2
Médiane	23,2	57,0	31,0	467	74,0	9 305	0,1
Min	17,0	43,0	30,0	387	5,0	556	0,0
Max	26,7	71,0	75,0	1 291	199,0	36 301	2,4

11.1.2. Bureau 26 – période du 15/05/2017 au 22/05/2017 – balise 1437

Tableau 19. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1437 dans le bureau 26

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV globaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	24,0	52,0	36,2	615	103,0	7 826	0,2
Médiane	24,1	53,0	32,0	564	104,0	6 945	0,1
Min	22,6	31,0	31,0	379	16,0	688	0,0
Max	30,7	57,0	77,0	1 087	328,0	21 660	1,2
Périodes avec ventilation (bureau 26 occupé)							
Moyenne	24,6	50,6	45,2	679	71,4	4 445	0,3
Médiane	24,5	52,0	45,0	631	74,5	4 873	0,3
Min	22,7	31,0	32,0	379	16,0	688	1,0
Max	30,7	55,0	62,0	1 087	135	8 977	0,0
Périodes sans ventilation (bureau 26 inoccupé)							
Moyenne	23,8	52,5	32,3	588	117,4	9 297	0,1
Médiane	23,6	53,0	32,0	561	119,0	8 904	0,1
Min	22,6	47,0	31,0	429	25,0	1 777	0,0
Max	25,5	57,0	77,0	920	328,0	21 660	1,2

11.1.3. Bureau 17 – période du 22/05/2017 au 24/05/2017 – balise 1437

Tableau 20. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1437 en mai dans le bureau 17

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV globaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	23,5	52,0	41,3	576	72,6	6 462	0,3
Médiane	23,5	53,0	39,0	586	55,0	4 649	0,2
Min	22,3	46,0	31,0	429	39,0	3 298	0,0
Max	25,2	56,0	61,0	947	154,0	14 751	1,2
Périodes avec ventilation en fonctionnement (bureau 17 occupé)							
Moyenne	23,7	52,3	50,1	614	70,4	6 289	0,4
Médiane	23,7	53,0	51,0	588	54,0	4 647	0,3
Min	25,2	46,0	34,0	444	39,0	3 298	0,0
Max	22,3	56,0	61,0	947	154,0	14 751	1,2
Périodes sans ventilation (bureau 17 inoccupé)							
Moyenne	23,3	51,7	31,8	537	75,4	6 698	0,2
Médiane	23,3	52,0	31,0	554	61,0	4 967	0,1
Min	22,3	48,0	31,0	429	44,0	3 3780	0,0
Max	24,6	55,0	41,0	636	122,0	12 054	0,6

11.1.4. Bureau 17 – période du 27/06/2017 au 06/07/2017 – balise 1437

Tableau 21. Synthèse des résultats pour chaque paramètre de la balise 1437 en juin/juillet dans le bureau 17

	T°C	HR	Bruit	CO ₂	COV légers	COV globaux	PM ₁
	°C	%	dB	ppm	µg/m ³	µg/m ³	Mpart/m ³
Période globale (avec et sans ventilation)							
Moyenne	22,9	57,5	32,5	414	108,1	24 225	0,1
Médiane	22,5	57,0	32,0	401	104,0	22 226	0,1
Min	21,9	54,0	31,0	358	54,0	9 900	0,0
Max	25,7	60,0	62,0	778	189,0	50 409	0,6
Périodes avec ventilation en fonctionnement (bureau 17 occupé)							
Moyenne	23,0	57,4	33,7	411	90,3	19 067	0,1
Médiane	22,6	58,0	33,0	390	85,0	17 102	0,1
Min	21,9	54,0	31,0	358	54,0	9 900	0,0
Max	25,1	60,0	62,0	778	186,0	48 178	0,6
Périodes sans ventilation (bureau 17 inoccupé)							
Moyenne	22,9	57,5	31,7	416	119,7	27 561	0,1
Médiane	22,5	57,0	31,0	415	117,0	26 289	0,0
Min	21,9	55,0	31,0	359	57,0	10 163	0,0
Max	25,7	60,0	48,0	563	189,0	50 409	0,4

11.1.5. Extérieur – période du 15/05/2017 au 06/07/2017 – balise Greenbee®

Tableau 22. Synthèse des résultats pour les PM₁ à l'extérieur

	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum
PM ₁	0,5	0,4	0,0	11,5

11.2. Résultats détaillés pour les COV légers et globaux

11.2.1. Du 11 au 15 mai 2017 : test de reproductibilité des mesures des 2 balises

Du 11 au 15 mai 2017, les balises 1437 et 1440 ont été placées dans le bureau 22 inoccupé afin d'établir un T0 des deux balises et comparer les résultats des deux balises pour les COVL et les COVG. Ils sont cohérents entre les deux balises et présentés dans le Tableau 23.

Tableau 23. Résultats des COVL et COVG pour les balises 1437 et 1440 dans le bureau 22

		Balise 1437				Balise 1440			
		Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum
COVL	PG ¹	123,3	123,0	195,0	54,0	114,9	115,0	182,0	51,0
	AV ²	80,1	72,0	154,0	54,0	76,5	68,0	149,0	51,0
	SV ³	141,6	146,0	195,0	58,0	131,2	135,0	182,0	53,0
COVG	PG	7 111	6 611	14 004	2534	9 027	8 674	17 112	3 195
	AV	4 010	3 323	10 096	2 534	5 291	4 295	16 604	3 195
	SV	8 423	8 318	14 004	2 701	10 611	10 615	17 112	3 310

¹PG : période globale avec et sans ventilation ;

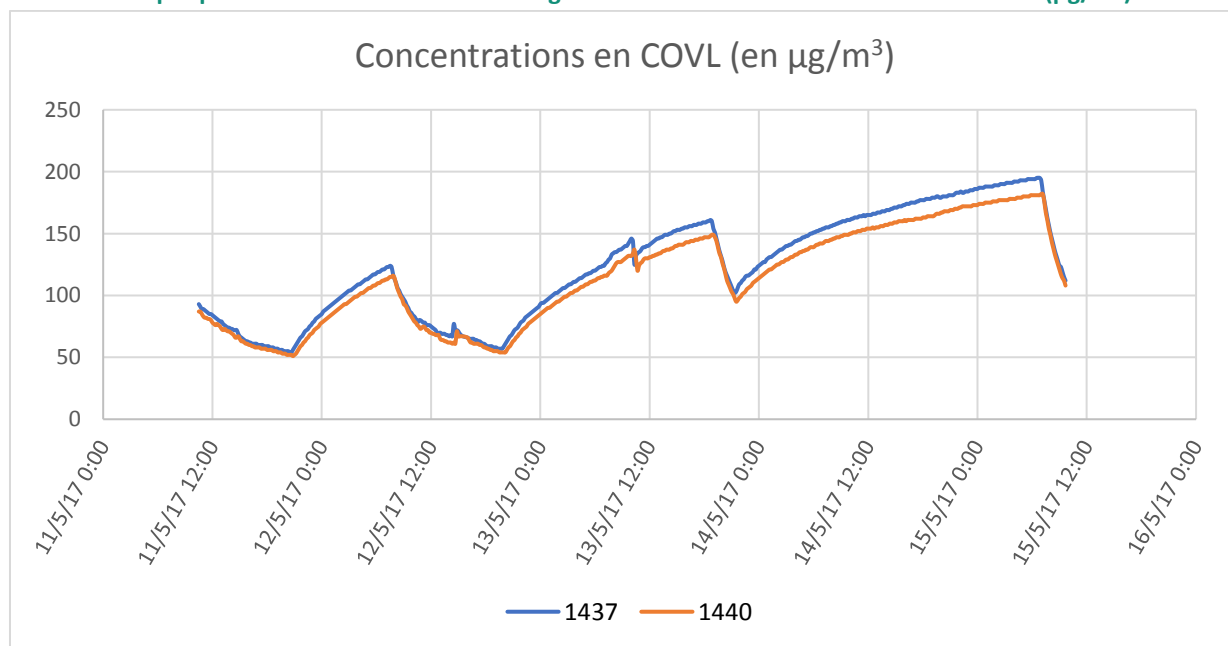
²AV : avec ventilation en fonctionnement ;

³SV : sans ventilation en fonctionnement

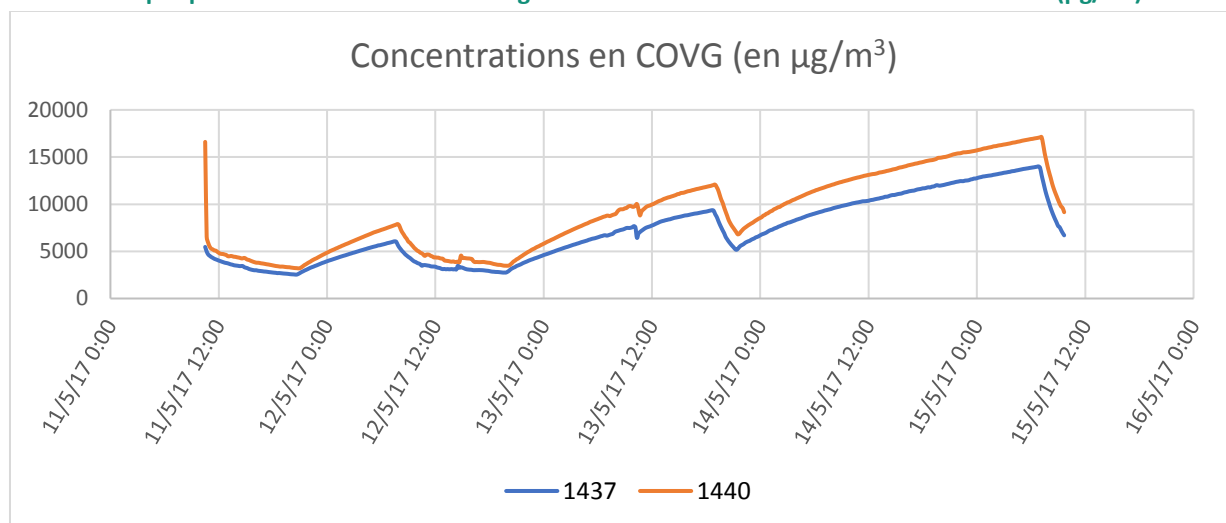
Néanmoins, la balise 1440 a détecté légèrement moins de COVL et légèrement plus de COVG que la balise 1437. Bien que sortant de l'étalonnage, ces variations peuvent être liées à l'incertitude de mesures des différents capteurs et à l'emplacement légèrement différent des balises dans la pièce. Ces variations seront ensuite intégrées dans l'analyse des résultats. Il est à noter que les valeurs obtenues avec la balise Fireflies ne peuvent être comparées aux valeurs de référence sanitaires établies avec d'autres technologies.

Le suivi des COVL et COVG du 11 au 15 mai 2017 dans le bureau 22 est illustré par les Graphique 5 et Graphique 6.

Graphique 5. Concentrations en COV légers dans le bureau 22 du 11 au 15 mai 2017 (µg/m³)



Graphique 6. Concentrations en COV globaux dans le bureau 22 du 11 au 15 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Les concentrations en COVL et COVG sont relativement élevées compte-tenu des indicateurs développés par Hager Services. Avec ou sans ventilation, les concentrations en COVL sont supérieures à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les concentrations en COVG sont supérieures à $3\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indiquant que l'air est chargé en polluants. Les concentrations élevées peuvent être en partie expliquées par l'emplacement des balises sur des chaises en bois à chaque fois identiques.

Les graphiques ci-dessus ainsi que le Tableau 23 mettent en évidence l'importance du renouvellement de l'air sur les concentrations observées.

En effet, **les concentrations moyennes en COVL pour les deux balises sont divisées par un facteur de 1,7** sur les temps où la ventilation fonctionne dans le bureau par rapport aux plages horaires sans ventilation. Pour les **COVG, la même observation est faite avec cette fois un facteur 2**.

Sur les graphiques, on peut observer des diminutions nettes des concentrations lorsque la ventilation se met en route et des augmentations progressives lorsque celle-ci cesse de fonctionner.

La ventilation a donc un impact très positif sur la qualité de l'air intérieur. Néanmoins, l'activation de la ventilation avant l'arrivée des occupants et une aération pendant 10 min à leur entrée dans les bureaux sont nécessaires pour atteindre des niveaux de fond satisfaisants.

11.2.2. Du 15 au 22 mai 2017 : influence des conditions de ventilation en occupation (bureau 26) et inoccupation (bureau 22)

Du 15 au 22 mai 2017, la balise 1437 a été placée dans le bureau 26 occupé par deux personnes et la balise 1440 est restée dans le bureau 22 inoccupé.

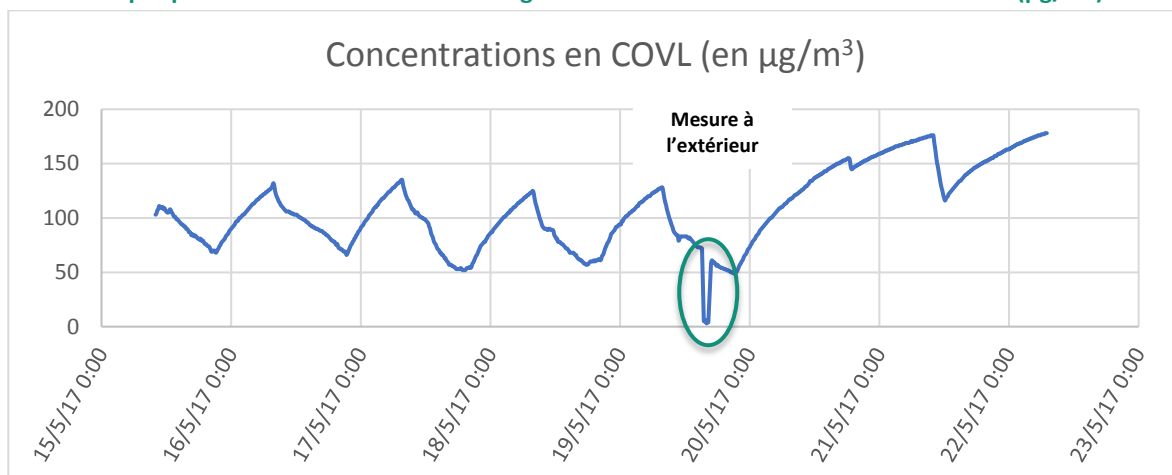
Tableau 24. Résultats des COVL et COVG pour la balise 1437 (bureau 26) et la balise 1440 (bureau 22)

		Balise 1437 – Bureau 26				Balise 1440 – Bureau 22			
		Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum
COVL	PG ¹	104	104	328	16,0	108,9	105,0	178,0	49,0
	AV ²	71,4	74,5	135,0	16,0	86,0	84,0	176,0	52,0
	SV ³	117,4	119,0	328	25,0	122,7	122,0	178,0	49,0
COVG	PG	7 869	6 985	21 660	1 409	10 835	9 454	21 005	4 507
	AV	4 521	4 962	8 977	1 409	7 661	7 494	20 307	4 540
	SV	9 297	8 904	21 660	1 777	12 748	12 307	21 005	4 507

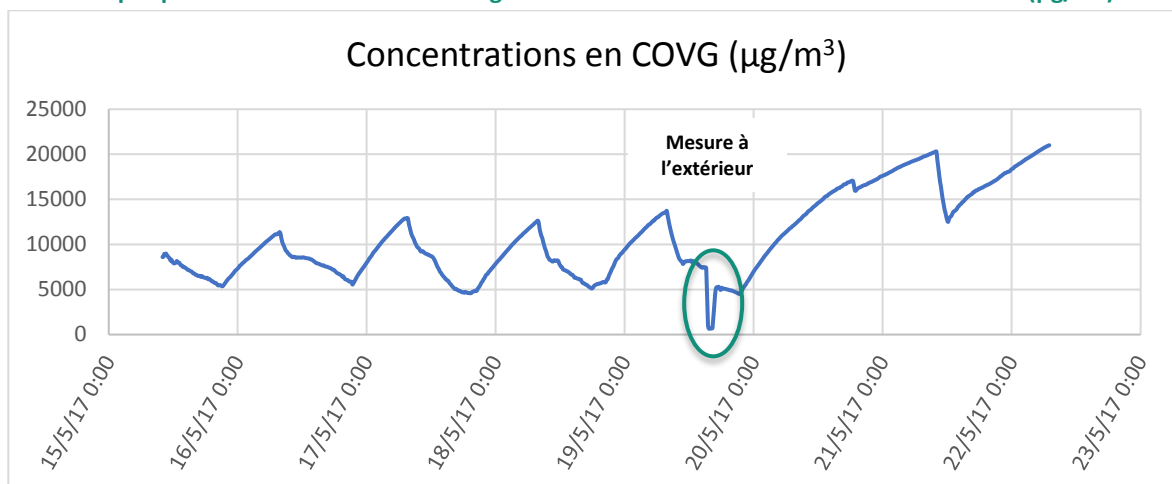
¹PG : période globale avec et sans ventilation ; ²AV : avec ventilation en fonctionnement ; ³SV : sans ventilation en fonctionnement

Le suivi des COVL et COVG du 15 au 22 mai 2017 dans le bureau 22 est illustré par : Graphique 7
Graphique 8.

Graphique 7. Concentrations en COV légers dans le bureau 22 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

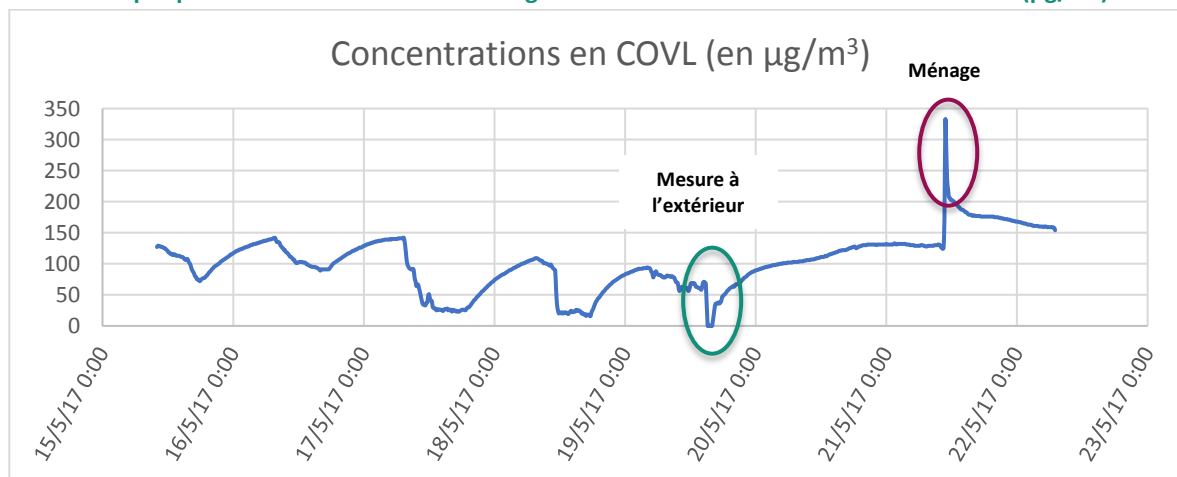


Graphique 8. Concentrations en COV globaux dans le bureau 22 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

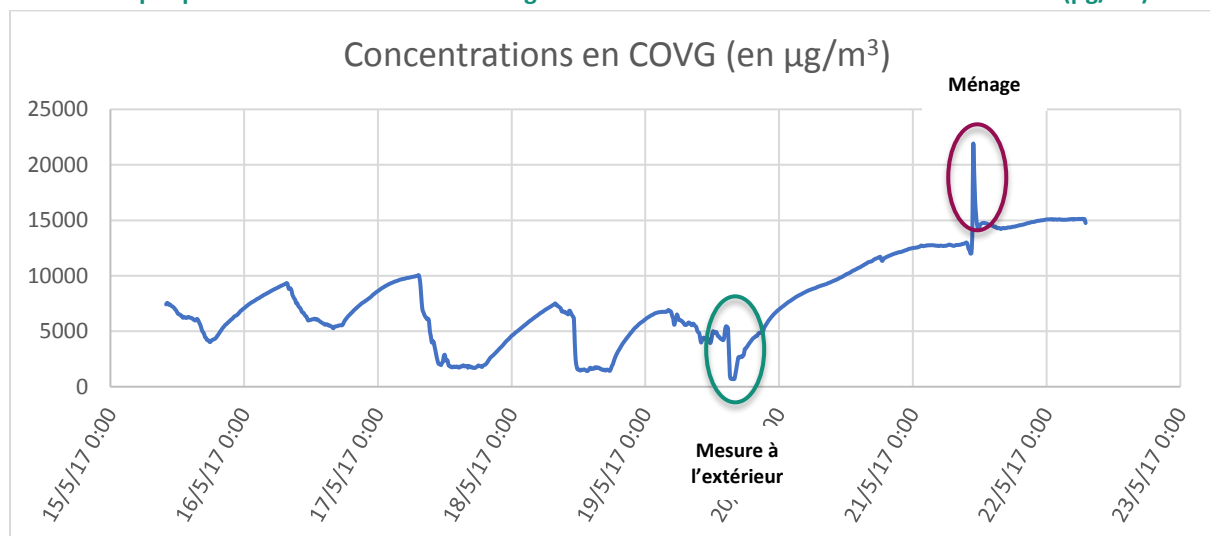


Le suivi des COVL et COVG du 15 au 22 mai 2017 dans le bureau 26 est illustré par les Graphique 9
Graphique 10.

Graphique 9. Concentrations en COV légers dans le bureau 26 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Graphique 10. Concentrations en COV globaux dans le bureau 26 du 15 au 22 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Les concentrations en COVL et COVG sont relativement élevées compte-tenu des indicateurs développés par Hager Services. Avec ou sans ventilation, les concentrations en COVL sont supérieures à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les concentrations en COVG sont supérieures à $3\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indiquant que l'air est chargé en polluants.

Les graphiques ci-dessus ainsi que le Tableau 24 mettent en évidence l'importance du renouvellement de l'air sur les concentrations observées.

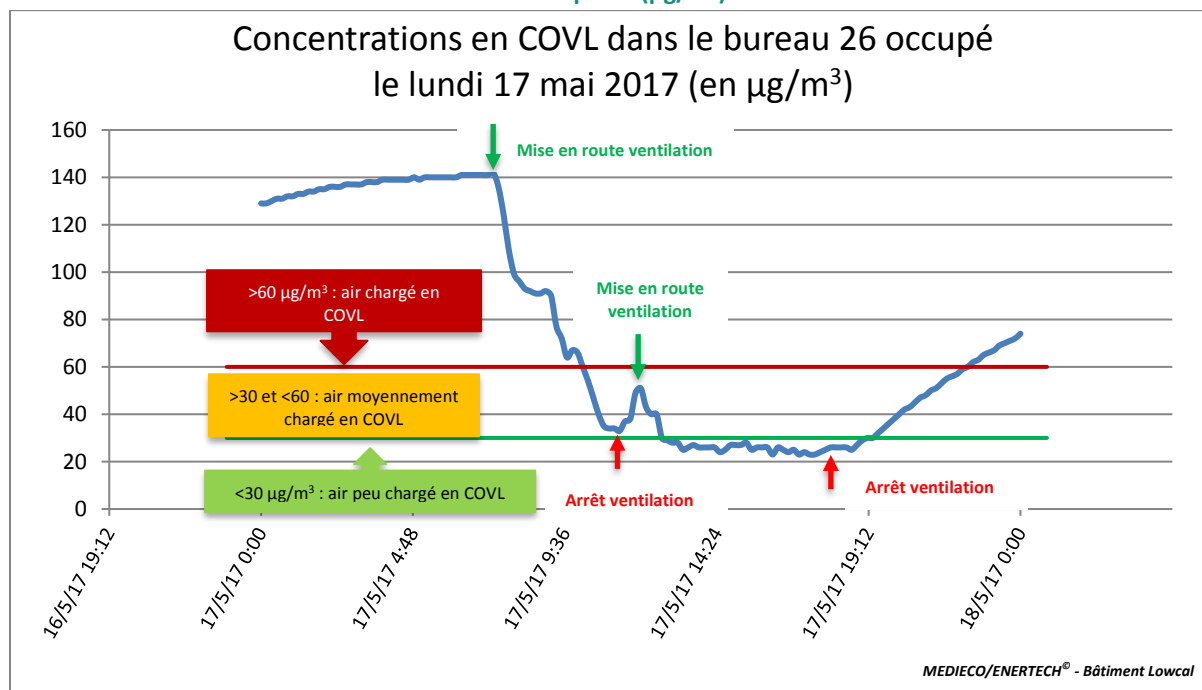
En effet, **les concentrations moyennes en COVL sont divisées par un facteur de 1,6** sur les périodes où la ventilation fonctionne **dans le bureau 26** et par un **facteur 1,4** dans le bureau 22 par rapport aux plages horaires sans ventilation. Pour les **COVG, la même observation est faite avec cette fois un facteur 2 dans le bureau 26 et un facteur 1,7** dans le bureau 22.

Sur les graphiques, on peut observer des diminutions nettes des concentrations lorsque la ventilation se met en route et des augmentations progressives lorsque celle-ci cesse de fonctionner. **Les concentrations maximales en COVL et COVG sont observées le dimanche 21 mai 2017 vers 10.00 h juste avant la remise en route du système de ventilation de 10.00 h à 12.00 h dans le bureau 22. La courbe croissante qui commence à partir du vendredi 19 mai vers 18 h s'explique par l'accumulation de polluants liée à l'absence de ventilation. Cela confirme le rôle important d'un renouvellement d'air adapté pour éviter l'accumulation de polluants dans l'air intérieur et en abaisser les concentrations.**

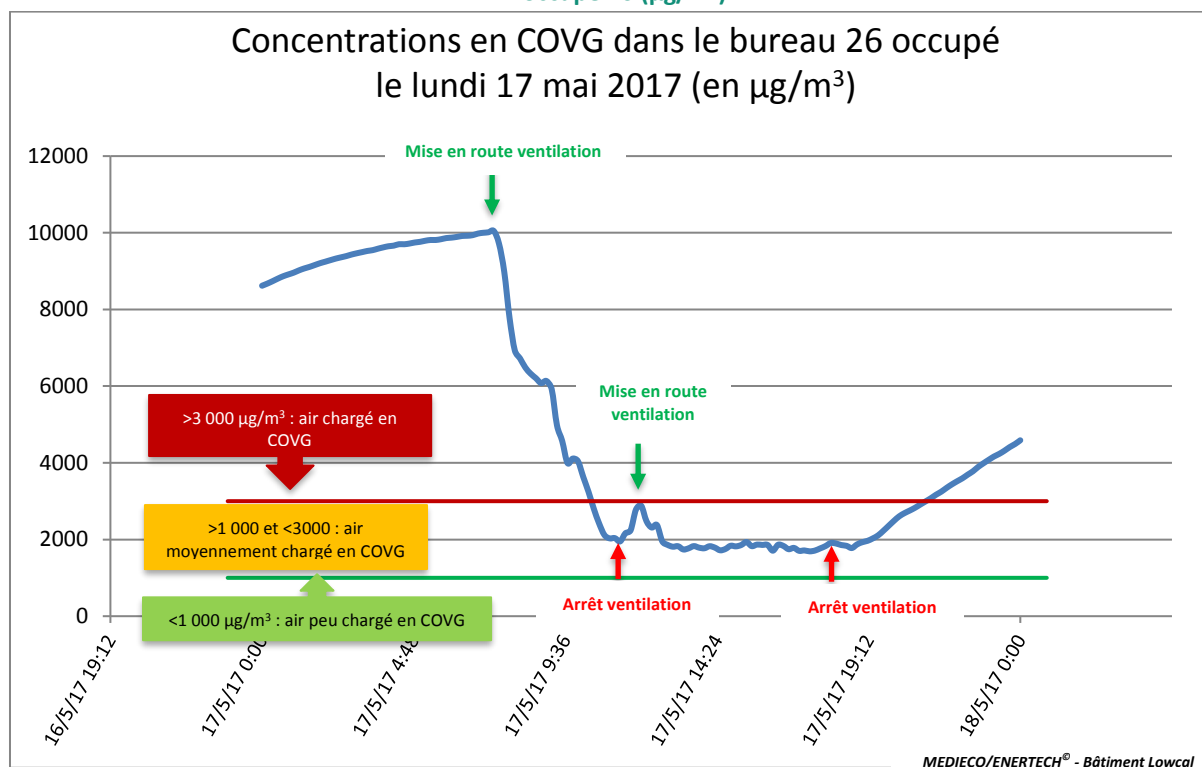
Deux anomalies peuvent être observées sur les graphiques ci-dessus. La première concerne des concentrations en COVL et COVG très faibles, voire nulles pour les COVL, le 19 mai 2017 entre 15.00 h et 16.00 h. Ces valeurs correspondent à un déplacement des balises à l'extérieur afin de vérifier si elles fonctionnaient normalement. La seconde anomalie concerne uniquement le bureau 26 dans lequel un pic de COVL et de COVG est observé le 21 mai 2017 vers 10.50 h. Ce pic peut être associé à l'activité de ménage réalisé dans ce bureau en l'absence de ventilation. L'emploi de produits d'entretien contenant vraisemblablement des aldéhydes et des terpènes est cohérent avec les pics observés. Il serait pertinent pour la personne responsable du nettoyage d'utiliser des produits peu émissifs, peut-être le nettoyage à la vapeur, et dans tous les cas de ventiler le bureau pendant le ménage.

Les observations sur cette période confirment l'impact très positif de la ventilation sur la qualité de l'air intérieur même s'il semble nécessaire de ventiler plus pour atteindre des niveaux de fond satisfaisants. Les Graphique 11 et Graphique 12 illustrent l'efficacité de la ventilation pour abaisser les concentrations dans les bureaux d'ENERTECH.

Graphique 11. Zoom sur l'efficacité de la ventilation pour abaisser les concentrations en COVL dans le bureau occupé 26 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Graphique 12. Zoom sur l'efficacité de la ventilation pour abaisser les concentrations en COVG dans le bureau occupé 26 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Le Tableau 25 illustre le taux d'abaissement des COVL et des COVG grâce à la ventilation dans le bureau 26 occupé le 17 mai 2017.

Tableau 25. Illustration en chiffres de l'efficacité de la ventilation dans le bureau 26 occupé le 17 mai 2017

		Mise en route de la ventilation	Arrêt de la ventilation	Facteur d'abaissement
17 mai 2017	Valeur COVL	142 µg/m³ à 7.20 h	24 µg/m³ à 18.40 h	5,9
	Valeur COVG	10 048 µg/m³ à 7.20 h	1 777 µg/m³ à 18.40 h	5,7

La ventilation permet une forte diminution des concentrations en COVL et COVG dans les bureaux et de diminuer les niveaux d'exposition du personnel d'ENERTECH. Avec la charge de COV accumulée pendant le week-end en l'absence de ventilation, il faut environ 4 h pour atteindre les valeurs stables les plus basses le lundi 17 mai 2017.

11.2.3. Du 22 au 24 mai 2017 : influence des conditions de ventilation en occupation (bureau 17) et inoccupation (bureau 22)

Du 22 au 24 mai 2017, la balise 1437 a été placée dans le bureau 17 occupé par quatre personnes et la balise 1440 est restée dans le bureau 22 inoccupé. Les résultats comparatifs pour les COVL et les COVG sur cette période sont présentés dans le Tableau 26.

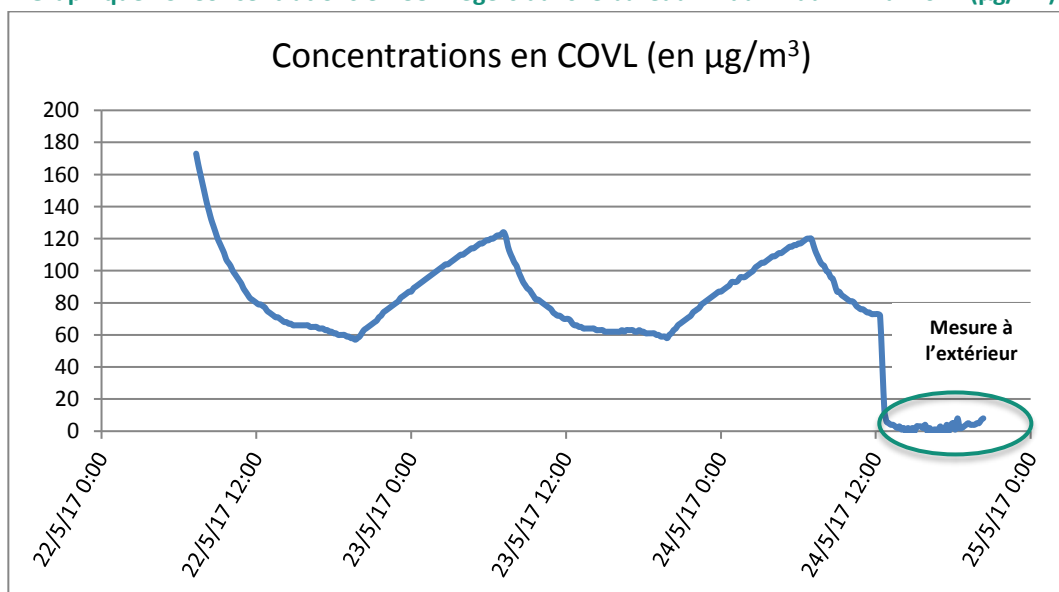
Tableau 26. Résultats des COVL et COVG pour la balise 1437 (bureau 17) et la balise 1440 (bureau 22)

		Balise 1437 – Bureau 17				Balise 1440 – Bureau 22			
		Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum
COVL	PG ¹	72,6	55,0	154,0	39,0	86,1	81,0	173,0	57,0
	AV ²	70,4	54,0	154,0	39,0	79,8	72,0	173,0	57,0
	SV ³	75,4	61,0	122,0	44,0	94,5	96,0	124,0	58,0
COVG	PG	6 462	4 649	14 751	3 298	9 539	8 771	20 366	5 859
	AV	6 289	4 647	14 751	3 298	8 655	7 630	20 366	5 859
	SV	6 698	4 967	12 054	3 378	10 728	10 858	14 597	5 907

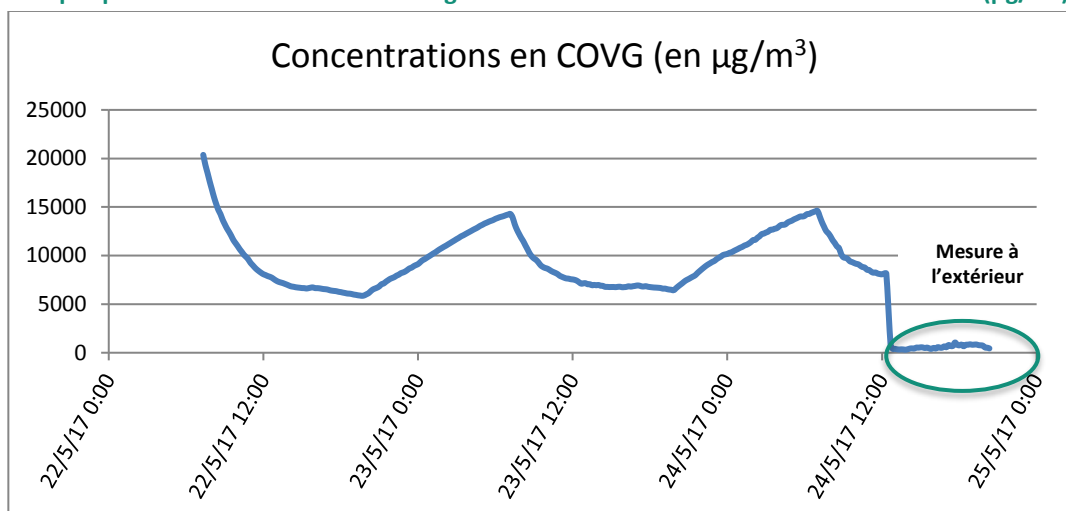
1PG : période globale avec et sans ventilation ; 2AV : avec ventilation en fonctionnement ; 3SV : sans ventilation en fonctionnement

Le suivi des COVL et COVG du 22 au 24 mai 2017 dans le bureau 22 est illustré par les Graphique 13 et Graphique 14.

Graphique 13. Concentrations en COV légers dans le bureau 22 du 22 au 24 mai 2017 (µg/m³)

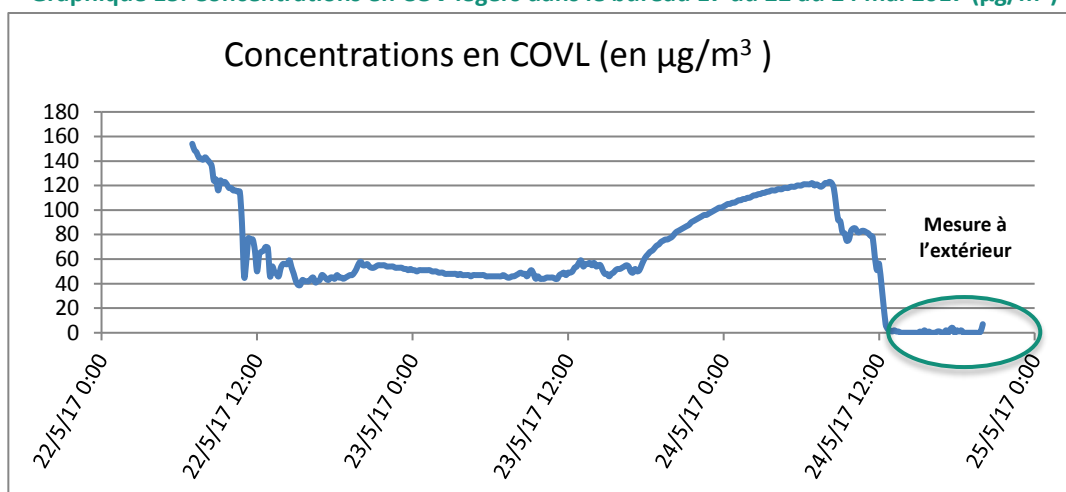


Graphique 14. Concentrations en COV globaux dans le bureau 22 du 22 au 24 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

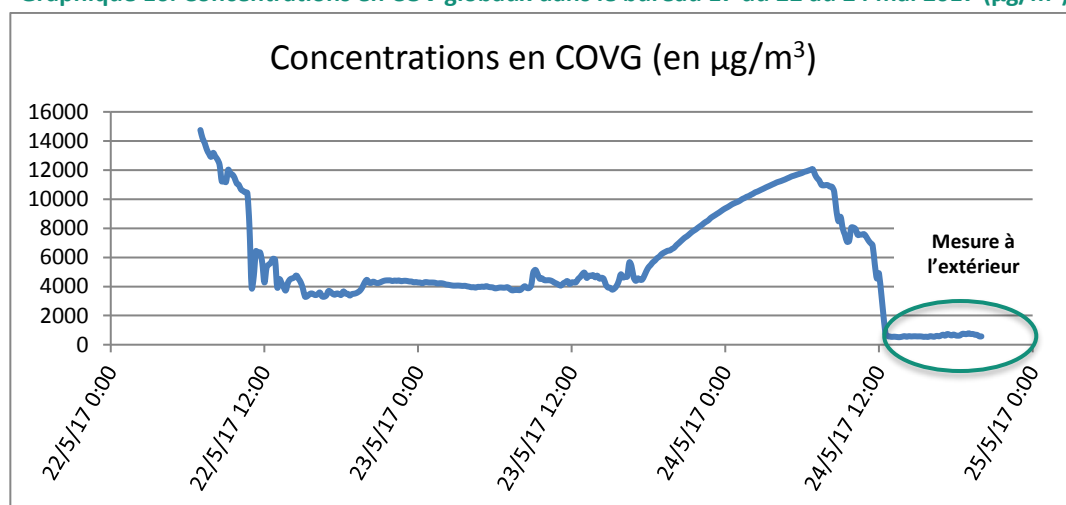


Le suivi des COVL et COVG du 22 au 24 mai 2017 dans le bureau 17 est illustré par les Graphique 15 et Graphique 16.

Graphique 15. Concentrations en COV légers dans le bureau 17 du 22 au 24 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Graphique 16. Concentrations en COV globaux dans le bureau 17 du 22 au 24 mai 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Les concentrations en COVL et COVG sont toujours relativement élevées. Avec ou sans ventilation, celles des COVL sont supérieures à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les teneurs en COVG dépassent $3\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indiquant que l'air est chargé en polluants.

Les graphiques ci-dessus ainsi que le Tableau 26 mettent moins en évidence l'importance du renouvellement de l'air sur les concentrations observées que les périodes précédemment observées.

En effet, **les concentrations moyennes en COVL sont divisées par un facteur de 1,07** sur les temps où la ventilation fonctionne **dans le bureau 17** et par un **facteur 1,2 dans le bureau 22** par rapport aux plages horaires sans ventilation. Pour les **COVG, la même observation est faite avec les mêmes facteurs de 1,07 dans le bureau 17 et de 1,2 dans le bureau 22.**

Pour le bureau 22, on peut observer des diminutions des concentrations lorsque la ventilation se met en route vers 7.00 h et des augmentations progressives lorsque celle-ci cesse de fonctionner vers 20.00 h. **Le pic maximum de COVL et COVG est observé le lundi 22 mai à la mise en route de la ventilation. Il est lié à l'accumulation de polluants pendant le week-end concomitant à l'arrêt de la ventilation sur une durée plus longue que le reste de la semaine. Les jours suivants, l'accumulation de polluants pendant la nuit en l'absence de ventilation est moindre et les occupants des bureaux sont exposés à des concentrations en COVL et COVG moins élevées que le lundi matin 22 mai 2017.**

Pour le bureau 17, l'influence de la ventilation est moins facile à observer. Elle est visible le 23 mai vers 18.00 h où les concentrations en COVL et COVG augmentent avec l'arrêt de la ventilation. En revanche, dans la nuit du 22 au 23 mai, les valeurs sont restées stables par rapport à la journée.

Par ailleurs, les teneurs en COVL et COVG très faibles, voire nulles pour les COVL, le 24 mai 2017 après-midi sont dues au déplacement des balises à l'extérieur pour tenter de résoudre le problème d'accès aux données.

12. CONCLUSIONS DU MONITORING

- **Les valeurs relatives à la température, l'humidité relative, et la concentration en CO₂ sont satisfaisantes** sur l'ensemble de la période suivie, notamment en présence d'occupants. Les valeurs moyennes et médianes, pour ces paramètres, sont comprises dans les plages recommandées par les indicateurs de la société Hager Services construits sur les données habituellement utilisées. Les teneurs en particules fines, appréciées par comptage et non par gravimétrie, sont très faibles.

- **Les teneurs en COV légers** (parmi lesquels sont mesurés le formaldéhyde et l'hexaldéhyde) **et en COV globaux** (parmi lesquels sont mesurés l'alpha-pinène et le limonène) **ne sont pas satisfaisantes vis-à-vis des indicateurs développés par Hager Services**. Pour ces paramètres dont la méthodologie de mesure est différente des capteurs passifs, les résultats doivent être mis en perspective avec ceux de la première campagne. Ils confirment les valeurs élevées retrouvées pour certains composés lors des mesures passives. Mais, il est possible que les émissions des chaises en bois sur lesquelles ont été posées les balises augmentent les teneurs mesurées.

Les concentrations en COVL et COVG sont plus élevées en l'absence de ventilation et d'occupation qu'en présence d'occupants avec le système de ventilation en fonctionnement. Cela atteste de la présence d'émissions liées au bâtiment et de l'efficacité de la ventilation.

Si le renouvellement de l'air des bureaux permet la maîtrise des concentrations en CO₂ en présentiel, celui-ci ne suffit pas à abaisser les concentrations en COVL et COVG accumulées pendant la nuit et surtout les week-ends de manière à obtenir des niveaux de fond satisfaisants selon les indicateurs des balises.

Le monitoring confirme l'observation faite à partir des résultats des mesures passives : le renouvellement de l'air adapté au bâtiment est extrêmement important lors de la première année d'exploitation pour évacuer les polluants émis.

ANNEXES

Annexe 1 : Rapport d'essai du laboratoire Wessling



Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
3 Avenue de Norvège - ZI de Courtaboeuf
91140 Villebon-sur-Yvette
Tél. +33 (0)1 64 47 65-38 - Fax +33 (0)9 72 53 90 48
labo.paris@wessling.fr - www.wessling.fr

Laboratoire WESSLING, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

MEDIECO
Madame Suzanne Deoux
355 Allée J.Monod (cité de l'environnement)
69800 St Priest

Rapport d'essai n° :	UPA17-016601-2
Commande n° :	UPA-04860-17
Interlocuteur :	C. Baretge
Téléphone :	+33 164 471 475
eMail :	c.baretge@wessling.fr
Date :	30.05.2017

Rapport d'essai

Suivi pour Mesure QAI Passive-Siège ENERTECH Drôme

Résultats d'analyses sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling) et du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses.
Les méthodes développées par les laboratoires WESSLING d'Allemagne sont accréditées par le DAP n°DAP-PL-1237.90, reconnu par le COFRAC.
Les méthodes développées au laboratoire WESSLING de Lyon sont accréditées par le COFRAC section essais n°1-1364.
Portées d'accréditation DAP et COFRAC communiquées sur demande.
Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes.
Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.
Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

Page 1 sur 6

Villebon-Sur-Yvette, le 30.05.2017

N° d'échantillon	17-081009-01	17-081009-01	17-081009-02	17-081009-02	17-081009-03	17-081009-03
Désignation d'échantillon	Bureau 22 B22R145	Bureau 22 B22R145	Bureau 22 B22R165	Bureau 22 B22R165	Bureau 26 874WB	Bureau 26 874WB
Aldéhydes	µg	µg/m3	µg	µg/m3	µg	µg/m3
Formaldéhyde			15	26,19		
Acétaldéhyde			16	32,92		
Acroléine			0,31	1,62		
Hexanal			11	105,62		
Benzaldéhyde			0,96	1,80		
Pentanal			4,5	28,61		
Substances organiques volatiles	µg	µg/m3	µg	µg/m3	µg	µg/m3
1-Méthoxy-2-propanol	<0,01	<0,06			<0,06	<0,39
2-Butoxyéthanol	0,35	3,12			0,31	2,77
2-Ethyl-1-hexanol	<0,19	<2,30			<0,38	<4,61
Benzène	0,071	0,44			0,087	0,54
Limonène	1,7	22,95			2,4	32,55
Tétrachloroéthylène	<0,01	<0,07			0,01	0,07
Toluène	0,6	3,46			0,68	3,94
Trichloroéthylène	<0,01	<0,06			<0,01	<0,06
alpha-Pinène	3,9	105,3			4,00	108,5
n-Décane	0,081	0,62			0,14	1,09
n-Undécane	0,048	0,69			0,067	0,97
p-Xylène	<0,27	<1,90			0,4	2,62
m-, p-Xylène	0,35	2,27			0,63	4,11
COVT (C6-C16) eq. toluène	64	368,7			74	428,24

Villebon-sur-Yvette, le 30.05.2017

N° d'échantillon	17-081009-04	17-081009-04	17-081009-05	17-081009-05	17-081009-06	17-081009-06
Désignation d'échantillon	Bureau 26 929WB	Bureau 26 929WB	Ext 875WB	Ext 875WB	Ext 928Wb	Ext 928Wb
Aldéhydes	µg	µg/m3	µg	µg/m3	µg	µg/m3
Formaldéhyde	7,8	13,68			0,78	1,36
Acétaldéhyde	14	26,94			0,61	1,26
Acroléine	<0,23	<1,21			<0,23	<1,21
Hexanal	9	86,81			2,7	25,97
Benzaldéhyde	0,6	1,13			<0,36	<0,68
Pentanal	3,6	23,15			<0,31	<1,99
Substances organiques volatiles	µg	µg/m3	µg	µg/m3	µg	µg/m3
1-Méthoxy-2-propanol			<0,01	<0,07		
2-Butoxyéthanol			<0,01	<0,09		
2-Ethyl-1-hexanol			<0,01	<0,12		
Benzène			0,052	0,32		
Limonène			0,02	0,27		
Tétrachloroéthylène			<0,01	<0,07		
Toluène			0,23	1,33		
Trichloroéthylène			<0,01	<0,06		
alpha-Pinène			0,044	1,19		
n-Décane			<0,04	<0,31		
n-Undécane			0,032	0,46		
o-Xylène			0,03	0,21		
m-, p-Xylène			0,072	0,47		
COVT (C6-C16) eq. toluène			9,5	54,81		

Villebon-sur-Yvette, le 30.05.2017

N° d'échantillon	17-081009-07	17-081009-07	17-081009-08	17-081009-08
Désignation d'échantillon	Blanc de site COV étiquette maison	Blanc de site COV étiquette maison	Blanc de site aldéhydes étiquette maison	Blanc de site aldéhydes étiquette maison
Aldéhydes	µg	µg/m3	µg	µg/m3
Formaldéhyde			0,24	0,42
Acétaldéhyde			<0,2	<0,41
Acroléine			<0,23	<1,21
Hexanal			1,6	15,43
Benzaldéhyde			<0,35	<0,68
Pentanal			<0,31	<1,99
Substances organiques volatiles	µg	µg/m3	µg	µg/m3
1-Méthoxy-2-propanol	<0,01	<0,07		
2-Butoxyéthanol	<0,01	<0,09		
2-Ethyl-1-hexanol	<0,01	<0,12		
Benzène	<0,01	<0,06		
Limonène	<0,01	<0,14		
Tétrachloroéthylène	<0,01	<0,07		
Toluène	<0,01	<0,06		
Trichloroéthylène	<0,01	<0,06		
alpha-Pinène	<0,01	<0,27		
n-Décane	<0,01	<0,08		
n-Undécane	<0,01	<0,14		
o-Xylène	<0,01	<0,07		
m-, p-Xylène	<0,01	<0,07		
COVT (C6-C16) eq. toluène	1,9	10,96		

Villebon-Sur-Yvette, le 30.05.2017

Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	17-081009-01	17-081009-02	17-081009-03	17-081009-04	17-081009-05
Date de réception :	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017
Désignation :	Bureau 22 B22R145	Bureau 22 B22R165	Bureau 26 874WB	Bureau 26 929WB	Ext 875WB
Type d'échantillon :	Air	Air	Air	Air	Air
Date de prélèvement :					
Récepteur :	1 RAD 145	1 RAD 165	1 RAD 145	1 RAD 165	1 RAD 145
Température à réception (C°) :					
Début des analyses :	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017
Fin des analyses :	30.05.2017	26.05.2017	30.05.2017	26.05.2017	30.05.2017
N° d'échantillon :	17-081009-06	17-081009-07	17-081009-08		
Date de réception :	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017		
Désignation :	Ext 928WB	Blanc de site COV étiquette maison	Blanc de site aldéhydes étiquette maison		
Type d'échantillon :	Air	Air	Air		
Date de prélèvement :					
Récepteur :	1 RAD 165	1 RAD 145	1 RAD 165		
Température à réception (C°) :					
Début des analyses :	22.05.2017	22.05.2017	22.05.2017		
Fin des analyses :	26.05.2017	30.05.2017	26.05.2017		

Villebon-sur-Yvette, le 30.05.2017

Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre	Norme	Laboratoire
COV eq toluène dans l'air Intérieur	EN ISO 16017-2	Wessling Lyon (F)
COV dans l'air Intérieur	d'ap EN ISO 16017-2/ d'ap ISO 16000-9	Wessling Lyon (F)
Aldéhydes (air Intérieur)	NF ISO 16000-4	Wessling Lyon (F)

Commentaires :

Les résultats fournis et les limites de quantification indiquées ne prennent pas en compte le rendement de désorption du support.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction d'interférences chimiques.

Signataire Technique

Célia BARETGE

Responsable Service Client



Annexe 2 : Valeurs de référence pour l'évaluation des résultats QAI

L'interprétation des résultats est basée sur la comparaison *avec les valeurs de référence issues de différents organismes* :

- Les **VGAI** (valeurs guides pour l'air intérieur), définies par l'Agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES), sont des concentrations dans l'air pour une substance chimique en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé ne sont attendus pour la population générale.
- Des **valeurs de gestion provisoires** ont été proposées par l'Institut national de veille sanitaire (InVS) dans le guide « Gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public » pour aider à la gestion des résultats d'analyses pour les principaux polluants de l'air intérieur.
- Pour le benzène et le formaldéhyde, il existe également des **valeurs de gestion réglementaires** définies dans le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le benzène et le formaldéhyde.
- L'**Organisation mondiale de la santé** (OMS) a défini des valeurs guides en vue de protéger la santé publique contre plusieurs substances chimiques généralement présentes dans l'air intérieur.
- En l'absence de valeurs de référence établies par les structures précédentes, le **label suisse GI** (Gutes Innenraumklima) pour la qualité de l'air intérieur des bâtiments existants (de plus de deux ans) est utilisé. Il certifie la conformité de la qualité de l'air intérieur des bâtiments à des seuils définis par l'organisme de certification.

Annexe 3 : Résultats du dispositif OQAI-BPE (aldéhydes & COV)

Concentrations annuelles en aldéhydes dans les logements du dispositif OQAI-BPE (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Polluants	Nb. Logements	Moyenne (écart-type)	Min	P25	Médiane	P75	Max
Logement	Acétaldéhyde	63	12,3 (5,6)	2,7	7,8	11,5	15,0	26,9
	Formaldéhyde	63	18,3 (6,9)	6,7	13,5	17,2	20,8	38,4
	Hexaldéhyde	65	26,6 (17,7)	3,1	15,1	21,3	34,8	80,4
Chambre	Acétaldéhyde	59	11,4 (5,4)	2,7	7,3	10,5	14,5	27,1
	Formaldéhyde	59	18,3 (7,6)	5,3	13,2	17,0	21,3	41,9
	Hexaldéhyde	61	26,1 (18,4)	3,0	13,7	20,2	35,1	78,2
Séjour	Acétaldéhyde	60	12,9 (6,0)	2,8	7,6	12,4	16,3	30,3
	Formaldéhyde	60	18,4 (6,7)	8,0	13,3	18,1	20,9	37,5
	Hexaldéhyde	64	26,4 (16,7)	3,2	14,6	21,4	33,9	80,4

Concentrations annuelles en COV dans les logements du dispositif OQAI-BPE (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Polluants	Nb. logements	Moyenne (écart-type)	Min	P25	Médiane	P75	Max
Logement	1,2,4-Triméthylbenzène	61	1,8 (1,7)	0,2	0,8	1,1	2,2	9
	1,4-Dichlorobenzène	60	0,8 (4,2)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOQ	32
	1-Méthoxy-2-propanol	62	2 (3,7)	< LOD	< LOQ	0,9	1,8	26
	2-Butoxyéthanol	61	2,2 (2,1)	< LOD	0,7	1,4	2,6	9
	alpha-Pinène	68	56,6 (122,6)	3	9,9	22,6	52,9	843
	Benzène	68	1,8 (1)	0,5	1	1,5	2,2	7
	n-Décane	68	4,2 (4,8)	0,5	1,4	2,3	5,7	29
	Ethylbenzène	69	1,6 (1,8)	0,3	0,7	1,2	2	14
	n-Hexane	65	1 (1,5)	< LOD	< LOD	< LOD	1	10
	Limonène	69	35,9 (27,4)	3,6	15,1	24,2	59,8	119
	Styrène	69	1,3 (0,9)	0,3	0,8	1,1	1,6	6
	Tétrachloroéthylène	69	0,6 (2,5)	< LOD	< LOD	< LOD	0,3	21
	Toluène	69	5,8 (4,1)	1,6	3,5	4,8	6,6	26
	Trichloroéthylène	55	0,4 (2,5)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOQ	19
	(m+p)-Xylènes	69	4 (4,5)	0,7	1,6	2,7	4,9	32
Chambre	o-Xylène	69	1,7 (1,9)	0,3	0,7	1,2	1,9	14
	1,2,4-Triméthylbenzène	60	2,2 (1,9)	0,2	0,7	1,2	2,3	9
	1,4-Dichlorobenzène	59	0,9 (5)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOQ	39
	1-Méthoxy-2-propanol	61	2,1 (4)	< LOD	< LOQ	0,9	2,2	28
	2-Butoxyéthanol	60	2,2 (2)	< LOQ	0,7	1,5	2,9	9
	alpha-Pinène	67	60,2 (136)	2,0	9,5	23,3	55,6	959
	Benzène	67	1,7 (1)	0,4	1,0	1,4	2,1	7
	n-Décane	66	4,2 (5)	0,4	1,4	2,2	5,0	31
	Ethylbenzène	68	1,6 (1,7)	0,3	0,7	1,2	1,8	13
	n-Hexane	64	1 (1,5)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1,0	11
	Limonène	68	33,8 (29)	3,5	13,1	19,6	54,0	127
	Styrène	68	1,3 (1)	0,3	0,7	1,1	1,6	6
	Tétrachloroéthylène	68	0,7 (3,6)	< LOD	< LOQ	< LOQ	0,3	29
	Toluène	68	5,5 (4,3)	1,4	3,1	4,1	6,4	27
	Trichloroéthylène	54	0,2 (0,8)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOQ	6
Séjour	(m+p)-Xylènes	68	3,8 (4,2)	0,7	1,5	2,6	4,9	29
	o-Xylène	68	1,6 (1,8)	0,3	0,7	1,1	1,9	12
	1,2,4-Triméthylbenzène	58	1,8 (1,8)	0,4	0,8	1,2	2,0	9
	1,4-Dichlorobenzène	53	0,7 (3,6)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOQ	26
	1-Méthoxy-2-propanol	62	1,9 (3,5)	< LOD	< LOQ	0,8	1,7	24
	2-Butoxyéthanol	56	2,4 (2,5)	< LOQ	0,7	1,5	2,6	13
	alpha-Pinène	68	53,7 (111,4)	2,1	10,4	21,3	52,9	728
	Benzène	67	1,8 (1,1)	0,4	1,1	1,6	2,3	6
	n-Décane	67	4,3 (4,7)	< LOQ	1,3	2,5	6,8	28
	Ethylbenzène	69	1,6 (1,9)	0,3	0,7	1,2	2,1	15
	n-Hexane	62	1 (1,6)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1,0	9
	Limonène	68	37,3 (27,8)	3,6	16,5	25,1	52,6	113
	Styrène	69	1,4 (0,9)	0,3	0,8	1,2	1,8	6
	Tétrachloroéthylène	60	0,5 (1,7)	< LOD	< LOD	< LOD	0,3	12
	Toluène	68	6,1 (4,2)	1,7	3,6	5,5	7,1	25
	Trichloroéthylène	53	0,7 (4,3)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOQ	31
	(m+p)-Xylènes	69	4,2 (4,8)	0,7	1,6	2,7	4,7	34
	o-Xylène	69	1,7 (2,1)	0,3	0,8	1,2	1,8	15

Annexe 4 : Résultats de QAI dans un immeuble de bureaux à Lyon

	Concentration en µg/m3						
Type de prélèvement	Passif			Actif			
Nom d'échantillon	Benzène	Formol	NO2	Formol	COVT	PM2.5	PM10
R+1 bâtiment Sud côté Est	1,58	33,66	8,62	15,97	373,75	12,93	36,77
Réplicat	1,61	33,66	10,78				
Point extérieur (R+2 Sud Est)	1,40		28,62			12,65	40,84
R+2 bâtiment Nord façade Nord	1,25	34,66	7,76				
R+5 bâtiment Nord façade Nord	1,03	38,94	10,89				

	Concentration en µg/m3					
Type de prélèvement	Passif					
Nom d'échantillon	Toluène	Tétrachloro éthylène	m,p xylène	o xylène	Styrène	Acétal déhyde
R+1 bâtiment Sud côté Est	12,16	2,52	27,42	14,52	1,98	29,98
Réplicat	11,41	2,02	21,55	11,5	1,62	29,98
Point extérieur (R+2 Sud Est)	9,09	0,37	5,27	2,15	0,43	
R+2 bâtiment Nord façade Nord	11,57	1,00	15,08	10,35	0,91	19,97
R+5 bâtiment Nord façade Nord	31,08	0,86	24,25	13,58	1,03	24,78

	Concentration en µg/m3				
Type de prélèvement	Passif				
Nom d'échantillon	1,4 dichloro benzène	Ethylbenzène	1,2,4 triméthyl benzène	2- Butoxy éthanol	Alpha pinène
R+1 bâtiment Sud côté Est	0,41	8,98	3,26	<0,77	209,47
Réplicat	0,35	7,24	2,41	<0,51	75,64
Point extérieur (R+2 Sud Est)	<0,33	1,67	0,64	<0,40	2,56
R+2 bâtiment Nord façade Nord	<0,34	4,20	2,04	<0,49	217,11
R+5 bâtiment Nord façade Nord	<0,34	6,65	1,63	<0,41	109,20

	Concentration en µg/m3				
Type de prélèvement	Passif				
Nom d'échantillon	Hexanal	Limonène	n-Acétate de butyle	n-Undécane	1-Méthoxy-2-propanol
R+1 bâtiment Sud côté Est	176,89	21,51	88,11	8,06	8,39
Réplicat	185,12	15,12	72,92	5,64	5,88
Point extérieur (R+2 Sud Est)		1,16	5,72	7,14	<0,29
R+2 bâtiment Nord façade Nord	88,95	32,54	53,53	7,71	3,19
R+5 bâtiment Nord façade Nord	119,92	20,04	82,47	4,47	4,97

Remarque : Ces résultats ne prennent pas en considération les incertitudes d'analyse et de prélèvement.