



RAPPORT d'ETUDE

Mesure de la qualité de l'air intérieur, du confort et des consommations énergétiques dans des bâtiments performants en énergie en région Picardie

Marché n°12230201



Mesure de la qualité de l'air intérieur, du confort et des consommations énergétiques dans des bâtiments performants en énergie en région Picardie

Les auteurs remercient sincèrement les volontaires pour leur participation et le temps accordé.

Rédacteurs :

Emmanuel ESCAT pour Atmo Picardie

Fatiha KAMBOUA, Caroline MARCHAND et David PONTHEUX pour l'INERIS

Liste des autres personnes ayant participé à l'étude :

Atmo Picardie

Thomas CARPENTIER

Céline PIQUET

Benoît ROCQ

INERIS

Marc DURIF

Fabrice GODEFROY

PREAMBULE

RESPONSABILITE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS et à Atmo Picardie, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur. Les responsabilités respectives de l'INERIS et d'Atmo Picardie ne pourront être engagées si les informations qui leur ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés dans ce rapport, dans le cadre de la prestation qui a été confiées à l'INERIS et à Atmo Picardie, peuvent aider à la prise de décision. Ces derniers n'interviennent pas dans la prise de décision proprement dite. Leur responsabilité ne peut donc se substituer à celle du décideur.




Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS et Atmo Picardie dégagent toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

AVERTISSEMENT

Ce rapport d'étude ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans autorisation écrite préalable de l'un des auteurs. Toute utilisation de ce rapport et de ses données doit faire référence à l'INERIS et à Atmo Picardie dans les termes suivants "**Source INERIS et Atmo Picardie, Rapport d'étude : Mesure de la qualité de l'air intérieur, du confort et des consommations d'énergie dans des bâtiments performants en énergie en région Picardie. Référence INERIS_DRC-14-133944-06464B / Atmo Picardie_FVEN001-2-2012/08/R/Version du 20 mars 2015**"

Pour
l'INERIS,

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Caroline MARCHAND	Marc DURIF	Nicolas ALSAC
Qualité	Ingénieur à l'Unité « Milieux » Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité « Milieux » Direction des Risques Chroniques	Responsable de Pôle « Caractérisation de l'Environnement » Direction des Risques Chroniques
Visa			

Pour
Atmo-
Picardie,


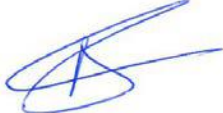
	Rédaction	Approbation
NOM	Emmanuel ESCAT	Benoit ROCQ
Qualité	Responsable des Etudes	Directeur
Visa		

TABLE DES MATIÈRES

1. RESUME.....	7
2. INTRODUCTION / CONTEXTE.....	11
3. METHODOLOGIE.....	13
3.1 Répartition des tâches.....	13
3.2 Phasage des investigations.....	14
3.3 Moyens métrologiques mis en œuvre.....	17
3.3.1 Mesures directes.....	17
3.3.2 Mesures indirectes : prélèvements et analyses.....	18
3.3.2.1 COV.....	18
3.3.2.2 aldéhydes.....	19
3.3.2.3 Dioxyde d'azote.....	19
3.3.2.4 PM _{2,5}	19
3.3.2.5 Radon.....	19
3.3.2.6 Moisissures.....	20
3.3.3 Mesures optionnelles.....	20
3.3.3.1 Particules.....	20
3.3.3.2 HAP.....	20
3.3.3.3 Phtalates.....	21
3.4 Stratégie de mesure.....	22
3.4.1 Dimensionnement des points de mesure.....	22
3.4.2 Stratégies d'échantillonnages par typologie de site.....	23
3.4.2.1 Logement.....	24
3.4.2.2 Foyer d'accueil médicalisé et internat.....	24
3.4.2.3 Établissement à usage d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance.....	24
3.4.2.4 Bureau.....	25
3.4.2.5 Mesures optionnelles.....	25
3.5 Etudes thermiques - visites des sites.....	26
3.5.1 Objectif des visites.....	26
3.5.2 Méthodologie de conduite des études.....	26
3.6 Questionnaires et utilisation.....	27
3.6.1 Logement, foyer d'accueil médicalisé et internat.....	27
3.6.2 Bureau.....	28
3.6.3 Etablissement à usage d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance.....	29
3.6.4 Objectifs d'exploitation des questionnaires.....	29
4. DIFFICULTES ET LIMITES DE L'ETUDE.....	31
4.1 Accueil des équipes.....	31
4.2 Mesures.....	31
4.2.1 Particules mesurées par microvol.....	31
4.2.2 Température opérative.....	32
4.2.3 Coupures d'alimentation électrique.....	32
4.2.4 Perte de matériels.....	32

4.2.5	Moisissures.....	33
4.2.5.1	Moisissures visibles	33
4.2.5.2	Indice de contamination fongique.....	33
4.2.6	Calcul de l'indice de confinement.....	33
4.3	Questionnaires	33
4.4	Étude thermique des différents bâtiments.....	35
5.	SYNTHESE DES ETUDES THERMIQUES ET DES VISITES DE SITES.....	37
5.1	Bâti.....	40
5.2	Étanchéité du bâtiment.....	40
5.3	Chauffage.....	40
5.4	Ventilation	40
5.5	Comptages énergétiques	42
5.6	Bilan	43
6.	RESULTATS DE MESURE.....	45
6.1	Critères de validation.....	45
6.1.1	Tubes à diffusion (COV, aldéhydes, NO ₂).....	45
6.1.2	Particules (mesures gravimétriques).....	46
6.1.3	HAP.....	46
6.1.4	Phtalates	46
6.2	Expression des résultats	46
6.3	Valeurs de référence pour le positionnement des résultats.....	47
6.4	Confort thermique.....	49
6.5	Confinement de l'air.....	50
6.6	Pollution chimique	51
6.6.1	Bilan macroscopique	51
6.6.2	Classement des COV	52
6.6.3	Polluants chimiques non retenus	52
6.6.4	Polluants chimiques retenus	54
6.6.4.1	Formaldéhyde.....	54
6.6.4.2	Acétaldéhyde.....	56
6.6.4.3	Hexanal	57
6.6.4.4	Ethylbenzène.....	58
6.6.4.5	m+p - xylènes	59
6.6.4.6	o-xylène	60
6.6.4.7	Styrène	61
6.6.4.8	Limonène.....	62
6.6.4.9	Pinène	63
6.6.4.10	Décane	64
6.6.4.11	1-méthoxy-2-propanol.....	65
6.7	Pollution physique	66
6.7.1	PM.....	66
6.7.2	Radon.....	68
6.8	Pollution microbiologique.....	68
6.8.1	Moisissures visibles	68

6.8.2 Indice de contamination fongique (ICF)	69
7. CROISEMENT DES DONNEES QUALITATIVES ET QUANTITATIVES	71
7.1 Identification de critères qualitatifs pertinents	71
7.2 Recherche de corrélation entre QAI et performance thermique des bâtiments	72
7.2.1 Analyse des critères qualitatifs.....	72
7.2.2 Bilan de l'analyse.....	76
7.3 Synthèse et recommandations :	78
8. CONCLUSION	81
9. PERSPECTIVES	85
10. BIBLIOGRAPHIE	87
11. LISTE DES ANNEXES.....	89

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Mesures des débits de ventilation (Internat de Ham)	17
Figure 2 : Illustration de certains appareils de mesure mis en œuvre	18
Figure 3 : Dispositif particules	20
Figure 4 : Dispositif phtalates (Eiffage)	21
Figure 5 : Tubes passifs aldéhydes, COV et NO2 posés en doublon (Géodomia).....	45
Figure 6 : Diagramme de confort [ARENE-ADEME PACA (2002)].....	49
Figure 7 : Boîte à moustaches pour l'indice de confinement	50
Figure 8 : Boîte à moustaches du formaldéhyde.....	55
Figure 9 : Boîte à moustaches de l'acétaldéhyde	56
Figure 10 : Boîte à moustaches de l'hexanal	57
Figure 11 : Boîte à moustaches de l'éthylbenzène	58
Figure 12 : Boîte à moustaches des m+p xylènes	59
Figure 13 : Boîte à moustaches de l'o-xylène	60
Figure 14 : Boîte à moustaches du styrène.....	61
Figure 15 : Boîte à moustaches du limonène.....	62
Figure 16 : Boîte à moustaches du pinène.....	63
Figure 17 : Boîte à moustaches du décane.....	64
Figure 18 : Boîte à moustaches du 1-méthoxy-2-propanol.....	65
Figure 19 : Boîte à moustaches des PM2.5	66
Figure 20 : Boîte à moustaches des PM10	66
Figure 21 : Boîte à moustaches du radon	68
Figure 22 : Moisissures constatées à Géodomia	68
Figure 23 : Suivi dynamique des concentrations en particules (indicateurs optiques) dans la pièce de vie des grands de la crèche (Icône associé = 1).....	74
Tableau 1 : Répartition des sites à investiguer entre Atmo Picardie et l'INERIS.....	13
Tableau 2 : Phasage des investigations selon les substances/informations visées	14
Tableau 3 : Planning des campagnes de mesure (hors radon)	15
Tableau 4 : Planning des campagnes de mesure pour le radon.....	16
Tableau 5 : COV analysés.....	18
Tableau 6 : Limites de quantification des aldéhydes	19
Tableau 7 : Limites de quantification des phtalates	21
Tableau 8 : Dimensionnement des points de mesure par site.....	22
Tableau 9 : Questionnaires « Ecoles/Crèche ».....	34
Tableau 10 : Questionnaires « logements ».....	34
Tableau 11 : Questionnaires « bureaux »	34
Tableau 12 : Synthèse des études thermiques.....	37
Tableau 13 : Synthèse des caractéristiques des bâtiments.....	39
Tableau 14 : Synthèse des débits mesurés	41
Tableau 15 : Synthèse des consommations énergétiques	42
Tableau 16 : Valeurs de référence pour le positionnement des résultats	48
Tableau 17 : Classement des COV, tous sites confondus.....	52
Tableau 18 : Indices de contamination fongique calculés par pièce.....	69
Tableau 19 : Recommandations en fonction des substances issues de l'analyse des données par boîtes à moustache	78
Tableau 20 : Recommandations en fonction des substances issues de l'analyse globale des données	79

1. RESUME

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) et le Conseil régional de Picardie ont souhaité lancer une étude à l'échelle de la région afin de mieux appréhender les interactions entre la qualité de l'air intérieur, le confort et les consommations énergétiques dans divers bâtiments intégrés au Programme national de Recherche et d'expérimentation sur l'Énergie dans les bâtiments (PREBAT) ou inscrits dans la démarche Haute Qualité Environnementale (HQE), neufs ou réhabilités.

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la qualité de l'air intérieur de ces bâtiments et d'évaluer la possibilité d'intégrer à terme des critères sélectifs spécifiques à la préservation de la qualité de l'air dans les futurs appels à projets PREBAT.

Dans ce contexte, Atmo Picardie et l'INERIS se sont regroupés pour investiguer dix-neuf sites de la région Picardie, couvrant différentes configurations en termes de typologies d'objectifs de performances énergétiques :

- ✓ 7 types de bâtiment différents : regroupement scolaire (1), crèche (1), école primaire (4), internat (2), maisons individuelles (7 dont 2 logements sociaux (2 maisons)), bureaux (3 immeubles), foyer médicalisé (1) ;
- ✓ 4 objectifs de performances énergétiques différents : RT 2005 (2), BBC 2005 (7), THPE 2005 (2) et label Passivhaus (3). Pour 5 sites, l'objectif précis de performances énergétiques visé n'était pas connu, du fait de l'absence de note de calcul thermique (2) ou de l'absence des données utiles dans la note.

Le protocole d'investigations mis en œuvre dans le cadre de cette étude était conforme aux dispositions du cahier des charges relatives au marché financé par l'ADEME et le Conseil régional de Picardie. Ce dernier était basé sur le protocole national élaboré par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), dans le cadre de son programme sur l'air intérieur et le confort dans les bâtiments performants en énergie (BPE).

Sur le plan des performances thermiques (cohérence entre objectifs initiaux et réels du projet), dix sites, sur les dix-neuf étudiés, ont été évalués globalement conformes à leur note de calcul / synthèse thermique associée dont six (les 3 immeubles de bureaux (BBC et RT 2005) et 3 maisons individuelles (les 2 Passivhaus et BBC 2005) hors logement social) ne faisaient l'objet d'aucune observation ou non-conformité sur le bâti, le chauffage et la ventilation. Quatre bâtiments ou logements répondaient aux objectifs de performances thermiques prévus mais présentaient un déficit léger sur la ventilation (comparaison aux débits fixés dans les documents techniques mis à disposition et non à la réglementation).

Quatre autres sites ont en revanche été jugés non conformes. Il s'agissait d'établissements scolaires (THPE, BBC 2005 et RT 2005).

Pour les 5 sites restants, cette évaluation de conformité n'a pu être réalisée, les données d'entrée étant manquantes.

Sur le plan de la qualité de l'air intérieur, les concentrations mesurées sur l'ensemble des phases estivales et hivernales sont globalement satisfaisantes aux vues des valeurs de référence (valeurs guides de gestion ou sanitaires) disponibles pour interpréter les résultats.

Quelques situations méritent toutefois d'être relevées pour certains composés :

- ✓ PM_{10} : 3 pièces, réparties sur des sites différents (2 écoles et une crèche), présentaient des concentrations supérieures à la valeur d'action rapide ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) du HCSP. Pour deux pièces, ce dépassement a été observé aux deux saisons. Les fortes teneurs mesurées semblent liées à la forte densité d'occupation de ces locaux, comme le suggèrent les suivis dynamiques des concentrations réalisés ainsi que les données de la littérature.
- ✓ $PM_{2.5}$: 4 pièces, réparties sur des sites différents (3 écoles et un logement), présentaient des concentrations supérieures à la valeur d'action rapide ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) du HCSP, mais uniquement pour la saison hivernale ;
- ✓ benzène : quelques dépassements de la valeur repère ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) ont pu être observés mais uniquement lors de la saison hivernale. Aucun dépassement de la valeur d'action rapide ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a été observé.

La comparaison des résultats de cette étude avec les données disponibles de la campagne nationale logement (CNL) de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) ne montre pas une situation dégradée de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments étudiés et ce malgré plusieurs défauts de fonctionnement des systèmes de ventilation qui ont pu être constatés lors des visites de site. Les seules situations où les concentrations mesurées dans notre étude sont supérieures aux données issues de la CNL de l'OQAI sont les suivantes :

- ✓ hexanal : la médiane et le percentile 75 de notre étude sont supérieurs à ceux des données de la CNL de l'OQAI. Il n'existe pas de valeurs guides (de gestion ou sanitaires) françaises ou européennes pour interpréter ces résultats ;
- ✓ 1-méthoxy2propanol : le percentile 95 de notre étude est supérieur à celui des données de la CNL de l'OQAI. Cependant, il n'existe pas de valeurs guides (de gestion ou sanitaires) françaises ou européennes pour interpréter ces résultats ;
- ✓ styrène : les percentiles 75 et 95 de notre étude sont supérieurs à ceux des données de la CNL de l'OQAI mais l'ensemble des concentrations reste inférieur à la valeur guide issue du projet INDEX ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et reconnue à l'échelle européenne.

En termes de prépondérance des niveaux de concentration, le limonène, le pinène et l'hexanal sont les COV présents en plus forte quantité au cours de cette étude. Pour le limonène et le pinène, certaines concentrations étaient d'ailleurs supérieures aux concentrations maximales mesurées dans l'étude HOME'AIR portant sur 6 maisons BBC de la région Centre.

Les indices de confinement calculés pour les différents bâtiments, basés sur des mesures de CO_2 en condition d'occupation des locaux, **n'ont pas mis en évidence de situations particulières** (sauf de façon très ponctuelle) **pour ce type de construction**. En effet, la médiane de l'ensemble des indices de confinement était égale à 1 (confinement faible), toute saison confondue.

Les mesures ayant été réalisées, après la livraison des bâtiments, dans un délai maximum de 5 ans (< 2 ans pour plus de la moitié d'entre eux), **ce bilan sera à confirmer dans le temps, car les défauts de ventilation constatés pourraient, à terme, conduire à une dégradation de la qualité de l'air intérieur.**

En complément, **des études plus spécifiques** sur les établissements déjà investigués pourraient également être menées **afin d'approfondir les processus conduisant aux niveaux de concentration observés**, comme pour les particules ou les contaminations fongiques. Concernant les concentrations plus élevées en aldéhydes ainsi qu'en pinène et limonène dans les bâtiments en ossature bois, il pourrait être intéressant de travailler sur un échantillon spécifique de bâtiments performants en énergie de cette typologie constructive, présentant des caractéristiques variables (traitement de l'ossature bois, âge du bâtiment, essence de l'ossature, ...) afin d'identifier si les concentrations mesurées sont plus spécifiquement liées à l'une ou l'autre de ces dernières.

Cette étude aura également permis de dégager plusieurs enseignements qui pourraient conduire à des actions concrètes. Tout d'abord, étant donné l'aspect lacunaire des documents techniques relatifs au bâti qui ont pu être consultés, il conviendrait d'**imposer des exigences sur leur contenu détaillé**. En effet, dans plusieurs cas, des notes de calcul trop synthétiques et l'impossibilité de pouvoir consulter les dossiers des ouvrages exécutés (DOE) n'ont pas permis d'évaluer la conformité globale du bâtiment par rapport à ce qui avait été prévu par les concepteurs.

De plus, étant donné les défauts de ventilation constatés (principalement dans les écoles), il conviendrait d'**imposer des mesures des débits de ventilation à la réception du bâtiment**. Cela permettrait de pointer des problèmes d'équilibrage du système de ventilation, des situations de sous-ventilation et ainsi des problèmes d'installation du système. Pour rappel, les défauts identifiés sont en lien avec ce qui a été défini dans les documents techniques (note de calcul, DOE, ...) associés au bâtiment, en conformité avec l'objectif de cette étude de comparer les performances effectives du bâtiment par rapport à celles visées en théorie et non de contrôler une conformité par rapport à la réglementation en vigueur.

Par ailleurs, il semble très important d'**accompagner les occupants dans l'appropriation du fonctionnement des installations de leur site**. Ainsi, il est ressorti de cette étude que les propriétaires de maisons individuelles ou les entreprises (lorsqu'elles ont agi pour leur propre compte) rencontrés étaient dans une démarche volontaire et ont réalisé un suivi tout au long de l'opération, avec *in fine*, une exploitation maîtrisée du bâtiment.

En revanche, dans les établissements d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance, la démarche volontaire semble avoir été absente, le suivi de l'opération partiel, conduisant à une exploitation non maîtrisée des sites. D'ailleurs, aucun établissement d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance n'a été évalué globalement conforme à sa note de calcul thermique, soit par manque de données d'entrées soit par non-conformité effective. Par ailleurs, nous pouvons nous demander, au regard de la nature de certains écarts constatés, si les utilisateurs, qu'ils soient instituteurs ou personnels de garde d'enfants, ont été impliqués dans les projets ou informés sur le fonctionnement des installations. Ainsi, **une formation des occupants** pourrait permettre, dans certains cas, d'identifier des défauts de fonctionnement à réception mais également sur le long terme.

Enfin, le croisement des données qualitatives collectées dans les questionnaires avec les résultats de concentration ont permis de mettre en avant des **recommandations sur la structure du bâtiment, ses équipements ou le comportement des occupants**, en vue de maintenir une bonne qualité d'air intérieur : **vigilance sur les émissions liées aux ossatures bois, positionnement des prises d'air neuf** à faire en fonction de la localisation des sources extérieures (parc de stationnement notamment), **aération régulière des pièces** et notamment lors des activités, **privilégier le nettoyage humide** (balayage notamment) des surfaces, en cas d'utilisation d'un **appareil à combustion au bois dans le volume habité**, **attention** particulière à porter **à l'étanchéité du système et à ses conditions d'utilisation** (risque de refoulement, entretien régulier, ...), ... **Ces critères ne sont pas spécifiques à des constructions dites performantes en énergie**, ces derniers étant pour la plupart déjà identifiés dans la littérature, ce qui est d'ailleurs cohérent avec le constat fait que les concentrations mesurées dans cette étude sont en accord avec ce qui a pu être mesuré dans des campagnes de mesure à l'échelle nationale sur des parcs de bâtiments non performants en énergie.

Il convient de rappeler que l'échantillon traité dans cette étude reste restreint en termes de puissance statistique (19 sites parmi lesquels de nombreuses typologies différentes) et s'inscrit dans un programme national sur les bâtiments performants en énergie, piloté par l'OQAI. Il conviendra donc de confronter et d'actualiser les enseignements de cette étude régionale avec les résultats issus de l'exploitation des données à l'échelle nationale.

2. INTRODUCTION / CONTEXTE

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) et le Conseil régional de Picardie ont souhaité lancer une étude à l'échelle de la région afin de mieux appréhender les interférences entre la qualité de l'air intérieur, le confort et les consommations énergétiques dans divers bâtiments intégrés au Programme national de Recherche et d'expérimentation sur l'Énergie dans les bâtiments (PREBAT) ou inscrits dans la démarche Haute Qualité Environnementale (HQE), neufs ou réhabilités.

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la qualité de l'air intérieur de ces bâtiments et d'évaluer la possibilité d'intégrer à terme des critères sélectifs spécifiques à la préservation de la qualité de l'air dans les futurs appels à projets PREBAT.

Le protocole d'investigations mis en œuvre dans le cadre de cette étude est conforme aux dispositions du cahier des charges relatives au marché financé par l'ADEME et le Conseil régional de Picardie. Ce dernier était basé sur le protocole national élaboré par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), dans le cadre de son programme sur l'air intérieur et le confort dans les bâtiments performants en énergie (BPE).

Il concerne la mesure des concentrations dans l'air intérieur d'un nombre important de polluants (issus des matériaux de construction, indicateurs du fonctionnement des systèmes de chauffage et de ventilation), ainsi que celle des paramètres de confort et de ventilation (humidité relative, débit effectif d'extraction d'air, ...) qui ont des répercussions directes sur la présence de ces polluants dans l'air des locaux. Il comprend également la collecte de données qualitatives sur le bâtiment, son fonctionnement et son usage.

L'ensemble des données collectées dans le cadre de cette étude en région Picardie ont vocation à venir renseigner la base de référence mise en place par l'OQAI dans le cadre son programme BPE afin de conduire une exploitation nationale des données issues des investigations qui auront pu être menées localement sur l'ensemble du territoire.

Dix-neuf bâtiments de toutes typologies (habitation, enseignement et accueil de la petite enfance, bureaux, hébergement de santé), neufs ou réhabilités, ont été ciblés.

3. METHODOLOGIE

La méthodologie mise en œuvre s'est attachée à respecter, autant que faire se peut, le protocole national du programme sur les BPE de l'OQAI [OQAI (2013a et b)], appelé dans la suite de ce document « protocole OQAI BPE », certaines exigences pouvant parfois être quelques peu différentes de celles du cahier des charges du marché.

Il a toutefois été convenu entre Atmo Picardie, l'INERIS, le Conseil Régional de Picardie, l'ADEME et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), opérateur de l'OQAI pour ce programme, que les dispositions du cahier des charges relatives à ce marché prévalaient sur le respect du protocole national.

3.1 REPARTITION DES TACHES

Les différentes investigations ont été réparties entre Atmo Picardie et l'INERIS de la manière suivante : Atmo Picardie a eu en charge les investigations dans les lieux d'habitation et bureaux ; l'INERIS a eu en charge les établissements scolaires et d'accueil de la petite enfance et du foyer médicalisé, comme présenté dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Répartition des sites à investiguer entre Atmo Picardie et l'INERIS

INERIS		Atmo PICARDIE	
Regroupement scolaire	MONNEVILLE	Maison individuelle	HEBECOURT
Crèche	BOVES		ST FUSCIEN
Ecole	BOUTTENCOURT		AMIENS
	BRETEUIL		BAVELINCOURT
	MONTDIDIER (Hugo)	AYENCOURT LE MONCHEL	
	MONTDIDIER(Le Prieuré)		
Internat de lycée	BEAUVAIS (Corot)	Logement social	BAILLEUL SUR THERAIN n°1
Foyer médicalisé	MONCHY SAINT ELOI		BAILLEUL SUR THERAIN n°4
		Bureau	BEAUVAIS (Opac Oise)
			AMIENS (Eiffage)
			MERLIEUX ET FOUQUEROLLE (Geodomia)
		Internat de lycée	HAM

Pour chaque site, chaque organisme a eu la responsabilité de la réalisation de l'étude, de la visite de site pour préparer la campagne de mesures jusqu'à l'exploitation des données obtenues.

L'ensemble des mesures a été réalisé selon la même méthodologie (moyens métrologiques, stratégie d'échantillonnage, exploitation des données), quel que soit l'organisme intervenant.

Concernant les analyses, tous les échantillons relatifs à une ou des familles de composés ont été traités par la même entité. Certaines analyses ont été faites en propre et d'autres par un prestataire ou un organisme externe au consortium (Atmo/Picardie).

3.2 PHASAGE DES INVESTIGATIONS

Les différentes phases d'investigation pour chaque établissement ont été réalisées conformément à la demande du cahier des charges établi par l'ADEME et le Conseil régional de Picardie, dont le détail est indiqué dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Phasage des investigations selon les substances/informations visées

Phase	Données descriptives						
	Bâtiment Occupants	Usage et perception			Accompagnement de la mesure		
Initiale (t ₀)	x	-			-		
t ₀ +6 mois	x	x			x		
t ₀ +12 mois	x	x			x		
Phase	Mesures						
	Debit/Pression	CO ₂	COV/ALD/NO ₂ /Radon/ microbiologie	PM	Niveau sonore	Eclairage	T / HR
Initiale (t ₀)	-	-	-	-	-	-	-
t ₀ +6 mois	x	x	x	X	x	x	x
t ₀ +12mois	x	x	x	X	x	x	x

La phase initiale, t₀, en dehors de la collecte des données descriptives relatives au bâtiment, ses systèmes, son occupation, a permis de réunir l'ensemble des informations nécessaires à l'application des différentes stratégies d'échantillonnage à respecter.

Les phases t_{0+6mois} et t_{0+12mois} sont également appelées t₁ et t₂ dans la suite de ce document.

Des visites de sites, en vue de l'étude thermique des bâtiments, ont également été réalisées lors de l'une des phases t₀, t₁ ou t₂, selon la disponibilité du personnel intervenant.

Selon le protocole OQAI BPE, la phase estivale devait être réalisée entre le 15 mai et le 15 septembre et la phase hivernale entre le 1^{er} novembre et le 28 février, ces deux phases devant être séparées par une période de 6 mois ± 1 mois. Etant donné les contraintes temporelles de notre étude par rapport au nombre de sites à étudier, certaines adaptations ont dû être faites en accord avec le CSTB et l'ADEME nationale, associés au pilotage. Ainsi, plusieurs sites ont eu des délais inférieurs à 5 mois entre les phases t₁ et t₂. Par ailleurs, la phase estivale a été étendue jusqu'au 30 septembre et la phase hivernale jusqu'au 10 mars.

Le planning détaillé de réalisation des campagnes de mesure (hors radon) est donné ci-après.

Tableau 3 : Planning des campagnes de mesure (hors radon)

		t1 (phase été)		t2 (phase hiver)		Délai entre t1 et t2 (en mois)
		Date de début	Date de fin	Date de début	Date de fin	
Regroupement scolaire	MONNEVILLE	03/06/2013	07/06/2013	25/11/2013	29/11/2013	06
Crèche	BOVES	24/06/2013	28/06/2013	02/12/2013	06/12/2013	05
Ecole	BOUTTENCOURT	16/09/2013	20/09/2013	27/01/2014	31/01/2014	04
	BRETEUIL	09/09/2013	13/09/2013	20/01/2014	24/01/2014	04
	MONTDIDIER (Hugo)	10/06/2013	14/06/2013	09/12/2013	13/12/2013	06
	MONTDIDIER (Le Prieuré)	17/06/2013	21/06/2013	16/12/2013	20/12/2013	06
Internat de lycée	BEAUVAIS (Corot)	23/09/2013	30/09/2013	12/02/2014	19/02/2014	05
Foyer médicalisé	MONCHY SAINT ELOI	01/07/2013	08/07/2013	03/02/2014	10/02/2014	07
Maison individuelle	HEBECOURT	03/06/2013	10/06/2013	06/01/2014	13/01/2014	07
	ST FUSCIEN	24/06/2013	01/07/2013	28/11/2013	05/12/2013	05
	AMIENS	19/07/2013	26/07/2013	21/02/2014	28/02/2014	07
	BAVELINCOURT	16/09/2013	23/09/2013	23/01/2014	30/01/2014	04
	AYENCOURT LE MONCHEL	16/07/2013	23/07/2013	10/01/2014	17/01/2014	06
Logement social	BAILLEUL SUR THERAIN n°1	08/07/2013	15/07/2013	20/11/2013	27/11/2013	04
	BAILLEUL SUR THERAIN n°4	08/07/2013	15/07/2013	20/11/2013	27/11/2013	04
Bureau	BEAUVAIS (Opac Oise)	02/09/2013	06/09/2013	03/02/2014	07/02/2014	05
	MERLIEUX ET FOUQUEROLLE (Geodomia)	17/06/2013	21/06/2013	09/12/2013	13/12/2013	06
	AMIENS (Eiffage)	10/06/2013	14/06/2013	06/01/2014	10/01/2014	07
Internat de lycée	HAM	09/09/2013	16/09/2013	15/01/2014	22/01/2014	04

Suite à un problème de pollution lors de l'analyse d'une série d'échantillons pour les COV, des prélèvements ont été renouvelés pour ces substances entre le 3 et le 10 mars 2014 pour les sites d'Ayencourt Le Monchel (maison individuelle) et de Bailleul sur Thérain (deux logements sociaux).

Les mesures de radon, quant à elles, ont été réalisées sur une période de 2 mois uniquement en période hivernale. Les périodes de mesure pour les différents sites sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Planning des campagnes de mesure pour le radon

		Date d'installation	Date de récupération
Regroupement scolaire	MONNEVILLE	25/11/2013	27/01/2014
Crèche	BOVES	02/12/2013	03/02/2014
Ecole	BOUTTENCOURT	27/01/2014	27/03/2014
	BRETEUIL	20/01/2014	20/03/2014
	MONTDIDIER (Hugo)	09/12/2013	10/02/2014
	MONTDIDIER (Le Prieuré)	16/12/2013	17/02/2014
Internat de lycée Corot	BEAUVAIS	12/02/2014	13/04/2014
Foyer médicalisé	MONCHY SAINT ELOI	03/02/2014	03/04/2014
Maison individuelle	ST FUSCIEN	28/11/2013	28/01/2014
	BAVELINCOURT	10/12/2013	11/02/2014
	AYENCOURT LE MONCHEL	06/12/2013	07/02/2014
	HEBECOURT	09/12/2013	10/02/2014
	AMIENS	09/12/2013	08/02/2014
Logement social	BAILLEUL SUR THERAIN n°4	27/11/2013	27/01/2014
	BAILLEUL SUR THERAIN n°1	27/11/2013	27/01/2014
Internat de lycée	HAM	09/12/2013	11/02/2014
Bureau	MERLIEUX ET FOUQUEROLLE (Geodomia)	09/12/2013	07/02/2014
	AMIENS (Eiffage)	10/12/2013	10/02/2014
	OPAC (bureaux 1, 3 et 4)	20/12/2013	20/02/2014
	OPAC (bureau 5)	07/01/2014	05/03/2014

3.3 MOYENS METROLOGIQUES MIS EN ŒUVRE

Les matériels mis en œuvre par Atmo Picardie et l'INERIS étaient identiques, afin d'assurer une harmonisation des moyens déployés. L'ensemble de ces matériels ont fait l'objet de contrôles qualité métrologiques avant et après chaque campagne de mesure.

L'ensemble du matériel décrit ci-après a été mis en œuvre pour investiguer l'ensemble des sites.

3.3.1 MESURES DIRECTES

Les mesures de débits aux bouches de soufflage et d'extraction ont été réalisées au moyen d'un Q-Trak muni d'une sonde anémométrique et d'un cône de débit. Les mesures de pression ont également été réalisées à l'aide d'un Q-Trak.



Figure 1 : Mesures des débits de ventilation (Internat de Ham)

Le Q-Trak a permis de mesurer le dioxyde de carbone (CO₂), la température et l'humidité à l'intérieur des pièces. Pour ce dispositif, la mesure du CO₂ est basée sur le principe de l'absorption infrarouge non dispersif (NDIR), celle de la température se fait par thermistance alors que celle de l'humidité relative se fait à l'aide d'un capteur capacitif à film fin. Les données de CO₂ enregistrées ont été utilisées afin de calculer un indice de confinement, permettant de refléter la qualité du renouvellement de l'air dans une pièce pour une occupation donnée.

Les températures et humidités extérieures / intérieures ont été relevées à l'aide de sondes Ebro EBI20. Ce capteur est composé d'une thermistance permettant de relever la température et l'humidité.

Les mesures de températures opératives à l'intérieur des pièces ont été réalisées à l'aide d'un thermomètre à globe noir, couplé à un enregistreur de données. Le thermomètre à globe noir se compose d'une sphère creuse en cuivre de couleur noire mat permettant d'absorber la chaleur rayonnante et d'un capteur de température positionné au centre. Lorsque le dispositif se stabilise (après 15 minutes environ selon la taille de la sphère et les conditions environnementales), les échanges de chaleur par convection et rayonnement sont en équilibre, et la température enregistrée par le capteur se situe quelque part entre la température de l'air et la température radiante. La température opérative ou température de globe noir s'approche des conditions thermiques ressenties par le corps humain.

Les mesures de monoxyde de carbone (CO) ont été réalisées à l'aide d'un détecteur électrochimique Draeger Pac III, conformément aux exigences du cahier des charges du marché.

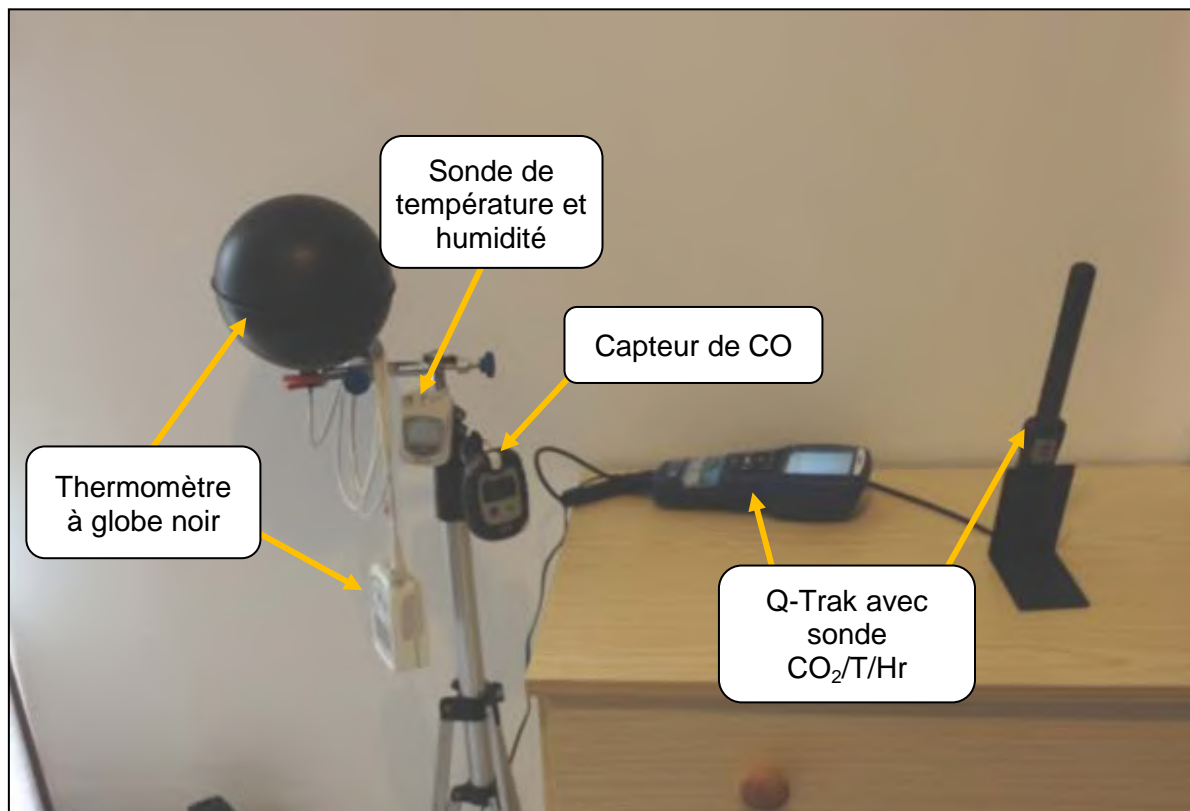


Figure 2 : Illustration de certains appareils de mesure mis en œuvre

3.3.2 MESURES INDIRECTES : PRELEVEMENTS ET ANALYSES

3.3.2.1 COV

Les mesures de COV ont été réalisées à l'aide de tubes à diffusion passive Radiello® (code 145) analysés par thermo-désorption suivie d'une analyse en chromatographie gazeuse couplée à une détection par spectrométrie de masse (GC-MS). L'ensemble des analyses de COV a été réalisé par le laboratoire TERA Environnement. Ce laboratoire est accrédité par le COFRAC pour l'analyse du benzène (portée d'accréditation n°1-5598).

La liste des substances analysées est présentée ci-dessous.

Tableau 5 : COV analysés

Substances analysées	
Benzène	1-méthoxy-2-propanol
Toluène	n-décane
xylène (m+p)	n-hexane
xylène (o)	limonène
ethylbenzène	alpha-pinène
tétrachloroéthylène	styrène

Pour l'ensemble des COV, la limite de quantification de la méthode est de **0,01 µg/m³** pour une semaine de prélèvement.

3.3.2.2 ALDEHYDES

Les mesures d'aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde et hexanal) ont été réalisées à l'aide de tubes à diffusion passive Radiello® (code 165) analysés par chromatographie liquide haute performance (HPLC) couplée à une détection Ultra-Violet (UV). L'ensemble des analyses des aldéhydes a été réalisé par le laboratoire d'Airparif. Ce laboratoire est accrédité par le COFRAC pour l'analyse du formaldéhyde (portée d'accréditation n°1-1278).

La limite de quantification de la méthode, pour chaque aldéhyde, est présentée ci-après.

Tableau 6 : Limites de quantification des aldéhydes

Composé	LQ* en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 7 jours de prélèvement	LQ* en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 4,5 jours de prélèvement
Formaldéhyde	0,03	0,05
Acétaldéhyde	0,04	0,06
Hexanal	1,11	1,72

* : calculée à 20°C

3.3.2.3 DIOXYDE D'AZOTE

Les prélèvements de dioxyde d'azote (NO_2) ont été réalisés à l'aide de tubes à diffusion passive Passam® analysés par spectroscopie UV. Les analyses ont également été réalisées par le laboratoire d'Airparif.

La limite de quantification de la méthode est de :

- **3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** à 20° C et pour une exposition de 7 jours,
- **4,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** à 20° C et pour une exposition de 4,5 jours.

3.3.2.4 $\text{PM}_{2,5}$

Concernant la mesure gravimétrique des $\text{PM}_{2,5}$, ces dernières ont été collectées sur un filtre téflon d'une porosité de 2 μm pré-pesé.

Le prélèvement a été réalisé au moyen d'un Microvol®, à un débit de 3 L/min, avec une tête de coupure $\text{PM}_{2,5}$. Ces préleveurs ont l'avantage d'être relativement silencieux malgré le système de pompage et de permettre une programmation des mesures.

La pesée des filtres a été réalisée par l'INERIS qui dispose d'une salle de pesée, régulée en température et hygrométrie, conçue en conformité avec la norme NF EN 12341, impliquant notamment un contrôle en température et en humidité ainsi qu'une résolution de la balance de 10 μg .

3.3.2.5 RADON

Les mesures de radon ont été réalisées à l'aide de dosimètres distribués par la société Kodalpha qui lui ont été retournés, après échantillonnage pour analyse. Les mesures ont été réalisées en période hivernale, sur une durée de deux mois.

Ces mesures se sont déroulées, pour la plupart des sites, en dehors des campagnes de mesure sur site. De ce fait, un appui technique de la part des personnes référentes au sein des bâtiments étudiés a été demandé, notamment pour la transmission des capteurs pour analyse au laboratoire Kodalpha, à la fin des deux mois d'exposition.

3.3.2.6 MOISSURES

Moissures visibles

En cas de constat de présence de moisissures, des photos ont été prises et deux prélèvements par « Scotch-test » et écouvillons ont été effectués sur la zone concernée. Les échantillons ont été analysés par le laboratoire de mycologie du CHU-SUD d'Amiens.

Moissures non visibles

La détermination d'un indice de contamination fongique a été réalisée par le CSTB, à partir de l'exploitation des chromatogrammes des prélèvements pour les COV fournis par TERA Environnement.

3.3.3 MESURES OPTIONNELLES

3.3.3.1 PARTICULES

Des mesures gravimétriques des PM_{10} ont été réalisées selon la même méthodologie que pour les $PM_{2.5}$.

Par ailleurs, un comptage des particules a été réalisé au moyen d'un indicateur optique portable Grimm® (modèle 1.108). Ce dernier permet de couvrir une gamme de diamètre de particules de $0,3 \mu m$ à $20 \mu m$. La résolution de la mesure est de $1 \mu g/m^3$ et ce dispositif dispose d'un système d'enregistrement des données d'une capacité suffisante pour couvrir une semaine d'échantillonnage sur un pas de temps de 10 minutes. Ce modèle de compteur optique a été privilégié car lors d'une étude menée par l'INERIS, dans le cadre de ses missions pour le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), le Grimm® a montré les meilleures performances métrologiques par rapport à une mesure par TEOM-FDMS, méthode équivalente à la mesure gravimétrique [LCSQA-INERIS 2008].

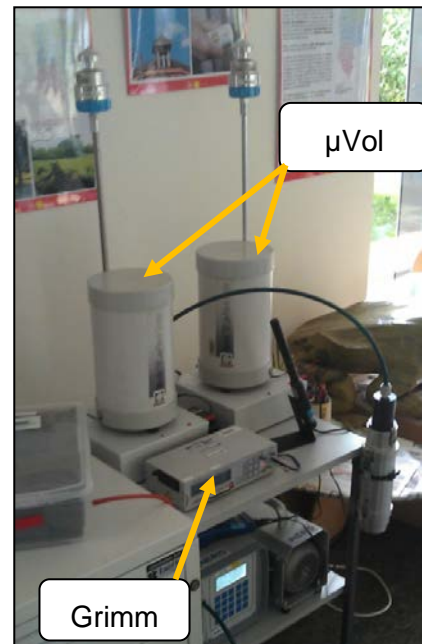


Figure 3 : Dispositif particules

3.3.3.2 HAP

Les mesures d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été réalisées par prélèvement actif, sur filtre en fibre de quartz suivi d'un tube de résine XAD2, à l'aide d'une pompe fonctionnant à un débit de 2 L/min. Pour chaque prélèvement, les fractions extraites (par solvant aux ultra-sons) des filtres et des tubes seront réunies avant analyse par HPLC couplée à une détection par fluorimétrie. Les HAP ciblés sont au nombre de 15 : le naphthalène, l'acénaphthène, le fluorène, le phénanthrène, l'anthracène, le fluoranthène, le pyrène, le benzo(a)anthracène, le chrysène, le benzo(b/j)fluoranthène, le benzo(k/j)fluoranthène, le benzo(a)pyrène, le dibenzo(a,h)anthracène, le benzo(ghi)pérylène et l'indeno(1,2,3-cd)pyrène.

Les analyses ont été réalisées par les laboratoires de l'INERIS.

La limite de quantification de la méthode est de $10,4 \text{ ng}/m^3$ pour chaque composé.

3.3.3.3 PHTALATES



Figure 4 : Dispositif phtalates (Eiffage)

Concernant les phtalates, 8 composés ont été étudiés :

- ✓ le BBP (butylbenzylphtalate),
- ✓ le DBP (dibutylphtalate),
- ✓ le DHEP (bis(2-ethylhexyl)phtalate),
- ✓ le DEP (di-ethylphtalate),
- ✓ le DiBP (di-isobutylphtalate),
- ✓ le DiNP (di-isononylphtalate),
- ✓ le DMEP (dimethylphtalate),
- ✓ le DMP (dimethylphtalate).

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un préleveur MCZ®, fonctionnant à un débit de 10 L/min, sur filtre quartz suivi d'une mousse polyuréthane.

Pour chaque prélèvement, les fractions extraites des filtres et des mousses ont été réunies avant analyse par GC-MS.

Les analyses ont été réalisées par les laboratoires de l'INERIS.

Les limites de quantification de la méthode sont présentées ci-après.

Tableau 7 : Limites de quantification des phtalates

Substances analysées	LQ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Substances analysées	LQ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
DMP	0,15	DBP	0,15
DEP	0,15	BBzP	0,29
DMEP	0,15	DHEP	0,29
DiBP	0,15	DiNP	2,92

3.4 STRATEGIE DE MESURE

3.4.1 DIMENSIONNEMENT DES POINTS DE MESURE

Au sein des dix-neuf bâtiments retenus pour cette étude, le nombre de pièces à investiguer a principalement été défini par le Conseil régional de Picardie et l'ADEME avant le lancement de l'appel d'offre.

Pour certains sites, un dimensionnement du nombre de pièces à investiguer a été réalisé après une visite *in-situ* (internat du lycée Corot de Beauvais, maisons individuelles d'Ayencourt le Monchel, Hébécourt, Bavelincourt et Saint Fuscien).

Ce dimensionnement ainsi que la répartition des pièces à l'échelle de chaque site a été réalisé sur la base du protocole OQAI BPE. Les stratégies de définition des points de mesure relatives à chaque typologie de bâtiment (habitation, enseignement et accueil de la petite enfance, bureaux, hébergement de santé) sont rappelées en Annexe 1.

Compte-tenu des éléments déjà définis dans le cahier des charges du marché et des recommandations du protocole OQAI BPE, la stratégie d'échantillonnage spatial déployée, à l'échelle des sites, est décrite dans le tableau ci-après.

Tableau 8 : Dimensionnement des points de mesure par site

		Numéro de la pièce	Type de pièce	Niveau	
Regroupement scolaire	MONNEVILLE	1	Salle de classe périscolaire	0	
Crèche	BOVES	1	Pièce de vie (PdV) des grands	0	
		2	PdV des petits/moyens	0	
		3	Dortoir des grands	0	
Ecole	BOUTTENCOURT	1	Classe	0	
	BRETEUIL	1	Classe	0	
		2	Classe	0	
	MONTDIDIER (Hugo)	1	Classe	0	
		2	Classe	0	
		3	Classe	1	
	MONTDIDIER (Le Prieuré)	1	Classe	0	
		2	Classe	0	
		3	Classe	1	
		4	Classe	1	
	Internat de lycée	BEAUVAIS (Corot)	1	Chambre	2
			2	Chambre	2
3			Chambre	2	
4			Chambre	1	
5			Chambre	1	
6			Chambre	1	
Foyer médicalisé	MONCHY SAINT ELOI	1	Chambre	1	
		2	Chambre	1	
		3	Chambre	1	

		Numéro de la pièce	Type de pièce	Niveau
Maison individuelle	HEBECOURT	1	Séjour	0
		2	Chambre principale	1
	ST FUSCIEN	1	Séjour	0
		2	Chambre principale	0
		3	Chambre étage	1
	AMIENS	1	Séjour	0
		2	Chambre principale	1
	BAVELINCOURT	1	Séjour	0
		2	Chambre principale	1
	AYENCOURT LE MONCHEL	1	Séjour	0
		2	Chambre principale	0
	Logement social	BAILLEUL SUR THERAIN n°1	1	Séjour
2			Chambre principale	1
BAILLEUL SUR THERAIN n°4		1	Séjour	0
		2	Chambre principale	1
Bureau	BEAUVAIS (Opac Oise)	1	Bureau	0
		2	Bureau	1
		3	Bureau	2
		4	Bureau	3
	MERLIEUX ET FOUQUEROLLE (Geodomia)	1	Centre de documentation	0
	AMIENS (Eiffage)	1	Bureau double	0
		2	Bureau simple	0
Internat de lycée	HAM	1	Chambre	0
		2	Pièce de vie	0
		3	Chambre	1
		4	Pièce de vie	1

Sur les 19 sites, 49 pièces ont été instrumentées. Pour chaque pièce, 1 point de mesure a été réalisé.

3.4.2 STRATEGIES D'ECHANTILLONNAGES PAR TYPOLOGIE DE SITE

La stratégie d'échantillonnage décrite ci-après est donnée pour les mesures effectuées en phase estivale et hivernale.

Les mesures ont été réalisées en période d'occupation des locaux.

3.4.2.1 LOGEMENT

A l'échelle d'un logement, CO₂, Tambiante, Topérative, HR, COV, aldéhydes, NO₂, PM_{2.5} et CO (en cas de la présence d'un appareil de combustion dans le logement) ont été échantillonnés simultanément sur une durée de 7 jours. Pour les PM_{2.5}, le prélèvement était séquentiel, avec une programmation des phases de prélèvement répartie comme suit : 17h-8h pour les jours ouvrés et 24h/24 le week-end. Pour le CO₂, Tambiante, Topérative, HR, l'enregistrement des données s'est fait sur un pas de temps de 10 minutes. Pour le CO, le pas de temps d'enregistrement était de 2 minutes.

En termes de stratégie d'échantillonnage spatial, l'ensemble des paramètres a été mesuré dans le salon et la chambre principale, à l'exception de la mesure de PM_{2.5} qui n'a été réalisée que dans le salon.

Dans le cas d'un logement à plusieurs niveaux, un point supplémentaire a été réalisé pour la mesure du CO₂, de la Tambiante, Topérative, HR, COV, aldéhydes, NO₂ et CO (en cas de la présence d'un appareil de combustion dans le logement) dans une chambre du dernier étage.

Concernant les moisissures, un examen visuel a été réalisé dans les pièces définies ci-dessus ainsi que dans les pièces signalées comme humides ou ayant un problème de contamination par les moisissures. Les prélèvements de surface (ruban adhésif et écouvillon) ont été réalisés sur les surfaces contaminées uniquement.

Concernant les mesures extérieures, elles ne concernaient que T ambiante, HR, COV, aldéhydes, NO₂, PM_{2.5} et ont été réalisées en un point extérieur, à proximité du bâtiment, à l'exception des PM_{2.5}. En effet, pour ces dernières, les résultats de la station de surveillance de l'air ambiant (station de fond) la plus proche ont été utilisés pour documenter les teneurs en PM_{2.5}.

L'ensemble des pièces d'un même bâtiment a été échantillonné simultanément.

3.4.2.2 FOYER D'ACCUEIL MEDICALISE ET INTERNAT

En l'absence de protocoles d'enquêtes adaptés à ce type de bâtiments, la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre dans le foyer d'accueil médicalisé et les internats était basée sur celle décrite pour les logements.

Pour le foyer médicalisé et l'internat du lycée Corot, chaque pièce étudiée était en fait un studio. De ce fait, la stratégie d'échantillonnage était celle appliquée au salon des logements.

Pour le lycée de Ham, chaque couple « pièce de vie / chambre » a été considéré comme un logement « salon / chambre ».

3.4.2.3 ÉTABLISSEMENT A USAGE D'ENSEIGNEMENT OU D'ACCUEIL DE LA PETITE ENFANCE

A l'échelle d'un établissement à usage d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance COV, aldéhydes, NO₂, PM_{2.5}, CO (en cas de la présence d'un appareil de combustion dans l'établissement), CO₂, Tambiante, Topérative et HR ont été mesurés dans les pièces sélectionnées lors du dimensionnement des points mesures.

Pour le CO, le pas de temps d'enregistrement était de 2 minutes. Pour le CO₂, Tambiante, Topérative et HR, le pas de temps d'enregistrement était de 10 minutes. Pour les PM_{2.5}, le prélèvement était séquentiel à un débit de 3 L/min, avec une programmation des phases de prélèvement répartie comme suit : 8h30-16h30, hors mercredi. L'ensemble de ces mesures a été réalisé sur 4,5 jours.

Concernant les moisissures, un examen visuel a été réalisé dans les pièces définies ci-dessus ainsi que dans les pièces signalées comme humides ou ayant un problème de contamination par les moisissures.

Concernant les mesures extérieures, elles ne concernaient que T ambiante, COV, aldéhydes, NO₂, PM_{2.5} et ont été réalisées en un point extérieur, à proximité du bâtiment, à l'exception des PM_{2.5}. En effet, pour ces dernières, les résultats de la station de surveillance de l'air ambiant (station de fond) la plus proche ont été utilisés pour documenter les teneurs en PM_{2.5}.

L'ensemble des pièces d'un même établissement ont été échantillonné simultanément.

Les mesures à t_{0+6 mois} et t_{0+12 mois} ont eu lieu durant la même année scolaire.

3.4.2.4 BUREAU

Concernant les immeubles de bureau, la stratégie d'échantillonnage était similaire à celle décrite pour les établissements scolaires et d'accueil de la petite enfance. En effet, les mesures ont également lieu sur 4,5 jours mais avec une programmation séquentielle légèrement différente : 8h00-16h00, du lundi au vendredi inclus.

Concernant les mesures extérieures, elles ne concernaient que T ambiante, COV, aldéhydes, NO₂, PM_{2.5} et ont été réalisées en deux points extérieurs, à proximité du bâtiment, à l'exception des PM_{2.5}. En effet, pour ces dernières, les résultats de la station de surveillance de l'air ambiant (station de fond) la plus proche ont été utilisés pour documenter les teneurs en PM_{2.5}.

L'ensemble des bureaux d'un même site a été échantillonné simultanément.

3.4.2.5 MESURES OPTIONNELLES

Concernant les mesures optionnelles (PM₁₀, comptage, HAP et phtalates), celles-ci ont été dimensionnées afin de réaliser un point de mesure par bâtiment.

Concernant les mesures de PM₁₀, celles-ci ont été réalisées selon les stratégies d'échantillonnages temporelles décrites pour les différents types de bâtiments pour les PM_{2.5}.

Concernant le comptage, les mesures ont été réalisées sur une durée de 7 jours pour les logements, le foyer d'accueil médicalisé et les internats et sur 4,5 jours pour les bureaux et les établissements scolaires ou d'accueil de la petite enfance. Les données ont été enregistrées sur un pas de temps de 10 minutes.

Concernant les HAP et les phtalates, les mesures ont été réalisées sur une durée de 4h, lors de l'installation ou de l'enlèvement des différents dispositifs de prélèvement. En effet, étant donné le parc matériel déjà mis en œuvre en dehors des mesures optionnelles, l'objectif était de limiter au maximum le bruit supplémentaire lié aux systèmes de pompes nécessaires pour ces mesures.

3.5 ETUDES THERMIQUES - VISITES DES SITES

L'ensemble de ces visites et études thermiques associées a été réalisé par un thermicien de l'INERIS.

3.5.1 OBJECTIF DES VISITES

Ces visites avaient pour but de répondre à deux objectifs :

- ✓ évaluer si les bâtiments peuvent être considérés comme performants en énergie ;
- ✓ vérifier le fonctionnement de la ventilation.

Pour vérifier l'atteinte des performances des bâtiments, il est nécessaire d'étudier les notes de calculs thermiques et de les comparer avec les travaux exécutés. Ce contrôle a été réalisé sur les points accessibles et visuels. Ils ont été complétés par des vérifications dimensionnelles ponctuelles et par des mesures de débits de ventilation.

Elles ont eu lieu soit lors de la visite initiale à t_0 , soit lors des phases t_1 ou t_2 .

3.5.2 METHODOLOGIE DE CONDUITE DES ETUDES

Ce volet d'investigations s'est fait selon différentes phases.

La première phase a consisté à prendre connaissance des études ou synthèses thermiques disponibles et fournies. Cette consultation avait pour but de connaître les objectifs thermiques de l'opération de construction, la taille de l'opération ainsi que la structure du bâti.

La deuxième phase s'est traduite par la visite de chaque site, en compagnie des personnes pouvant nous apporter des informations pertinentes sur les locaux et nous donner accès à l'ensemble des équipements et documents.

La première étape de la visite de site était de réaliser une vérification visuelle et/ou dimensionnelle de la composition des parois en contact avec l'extérieur.

Cette étape a été suivie d'une inspection visuelle et d'un relevé des caractéristiques techniques des équipements, des conduits, etc. lorsque ces installations étaient accessibles.

Une vérification du fonctionnement de la ventilation a ensuite été réalisée. Elle a consisté à mesurer les débits aux bouches, soit uniquement d'extraction dans le cas de ventilation simple flux, soit au soufflage et à l'extraction dans le cas de ventilation double flux.

Un relevé des compteurs d'énergies ou de calories a également été réalisé lorsque ceux-ci étaient présents. Des relevés long terme ont aussi été demandés (factures de consommation ou des fichiers de suivi des consommations).

Enfin, chaque visite s'est achevée par la consultation des documents d'exécutions (lorsqu'ils existaient) afin d'en récupérer tout ou partie lorsque ceux-ci n'avaient pas été fournis en amont de la visite.

Suite à ces visites, la troisième phase consistait à comparer les relevés effectués sur site aux informations disponibles dans les documents fournis en phase 1.

Enfin, l'ensemble de ces études a fait l'objet d'une note de synthèse par site, en complément de ce rapport global.

3.6 QUESTIONNAIRES ET UTILISATION

Afin de collecter l'ensemble des informations relatives au descriptif du bâtiment (zone climatique, altitude, environnement (urbain, rural, etc.), type de bâtiment, nombres d'étages, matériaux de construction, systèmes de ventilation, équipements, occupation (comme composition du ménage), etc.), environnement extérieur, les questionnaires élaborés par le CSTB, dans le cadre du protocole QQAI BPE, ont été déployés.

Ces questionnaires ont été présentés aux occupants des bâtiments soit lors de la visite initiale des sites prévues dans la phase initiale (t_0) soit à l'installation ou la désinstallation du matériel lors des phases t_1 et t_2 . La plupart d'entre eux ont été remplis avec les occupants, en fonction de leur disponibilité, à ces différentes occasions, alors que certains questionnaires ont été auto-administrés par les occupants.

Par ailleurs, des relances régulières ont été réalisées auprès des occupants (mail, téléphone) afin d'obtenir les informations manquantes à la fin du déploiement (intermédiaire et/ou final) des questionnaires (soit respectivement à la fin de la phase t_1 et/ou t_2). Ces échanges ont également permis de répondre à d'éventuelles questions de leur part.

Le « jeu » de questionnaires déployés selon la typologie des bâtiments investigués est détaillé ci-après.

3.6.1 LOGEMENT, FOYER D'ACCUEIL MEDICALISE ET INTERNAT

Pour cette typologie de bâtiments, plusieurs questionnaires ont été présentés et déroulés aux occupants.

Un questionnaire « **bâtiment** », détaillant les caractéristiques techniques (installations et performances) et environnementales (situation par rapport à des sources de pollution potentielles) du bâtiment étudié a été complété à partir des documents techniques fournis par les propriétaires, bailleurs ou gestionnaires des sites. En cas d'informations manquantes ou absence de documents techniques, ce document a été complété ou renseigné par ces mêmes interlocuteurs.

Un questionnaire « **logement** », permettant de détailler les caractéristiques du logement à l'intérieur du bâtiment (positionnement, agencement, installations, composition du ménage) a été déroulé aux occupants. Dans le cas du foyer d'accueil médicalisé et des internats, une adaptation a dû être réalisée, l'unité « logement » étant associée au studio/chambre occupé.

Ces deux premiers questionnaires ont été déployés lors des phases été et hiver afin de tracer d'éventuels changements.

Un questionnaire « **usage** », décrivant l'utilisation du logement par les occupants au cours des phases été et hiver, en terme d'utilisation et de gestion des équipements, d'aération et de consommation, a été complété par les occupants à la fin de chaque saison d'étude. Dans le cas du foyer d'accueil médicalisé ou des internats, les occupants n'ont pas forcément la main sur certains paramètres ou dispositifs (températures de consignes, ventilation, chauffage). Dans ce cas, ce questionnaire a été complété par les gestionnaires.

Un questionnaire « **accompagnement de la mesure** », permettant de connaître l'occupation du logement lors de la semaine de mesure, l'utilisation des équipements (ventilation, chauffage, cuisine, salle de bain), les pratiques d'aération, de nettoyage et les événements particuliers, a été complété par les occupants durant la semaine de mesure (à t_1 et t_2).

Un questionnaire « **contamination fongique de la pièce** », permettant d'identifier d'éventuelles moisissures dans l'une des pièces du logement, a été renseigné par les occupants après chaque saison. En cas d'un signalement de pollution microbiologique effectué par un occupant dans une pièce, un complément au questionnaire du protocole QQAI BPE, a été ajouté pour la recherche de sources d'humidité anormale, car excessive.

Ce questionnaire traitait des activités et habitudes de vie des occupants (lavage, séchage du linge, arrosage des plantes, quantité de plante, ventilation et aération par les occupants...) et des sinistres ou anomalies (dégât des eaux, infiltration, ponts thermiques...) ayant eu lieu.

Un questionnaire « **perceptif** » **du logement**, permettant de décrire la perception des occupants sur leur logement (qualité de vie), a été complété par les occupants à la fin de chaque saison.

Enfin, un questionnaire « **retour d'expérience** » ayant pour objectif de revenir, *a posteriori* des campagnes de mesure, sur ce que les occupants pensent de leur logement et de recueillir leur avis sur l'étude réalisée, a été renseigné par les occupants à la fin de l'étude.

3.6.2 BUREAU

Pour cette typologie de bâtiments, un jeu de questionnaires a été présenté et déroulé aux occupants. Son architecture est très proche de celui déployé en § 3.6.1. Quelques modularités existent, notamment par rapport aux périmètres couverts par les questionnaires et les personnes « habilitées » à répondre.

Le questionnaire « **bâtiment** » a été complété à partir des documents techniques fournis par les personnes référentes ou les gestionnaires. En cas d'informations manquantes ou absence de documents techniques, ce questionnaire a été complété ou renseigné par ces mêmes interlocuteurs.

Un questionnaire « **pièce** » permettant de détailler les caractéristiques de la pièce instrumentée à l'intérieur du bâtiment (positionnement, agencement, installations) a été complété lors des différentes interventions sur le site et si besoin complété avec la personne référente ou le gestionnaire.

Ces deux premiers questionnaires ont été déployés lors des phases été et hiver afin de tracer d'éventuels changements.

Le questionnaire « **usage** », ayant le même objectif que pour le logement mais avec un périmètre restreint à la pièce étudiée, a été renseigné en partie par les occupants des bureaux après chaque saison. Celui-ci a été complété par la personne référente ou le gestionnaire.

Le questionnaire « **accompagnement de la mesure** », ayant le même objectif que pour le logement mais avec un périmètre restreint à la pièce étudiée, a été complété par les occupants des bureaux au cours de la semaine de mesure.

Comme pour les logements, un questionnaire « **contamination fongique de la pièce** » et un questionnaire « **perceptif** » **de la pièce** ont été renseignés par les occupants après chaque saison. En cas de signalement d'une pollution microbiologique par un occupant, le complément au questionnaire du protocole OQAI BPE, a également été déployé.

Deux questionnaires « **retour d'expérience** » ont été déployés. Le premier, à destination des occupants, avait pour objectif de revenir sur ce que les occupants pensent de leur bureau et de recueillir leur avis sur l'étude réalisée. Celui-ci a été renseigné par les occupants après la fin de l'étude. Le second s'adressait en revanche au gestionnaire du bâtiment, avec pour objectif de revenir sur ce qu'il pense du bâtiment et de recueillir son avis sur l'étude réalisée.

3.6.3 ETABLISSEMENT A USAGE D'ENSEIGNEMENT OU D'ACCUEIL DE LA PETITE ENFANCE

Le jeu de questionnaires déployé pour cette typologie s'organise comme celui mis en œuvre pour les bureaux, les périmètres couverts et les interlocuteurs ciblés étant les mêmes.

« A noter que le questionnaire retour d'expérience » n'était adressé qu'au gestionnaire du bâtiment. Il a été complété par ce dernier, à la fin de l'étude.

3.6.4 OBJECTIFS D'EXPLOITATION DES QUESTIONNAIRES

Ces données sont usuellement collectées lors d'interventions pour évaluer la qualité de l'air intérieur d'un espace clos car elles sont indispensables pour pouvoir exploiter et positionner les résultats de mesure obtenus, notamment par rapport à leur représentativité en lien avec une exposition chronique mais également, en cas de dépassement des valeurs de référence, pour pouvoir disposer d'éléments explicatifs aux concentrations mesurées et proposer des actions correctives.

Ces questionnaires seront par la suite saisis dans la base nationale de l'OQAI afin qu'une exploitation nationale poussée soit réalisée.

4. DIFFICULTES ET LIMITES DE L'ETUDE

4.1 ACCUEIL DES EQUIPES

De manière générale, il y a eu un bon accueil de la part des occupants.

4.2 MESURES

Pour la plupart des sites, il n'y a pas eu de plaintes liées au bruit du matériel mis en œuvre, contrairement à ce qui peut être observé pour les études en air intérieur. Ceci est peut-être lié au fait que le matériel, en fonctionnement, a été présenté aux occupants en amont des mesures.

4.2.1 PARTICULES MESUREES PAR MICROVOL

Des difficultés ont été rencontrées lors de la mesure des particules (PM_{2.5} et PM₁₀) au cours de la campagne été. En effet, pour cette saison, des masses de particules très élevées par rapport aux teneurs en bruit de fond connues pour ce type d'environnements ont été déterminées, et ce sur l'ensemble des points de mesure intérieurs, ce qui n'est pas cohérent pour ce type d'étude. La cause de ce problème n'a malheureusement pas pu être identifiée malgré les vérifications techniques et tests complémentaires effectués.

L'absence de contamination des blancs d'analyse a notamment été vérifiée, ce qui aurait pu pointer une contamination des échantillons lors de la stabilisation des filtres en salle de pesée, mais tel n'est pas le cas.

De plus, afin de vérifier les calculs de concentration en particules, les débits d'échantillonnage ont été vérifiés en début et fin de chaque campagne (3L/min) et sont restés conforme à la consigne, ce qui n'a pas pu induire d'erreur dans le calcul des concentrations.

La source de particules ne provenait pas de l'extérieur en raison de faibles concentrations mesurées dans des stations de mesure proches du réseau Atmo Picardie.

Afin d'évaluer, avec toutes les approximations que cela comporte, les concentrations massiques en particules pour cette phase estivale, les concentrations particulières en nombre, mesurées à l'aide du Grimm, ont été converties en concentration massique.

➔ METHODE DE CALCUL POUR CONVERTIR LA CONCENTRATION PARTICULAIRE EN NOMBRE MESUREE PAR LE GRIMM EN CONCENTRATION MASSIQUE

L'indicateur optique Grimm a mesuré le nombre de particules par m³, réparti en différentes classes granulométriques allant de 0,3 à 20 µm (soit un partage en 15 canaux).

Afin de convertir en concentration massique ces résultats, la masse de chaque classe granulométrique a été recalculée de la façon suivante :

$$C_{(aér)} = \frac{4}{3} \times \pi \times \left(\frac{Diam}{2}\right)^3 \times \rho \times N$$

Avec : $C_{(aér)}$: concentration d'aérosols par classe (en µg/m³)

Diam: diamètre de la particule (en µm)

ρ : la masse volumique de l'aérosol (Ici $\rho=2.6 \text{ g/cm}^3$)

N: concentration de particules (en particules/dm³)

Hypothèse sur la forme des particules : sphérique

Dans un premier temps, ce calcul de concentration massique a été effectué par classe, puis les concentrations massiques ont été rassemblées par fraction PM₁₀ et PM_{2.5}.

Ces résultats ont ensuite été comparés aux mesures réalisées par la méthode gravimétrique (Microvol) sur les mêmes périodes d'échantillonnage lors de la campagne « hiver » pour laquelle des résultats de prélèvements concomitants par méthodes Grimm et Microvol validés étaient disponibles. Il a ainsi été vérifié que les écarts étaient en moyenne inférieurs à 40 % entre les deux jeux de données pour la campagne « hiver ».

De ce fait, les résultats Grimm en nombre de l'ensemble des sites de la campagne « Eté » ont été utilisés pour calculer les concentrations massiques correspondantes afin d'avoir tout de même une estimation de cette donnée, étant donné les incertitudes importantes existant sur les résultats des mesures massiques réalisées à l'aide du Microvol.

En ce qui concerne les mesures des concentrations en particules réalisées lors de la campagne hiver, à l'aide du Microvol, celles-ci ont été validées et il n'y a donc pas eu de reconstitution de cette donnée à l'aide des résultats en nombre fournis par le Grimm.

4.2.2 TEMPERATURE OPERATIVE

Quelques problèmes techniques sur les capteurs de température opérative ont été identifiés. Ces problèmes, liés à la fragilité des connectiques entre l'enregistreur et la sonde de température, ont rendu un capteur inutilisable tout au long de la phase hiver.

4.2.3 COUPURES D'ALIMENTATION ELECTRIQUE

Au cours des campagnes de mesure, de nombreux équipements étaient reliés au secteur, disposant d'une autonomie limitée de fonctionnement en cas de coupure d'alimentation (CO₂/T/HR, préleveurs PM₁₀ et PM_{2.5}, compteur de particules).

Ceci a conduit à la perte de deux séries de mesures pour CO₂/T/HR lors des campagnes hiver réalisées à l'école de Bouttencourt et à l'internat du lycée Corot de Beauvais.

Cependant, au début de l'étude, une attention particulière avait été portée à cette problématique. En effet, des onduleurs avaient été installés sur le site d'Hébécourt (maison individuelle) pour prévenir tout risque de coupure d'alimentation et de perte de données. Cet essai n'ayant pas été concluant du fait des nuisances sonores apportées par l'alarme de l'onduleur en cas de coupure d'alimentation secteur, il n'a pas été étendu aux autres sites.

Aucun problème majeur, dû à des coupures d'alimentation volontaires de la part des occupants n'a été constaté. En revanche, sur les mesures de particules en continu, des défauts de fonctionnement ponctuels du Grimm (compteur optique) ont été observés. L'origine pourrait être due à des microcoupures d'alimentation. Pour les sites sur lesquels ces défauts ont été identifiés, la période de mesure n'a pas pu être couverte en totalité.

4.2.4 PERTE DE MATERIELS

Un seul tube passif a été perdu au cours des campagnes de mesure (réplicat COV, dans une chambre à Monchy St Eloi).

Par ailleurs, dans l'internat du lycée Corot à Beauvais, au cours de la phase hiver, 5 des 6 capteurs radon ont été perdus. Le sixième capteur, toujours en place à la fin de la campagne de mesure n'a jamais été envoyé d'après le laboratoire d'analyse, même après plusieurs relances. D'autres pertes de ce type ont été enregistrées pour le foyer d'accueil médicalisé (3/3 pièces), pour le groupement scolaire (1/1 pièce) ainsi que les écoles de Breteuil (2/2 pièces) et du Prieuré (1/4 pièces) à Montdidier. Dans l'internat du lycée de Ham, 2 capteurs radon n'ont également pas été retrouvés à la fin de la campagne de mesure. Deux autres capteurs ont été perdus lors de l'acheminement postal vers le laboratoire (Bailleul n°4).

Enfin, dans certains cas, les capteurs radon ont bien été réceptionnés par le laboratoire d'analyse mais les dates de fin de prélèvement n'étaient pas renseignées. Dans ce cas, la concentration a été estimée en prenant comme date de fin d'exposition la date de réception des capteurs au laboratoire. Cela a été le cas pour les 3 pièces de l'école Victor Hugo à Montdidier ainsi que pour les 3 autres pièces de l'école du Prieuré.

Ainsi, sur les 49 capteurs positionnés dans les différents bâtiments, 32 ont pu être analysés.

4.2.5 MOISSURES

4.2.5.1 MOISSURES VISIBLES

Suite aux premières visites de site, un seul bâtiment a fait état de moisissures apparentes (Géodomia) liées à un dégât des eaux. Un prélèvement de ces moisissures avait été programmé le 13 décembre 2013 mais n'a pas pu être réalisé du fait des travaux de réparation effectués les 12 et 13 décembre 2013.

4.2.5.2 INDICE DE CONTAMINATION FONGIQUE

La détermination de l'indice de contamination fongique se base sur l'exploitation des chromatogrammes des prélèvements COV. Cette exploitation, réalisée par le CSTB, n'a pas été effectuée pour toutes les pièces investiguées pour les autres paramètres. En effet, du fait de la diffusion des COV, cet indice reste valable pour un périmètre plus étendu que celui de la seule pièce investiguée (ensemble du logement/studio, ensemble du niveau considéré pour les établissements scolaires et les bureaux).

Ainsi, l'ICF a été calculé :

- uniquement dans le séjour pour les logements
- dans la pièce principale pour les studios du foyer d'accueil médicalisé et des internats ;
- dans un bureau par niveau pour les immeubles de bureaux ;
- dans une ou deux classes par niveau pour les écoles ;
- dans toutes les pièces investiguées pour les crèches (variabilité liée au type d'occupation : pièces de vie et dortoir).

Ce travail nécessitant la mobilisation de ressources importantes pour le CSTB, cette détermination n'a pour l'instant été réalisée que sur la première phase des mesures (t1). Elle sera à terme également effectuée pour la phase t2, pour les mêmes points de mesure.

4.2.6 CALCUL DE L'INDICE DE CONFINEMENT

L'indice de confinement (ICONE) est un indicateur calculé à partir d'une méthode élaborée par le CSTB en fonction des mesures de CO₂ réalisées par pas de temps de 10 minutes et des informations d'occupation.

Dans le cas des logements, les informations d'occupation étaient données pour l'ensemble du logement et ne précisaient pas si elles concernaient le salon ou les chambres. L'indice de confinement a tout de même été construit en fonction de l'occupation générale du logement et de l'évolution des niveaux de CO₂ dans ce dernier, afin d'avoir une estimation, mais reste très indicatif.

4.3 QUESTIONNAIRES

Les versions définitives des questionnaires pour les établissements à usage d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance ainsi que pour les bureaux ont été disponibles après le démarrage des campagnes de mesures.

Durant la campagne été, des questionnaires temporaires ont été élaborés par nos soins et utilisés en attendant les questionnaires du protocole OQAI BPE. Ces derniers n'ont pu être utilisés qu'à partir de la campagne hivernale (phase t₂).

Le problème majeur rencontré lors de cette étude résidait dans la difficulté à récupérer l'ensemble des questionnaires dûment complétés. Malgré de nombreuses relances par mail et téléphone, il a été difficile de monopoliser les occupants sur la totalité des questionnaires. L'ensemble des occupants se sont plaints du grand nombre de questions.

A titre informatif, le nombre de questions traitées par typologie est détaillé dans les tableaux ci-après.

Tableau 9 : Questionnaires « Ecoles/Crèche »

Pour 6 bâtiments (14 pièces étudiées)	Global			Pour les 2 saisons				Total
	Eté/hiver			Toutes pièces				
Nombre	Etablissement	Bâtiment	Pièce	Contamination fongique	Accompagnement de la mesure	Usage	Perceptif	
Questionnaires	6	6	14	28	28	28	28	138
Questions/ questionnaire	14	53	45	6	19	21	50	-
Questions total	84	318	630	168	532	588	1400	3720

Tableau 10 : Questionnaires « logements »

Pour 10 bâtiments (28 pièces étudiées)	Global		Pour les 2 saisons				En fin d'étude	Total
	Eté/hiver		Toutes pièces	Tous logements		Occupants + 15 ans		
Nombre	Logement	Bâtiment	Contamination fongique	Usage	Accompagnement de la mesure	Perceptif	Retour d'expérience	
Questionnaires	10	10	56	40	40	50	10	216
Questions/ questionnaire	14	53	6	21	19	50	21	-
Questions total	140	530	336	840	760	2500	210	5316

Tableau 11 : Questionnaires « bureaux »

Pour 3 bâtiments (7 pièces étudiées)	Global		Pour les 2 saisons				En fin d'étude		Total
	Eté/hiver		Par bureau	Par bâtiment	Par bureau	Par bureau	Par bureau	Gestionnaire	
Nombre	Pièce	Bâtiment	Contamination fongique	Usage	Accompagnement de la mesure	Perceptif	Retour d'expérience		
Questionnaires	7	3	14	6	14	14	7	3	78
Questions/ questionnaire	14	53	6	21	19	50	21	19	-
Questions total	98	159	84	126	266	700	147	57	1637

Total	
Questionnaires	Questions
432	10673

Au total, 432 questionnaires ont été traités, couvrant 10673 questions.

4.4 ÉTUDE THERMIQUE DES DIFFERENTS BATIMENTS

Dans deux cas, l'absence de note thermique a empêché la réalisation de la prestation complète, d'autant que les documents d'exécution étaient pour ces deux cas très incomplets.

Sur site, certaines visites ont eu une durée un peu trop courte :

- ✓ lorsqu'il fallait consulter les documents d'exécution sur place ;
- ✓ lorsque les installations à notre arrivée étaient à l'arrêt.

Dans les établissements autres que les logements individuels, nous avons rencontré des personnels de maintenance ou d'exploitation qui d'une part, avaient un temps limité à nous consacrer et d'autre part, une connaissance partielle des installations car l'exploitation faisait l'objet d'un contrat de sous-traitance. Certaines de nos questions sont donc restées sans réponse et certains locaux techniques et parties d'installations inaccessibles.

Les documents d'exécution, lorsqu'ils étaient présents, étaient souvent incomplets. Ces documents étaient le plus souvent une compilation de fiches plus ou moins techniques sur lesquelles n'apparaissaient que trop rarement les caractéristiques techniques précises et complètes du matériel et des matériaux mis en œuvre.

5. SYNTHESE DES ETUDES THERMIQUES ET DES VISITES DE SITES

Les tableaux ci-après synthétisent, pour l'ensemble des sites, la comparaison qui a pu être réalisée entre les documents fournis et les observations faites durant les visites.

Tableau 12 : Synthèse des études thermiques

Tableau (1/2)				DOCUMENTS FOURNIS		
#	SITES		Type de bâtiment	Objectifs précis de performances énergétiques connus	Notes de calcul thermiques +/- détaillées fournies	DOE fournis
1	Beauvais	Lycée Corot	EPuC	NON CONNU	inexistante	partiel
2	Bouttencourt	Ecole	EPuC	RT 2005	X	partiel
3	Boves	Crèche	EPuC	THPE 2005	X	
4	Breteil	Ecole	EPuC	BBC 2005	X	
5	Monchy saint Eloi	Foyer médicalisé	EPuC	NON CONNU	X (synthèse non détaillée)	partiel
6	Monneville	Regroupement scolaire	EPuC	BBC 2005	X	
7	Montdidier (Victor Hugo)	Ecole	EPuC	NON CONNU	X (synthèse non détaillée)	
8	Montdidier (Prieuré)	Ecole	EPuC	NON CONNU	X (synthèse non détaillée)	
9	Hébécourt	Maison individuelle	LIMOPr	BBC 2005	X	
10	Bailleuil sur Therain	Logement social 1	LIMOPu	BBC 2005	X	
11	Bailleuil sur Therain	Logement social 2	LIMOPu	BBC 2005	X	
12	Amiens	Maison individuelle	LIMOPr	Label passivhaus	X	
13	Amiens	Siège d'Eiffage	EPrUT	BBC 2005	X	complet
14	Beauvais	OPAC de l'Oise	EPuT	BBC 2005	X	complet
15	Merlieux-Fouquerolle	Geodomia	Etablissement public	RT 2005	X	
16	Ham	Internat de Ham	EPuC	NON CONNU	inexistante	très partiel, consulté sur place
17	Ayencourt le Monchel	Maison individuelle	LIMOPr	THPE 2005	X	
18	Bavelincourt	Maison individuelle	LIMOPr	Label passivhaus	X	
19	Saint Fuscien	Maison individuelle	LIMOPr	Label passivhaus	X	

EPuC établissement public collectif
 LIMOPr logement individuel avec maîtrise d'ouvrage privé
 LIMOPu logement individuel avec maîtrise d'ouvrage public

EPuUT Etablissement public à usage tertiaire
 EPrUT Etablissement privé à usage tertiaire
 DOE Dossier des Ouvrages Exécutés

Tableau 2/2

# SITES	Type de bâtiment	CONFORMITE par rapport à la NOTE de CALCUL/SYNTHESE THERMIQUE			Contrôle de l'étanchéité du bâtiment	Vérification d'un ou des comptage(s) énergétique(s) ¹	CONFORMITE GLOBALE du bâtiment par rapport à la note de calcul/synthèse thermique
		Bâti	Production de chauffage	Ventilation			
1	EPuC			Sous ventilation		NON	Absence de données d'entrées
2	EPuC		X	Défaut d'équilibrage, sous ventilation		NON	NON
3	EPuC	X	X	Sous ventilation		X (relevés non significatifs)	NON
4	EPuC	X	X	Sous ventilation		NON	NON
5	EPuC	X	X	Absence d'équilibrage, sous ventilation		X	Absence de données d'entrées
6	EPuC	X		Sous ventilation		NON	NON
7	EPuC	X	X	Sous ventilation		NON	Absence de données d'entrées
8	EPuC	X	X	Absence d'équilibrage, sous ventilation		NON	Absence de données d'entrées
9	LIMOPr	X	X	X	X	X	X
10	LIMOPu	X	X	Sous ventilation		X (relevés non significatifs)	X
11	LIMOPu	X	X	Sous ventilation		X (relevés non significatifs)	X
12	LIMOPr	X	X	X	X	X	X
13	EPrUT	X	X	X		X	X
14	EPuUT	X	X	X	X	NON	X
15	Etablissement public	X	X	X		NON	X
16	EPuC			Comparaison impossible		Comparaison impossible	Absence de données d'entrées
17	LIMOPr	X	X	Sous ventilation		X	X
18	LIMOPr	X	X	Absence d'équilibrage, sous ventilation	X	X	X
19	LIMOPr	X	X	X	X	X	X

EPuC établissement public collectif

LIMOPr logement individuel avec maîtrise d'ouvrage privé

LIMOPu logement individuel avec maîtrise d'ouvrage public

EPuUT Etablissement public à usage tertiaire

EPrUT Etablissement privé à usage tertiaire

DOE Dossier des Ouvrages Exécutés

¹ Le comptage des consommations d'énergie n'est pas imposé en RT 2005 ni en BBC 2005.

En complément, le tableau ci-après fournit une description des principales caractéristiques des bâtiments.

Tableau 13 : Synthèse des caractéristiques des bâtiments

# SITES	Type de bâtiment	Principales caractéristiques du bâtiment				
		Type de ventilation	Ossature du bâtiment	Chauffage du bâtiment	Combustible utilisé	Localisation du moyen de chauffage
1	EPuC	double flux	bois	chaufferie centrale bois	bois	hors du volume mesuré
2	EPuC	double flux	minéral	chaudière gaz	gaz	hors du volume mesuré
3	EPuC	double flux (parties communes)	bois	chaufferie à granulé bois	bois	hors du volume mesuré
4	EPuC	double flux (parties communes)	bois	chaufferie	non connu	hors du volume mesuré
5	EPuC	double flux	bois	chaudière à condensation	gaz	hors du volume mesuré
6	EPuC	double flux pour la salle périscolaire	minéral	chauffage électrique	électricité	dans le volume mesuré (hors poêle à bois)
7	EPuC	double flux	minéral	chaufferie	non connu	hors du volume mesuré
8	EPuC	simple flux	minéral	chaudière granulé à bois secourue par une chaudière gaz à condensation	bois	hors du volume mesuré
9	LIMOPr	double flux	bois	poêle bois	bois	poêle dans le volume mesuré
10	LIMOPu	simple flux	bois	PAC air/eau	électricité	hors du volume mesuré
11	LIMOPu	simple flux	bois	PAC air/eau	électricité	hors du volume mesuré
12	LIMOPr	double flux	bois	géothermie avec appoint électrique	électricité	hors du volume mesuré
13	EPrUT	double flux	minéral	PAC vers poutres émissives	électricité	hors du volume mesuré
14	EPuUT	double flux	minéral	chaufferie gaz extérieure	gaz	hors du volume mesuré
15	Etablissement public	simple flux	bois	chaufferie extérieure bois	bois	hors du volume mesuré
16	EPuC	simple flux	minéral	chaufferie gaz extérieure	gaz	hors du volume mesuré
17	LIMOPr	double flux	minéral	PAC/poêle à granulé	électricité et bois	poêle dans le volume mesuré
18	LIMOPr	double flux	bois	géothermie secondé par poêle bois	électricité et bois	poêle dans le volume mesuré
19	LIMOPr	double flux	bois	géothermie secondé par poêle bois	électricité et bois	poêle dans le volume mesuré

EPuC établissement public collectif

LIMOPr logement individuel avec maîtrise d'ouvrage privé

LIMOPu logement individuel avec maîtrise d'ouvrage public

EPuUT Etablissement public à usage tertiaire

EPrUT Etablissement privé à usage tertiaire

DOE Dossier des Ouvrages Exécutés

Globalement, les objectifs précis sur les performances énergétiques sont connus pour 13 des 19 sites. Des notes de calcul thermiques plus ou moins détaillées ont été fournies pour 17 sites.

Seulement deux dossiers des ouvrages exécutés (DOE) complets et deux DOE partiels ont été fournis. Un DOE très partiel a pu être consulté.

L'évaluation des deux sites pour lesquels il n'y avait aucune note de calcul précisant les objectifs de performances énergétiques a *de facto* été impossible.

Les non-conformités identifiées ci-après sont en lien avec ce qui a été défini dans la note de calcul associée au bâtiment, en conformité avec l'objectif de cette étude de comparer les performances effectives du bâtiment par rapport à celles visées en théorie. Il ne s'agit pas d'un contrôle de conformité par rapport à la réglementation (débits notamment²).

5.1 BATI

Seize bâtiments ou logements répondaient aux descriptifs fournis pour la partie bâti.

Pour 2 bâtiments ou logements, c'est l'absence d'objectifs qui n'a pas permis la vérification et non des constatations de lacunes importantes.

On peut noter que sur l'ensemble des sites, 11 disposaient d'une ossature en bois.

5.2 ÉTANCHEITE DU BATIMENT

Cinq sites, dont 4 habitations, disposaient d'un rapport de test d'étanchéité (3 maisons « Passivhaus », 1 maison « BBC 2005 » et un établissement public à usage tertiaire « BBC 2005 », tous concluants.

5.3 CHAUFFAGE

Concernant les modes de chauffage utilisés, on peut noter que 3 sites utilisaient la géothermie (secondée par un poêle à bois (2 sites) et l'électricité). 4 sites avaient recours à une chaudière à gaz alors que 5 sites utilisaient le bois comme premier mode de chauffage (dont 4 exclusivement). Enfin, pour 5 sites, l'énergie de chauffage était l'électricité (dont 4 pompes à chaleur (PAC)) et pour 2 sites, le combustible de la chaudière n'était pas connu.

Seize sites répondaient aux descriptifs fournis pour la partie chauffage.

Pour 2 bâtiments, c'est l'absence d'objectifs qui n'a pas permis la vérification et non des constatations de lacunes importantes.

Enfin pour un bâtiment, un écart important a été constaté entre le système de chauffage décrit dans la note de calcul thermique et les travaux réalisés (absence de la géothermie prévue), cet écart entraînant une diminution significative des performances énergétiques du bâtiment. Il s'agit d'une non-conformité au regard des objectifs de l'opération.

5.4 VENTILATION

Sur l'ensemble des sites, 5 sites disposaient d'une ventilation simple flux. Pour les autres, il s'agissait d'une ventilation double-flux (dans certains cas, plusieurs systèmes étaient implantés (simple et double-flux) mais les parties communes étaient traitées en double-flux).

Six sites répondaient aux descriptifs fournis pour la partie ventilation.

² Les concepteurs peuvent fixer des objectifs de débits d'air plus importants que les débits strictement réglementaires. Par conséquent, le fait de ne pas respecter les débits de la note de calcul ne préjuge pas d'une non-conformité par rapport à un débit imposé par la réglementation.

Pour un bâtiment, c'est l'absence d'objectifs qui n'a pas permis la vérification (Internat du lycée de Ham).

Pour les autres sites (12), des défauts d'équilibrage ont pu être constatés pour certains (4) mais tous présentaient une sous-ventilation. Pour six d'entre eux, cette sous-ventilation était suffisamment importante pour représenter une non-conformité sur la partie ventilation (cinq établissements scolaires et le foyer d'accueil médicalisé).

Le détail de tous les débits mesurés est fourni dans les rapports individuels par site. Le tableau de synthèse ci-après indique les débits mesurés dans les pièces également investiguées pour la qualité de l'air intérieur, mis en perspective avec les débits théoriques fournis dans les documents techniques, lorsqu'ils étaient disponibles.

Tableau 14 : Synthèse des débits mesurés

# SITES	Mesures de débits de ventilation (m ³ /h)			
	Débit d'extraction total théorique	Débit d'extraction total mesuré	Débit de soufflage total théorique	Débit de soufflage total réel
1	120 (par groupe de chambre)	73 à 106 (par groupe de chambre)	135 (par groupe de chambre)	99 à 145 (par groupe de chambre)
2	330 (par salle de classe)	140 à 235 (par salle de classe)	330 (par salle de classe)	150 à 300 (par salle de classe)
3	850 (parties communes) mais réglé à 300	250 (parties communes)	850	Non mesurable (forme des bouches)
4	2280 (parties communes) *	985 (parties communes)	2280	1485
5	30 (par chambre)	10 à 15,5 (par chambre)	45 (par chambre)	0 (par chambre)
6	200-1850 (salle périscolaire) **	0	200-1850	0 à 15
7	Pas de détail par salle de classe	0 à 42 (par salle de classe)	Pas de détail par salle de classe	0 (par salle de classe)
8	Non précisé	223 à 432 (par salle de classe)	- (simple flux)	- (simple flux)
9	120	99	120	107
10	165	76	- (simple flux)	- (simple flux)
11	165	75h	- (simple flux)	- (simple flux)
12	120	130	120	144
13	60 (bureau double) 60 (bureau simple)	75 (bureau double) 53 (bureau simple)	60	Non mesurable (forme des bouches)
14	70 (bureau double) 35 (bureau simple)	20 (bureau double) 15 (bureau simple)	-	Non mesurable (forme des bouches)
15	120	120	- (simple flux)	- (simple flux)
16	Pas de données d'entrée (pas de note de calcul)	22 à 38 (chambres) 63 à 96 (foyers)	- (simple flux)	- (simple flux)
17	150	58	150	115
18	150	62	150	136
19	150	135	150	143

* A l'arrivée sur site, la ventilation était à l'arrêt. Les débits indiqués sont ceux mesurés après remise en marche du système

** Débit variable en fonction de l'occupation de la pièce.

Pour les établissements collectifs, selon la taille du site, il n'a pas été possible de faire une mesure de débits dans toutes les pièces afin de pouvoir calculer un débit total réel. Les données indiquées couvrent les mesures estivales et hivernales.

5.5 COMPTAGES ENERGETIQUES

Dix sites, dont tous les logements, possédaient une installation de comptage (dont un bâtiment qui n'avait pas d'objectif précis de performance énergétique).

Toutefois des relevés significatifs des consommations ou la présentation de suivi de consommations n'ont réellement été effectifs que pour 7 bâtiments ou logements et un seul établissement a fourni les consommations liées au chauffage et à la ventilation. Pour ces sites, la consommation réelle est inférieure à la consommation théorique, hormis pour 4 sites : les 2 immeubles de bureau, la maison individuelle à Bavelincourt ainsi que le foyer d'accueil médicalisé. Mais pour ce dernier, la consommation liée aux équipements serait à déduire de la consommation affichée pour une comparaison en bonne et due forme, ce qui n'a pu être fait en l'absence des données détaillées correspondantes.

Le détail des consommations d'énergie primaire, mis en perspective avec les consommations prévues dans les documents techniques, est donné dans le tableau ci-après.

Tableau 15 : Synthèse des consommations énergétiques

Bilan des consommations énergétiques primaires (kWh/m ² SHON/an)		
# SITES	Consommation théorique du bâtiment	Consommation réelle du bâtiment
1	Absence donnée d'entrée	Non évaluable
2	90	Non évaluable
3	42,2	Relevés non significatifs
4	95	Non évaluable
5	134,7 (énergie finale)	177,8 (énergie finale mais incluant les équipements / sous compteur non disponible)
6	57,7	Non évaluable
7	110	Non évaluable
8	111	Non évaluable
9	52,6	39
10	54,9	Relevés non significatifs
11	54,9	Relevés non significatifs
12	42	34
13	-26 (photovoltaïque inclus)	19 (photovoltaïque inclus)
14	38,8	63 (sur l'année 2012)
15	177	Non évaluable
16	Pas de données d'entrée	Comparaison impossible
17	140,4	62
18	15	28 (hors bois de chauffage)
19	85	23

5.6 BILAN

Dix sites ont été évalués globalement conformes à leur note de calcul / synthèse thermique : dont six (les 3 immeubles de bureaux et 3 maisons individuelles hors logement social) ne faisaient l'objet d'aucune observation ou non-conformité sur le bâti, le chauffage et la ventilation. Ils répondaient à des objectifs énergétiques souvent très performants. Quatre bâtiments ou logements répondaient aux objectifs de consommations énergétiques prévus mais présentaient un déficit léger sur la ventilation.

Quatre sites ont été jugés non conformes, en global, par rapport à leur note de calcul/synthèse thermique.

Pour les cinq sites restants, l'évaluation de la conformité globale à la note de calcul thermique n'a pu être réalisée, les données d'entrée étant manquantes.

Il convient de noter qu'aucun établissement d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance n'a été évalué globalement conforme à la note de calcul thermique, ce qui est également le cas pour les deux internats de lycée, soit par manque de données d'entrées soit par non-conformité effective.

6. RESULTATS DE MESURE

6.1 CRITERES DE VALIDATION

6.1.1 TUBES A DIFFUSION (COV, ALDEHYDES, NO₂)

Pour les aldéhydes et le NO₂, trois blancs de lots ont été réalisés pour chaque phase (t₁ et t₂). Aucun blanc de lot n'a été réalisé pour les COV, les tubes employés (réutilisables) étant régénérés avant chaque utilisation, le laboratoire garantissant l'absence de pollution résiduelle en COV sur les tubes fournis.

Par ailleurs, un répliquat³ a été réalisé, pour chaque famille chimique, à chaque campagne de mesure, à l'échelle de l'établissement investigué.

De plus, un blanc de terrain par site a été réalisé pour chaque famille chimique, à chaque campagne de mesure.

Les critères suivants ont été vérifiés afin de valider les différents résultats obtenus :

- ✓ Blanc de terrain : nous avons vérifié pour l'ensemble des blancs terrains réalisés que les résultats d'analyse des échantillons étaient supérieurs au résultat d'analyse du blanc. Les composés pour lesquels les résultats d'analyse ne répondaient pas à ce critère ont été invalidés (cases hachurées en rouge dans le tableau détaillé des résultats présentés en Annexe 2). Cela a notamment été le cas pour le site de l'OPAC où plusieurs valeurs en toluène, éthylbenzène et hexane ont été invalidées lors de la phase été sur ce critère ;
- ✓ Doublon : pour chaque couple « tube échantillon et répliquat », nous avons identifié ceux pour lesquels la variation entre les deux valeurs était supérieure à 30 %. Ces données n'ont pas été invalidées mais surlignées dans le tableau détaillé des résultats (Annexe 2). Il s'agit principalement du limonène, du pinène, de l'hexane et du décane. Une forte incertitude est donc associée à ces résultats et les conclusions relatives à ces paramètres devront être nuancées.



Figure 5 : Tubes passifs aldéhydes, COV et NO₂ posés en doublon (Géodomia)

³ Répliquat : un second tube est installé en parallèle du tube échantillon, sur le même point de prélèvement.

6.1.2 PARTICULES (MESURES GRAVIMETRIQUES)

Pour chaque série de prélèvement réalisée dans un bâtiment, un blanc lot a été réalisé, en pesant un filtre n'ayant pas été exposé, mais ayant subi les mêmes conditions de stockage et de transport que les filtres exposés. La masse de ce filtre a été comparée à celle des échantillons exposés et en cas de valeur de pesée supérieure à celle d'un filtre exposé, le résultat du filtre exposé a été écarté de l'exploitation.

6.1.3 HAP

Trois blancs de lots ont été réalisés par lot de tubes et filtres et un blanc de terrain (filtre et tube) a été réalisé par site et par campagne de mesure.

Chaque blanc terrain a été analysé et comparé aux échantillons exposés du même site. En cas de valeur supérieure à celle d'un échantillon, l'échantillon a été écarté de l'exploitation.

6.1.4 PHTALATES

Trois blancs de lots ont été réalisés par lot de mousse et filtre et un blanc de terrain (filtre et mousse) a été réalisé par site et par campagne de mesure.

Comme pour les HAP, chaque blanc terrain a été analysé et comparé aux échantillons exposés du même site. En cas de valeur supérieure à celle d'un échantillon, l'échantillon a été écarté de l'exploitation.

6.2 EXPRESSION DES RESULTATS

Les unités de mesures utilisées dans la suite de ce rapport sont les suivantes :

- ✓ Pour les indicateurs de confinement et de qualité d'air intérieur :
 - 1 ng/m³ : 1 nanogramme par m³
 - 1 µg/m³ : 1 microgramme par m³
 - 1 ppm : partie par million, unité de mesures exprimant une concentration d'un gaz dans l'air (pour CO et CO₂)
 - 1 Bq/m³ : 1 becquerel par m³ (pour le radon)
- ✓ Pour les indicateurs du confort d'ambiance
 - °C : degré Celsius pour la température
 - % : pourcentage pour l'humidité relative

A titre informatif, l'Annexe 3 détaille les méthodes de calcul des concentrations pour les mesures indirectes, selon les composés. Elle précise également les modalités de calcul de l'indice de confinement.

6.3 VALEURS DE REFERENCE POUR LE POSITIONNEMENT DES RESULTATS

Afin de positionner les concentrations mesurées dans notre étude par rapport à des niveaux de concentrations visés ou potentiellement attendus, celles-ci ont été mises en perspective avec :

- ✓ les concentrations mesurées dans le cadre de la campagne nationale « Logements » (CNL) de l'OQAI entre 2003 et 2005 [OQAI (2007)]. Cette étude portait sur 567 résidences principales représentatives du parc des logements français ;
- ✓ les **valeurs guides réglementaires** : publiées au Journal Officiel (<http://www.legifrance.gouv.fr/>) dans des arrêtés ou des décrets, elles fixent des seuils réglementaires à ne pas dépasser dans certains types de bâtiment (par exemple les bâtiments accueillant des enfants) ;
- ✓ des **valeurs guides indicatives** : établies sous la forme d'avis ou de rapports par le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) (<http://www.hcsp.fr/Explore.cgi/AvisRapports>) ou l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) (<http://www.anses.fr/fr/content/avis-et-rapports-de-lanses-sur-saisine>), si elles n'étaient pas disponibles pour le HCSP.

Note

Les valeurs guides réglementaires ne concernent que certains types de bâtiment et notamment :

- ✓ *les établissements recevant du public pour le benzène et le formaldéhyde (Décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011) ;*
- ✓ *les établissements d'enseignement y compris les bâtiments d'internat, les établissements sanitaires et sociaux disposant d'une capacité d'hébergement, les établissements thermaux et les établissements pénitentiaires pour le radon (Arrêté du 22 juillet 2004) ;*
- ✓ *certains types d'appareil à combustion pour le monoxyde de carbone (CO) (Arrêté du 15 septembre 2009).*

A partir de ces différents éléments, plusieurs jeux de valeurs de référence ont été utilisés au cours de cette étude :

1) Valeurs guides réglementaires ou du HCSP⁴ :	
Valeur repère (vREP) ⇨ vRef 1	
Valeur d'action rapide (VAR) ⇨ vRef 2	
2) Données de la campagne logement de l'OQAI :	
Médiane (p50) ⇨ vRef 1	
Percentile 95 (p95) ⇨ vRef 2	
3) Valeurs guides Anses (VGAI) ou européennes :	
Exposition long-terme ⇨ vRef 1	
Exposition court-terme ⇨ vRef 2	

Code couleur utilisé

< vRef 1

entre vRef1 et vRef 2

> vRef2

⁴ Les valeurs réglementaires (valeur-guide et valeur-limite) disponibles à ce jour et communes aux valeurs du HCSP concernent le formaldéhyde et le benzène. Elles sont égales, respectivement, aux valeurs repère et d'action rapide du HCSP, hormis pour la valeur-guide benzène (5 µg/m³, contre 2 µg/m³ pour la valeur repère du HCSP). Cependant, étant donné l'échéance proche (2016) de la diminution de cette valeur-guide réglementaire de 5 à 2 µg/m³, le seuil de 2 µg/m³ a été retenu comme vRef1.

Lorsque pour un composé, plusieurs valeurs de référence étaient disponibles parmi les sources citées, le jeu de valeurs utilisé en première intention correspond à la classification indiquée ci-dessus. Cet ordre est basé sur le fait que les valeurs réglementaires ou du HCSP correspondent à des valeurs de gestion, prenant en compte à la fois les impacts sanitaires mais également les teneurs de bruit de fond existantes. Les données de la CNL de l'OQAI ont ensuite été privilégiées, l'objectif de l'étude étant dans un premier temps d'observer si les niveaux de concentrations dans les BPE sont plus importants que dans des bâtiments dits « standards ». Il est important de noter que ces dernières ne sont pas des valeurs de référence sanitaires. Enfin, en l'absence de ces données, les valeurs guides d'air intérieur (VGAI) de l'Anses, basées uniquement sur des critères sanitaires, ont pu également être mises en perspective des résultats.

Ce type de données n'étant pas disponible pour toutes les substances mesurées dans cette étude, d'autres sources documentaires ont également été utilisées, avec une représentativité beaucoup plus faible car portant sur un nombre réduit d'échantillons, comme les résultats annuels du projet HOME'AIR [Lig'Air (2012)], réalisé par l'Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) Lig'air entre janvier et décembre 2011 dans 6 maisons BBC de la région Centre (http://www.ligair.fr/media/docutheque/Home_air_VF.pdf).

Les tableaux ci-après reprennent les jeux de valeurs de référence utilisés en première intention pour chaque composé. Si d'autres valeurs de référence décrites ci-dessus étaient disponibles, elles ont également pu être mises en perspective des résultats.

Tableau 16 : Valeurs de référence pour le positionnement des résultats

Substance	formaldéhyde	acétaldéhyde	Hexanal	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀
Référence	HCSP	CNL OQAI	CNL OQAI	VGAI	HCSP	HCSP
Unité	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
vRef1	vREP = 30	p50 = 11,6	p50 = 13,6	long-terme = 20	vREP = 20	vREP = 30
vRef2	VAR = 100	p95 = 30,0	p95 = 50,1	court-terme = 200	VAR = 50	VAR = 75

Substance	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	décane
Référence	HCSP	CNL OQAI	CNL OQAI	CNL OQAI	CNL OQAI	CNL OQAI	CNL OQAI
Unité	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
vRef1	vREP = 2	p50 = 12,2	p50 = 2,3	p50 = 5,6	p50 = 2,3	p50 = 1,0	p50 = 5,3
vRef2	VAR = 10	p95 = 82,9	p95 = 15	p95 = 39,7	p95 = 14,6	p95 = 2,7	p95 = 53

Substance	1-méthoxy-2-propanol	PCE	limonène	pinène	Naphtalène	Radon
Référence	CNL OQAI	HCSP	Lig'Air	Lig'Air	HCSP	Réglementation
Unité	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	Bq/m ³
vRef1	p50 = 1,9	vREP = 250	20 (min) sur année	18 (min) sur année	vREP = 10	400
vRef2	p95 = 17,5	VAR = 1250	40 (max) sur année	135 (max) sur année	VAR = 50	1000

Les vRef1 sont considérées comme des seuils en dessous desquels, il n'existe pas de situation particulière en regard de la concentration mesurée. En revanche, au-delà des vRef2 des actions correctives sont à mettre en place, sous quelques mois, afin de réduire les sources de ce composé et l'exposition associée des occupants.

Cas spécifique du confinement : pour cette donnée, les situations de confinement très élevées (ICONE = 4) ou extrêmes (ICONE = 5) ont été utilisées pour identifier des situations préoccupantes. En effet, un confinement très élevé indique que le renouvellement d'air est insuffisant pour évacuer les bioeffluents produits par les occupants, qui s'accumulent. Par conséquent, en présence d'une source significative de polluants dans une atmosphère très confinée, des niveaux de polluants très élevés pourraient être observés.

Certaines données restent sans valeurs de référence. C'est le cas de l'hexane, des particules en nombre, des HAP (hors naphthalène) et des phtalates.

Afin de visualiser le positionnement de l'ensemble des résultats pour chaque composé, ces valeurs de références ont été replacées dans les graphiques de type boîtes à moustaches (sous la forme de traits oranges et rouges) présentés ultérieurement dans ce document (Annexe 4) ainsi que dans le tableau de résultats de l'Annexe 2 (sous la forme de pastilles de couleur) indiquant le positionnement de la mesure par rapport à ces jeux de valeurs.

La comparaison aux différentes valeurs de références présentées dans ce rapport a été réalisée sans tenir compte des incertitudes associées aux mesures.

6.4 CONFORT THERMIQUE

Le confort thermique a été estimé par la mesure de la température et de l'humidité relative.

Pour chacun de ces paramètres, la moyenne des données enregistrées pour chaque pièce sur la « semaine » de mesure a été calculée et les couples T/HR ainsi obtenus ont permis de caractériser le confort thermique de chaque pièce.

Ces derniers ont été évalués par rapport au diagramme de confort présenté ci-après, où la zone de la zone de grand confort est matérialisée en vert et celle de confort admissible est matérialisée en orange.

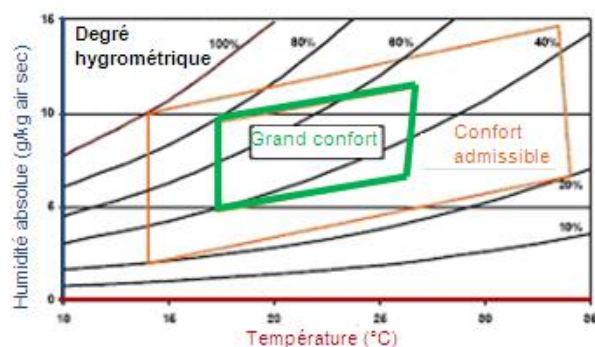


Figure 6 : Diagramme de confort [ARENE-ADEME PACA (2002)]

Il en ressort que la plupart des sites se situaient dans la zone de grand confort à l'exception de 3 pièces (2 chambres de la maison individuelle de St Fuscien et 1 chambre de la maison individuelle de Bavelincourt), situées dans la zone de confort admissible.

Par ailleurs, un comparatif des températures opératives et ambiantes a été réalisé pour chaque mesure. Ainsi, les écarts en °C entre la température opérative et ambiante sont plus marqués en été qu'en hiver, avec les données suivantes (max/min/médiane) respectives : 2,1 / -2,3 / -0,1 pour l'été et 0,4 / -0,7 / 0,1 pour l'hiver.

On constate également qu'en été la température opérative est généralement inférieure à la température ambiante alors qu'en hiver, l'inverse est observé.

6.5 CONFINEMENT DE L'AIR

L'indice de confinement de l'air (ICONE), présenté précédemment, a été calculé pour l'ensemble des pièces investiguées.

Comme indiqué au 4.2.6., cet indice a été construit pour les pièces des logements, mais il est donné uniquement à titre indicatif pour cette typologie de site, les données d'occupation disponibles étant agrégées à l'échelle du logement et non au niveau des pièces où les mesures de CO₂ ont été effectuées.

La boîte à moustaches ci-dessous regroupe l'ensemble des mesures réalisées pour les différentes typologies de sites, **pour chaque pièce et à chaque saison**. Une explication de ce type de graphique est donnée en Annexe 4.

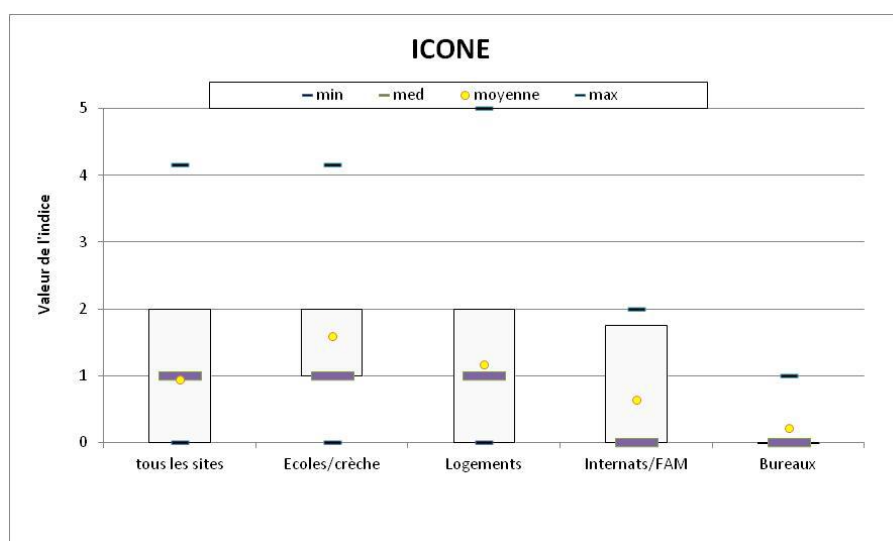


Figure 7 : Boîte à moustaches pour l'indice de confinement

Note : Les moyennes sont données à titre indicatif, les indices de confinement étant des données discrètes et non continues (cf. Annexe 3).

Par ailleurs, les indices calculés pour les logements, de part leur caractère très estimatifs, n'ont pas été pris en compte pour la catégorie « tous les sites ».

D'après ces mesures, les niveaux de confinement sont faibles pour les typologies bureaux, internats et Foyer d'Accueil Médicalisé (FAM).

Sur l'ensemble de l'étude, 4 bâtiments ont présenté des niveaux de confinement très élevés à extrêmes. Il s'agit de :

- ✓ la crèche de Boves : le dortoir des grands est associé à indice de confinement de 4 pour les campagnes été et hiver. Ceci peut s'expliquer par la sous ventilation du bâtiment. En effet, la ventilation double flux en fonctionnement lors de la semaine de mesure n'extrayait que 250 m³/h au lieu des 850 m³/h préconisés par la note de calcul ;
- ✓ l'école élémentaire Victor Hugo de Montdidier : un indice de confinement de 4 a été mesuré lors de la phase hiver dans une salle de classe. Ce niveau pourrait s'expliquer par le déséquilibre important constaté sur la VMC double flux (absence de débit de soufflage et d'extraction dans certaines salles de classe bien que ce ne soit pas le cas uniquement pour cette salle de classe) ;

- ✓ les logements sociaux de Bailleul sur Thérain : un indice de 5 a été relevé dans la chambre du logement n°4 au cours de la campagne hiver et des indices de 4 dans la chambre du logement n°1 au cours des phases été et hiver. D'après les mesures de débits réalisées dans ces logements, les débits d'extraction relevés n'étaient pas suffisants à l'étage en regard de ceux préconisés par la note de calcul, niveau où sont situées les chambres.

Comme mentionné précédemment, un confinement très élevé indique que le renouvellement d'air est insuffisant par rapport au taux d'occupation de la pièce⁵ pour évacuer les bioeffluents produits par les occupants, qui s'accumulent. Par conséquent, en présence d'une source significative de polluants dans une atmosphère très confinée, des niveaux de polluants très élevés peuvent être observés.

D'après les informations en notre possession, les problèmes de confinement relevés sont peut être liés à une sous ventilation des pièces. Des réglages et équilibrages des systèmes de ventilation permettraient probablement de revenir à des niveaux de confinement acceptables.

6.6 POLLUTION CHIMIQUE

Pour chaque composé, l'ensemble des résultats, mesure **par pièce et par saison**, a été illustré par des boîtes à moustache (sur le modèle de celle présentée pour l'indice ICONE).

Afin de pouvoir calculer les données statistiques utiles (médianes, moyennes et percentiles) à ce type de graphique, une valeur numérique a été attribuée à chaque composé recherché dans les échantillons. Ainsi, pour chaque composé :

- ✓ les valeurs inférieures à la limite de détection (Ld) de la méthode ont été considérées comme des valeurs nulles ;
- ✓ les valeurs comprises entre la limite de détection et la limite de quantification (Lq) ont été remplacées par la Lq divisée par deux.

L'ensemble des boîtes à moustache ainsi construites est disponible en Annexe 4. Pour les HAP et les phtalates, seuls le naphthalène, le DEP, le DiBP et le DBP ont été représentés, la fréquence de quantification étant très faible dans les autres cas.

6.6.1 BILAN MACROSCOPIQUE

Sur la base de l'ensemble des résultats détaillés en Annexe 4, il ressort que les concentrations mesurées sur l'ensemble des phases estivales et hivernales sont globalement satisfaisantes aux vues des valeurs-guides de référence (HCSP, VGAI) disponibles pour interpréter les résultats. Certaines situations (PM, benzène) méritent d'être commentées mais sont traitées dans les chapitres suivants.

Par ailleurs, la comparaison des résultats de cette étude avec les données disponibles de la CNL de l'OQAI n'a pas montré de situation dégradée de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments étudiés. Quelques situations (hexanal, 1-méthoxy2propanol, styrène) montrent des concentrations un peu plus élevées dans notre étude mais sont discutées ci-après.

⁵ En effet, le renouvellement d'air peut être bon dans des conditions normales d'occupation, et le local non confiné, alors que le même local, sur-occupé, pourra présenter un confinement élevé avec le même renouvellement d'air.

6.6.2 CLASSEMENT DES COV

Afin d'avoir une idée de la récurrence et de l'importance de certains COV, ceux-ci ont été classés par ordre décroissant en fonction de leur concentration selon la typologie de site. Pour ce faire, la moyenne des concentrations obtenues a été calculée pour chaque composé, sur l'ensemble de l'échantillon considéré.

Tableau 17 : Classement des COV, tous sites confondus

TOUS SITES CONFONDUS		TOUS SITES CONFONDUS	
Ordre des COV	Composé	Ordre des COV	Composé
1	limonène	9	PCE
2	pinène	10	m+p-xylènes
3	hexanal	11	toluène
4	1-méthoxy-2-propanol	12	o-xylène
5	formaldéhyde	13	éthylbenzène
6	acétaldéhyde	14	benzène
7	décane	15	styrène
8	hexane		

Pour l'ensemble des sites étudiés, le limonène, le pinène et l'hexanal sont les COV présents en plus forte quantité au cours de cette étude.

Le détail de ce classement par typologie de site et pour chaque site est disponible en Annexe 5.

On constate que sur l'ensemble des bureaux, le limonène, le pinène et l'hexanal sont également les 3 COV les plus quantifiés, comme pour les écoles et crèches (pinène, hexanal, limonène) ou encore les logements (pinène, limonène, hexanal).

Concernant les résultats relatifs aux internats et foyer d'accueil médicalisé l'hexanal ne fait plus parti des 3 premiers COV. Celui-ci est remplacé par le 1-méthoxy-2-propanol.

Il convient de rappeler que le pinène et le limonène présentaient, pour plusieurs mesures, des coefficients de variation élevés au niveau des réplicats. Les résultats relatifs à ces deux substances sont donc à considérer avec précaution.

6.6.3 POLLUANTS CHIMIQUES NON RETENUS

L'objectif de l'étude étant de croiser les situations d'intérêt en termes de qualité de l'air intérieur avec les données qualitatives recueillies afin d'en extraire des critères d'influence, un premier tri des substances mesurées a été réalisé, sur la base des niveaux de concentrations rencontrés et illustrés en Annexe 4.

Ainsi, il n'a pas été jugé pertinent de conserver les substances pour lesquelles l'amplitude des concentrations mesurées était restreinte, ne permettant alors pas de comparer des situations contrastées en termes de qualité d'air intérieur en regard de leurs données qualitatives.

De même, les composés pour lesquels les concentrations mesurées en intérieur n'étaient pas significativement différentes des concentrations extérieures n'ont pas été conservés pour une étude plus approfondie des données. En effet, il a été considéré qu'une source de pollution est intérieure lorsque la concentration du polluant étudié en intérieur est supérieure à celle de l'extérieur et lorsqu'il y a un écart de plus de 30 % entre la concentration mesurée en intérieur et en extérieur, soit $C_{int} \times 0,7 > C_{ext} \times 1,3$.

Cela signifie que le rapport entre la concentration extérieure et intérieure du polluant mesuré doit être inférieur à 0,53, auquel cas nous avons estimé que la pollution mesurée venait pour une bonne partie de l'extérieur.

Enfin, pour certains composés, les concentrations remarquables pouvaient facilement être expliquées par une donnée qualitative connue pour être une source de ce polluant. Ces derniers n'ont également pas été retenus pour une analyse plus approfondie des données.

Ainsi, sur la base de ces critères, la liste des polluants non retenus pour la suite de l'exploitation des résultats est la suivante :

✓ Benzène

La plupart des sites avaient des concentrations en benzène inférieures à la valeur repère du HCSP ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sauf 10 pièces qui avaient des concentrations supérieures à cette valeur. Pour ces dernières, toutes les mesures ont été effectuées en phase hivernale.

Pour 3 pièces (3 classes à l'école Victor Hugo de Montdidier), les concentrations en benzène à l'extérieur étaient supérieures aux concentrations intérieures. Pour ce site, la source probable du benzène en air intérieur semble être l'extérieur.

Pour 6 pièces (2 pièces à St Fuscien, 2 pièces à Bailleul n°1 et 2 pièces à Bavelincourt), les sources de benzène semblent liées aux habitudes de vie des occupants et au mode de chauffage. Concernant le site de St Fuscien, le propriétaire de l'habitation a indiqué que lors de la campagne de mesure hivernale, le poêle à bois était en fonctionnement et qu'un défaut de fonctionnement (refoulement) avait été constaté. Pour le logement de Bailleul n°1, les occupants sont fumeurs. Cette habitude est également corrélée avec des niveaux de particules plus élevés que dans le logement similaire de Bailleul n°4. En ce qui concerne le logement de Bavelincourt, les propriétaires ont indiqué avoir utilisé le poêle à bois lors de la campagne hivernale.

La dernière pièce faisant l'objet d'un dépassement de la valeur repère du HCSP était située dans les bureaux d'Eiffage ($2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le second bureau investigué sur ce site présentait une concentration de $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lors de la campagne hivernale. Malheureusement, les données extérieures ont été invalidées, ne permettant pas de conclure sur la contribution de l'air extérieur à cette concentration intérieure. Il convient de noter par ailleurs que ces deux concentrations sont équivalentes à la valeur repère du HCSP.

✓ NO₂

Les concentrations en NO₂ mesurées en intérieur étaient significativement inférieures aux concentrations extérieures pour tous les sites et pour chaque saison. Quelques situations ayant des concentrations supérieures à la VGAI long-terme ont été observées, probablement dues aux sources extérieures.

✓ Hexane

Toutes les concentrations en hexane étaient faibles, avec peu de dispersion. En effet, l'ensemble des mesures est inférieur à $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'exception d'une pièce (moyenne de $17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) où le coefficient de variation entre la mesure et son réplicat, de l'ordre de 65 %, impliquant une forte incertitude sur cette valeur, d'autant plus que dans les 3 autres pièces étudiées pour ce site, les concentrations mesurées étaient de l'ordre de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Par ailleurs, pour beaucoup de cas, concentrations extérieures et intérieures étaient similaires.

✓ Toluène

Les concentrations en toluène étaient relativement faibles en comparaison au parc de logements français enquêté dans le cadre de la CNL de l'OQAI. En effet, le maximum relevé au cours des phases été et hiver atteint 11,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est inférieur à la concentration médiane de l'étude OQAI (12,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

✓ PCE

Tous les sites ont des concentrations en PCE inférieures à la valeur repère du HCSP (250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

✓ HAP

Tous les HAP présentaient des concentrations faibles ou inférieures à la limite de quantification. La seule valeur de référence donnée par le HCSP pour les HAP est celle du naphthalène. Les concentrations de ce polluant mesurées au sein de cette étude étaient inférieures à la valeur repère du HCSP.

✓ Phtalates

Pour l'ensemble des phtalates, les concentrations étaient faibles et très souvent inférieures à la limite de quantification.

✓ CO

Les mesures de CO ont été effectuées lorsqu'un appareil à combustion était présent dans le volume chauffé du bâtiment. L'ensemble des mesures réalisées étant négligeables, ce polluant n'est pas retenu par la suite.

6.6.4 POLLUANTS CHIMIQUES RETENUS

Les polluants présentés ci-après ont été retenus pour un croisement des concentrations mesurées avec les données qualitatives renseignées (voir Chapitre 6). Au préalable, un descriptif détaillé des résultats obtenus, à l'aide des boîtes à moustaches a été réalisé, afin de faire ressortir les situations d'intérêt et de commenter les sources possibles, au regard de la littérature existante (Annexe 6).

6.6.4.1 FORMALDEHYDE

Sources

Ce composé peut avoir plusieurs sources à l'intérieur d'un bâtiment. Il peut provenir des produits de construction et de décoration contenant des composés à base de formaldéhyde (liants ou colles urée-formol), des sources de combustion (fumée de tabac, bougies, bâtonnets d'encens, cheminées à foyer ouvert, cuisinières à gaz, poêles à pétrole) ou des produits d'usage courant (produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétiques).

Analyse des résultats⁶

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, la médiane de tous les sites est inférieure à la valeur repère (vREP) du HCSP. Si l'on compare les médianes par typologie de site, celles-ci sont équivalentes voire inférieures à la valeur repère du HCSP.

⁶ Pour rappel, les données considérées dans les boîtes à moustache correspondent aux concentrations mesurées par pièce et par saison. Ainsi, les médianes et moyennes pour une typologie de bâtiment ont été calculées sur la base de l'ensemble des données individuelles pour la catégorie considérée.

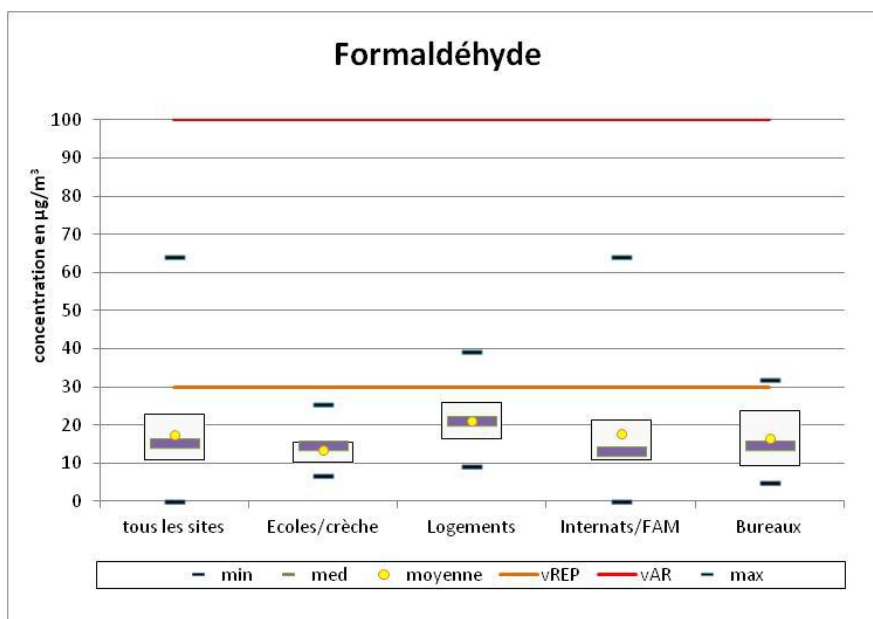


Figure 8 : Boîte à moustaches du formaldéhyde

Certaines pièces, réparties dans 4 bâtiments (les deux logements sociaux, un bureau (Eiffage), le foyer d'accueil médicalisé), présentent une concentration en formaldéhyde qui dépasse la valeur repère du HCSP mais reste en deçà de la valeur d'action rapide (VAR). Ces « dépassements » ont été relevés uniquement en été.

La concentration de ce polluant à l'intérieur du bâtiment est toujours supérieure à la concentration extérieure. On suppose donc que la source principale du formaldéhyde provient de l'intérieur du bâtiment.

Premières pistes d'explication

Pour 3 de ces 4 bâtiments, dont le foyer d'accueil médicalisé pour lequel les concentrations en formaldéhyde sont les plus élevées, le thermicien ayant réalisé les visites de sites a constaté une sous-ventilation des pièces. En effet, pour les 2 logements sociaux, équipés d'une VMC simple-flux, les débits extraits mesurés étaient d'environ 75 m³/h alors que les débits attendus indiqués dans la note de calcul étaient de 165 m³/h. Pour le foyer d'accueil médicalisé, équipé d'une VMC double flux, les débits mesurés dans chaque chambre représentaient 1/3 à 1/2 du débit théorique en extraction alors qu'il n'y avait aucun débit aux bouches de soufflage (contre 45 m³/h prévus). Cependant, ces teneurs ont été relevées en phase estivale, les pièces investiguées de ces 3 bâtiments étant ventilées relativement fréquemment par les occupants à cette période, sauf dans le bâtiment du foyer d'accueil médicalisé.

Le facteur commun à ces 4 bâtiments est un sol synthétique (revêtement PVC ou dalles moquette). Nous pouvons penser que la matière utilisée pour la fixation de ces matériaux est une source de formaldéhyde, dont les émissions ont été favorisées en phase estivale, car associées à une température intérieure plus élevée (+ 2 à 3° C dans le bâtiment de bureau et le foyer d'accueil médicalisé et + 4 à 5° C dans les logements sociaux). Cependant, le peu de bâtiments pour lesquels nous avons constaté ce phénomène et le manque d'informations sur les matériaux utilisés pour la fixation des sols ne nous permet pas de conforter cette hypothèse.

6.6.4.2 ACÉTALDEHYDE

Sources

Ce polluant est présent dans la fumée de cigarette et peut être émis par les photocopieurs, les panneaux de bois brut et les panneaux de particules.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, la médiane de l'ensemble de notre étude est inférieure à la médiane de la campagne nationale « Logements » (CNL) de l'OQAI (p50 OQAI). Si l'on compare les médianes par typologie, celle des logements de notre étude est comparable à celle de la CNL et celles des autres typologies de notre étude sont inférieures à celle de la CNL.

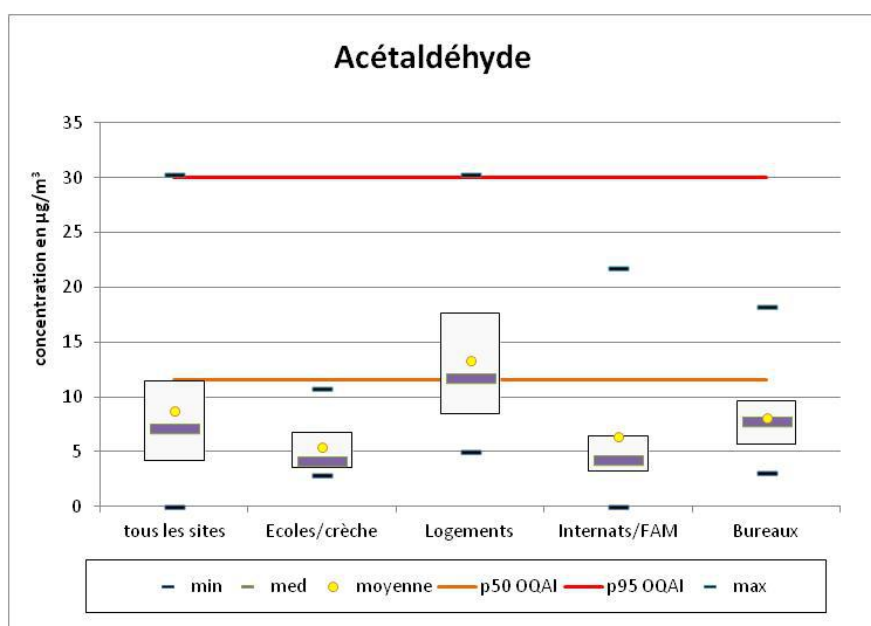


Figure 9 : Boîte à moustaches de l'acétaldéhyde

Sur l'ensemble des mesures effectuées, un site a une concentration en acétaldéhyde supérieure au percentile 95 de la CNL de l'OQAI (p95 OQAI soit vref2). Cette pièce correspond à une mesure effectuée dans une chambre dans la maison individuelle de Bavelincourt en hiver. Certains sites (19 pièces dans les logements et 1 bureau) présentent des concentrations situées entre la médiane (vref1) et le percentile 95 de l'étude (p95) OQAI (vref2).

En ce qui concerne les p95 de notre étude, ceux-ci sont inférieurs à ceux de la CNL de l'OQAI.

L'ensemble des concentrations de ce composé est plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur, les sources principales de ce composé étant donc vraisemblablement intérieures.

Premières pistes d'explication

D'après ces informations, nous pouvons supposer que le niveau élevé relevé en période hivernale à Bavelincourt est issu des panneaux de bois apparents (OSB) constituant les murs, sols et plafonds de la pièce. Cependant, le phénomène observé ne concerne qu'une seule pièce sur l'ensemble des bâtiments étudiés. Il nous est donc difficile de conforter cette hypothèse pour l'instant.

6.6.4.3 HEXANAL

Sources

Ce composé peut provenir de panneaux de particules et de bois brut, de produits de traitement du bois, de livres et magazines neufs ou de peinture à phase solvant.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, la médiane de l'ensemble de notre étude est supérieure à la médiane de la CNL de l'OQAI (p50 OQAI). Si l'on compare les médianes par typologie de site, celle des logements est supérieure à celle de la CNL. Les médianes des autres typologies sont équivalentes voire inférieures.

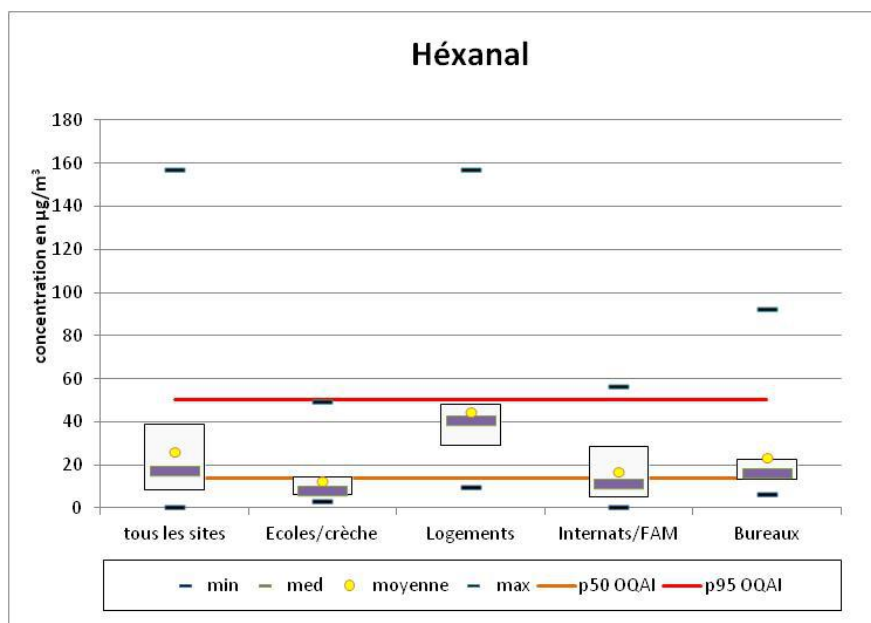


Figure 10 : Boîte à moustaches de l'hexanal

Sur l'ensemble des mesures effectuées, 4 sites ont des concentrations en hexanal supérieures au percentile 95 de la CNL de l'OQAI (p95 OQAI soit vref2). Ces dépassements correspondent à des mesures effectuées dans deux logements, un bureau et un internat. De nombreux sites présentent des concentrations comprises entre la médiane (vref1) et le p95 de l'étude OQAI (vref2).

Le p95 de l'ensemble des sites de notre étude est supérieur à celui de la CNL de l'OQAI (50,1 µg/m³). Si l'on regarde par typologie de site, ce sont les p95 des logements et bureaux qui sont supérieurs à celui de la CNL de l'OQAI (respectivement 78,0 et 85,8 µg/m³).

L'ensemble des concentrations de ce composé est plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur, les sources principales de ce composé étant donc vraisemblablement intérieures.

Premières pistes d'explication

Pour ces 4 bâtiments, certains critères sont communs, comme la présence d'une ossature bois et une finition en peinture au niveau des murs et des plafonds des pièces étudiées.

L'étude de l'impact de ces critères sera réalisée dans la partie 7.2 sur l'ensemble des échantillons de l'étude.

6.6.4.4 ETHYLBENZENE

Sources

L'éthylbenzène est principalement issu des carburants et des cires.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, la médiane de tous les sites de notre étude est inférieure à la médiane de la CNL de l'OQAI. Si l'on compare les médianes par typologie de site, celle des logements et bureaux sont comparables à celle de la CNL et celles des « écoles/crèche » et « internat/FAM⁷ » sont inférieures.

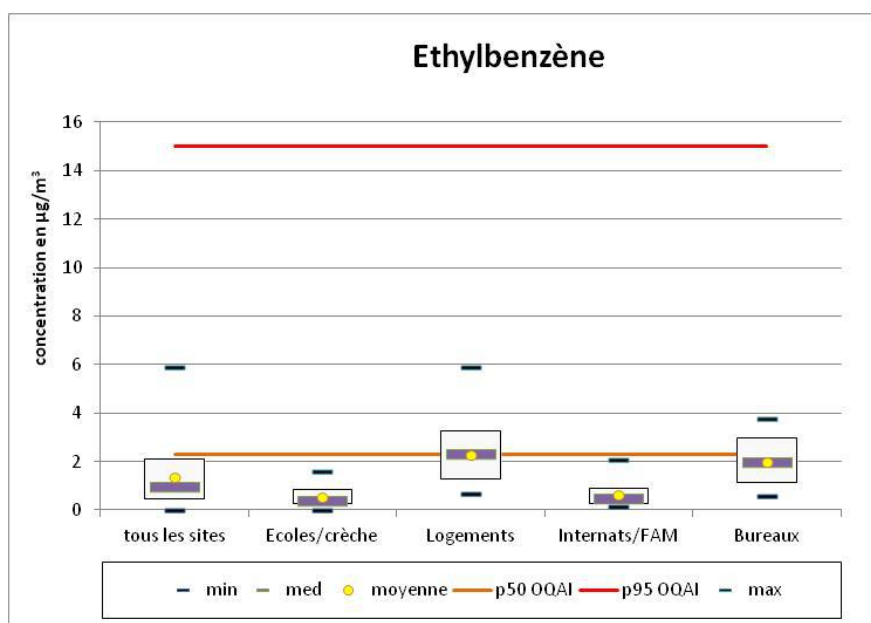


Figure 11 : Boîte à moustaches de l'éthylbenzène

Toutes les typologies de notre étude ont des p95 inférieurs à celui de la CNL de l'OQAI.

D'après ces éléments, les niveaux de ce polluant sont équivalents à ceux obtenus lors de l'étude de l'OQAI.

La typologie logement est celle pour laquelle les niveaux de ce polluant sont les plus élevés. L'ensemble des logements étudiés a au moins une pièce avec valeur en éthylbenzène comprise entre la médiane (vref1) et le p95 de l'étude OQAI (vref2), soit 47 % des pièces investiguées.

Premières pistes d'explication

Pour 2 des 7 logements étudiés, les teneurs intérieures semblent liées à des niveaux extérieurs importants. Pour les autres sites, l'étude des critères qualitatifs sur l'ensemble des échantillons de l'étude, réalisée ultérieurement (partie 7.2), permettra peut être d'identifier des éléments explicatifs.

⁷ Foyer d'accueil médicalisé

6.6.4.5 M+P - XYLENES

Sources

A l'intérieur des bâtiments, ce polluant peut principalement venir des peintures, vernis, colles, ou insecticides.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, la médiane de tous les sites de notre étude est inférieure à la médiane de la CNL de l'OQAI. Si l'on compare les médianes par typologie de site, celles-ci sont inférieures à celles de la CNL.

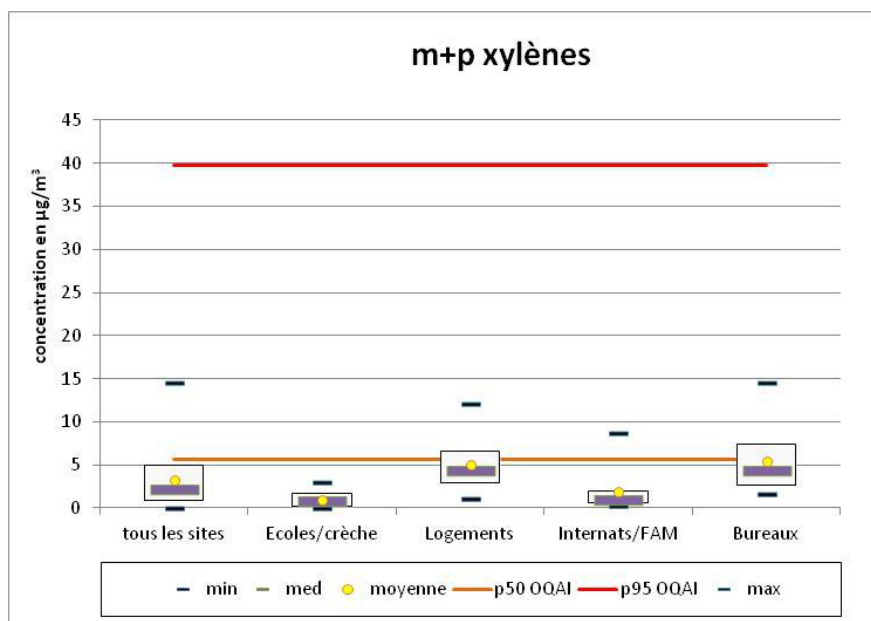


Figure 12 : Boîte à moustaches des m+p xylènes

Toutefois, certaines concentrations en m+p xylènes se situent entre la médiane (vref1) et le p95 de l'étude OQAI (vref2). Les concentrations les plus élevées concernent les logements et les bureaux.

En ce qui concerne les p95 de notre étude, les niveaux sont inférieurs à ceux de la CNL de l'OQAI.

D'après l'ensemble de ces éléments, les niveaux de m+p xylènes sont équivalents voire inférieurs à ceux obtenus lors de la CNL de l'OQAI.

Enfin, les concentrations de ces polluants sont régulièrement associées à la présence d'éthylbenzène, de o-xylène et de styrène. Ceci a été relevé au sein de 2 bâtiments de bureaux et de 4 logements.

Premières pistes d'explication

Pour deux logements sociaux (Bailleul) et un bureau (Opac de l'Oise), des concentrations élevées à l'extérieur ont été mesurées, pouvant expliquer les concentrations intérieures.

Pour les autres sites, l'étude des critères qualitatifs sur l'ensemble des échantillons de l'étude, réalisée ultérieurement (partie 7.2), permettra peut être d'identifier des éléments explicatifs pour les concentrations les plus élevées.

6.6.4.6 O-XYLENE

Sources

Ce polluant peut être émis par des peintures, vernis, colles, ou insecticides.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, la médiane de notre étude est inférieure à la médiane de la CNL de l'OQAI. Si l'on compare les médianes par typologie de site, celles-ci sont inférieures à celle de la CNL.

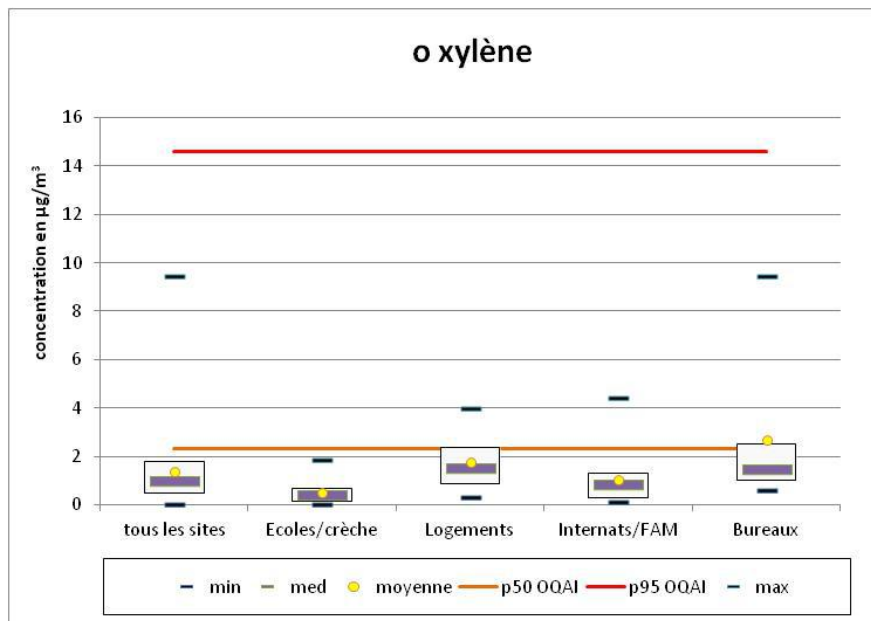


Figure 13 : Boîte à moustaches de l'o-xylène

Les p95 de toutes les typologies sont inférieurs à ceux de la CNL.

D'après l'ensemble de ces éléments, les niveaux de ce polluant sont équivalents voire inférieurs à ceux obtenus lors de l'étude l'OQAI.

Les concentrations de ce polluant sont généralement associées à celles des m+p xylènes.

Premières pistes d'explication

Certaines concentrations de notre étude sont comprises entre la médiane (vref1) et le p95 de l'étude OQAI (vref2) mais aucun élément explicatif n'est pour le moment ressorti. Une étude plus approfondie des critères qualitatifs et des concentrations associées, sur l'ensemble des échantillons de l'étude, sera conduite dans la suite du document (partie 7.2).

6.6.4.7 STYRENE

Sources

Ce composé est principalement issu des matières plastiques, matériaux isolants, carburants ou de la fumée de cigarette.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-après, la médiane de notre étude est légèrement inférieure à la médiane de la CNL de l'OQAI. Si l'on compare les médianes par typologie, celles-ci sont également comparables à celle de la CNL.

En revanche, concernant les p95, les niveaux obtenus au cours de notre étude sont supérieurs à ceux de la CNL de l'OQAI et plus précisément pour les typologies « écoles/crèche », logements et bureaux.

Ainsi, sur l'ensemble des mesures effectuées, 7 sites ont des concentrations en styrène supérieures au p95 de l'étude OQAI (vref2). Ces dépassements correspondent à des mesures effectuées dans quatre logements, un bureau et deux écoles. Un seul site présente des valeurs supérieures à vref2 à la fois pour les campagnes été et hiver. Plusieurs sites présentent des concentrations comprises entre la médiane (vref1) et le p95 de l'étude OQAI (vref2).

L'ensemble des concentrations de ce composé est plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les sources sont donc probablement intérieures.

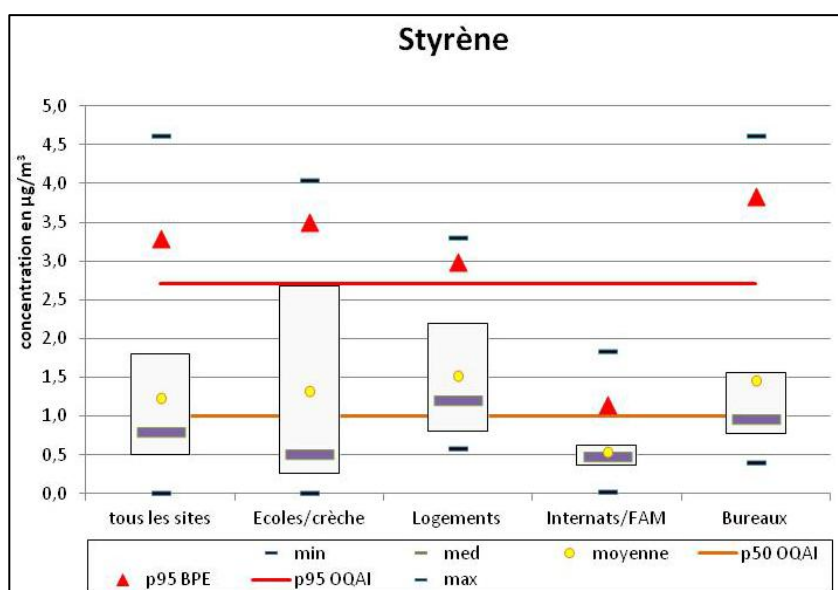


Figure 14 : Boîte à moustaches du styrène

Premières pistes d'explication

Aucun élément explicatif n'a été identifié en 1^{ère} intention. Une étude plus approfondie des critères qualitatifs et des concentrations associées, sur l'ensemble des échantillons de l'étude, sera conduite dans la suite du document (partie 7.2).

6.6.4.8 LIMONENE

Sources

Ce composé est principalement issu de désodorisant, parfum d'intérieur, huiles essentiels, cires ou nettoyants pour sol.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, de nombreuses valeurs obtenues au cours de notre étude sont supérieures à la valeur maximum enregistrée dans l'étude HOME'AIR réalisée par Lig'air.

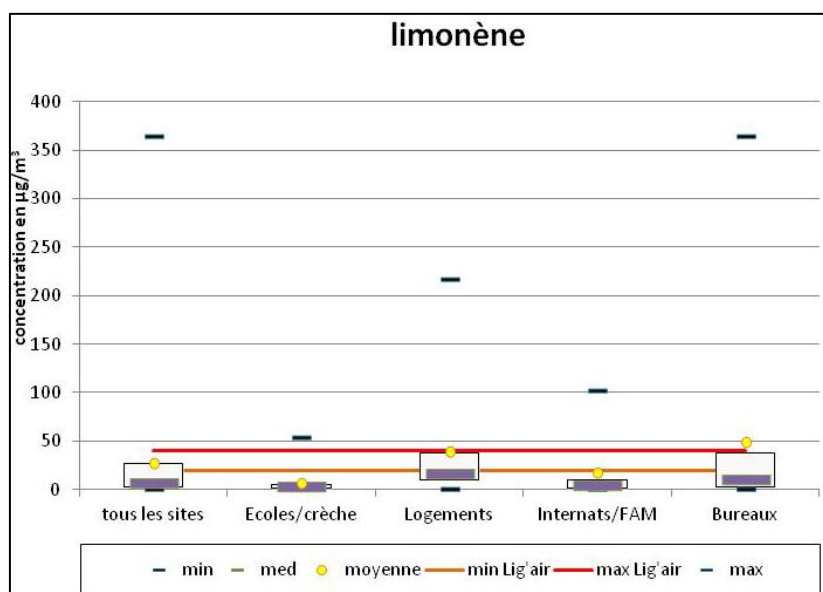


Figure 15 : Boîte à moustaches du limonène

Les typologies bureaux et logements atteignent des maxima assez importants (respectivement 364 et 217 µg/m³).

Sur l'ensemble des mesures effectuées, 8 sites ont des concentrations en limonène supérieures au maximum de l'étude Home'air (vref2). Ces dépassements correspondent à des mesures effectuées dans quatre logements, deux bureaux, une crèche et un internat. Il convient tout de même de noter que par ailleurs, de nombreuses concentrations mesurées sont inférieures au minimum de l'étude Home'air (vref1).

L'ensemble des concentrations de ce composé est plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Premières pistes d'explication

Aucun élément explicatif « simple » n'a été identifié en 1^{ère} intention. Une étude plus approfondie des critères qualitatifs et des concentrations associées, sur l'ensemble des échantillons de l'étude, sera conduite dans la suite du document (partie 7.2).

6.6.4.9 PINENE

Sources

Ce composé peut venir de désodorisant, parfum d'intérieur, huiles essentielles ou produit d'entretien. Il peut également être émis par le bois. Ses sources sont proches de celles du limonène.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-dessous, de nombreuses valeurs obtenues au cours de notre étude sont supérieures à la valeur maximum enregistrée dans l'étude HOME'AIR réalisée par Lig'air (vref2).

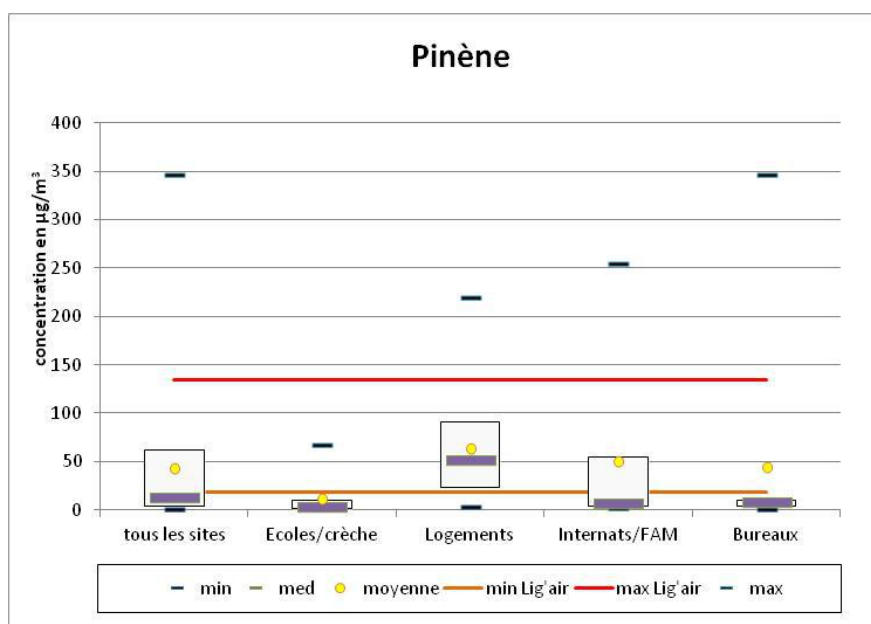


Figure 16 : Boîte à moustaches du pinène

Les typologies bureaux, « internats/FAM » et logements atteignent des maxima assez importants (respectivement 346, 255 et 219 µg/m³).

Sur l'ensemble des mesures effectuées, 4 sites ont des concentrations en pinène supérieures à vref2 (maximum de l'étude Home'air). Ces dépassements correspondent à des mesures effectuées dans deux logements, un bureau et un internat. Il convient tout de même de noter que par ailleurs, de nombreuses concentrations mesurées sont inférieures au minimum de l'étude Home'air (vref1).

L'ensemble des concentrations de ce composé est plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Premières pistes d'explication

Un site présente des concentrations plus importantes en limonène et pinène tout en restant dans les mêmes proportions (rapport des concentrations limonène sur pinène compris entre 0,30 et 0,47). Ce phénomène ayant été constaté sur l'ensemble des pièces étudiées du bâtiment lors de la phase hiver et d'après les informations renseignées via les différents questionnaires, nous pouvons supposer que la source commune à ces deux composés sur l'ensemble de l'établissement est l'utilisation d'un produit d'entretien.

Ces premières explications seront complétées par une étude plus approfondie des critères qualitatifs et des concentrations associées, sur l'ensemble des échantillons de l'étude (partie 7.2).

6.6.4.10 DECANE

Sources

Ce composé peut être issu du white-spirit, des colles pour sol, cires, vernis à bois, sols, moquettes ou tapis.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-après, la médiane de notre étude est inférieure à la médiane de la CNL de l'OQAI. Si l'on compare les médianes par typologie de site, celles-ci sont également inférieures à celle de la CNL.

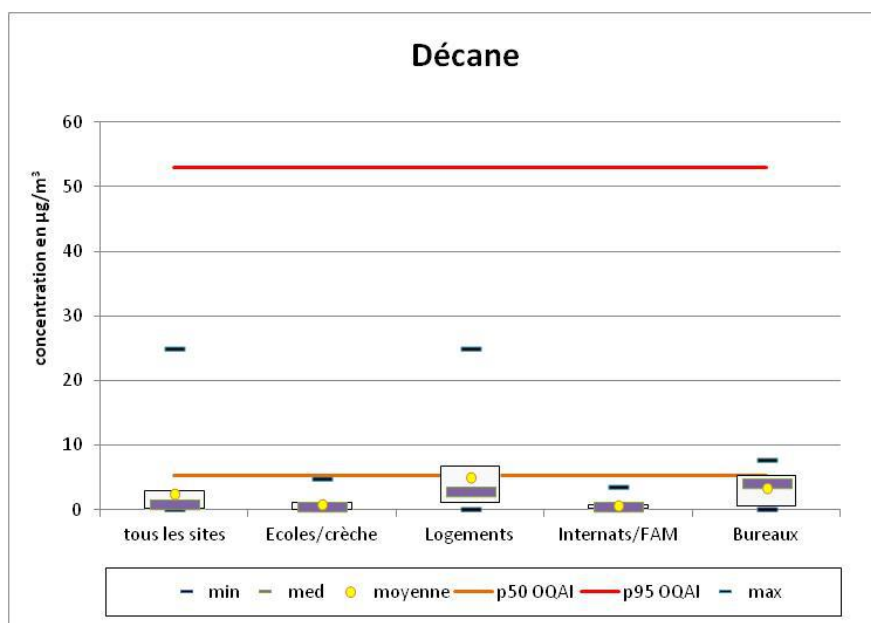


Figure 17 : Boîte à moustaches du décane

En ce qui concerne les p95, les niveaux obtenus au cours de notre étude sont inférieurs à celui de la CNL.

De nombreux sites de typologie logements et bureaux présentent des concentrations comprises entre la médiane (vref1) et le p95 de l'étude OQAI (vref2). De plus, certaines pièces, notamment dans les logements, présentent des variations importantes de concentration entre les phases été et hiver.

L'ensemble des concentrations de ce composé est plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Premières pistes d'explication

Aucun élément explicatif n'a été identifié en 1^{ère} intention. Une étude plus approfondie des critères qualitatifs et des concentrations associées, sur l'ensemble des échantillons de l'étude, sera conduite dans la suite du document (partie 7.2).

6.6.4.11 1-METHOXY-2-PROPANOL

Sources

Ce composé est présent dans les laques, peintures, vernis, savons, cosmétiques.

Analyse des résultats

D'après la boîte à moustaches présentée ci-après, la médiane de notre étude est comparable à la médiane de la CNL de l'OQAI. Si l'on compare les médianes par typologie de site, celles-ci sont également comparables à celle de la CNL.

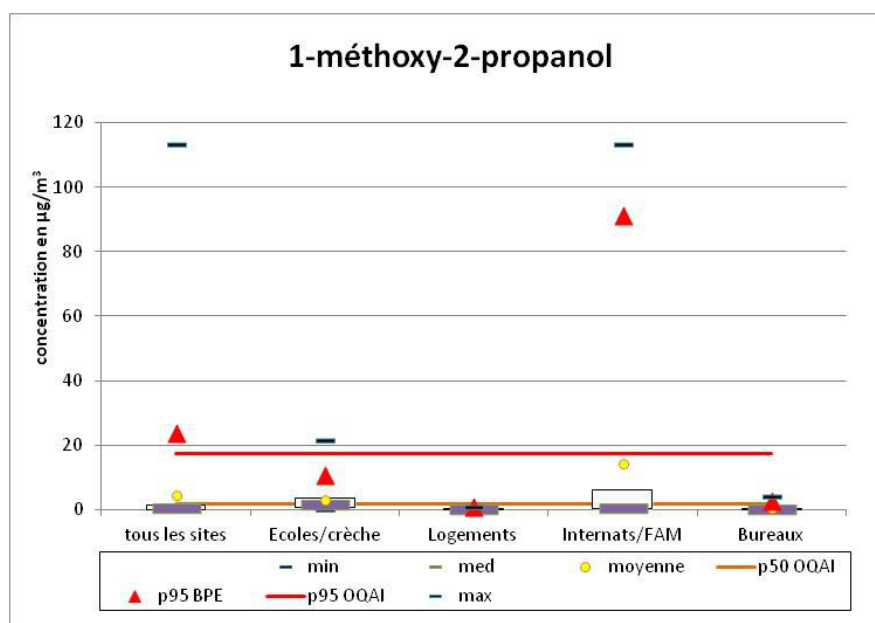


Figure 18 : Boîte à moustaches du 1-méthoxy-2-propanol

En ce qui concerne les p95, les niveaux obtenus au cours de notre étude sont supérieurs à ceux de la CNL de l'OQAI et plus précisément pour la typologie « internats/FAM ».

Sur l'ensemble des mesures effectuées, 3 sites ont des concentrations en 1-méthoxy-2-propanol supérieures au p95 de la CNL (vref2). Ces dépassements correspondent à des mesures effectuées dans un internat, un foyer d'accueil médicalisé et une école. De nombreux sites présentent des concentrations comprises entre la médiane (vref1) et le p95 de l'étude OQAI (vref2).

L'ensemble des concentrations de ce composé est plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Premières pistes d'explication

Aucun élément explicatif n'a été identifié en 1^{ère} intention. Une étude plus approfondie des critères qualitatifs et des concentrations associées, sur l'ensemble des échantillons de l'étude, sera conduite dans la suite du document (partie 7.2).

6.7 POLLUTION PHYSIQUE

6.7.1 PM

Sources

Les concentrations observées en air intérieur peuvent être liées aux concentrations extérieures mais également à des sources intérieures comme les activités culinaires associées à l'utilisation d'un four de cuisson, d'une plaque de cuisson, les activités de nettoyage et d'entretien des surfaces, la fumée de tabac, ...

Analyse des résultats

Sur l'ensemble des bâtiments de notre étude, la médiane en particules (PM_{2.5} et PM₁₀) relative à l'ensemble des sites est inférieure à la valeur repère du HCSP (vref1).

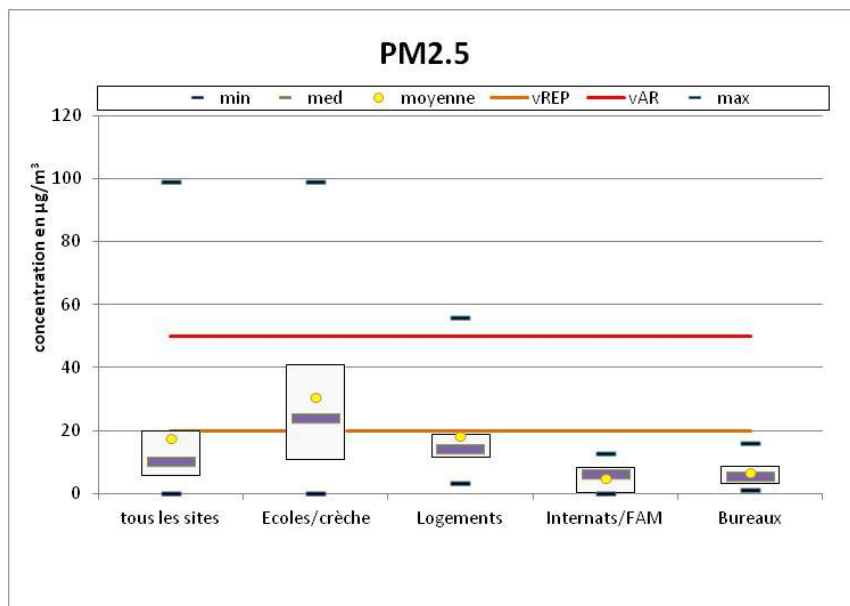


Figure 19 : Boîte à moustaches des PM_{2.5}

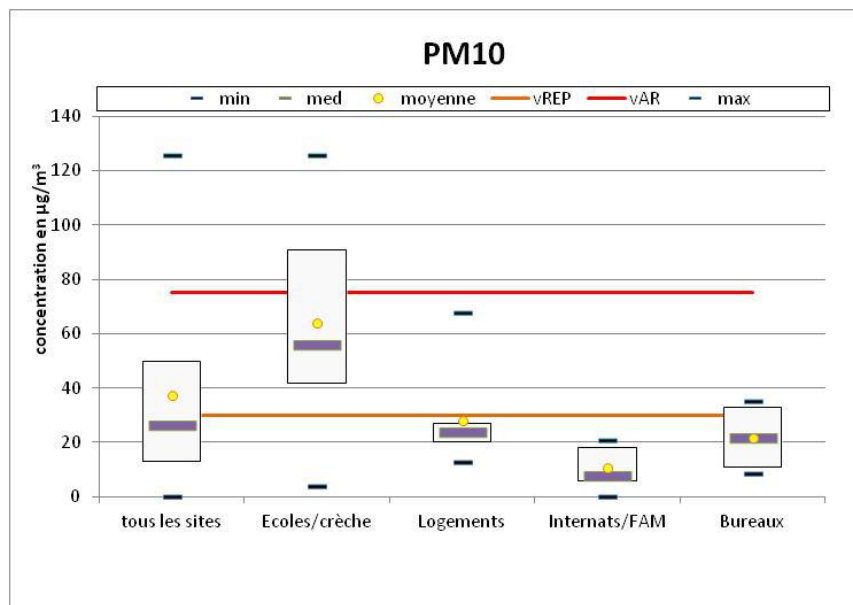


Figure 20 : Boîte à moustaches des PM₁₀

Seule la typologie « écoles/crèche » a une concentration moyenne et une médiane supérieure à la valeur repère (vref1), pour les PM_{2.5} et les PM₁₀. Dans certains cas, les concentrations mesurées sont même supérieure à la valeur d'action rapide (vref2).

Premières pistes d'explication

Concernant les écoles et crèches, ces sites ont la particularité d'avoir une forte densité d'occupation, ce qui pourrait expliquer les fortes concentrations en particules observées (PM_{2.5} et PM₁₀). En effet, les mesures en continu réalisées à l'aide d'indicateurs optiques (Annexe 7) montrent un pic de pollution particulaire à chaque début et fin d'occupation.

Par ailleurs, les données de la littérature pour cette typologie de bâtiments, même si elles sont peu nombreuses, montrent que les concentrations sont plus élevées en période d'occupation qu'en période d'absence des élèves, avec par exemple, des teneurs de 58 à 210 µg/m³ (valeur médiane de 118 µg/m³) en PM₁₀, en occupation, dans des écoles élémentaires aux Pays-Bas [Fromme et al. (2008)].

En complément, des résultats issus d'une thèse portant en partie sur des mesures de particules dans l'air intérieur d'écoles en France [Tran (2011)] montre que les concentrations hebdomadaires en PM₁₀ sont 4 fois plus élevées en présence des élèves, (63 - 100 µg/m³) qu'en leur absence (12-29 µg/m³). En effet, le mouvement des occupants provoque une augmentation significative des niveaux de particules dans l'air intérieur, par remise en suspension des particules déposées, notamment au sol [Thatcher et Layton (1995), Ferro et al. (2004)].

L'utilisation de craies pour tableau plutôt que de feutres pourrait également contribuer à l'augmentation des concentrations en particules mais l'information n'était pas disponible dans les questionnaires.

6.7.2 RADON

Tous les sites de notre étude (par pièce et par saison) ont des concentrations en radon inférieures au niveau d'action bas de 400 Bq/m³ (niveau d'action issu de l'Arrêté du 22 Juillet 2004).

La boîte à moustache ci-dessous a été réalisée à partir des 32 échantillons analysés (sur les 49 positionnés sur l'ensemble des bâtiments).

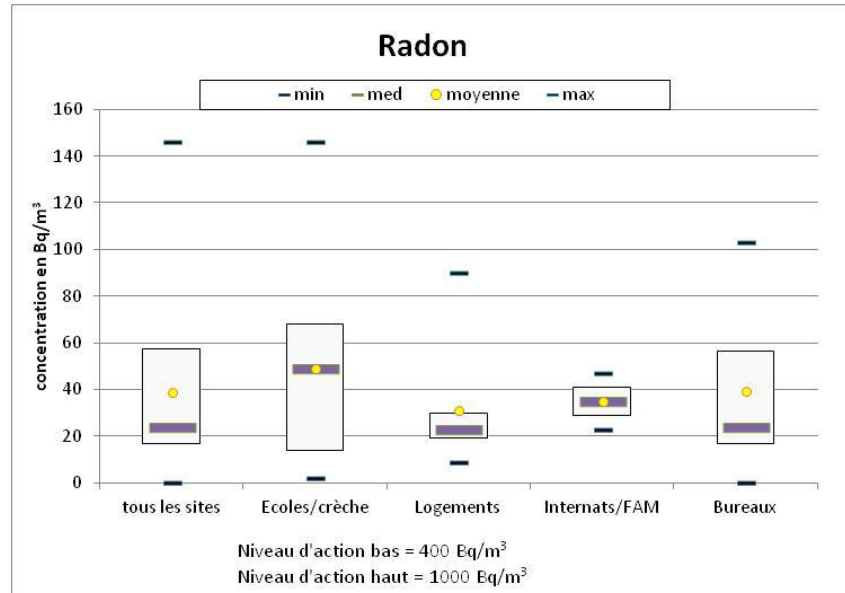


Figure 21 : Boîte à moustaches du radon

6.8 POLLUTION MICROBIOLOGIQUE

6.8.1 MOISSURES VISIBLES

Les visites réalisées sur les 19 bâtiments de l'étude nous ont permis de constater des moisissures visibles sur un seul d'entre eux. Il s'agissait du bâtiment de Géodomia. Des moisissures ont été constatées au niveau du plafond du centre de documentation sur une superficie inférieure à 1 m². Ces moisissures faisaient suite à un dégât des eaux en toiture.



Figure 22 : Moisissures constatées à Géodomia

Une réparation du plafond a été réalisée avant que des prélèvements des moisissures visibles n'aient pu avoir lieu. De ce fait, aucune identification n'a pu être réalisée.

6.8.2 INDICE DE CONTAMINATION FONGIQUE (ICF)

Suite à la première phase des mesures (phase estivale t1), les chromatogrammes des analyses COV (prélèvements réalisés par tubes passifs sur l'ensemble des points de mesure) ont été traités par le CSTB afin de déterminer la présence d'un développement actif de moisissures, visibles ou cachées (derrière les meubles, sous les revêtements de sol, ...). Cette méthode permet d'avoir une information sur le développement actif de moisissures dans la pièce mais ne donne pas d'information sur le type de moisissures.

L'analyse des chromatogrammes présentée ci-dessous (réalisée par le CSTB) fait apparaître que 6 sites ont un indice de contamination fongique positif. Il s'agit de 2 logements (Bailleul n°1 et St Fuscien), 2 établissements scolaires (Monneville et Le Prieuré à Montdidier), le foyer d'accueil médicalisé de Monchy Saint Eloi ainsi que la crèche de Boves.

Tableau 18 : Indices de contamination fongique calculés par pièce

Site	Phase	Réf pièce	Type de pièce	Contamination
GEODOMIA	t1	1	Centre de documentation	Non
MONTDIDIER (V. HUGO)	t1	1	Classe	Non
MONTDIDIER (V. HUGO)	t1	2	Classe	Non
MONTDIDIER (V. HUGO)	t1	3	Classe	Non
EIFFAGE	t1	1	Bureau double	Non
HÉBÉCOURT	t1	1	Séjour	Non
BAILLEUL N°1	t1	1	Séjour	Oui
BAILLEUL N°4	t1	1	Séjour	Non
BAVELINCOURT	t1	1	Séjour	Non
INTERNAT HAM	t1	1	Chambre	Non
INTERNAT HAM	t1	2	Pièce de vie	Non
INTERNAT HAM	t1	3	Chambre	Non
INTERNAT HAM	t1	4	Pièce de vie	Non
OPAC OISE	t1	1	Bureau	Non
OPAC OISE	t1	2	Bureau	Non
OPAC OISE	t1	3	Bureau	Non
OPAC OISE	t1	4	Bureau	Non
ST FUSCIEN	t1	1	Séjour	Oui
MONNEVILLE	t1	1	Classe	Oui
MONTDIDIER (LE PRIEURÉ)	t1	1	Classe	Oui
MONTDIDIER (LE PRIEURÉ)	t1	3	Classe	Non
MONCHY ST ELOI	t1	1	Chambre	Oui
MONCHY ST ELOI	t1	2	Chambre	Oui
MONCHY ST ELOI	t1	3	Chambre	Oui

Site	Phase	Réf pièce	Type de pièce	Contamination
BOUTTENCOURT	t1	1	Classe	Non
INTERNAT BEAUVAIS	t1	1	Chambre	Non
INTERNAT BEAUVAIS	t1	2	Chambre	Non
INTERNAT BEAUVAIS	t1	3	Chambre	Non
INTERNAT BEAUVAIS	t1	4	Chambre	Non
INTERNAT BEAUVAIS	t1	5	Chambre	Non
INTERNAT BEAUVAIS	t1	6	Chambre	Non
AYENCOURT	t1	1	Séjour	Non
AMIENS	t1	1	Séjour	Non
BOVES (CRÈCHE)	t1	1	Pièce de vie de grands	Oui
BOVES (CRÈCHE)	t1	2	Pièce de vie des petits	Non
BOVES (CRÈCHE)	t1	3	Dortoir des grands	Oui
BRETEUIL	t1	1	Classe	Non
BRETEUIL	t1	2	Classe	Non

Pour les sites où un ICF a été déterminé positif, un croisement a été réalisé avec les questionnaires en lien avec la présence de moisissures.

Ainsi, pour la crèche de Boves, des infiltrations et dégâts des eaux ont été constatés à l'échelle de l'établissement au cours de 12 derniers mois. Des phénomènes de condensation ont également été constatés dans la pièce 3 (dortoir).

Pour le foyer médicalisé, des infiltrations ont également été constatées au cours des 12 derniers mois à l'échelle du bâtiment.

Un dégât des eaux avait également été constaté dans le logement n°1 à Bailleul sur Thérain.

En revanche, pour les 3 derniers sites, aucune trace d'humidité, aucun signe d'infiltration ou dégâts des eaux n'ont été identifiés au cours des 12 derniers mois. Toutefois, pour l'école du Prieuré à Montdidier, le taux d'humidité relative était entre 60 et 65%.

A contrario, il est intéressant de constater que les moisissures visibles constatées sur le site de Géodomia n'étaient pas associées à un indice de contamination fongique, montrant que leur développement était inactif, et ce, bien que le prélèvement utile à la détermination de l'ICF ait eu lieu avant la réparation du plafond.

Les résultats relatifs à l'ICF déterminé à partir des prélèvements réalisés en phase t2 permettront d'apporter des éléments complémentaires sur la temporalité de ce développement actif de moisissures (ponctuel ou s'inscrivant dans la durée).

L'identification des espèces à l'origine d'un ICF positif nécessiterait des investigations complémentaires.

7. CROISEMENT DES DONNEES QUALITATIVES ET QUANTITATIVES

7.1 IDENTIFICATION DE CRITERES QUALITATIFS PERTINENTS

Afin de pouvoir croiser les concentrations mesurées avec les données qualitatives associées, en vue d'identifier des paramètres d'influence sur la QAI, l'ensemble des questionnaires renseignés a été étudié.

Étant donné la diversité des situations rencontrées et par conséquent la faiblesse des échantillons pour certains champs des questionnaires, une liste restreinte de critères qualitatifs a été définie, regroupant parfois plusieurs champs. Ces critères ont été choisis comme éléments de synthèse pouvant avoir un impact sur la qualité de l'air intérieur.

Les critères qualitatifs identifiés et utilisés dans l'exploitation présentée ci-après sont les suivants :

- ✓ Saison : renseigne la saison à laquelle les mesures ont été réalisées ;
- ✓ État de fonctionnement de la ventilation : permet de connaître si la ventilation était en fonctionnement ou à l'arrêt lors de la période de mesure ;
- ✓ Réglage de la ventilation : renseigne le réglage de la ventilation (ex : sous ventilation). Ce critère est établi en comparant les données fournies dans la note de calcul thermique aux mesures de débit effectuées sur site ;
- ✓ Respect CDC/ventilation : Au-delà des aspects de bon fonctionnement de la ventilation, indique si la ventilation respecte ou non le cahier des charges défini dans la note de calcul thermique ;
- ✓ Système de ventilation : indique le type de système de ventilation. Plusieurs cas de figure sont possibles et vont du plus simple (extraction simple flux) au plus complexe (multiples systèmes de ventilation comprenant à la fois des systèmes double flux et des systèmes simples flux) ;
- ✓ Pollution attendue (du fait des activités intérieures) : indique si les informations collectées identifient des activités ayant eu lieu au cours de la semaine et pouvant constituer une source de pollution (découpage, collage, peinture, décoration de Noël,..) ;
- ✓ Nettoyage : renseigne le type de nettoyage réalisé (aspiration mécanique, balayage humide, balayage sec,...)
- ✓ Fréquence de nettoyage humide : indique la fréquence du nettoyage humide
- ✓ Fréquence de nettoyage sec/aspirations mécanique : indique la fréquence du nettoyage sec
- ✓ Fréquence d'ouverture : renseigne la fréquence d'ouverture des ouvrants extérieurs ;
- ✓ Sol : indique le type de revêtement du sol de la pièce étudiée ;
- ✓ Mur : indique le type de revêtement des murs de la pièce étudiée ;
- ✓ Plafond : indique le revêtement du plafond de la pièce étudiée ;
- ✓ Ossature bâtiment : renseigne la structure du bâtiment (briques, pierre, béton, bois, ...)
- ✓ Chauffage : renseigne le type de chauffage utilisé ;
- ✓ Chauffage-combustible : indique le combustible utilisé pour le chauffage (électricité, bois, gaz,...) ;
- ✓ Chauffage-localisation : renseigne si la production de chauffage est dans ou hors du volume étudié. Cette notion s'évalue au regard de la prestation de mesure effectuée dans le cadre de cette étude.

7.2 RECHERCHE DE CORRELATION ENTRE QAI ET PERFORMANCE THERMIQUE DES BATIMENTS

7.2.1 ANALYSE DES CRITERES QUALITATIFS

Afin d'identifier des pistes d'explication des niveaux de concentration d'intérêt, des tableaux croisés dynamique ont été utilisés afin de croiser les critères qualitatifs sélectionnés avec les résultats de mesures (Annexe 8).

Pour ce faire, des moyennes de concentration pour un polluant ont dû être calculées par critère⁸. Afin de faciliter l'interprétation de ces tableaux, les codes couleurs utilisés précédemment en lien avec les valeurs de référence ont été reportés dans ces derniers afin de visualiser directement les situations d'intérêt. Il convient de souligner que ce positionnement est une aide à la lecture des tableaux mais ne représente pas une interprétation sanitaire des données. En effet, les concentrations reportées correspondent à des moyennes de concentrations mesurées dans des configurations différentes et ne sont pas représentatives d'une exposition donnée.

Il convient de bien souligner les limites de cette analyse, notamment du fait de la taille réduite de l'effectif étudié, impliquant un nombre d'échantillons par critère parfois très hétérogène, et par conséquent une disparité dans la représentativité des concentrations affichées pour chaque critère. De ce fait, aucun test statistique de comparaison de moyenne n'a été effectué afin de s'assurer que les différences observées étaient significatives ou pas. Par ailleurs, cette analyse a été réalisée variable par variable, ne prenant ainsi pas en compte l'influence de cofacteurs potentiels.

Ne sont commentées ci-après que les croisements des concentrations des « polluants retenus » et les critères qualitatifs sélectionnés.

➤ Saison

L'influence de la saison sur les concentrations observées est assez variable d'un composé à un autre.

Certains composés sont plus concentrés en phase estivale, comme le **formaldéhyde**, pour l'ensemble des typologies. L'influence de la température peut alors expliquer ce phénomène, comme cela a déjà pu être observé dans la littérature. Pour l'**hexanal**, c'est également le cas, sauf pour la typologie « internat et foyer d'accueil médicalisé ».

A contrario, pour le **confinement**⁹, les indices sont plus élevés en phase hivernale pour toutes les typologies tout en restant faibles (médiane de tous les sites (hors logement) égale à 1 en phase hivernale contre 0 en phase estivale). Ceci apparaît cohérent avec les habitudes d'aération plus fréquente en phase estivale.

Concernant les **particules**, les méthodes utilisées lors des deux phases pour définir les niveaux de particules sont différentes. De ce fait, il n'est pas évident de définir formellement une tendance entre été et hiver.

⁸ Les valeurs inférieures à la Ld ou à la Lq n'ont pas été prises en compte lors de l'exploitation réalisée dans cette partie.

⁹ L'indice de confinement étant une variable discrète, le calcul d'une moyenne a uniquement été réalisé pour conduire l'exploitation des données mais n'a pas de signification associée.

Cependant, les niveaux moyens obtenus en hiver dans les bâtiments d'enseignement sont proches des valeurs d'action rapide mais cela semble plus lié à la fréquentation importante des salles par les enfants (voir ci-après « pollution attendue »).

Enfin pour les autres composés, soient les niveaux sont équivalents entre les deux saisons soit les variations observées ne sont pas constantes sur l'ensemble (ou la majorité) des typologies. C'est par exemple le cas de l'éthylbenzène et des m+p xylènes, où des concentrations plus élevées en été sont observées, mais uniquement pour les typologies bureaux et logements. Ainsi, la source de ces substances semble plutôt liée aux sites qu'à une influence plus générale de la saison.

Pour la typologie bureaux, il apparaît que les niveaux estivaux plus élevés pour ces deux substances sont liés à un seul site¹⁰ présentant des niveaux extérieurs également élevés à cette période. Ce site accueillant un parking important pour le stationnement de ses employés, ce phénomène pourrait être expliqué par les émissions des véhicules stationnés à proximité du bâtiment.

Concernant la typologie logement, 4 sites présentent des niveaux plus élevés en éthylbenzène et m+p xylènes. Parmi eux, les 2 sites de Bailleul sur Thérain ont des niveaux extérieurs également notables, ce qui pourrait expliquer les concentrations intérieures. En revanche, pour les sites d'Ayencourt et d'Amiens l'explication des teneurs intérieures ne semble pas liée aux concentrations extérieures.

Ces deux sites présentent également une similitude au niveau du profil chimique mesuré en phase estivale. En effet, les mêmes composés se démarquent lors de cette phase de mesure : acétaldéhyde, hexanal, éthylbenzène, xylènes, styrène et pinène. Compte tenu des différences entre ces deux bâtiments (structure, isolation, finition, ameublement, occupation et localisation), il est difficile de définir une source commune potentielle pour ces substances.

➤ Ventilation

Concernant le système de ventilation et son état de fonctionnement (en fonctionnement ou à l'arrêt), l'analyse des résultats présente plusieurs incohérences. Au-delà de la petite taille de l'échantillon étudié, la modalité « en fonctionnement » regroupe des situations où la ventilation est effectivement en marche mais ne fonctionne pas comme cela est prévu au cahier des charges.

En revanche, quel que soit le système de ventilation (simple flux ou double-flux), un réglage des débits en deçà des consignes définies dans la note de calcul thermique (**sous-ventilation**) est associé à un indice de **confinement** et des niveaux en **formaldéhyde** et **particules** (PM_{2.5} et PM₁₀) **plus importants**. Pour les autres substances, cette observation ne tient que pour la ventilation simple flux (hormis pour le 1-méthoxy-2-propanol où ce n'est pas le cas pour les deux types de systèmes).

Il convient de rappeler que ces résultats ont dû être agrégés sur différentes typologies de site et ne correspondent pas, pour un même site, à une comparaison entre deux états de fonctionnement différents, les sources pouvant varier d'un site à un autre selon la substance.

¹⁰ Ceci illustre le fait qu'étant donné le faible effectif étudié, une seule valeur forte peut fortement impacter la moyenne de l'échantillon.

➤ Pollution attendue du fait des activités intérieures

D'après les données collectées, lorsqu'une pollution liée aux activités (découpage, collage, peinture, décoration de Noël,..) est attendue dans les établissements scolaires aux cours de la semaine, on observe globalement des concentrations légèrement plus importantes pour l'ensemble des polluants retenus (hormis 1-méthoxy-2-propanol), même si les écarts de concentrations restent faibles. Ils sont en revanche, un peu plus marqués pour les teneurs en $PM_{2.5}$ et PM_{10} (environ + 20 % en cas de pollution attendue), probablement liées aux allées et venues des élèves pendant la réalisation de ces activités.

Il convient de noter par ailleurs que les concentrations en particules sont plus élevées en période d'occupation des locaux dans les établissements scolaires, comme le montrent les mesures réalisées avec les compteurs de particules.

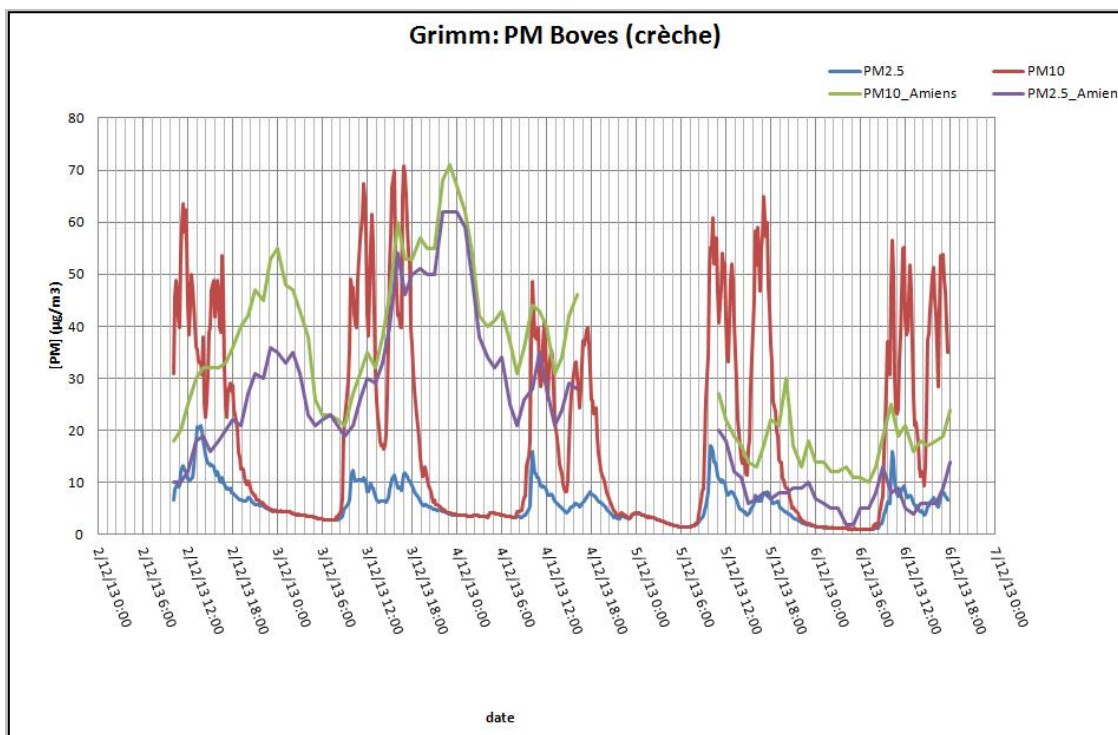


Figure 23 : Suivi dynamique des concentrations en particules (indicateurs optiques) dans la pièce de vie des grands de la crèche (Icône associé = 1)

En effet, le graphique ci-dessus, présentant les mesures en continu réalisées par le Grimm sur le site de la crèche de Boves, montre que les pics de concentrations observés sont liés aux plages de fréquentation de la pièce, avec une influence plus marquée pour les PM_{10} que pour les $PM_{2.5}$, ce qui est cohérent avec les données de la littérature (chapitre 6.7.1.). Les niveaux extérieurs ne semblent en revanche pas impacter directement les niveaux intérieurs.

➤ Nettoyage des sols

Le nettoyage des sols peut avoir un impact sur la remise en suspension des particules [Tran (2011)]. La concentration moyenne de notre étude en $PM_{2.5}$ est supérieure à la valeur repère du HCSP (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) lorsqu'un nettoyage sec des sols (balayage) est effectué tous les jours et correspond par ailleurs à la concentration moyenne maximale observée par rapport aux autres modalités relatives à un nettoyage sec moins fréquent. En revanche, cette observation n'est pas confirmée pour les PM_{10} , ce qui aurait logiquement dû être le cas. L'explication réside peut-être dans le fait que le nombre de données PM_{10} est moindre (mesures optionnelles) ne permettant ainsi pas de disposer d'un échantillon suffisant pour observer ce phénomène. Sur la base de ces résultats, il semblerait donc qu'un **balayage sec** a une influence sur la **remise en suspension des particules fines**.

Etant donné la taille de l'échantillon, une différenciation en fonction du type de revêtement de sol (carrelage, parquet, moquette) n'a pas pu être prise en compte, alors qu'il peut également avoir un impact sur les concentrations observées [SCHL¹¹ (2003)].

➤ Fréquence d'ouverture

Des concentrations moyennes plus élevées en **éthylbenzène**, **xylènes** et **1-méthoxy-2-propanol** sont observées (par rapport à une ouverture des ouvrants plus d'une heure par jour) lorsqu'il n'y a **jamais d'ouverture** des ouvrants extérieurs.

En revanche, pour plusieurs substances, les concentrations moyennes ont tendance à être plus élevées lorsque la fréquence d'ouverture des ouvrants extérieurs est de plus d'une heure par jour. Une contribution extérieure pourrait alors être suspectée mais cela n'est par exemple pas cohérent avec ce qui est observé pour l'hexanal où la concentration moyenne intérieure est d'environ 35 µg/m³ pour cette configuration d'aération alors que le maximum observé en extérieur est de 2,6 µg/m³.

Concernant les particules, les concentrations sont plus importantes lorsqu'il y a ouverture des ouvrants par rapport aux situations où il n'y a jamais d'ouverture. Une contribution extérieure peut également être pressentie mais comme montré précédemment, les pics de particules observés semblent plus être liés aux périodes d'occupation des locaux qu'aux concentrations extérieures.

➤ Revêtement du sol, mur et plafond

Parmi les observations notables, une concentration moyenne maximale en **hexanal** et en **acétaldéhyde** est observée lorsque le **sol** de la pièce est composé de **bois**, dépassant respectivement le percentile 95 et la médiane de la CNL de l'OQAI. C'est également le cas pour le **limonène**, dans une moindre mesure.

Pour le **1-méthoxy-2-propanol**, c'est lorsque le **sol** est en **synthétique** que la concentration moyenne est la plus importante. La concentration moyenne est d'ailleurs supérieure à la médiane de la CNL de l'OQAI.

Concernant les murs de la pièce, les concentrations moyennes sont maximales pour l'**acétaldéhyde**, l'**hexanal** et **limonène** à nouveau lorsque les **murs** sont constitués de **bois**. Toutefois, cette concentration moyenne n'est basée que sur 2 points de mesures.

Enfin, lorsque le **plafond** de la pièce est composé de **bois**, nous observons une moyenne des concentrations plus élevée à nouveau pour certains aldéhydes (**formaldéhyde** et **hexanal**). En revanche, certaines concentrations moyennes maximales semblent peu cohérentes avec le critère qualitatif associé, en lien avec leurs sources potentielles, comme par exemple une moyenne en limonène maximale lorsque le plafond est composé de métal, idem pour le pinène en association avec un plafond peint. Mais ces composés sont discutés plus particulièrement avec le critère qualitatif « ossature bois ».

➤ Ossature du bâtiment

Les concentrations en **formaldéhyde**, **acétaldéhyde**, **hexanal**, **limonène** et **pinène** sont significativement plus élevées lorsque l'**ossature** du bâtiment est en **bois**.

Cette modalité constitue 55 points de mesure sur 95 (tout type de structure et deux saisons confondues), conduisant à un échantillon statistique suffisant pour conforter l'hypothèse du bois comme explication aux concentrations mesurées.

¹¹ Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Ces associations sont cohérentes avec les sources potentielles de ces composés. Concernant le limonène et le pinène, les observations faites dans cette étude sont cohérentes avec celles du projet Home'Air¹², mentionné précédemment dans le rapport.

➤ **Chauffage**

La présence d'un **poêle à bois** en fonctionnement dans le volume mesuré a une influence significative sur la hausse des concentrations moyennes **hivernales** en **formaldéhyde**, **acétaldéhyde**, **hexanal**, **limonène**, **pinène** ainsi qu'en **éthylbenzène** et **xylènes**. En revanche, il ne semble pas y avoir d'impact sur les niveaux de particules.

Il convient toutefois de préciser que les conditions climatiques exceptionnelles de l'hiver 2013-2014 ont conduit à un nombre de jours de gel faible et donc à une utilisation limitée du chauffage au bois, limitant la représentativité de la période investiguée.

7.2.2 BILAN DE L'ANALYSE

Cette analyse de critères qualitatifs a permis de faire remonter les observations notables suivantes, certaines ayant déjà été identifiées dans la littérature :

Formaldéhyde :

- la saison semble influencer les niveaux de concentrations de cette étude. Les niveaux sont plus élevés en été ce qui pourrait s'expliquer par des températures plus élevées, favorisant les émissions des matériaux vers l'air intérieur de cette substance ;
- des niveaux plus importants sont également observés lorsque les pièces sont sous ventilées (ventilation simplet et double-flux) ;
- des concentrations plus importantes sont également observées en lien avec la présence de bois (composition des revêtements, ossature du bâtiment) ;
- la présence d'un appareil de chauffage au bois en fonctionnement semble également influencer les niveaux en formaldéhyde.

Acétaldéhyde et hexanal :

- les niveaux sont plus élevés en présence de bois (ossature du bâtiment, composition des revêtements) ;
- les niveaux sont également plus élevés lorsqu'un appareil de chauffage au bois en fonctionnement (phase hivernale) est situé dans le volume mesuré.

Ethylbenzène et xylènes :

- d'après les observations faites, les concentrations intérieures pourraient être influencées par la proximité du trafic extérieur (parc de stationnement de véhicules de taille importante), notamment en période estivale ;
- les niveaux sont plus élevés sur l'ensemble de l'étude lorsque les pièces ne sont jamais aérées par ouverture des ouvrants extérieurs.

Limonène et pinène :

- les niveaux sont plus élevés lorsque l'ossature du bâtiment est en bois.

¹² http://www.ligair.fr/media/docutheque/Home_air_VF.pdf

1-méthoxy-2-propanol :

- les niveaux de ce composé sont plus élevés sur l'ensemble de l'étude lorsque les pièces ne sont pas aérées par ouverture des ouvrants extérieurs ;
- des niveaux plus élevés ont également été enregistrés lorsque le sol de la pièce était un revêtement synthétique.

Indice de confinement (ICONE) :

- les indices sont plus élevés en phase hivernale, comparativement à la phase estivale, ce qui est cohérent avec les habitudes d'aération des occupants ;
- les indices sont également plus élevés lorsque les pièces sont sous ventilées (ventilation simple et double-flux).

Particules (PM_{2.5} et PM₁₀) :

- des niveaux plus élevés en particules ont été relevés en période hivernale pour la typologie « écoles/crèche ». Ces niveaux peuvent s'expliquer par un taux d'occupation important des classes au cours de la journée, couplé à une plus faible aération des locaux ;
- des niveaux plus élevés sont également observés lorsqu'il y a de multiples activités scolaires réalisées (allées et venues des occupants) ;
- les niveaux sont également plus élevés lorsque les pièces sont sous ventilées (ventilation simple et double-flux) ;
- un nettoyage sec (balayage) réalisé tous les jours dans la pièce entraîne également une augmentation des niveaux moyens en particules fines (PM_{2.5}), par rapport aux autres modalités relatives à un nettoyage sec moins fréquent, lié à la remise en suspension de ces dernières.

L'analyse effectuée ici donne un premier niveau de réponse sur l'origine de certains polluants. Il est **important de souligner les limites** de ce premier niveau de lecture comme explicité au chapitre 7.2.1.

Un second niveau d'analyse sera réalisé au niveau national sur un **échantillonnage beaucoup plus important** permettant la mise en œuvre d'outils de traitements statistiques plus performants, **prenant notamment en compte l'influence des co-facteurs potentiels** (concomitances de sources pour une substance). Ce second niveau permettra de confirmer ou non certaines hypothèses émises dans ce rapport.

7.3 SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS :

Une première synthèse des différentes pistes d'explications des concentrations mesurées, proposées lors du positionnement des résultats par rapport aux valeurs de référence disponibles (chapitre 6), est réalisée dans le tableau ci-après.

Des recommandations sur la structure du bâtiment, ses équipements ou le comportement des occupants sont proposées ci-après.

Tableau 19 : Recommandations en fonction des substances issues de l'analyse des données par boîtes à moustache

Critère d'influence et substance(s) concernée(s)	Recommandation
Sous ventilation des pièces lié à un dysfonctionnement du système ou à un mauvais réglage : confinement	→ Faire vérifier et régler les systèmes de ventilation lors de l'installation et les faire entretenir annuellement
Pollution extérieure se retrouvant à l'intérieur du bâtiment : benzène, éthylbenzène, m+p-xylènes	→ Prêter une attention particulière à la localisation des sources de pollution extérieures vis-à-vis des entrées d'air (CTA ou VMC double flux notamment)
Utilisation d'un appareil à combustion au bois dans le volume habité : benzène	→ Être attentif à l'étanchéité du système et à l'utilisation qui en est faite
Sols synthétiques : formaldéhyde	→ Utiliser des matériaux et des colles peu émissifs en COV
Composition des parois de la pièce en bois : acétaldéhyde	→ Limiter les surfaces en finition bois ou choisir des matériaux peu émissifs en COV.
Finition des parois de la pièce en peinture : hexanal	→ Choisir des produits peu émissifs en COV.
Bâtiment en ossature bois : hexanal	→ Utiliser des matériaux (structure et panneaux de bois) peu émissifs en COV
Utilisation de certains produits d'entretien : limonène et pinène	→ Utiliser des produits d'entretien non parfumés et peu émissifs en COV
Occupation importante des salles de classes : PM	→ Ouverture des ouvrants extérieurs lorsque cela est possible à chaque pause
Réalisation de multiples activités en salle de classe : PM	→ Ouverture des ouvrants extérieurs lorsque cela est possible pendant ou après l'activité

Dans la plupart des cas, ces premières hypothèses ne sont pas associées à un échantillonnage suffisant pour être confortées.

A l'issue de l'analyse des critères qualitatifs, certaines hypothèses et recommandations présentées ci-dessus ont pu être confirmées. Ainsi, le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des critères issus de l'analyse qualitative (chapitres 7.1 et 7.2) pouvant aboutir à la définition de recommandations sur la structure du bâtiment, ses équipements ou le comportement des occupants.

Tableau 20 : Recommandations en fonction des substances issues de l'analyse globale des données

Critère d'influence et substance(s) concernée(s)	Recommandation
Influence de la saison : formaldéhyde et confinement	
Bâtiment en ossature bois : formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, limonène et pinène	→ Utiliser des matériaux (structure et panneaux de bois) peu émissifs en COV
Composition des parois de la pièce en bois : acétaldéhyde, hexanal, limonène	→ Utiliser des matériaux (structure et panneaux de bois) peu émissifs en COV
Présence d'un sol synthétique : 1-méthoxy-2-propanol	→ Utiliser des matériaux peu émissifs en COV (colles et revêtements)
Utilisation d'un appareil à combustion au bois dans le volume habité : benzène, éthylbenzène, xylènes, formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, limonène, pinène	→ Être attentif à l'étanchéité du système et à l'utilisation qui en est faite
Proximité d'un parc de stationnement important : éthylbenzène, m+p xylènes	→ Être attentif au positionnement du parc de stationnement par rapport au bâtiment (vents dominants, distance...)
Aération des pièces (manipulation des ouvrants extérieurs) : éthylbenzène, xylènes, 1-méthoxy-2-propanol	→ Aérer quotidiennement les pièces par ouverture des ouvrants extérieurs
Sous ventilation des pièces liée à un dysfonctionnement du système ou à un mauvais réglage : formaldéhyde, particules, confinement	→ Faire vérifier et régler les systèmes de ventilation lors de l'installation et les faire entretenir annuellement
Occupation importante des salles de classes : particules	→ Ouverture des ouvrants extérieurs lorsque cela est possible à chaque pause
Réalisation de multiples activités en salle de classe : particules	→ Ouverture des ouvrants extérieurs lorsque cela est possible pendant ou après l'activité
Nettoyage sec (balayage) : PM _{2,5}	→ Privilégier le nettoyage humide et l'ouverture des ouvrants extérieurs lorsque cela est possible durant le nettoyage

Ces recommandations sont issues de l'analyse conduite sur l'échantillon étudié dont il a été rappelé le caractère réduit, limitant ainsi sa représentativité et l'interprétation approfondie des données. Il sera important de confronter ces recommandations avec les résultats issus de l'exploitation nationale des données.

8. CONCLUSION

Cette étude en région Picardie a porté sur 19 sites couvrant :

- ✓ 7 types de bâtiment différents : regroupement scolaire (1), crèche(1), école primaire (4), internat (2), maisons individuelles (7 dont 2 logements sociaux (2 maisons)), bureaux (3 immeubles), foyer médicalisé (1) ;
- ✓ 4 objectifs de performances énergétiques différents : RT 2005 (2), BBC 2005 (7), THPE 2005 (2) et label Passivhaus (3). Pour 5 sites, l'objectif précis de performances énergétiques visé n'était pas connu, du fait de l'absence de note de calcul thermique (2) ou de l'absence des données utiles dans la note.

Sur le plan des performances thermiques (cohérence entre objectifs initiaux et réels du projet), dix sites, sur les dix-neuf étudiés, ont été évalués globalement conformes à leur note de calcul / synthèse thermique associée dont six (les 3 immeubles de bureaux (BBC et RT 2005) et 3 maisons individuelles (les 2 Passivhaus et BBC 2005) hors logement social) ne faisaient l'objet d'aucune observation ou non-conformité sur le bâti, le chauffage et la ventilation. Quatre bâtiments ou logements répondaient aux objectifs de performances thermiques prévus mais présentaient un déficit léger sur la ventilation (comparaison aux débits fixés dans les documents techniques mis à disposition et non à la réglementation).

Quatre autres sites ont en revanche été jugés non conformes. Il s'agissait d'établissements scolaires (THPE, BBC 2005 et RT 2005).

Pour les 5 sites restants, cette évaluation de conformité n'a pu être réalisée, les données d'entrée étant manquantes.

Sur le plan de la qualité de l'air intérieur, les concentrations mesurées sur l'ensemble des phases estivales et hivernales sont globalement satisfaisantes aux vues des valeurs de référence (valeurs guides de gestion ou sanitaires) disponibles pour interpréter les résultats.

Quelques situations méritent toutefois d'être relevées pour certains composés :

- ✓ PM_{10} : 3 pièces, réparties sur des sites différents (2 écoles et une crèche), présentaient des concentrations supérieures à la valeur d'action rapide ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) du HCSP. Pour deux pièces, ce dépassement a été observé aux deux saisons. Les fortes teneurs mesurées semblent liées à la forte densité d'occupation de ces locaux, comme le suggèrent les suivis dynamiques des concentrations réalisés ainsi que les données de la littérature.
- ✓ $PM_{2.5}$: 4 pièces, réparties sur des sites différents (3 écoles et un logement), présentaient des concentrations supérieures à la valeur d'action rapide ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) du HCSP, mais uniquement pour la saison hivernale ;
- ✓ benzène : quelques dépassements de la valeur repère ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) ont pu être observés mais uniquement lors de la saison hivernale. Aucun dépassement de la valeur d'action rapide ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a été observé.

La comparaison des résultats de cette étude avec les données disponibles de la campagne nationale logement (CNL) de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) ne montre pas une situation dégradée de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments étudiés et ce malgré plusieurs défauts de fonctionnement des systèmes de ventilation qui ont pu être constatés lors des visites de site. Les seules situations où les concentrations mesurées dans notre étude sont supérieures aux données issues de la CNL de l'OQAI sont les suivantes :

- ✓ hexanal : la médiane et le percentile 75 de notre étude sont supérieurs à ceux des données de la CNL de l'OQAI. Il n'existe pas de valeurs guides (de gestion ou sanitaires) françaises ou européennes pour interpréter ces résultats ;
- ✓ 1-méthoxy2propanol : le percentile 95 de notre étude est supérieur à celui des données de la CNL de l'OQAI. Cependant, il n'existe pas de valeurs guides (de gestion ou sanitaires) françaises ou européennes pour interpréter ces résultats ;
- ✓ styrène : les percentiles 75 et 95 de notre étude sont supérieurs à ceux des données de la CNL de l'OQAI mais l'ensemble des concentrations reste inférieur à la valeur guide issue du projet INDEX ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et reconnue à l'échelle européenne.

En termes de prépondérance des niveaux de concentration, le limonène, le pinène et l'hexanal sont les COV présents en plus forte quantité au cours de cette étude. Pour le limonène et le pinène, certaines concentrations étaient d'ailleurs supérieures aux concentrations maximales mesurées dans l'étude HOME'AIR portant sur 6 maisons BBC de la région Centre.

Les indices de confinement calculés pour les différents bâtiments, basés sur des mesures de CO_2 en condition d'occupation des locaux, **n'ont pas mis en évidence de situations particulières** (sauf de façon très ponctuelle) **pour ce type de construction**. En effet, la médiane de l'ensemble des indices de confinement était égale à 1 (confinement faible), toute saison confondue.

Cette étude aura également permis de dégager plusieurs enseignements qui pourraient conduire à des actions concrètes. Tout d'abord, étant donné l'aspect lacunaire des documents techniques relatifs au bâti qui ont pu être consultés, il conviendrait d'**imposer des exigences sur leur contenu détaillé**. En effet, dans plusieurs cas, des notes de calcul trop synthétiques et l'impossibilité de pouvoir consulter les dossiers des ouvrages exécutés (DOE) n'ont pas permis d'évaluer la conformité globale du bâtiment par rapport à ce qui avait été prévu par les concepteurs.

De plus, étant donné les défauts de ventilation constatés (principalement dans les écoles), il conviendrait d'**imposer des mesures des débits de ventilation à la réception du bâtiment**. Cela permettrait de pointer des problèmes d'équilibrage du système de ventilation, des situations de sous-ventilation et ainsi des problèmes d'installation du système. Pour rappel, les défauts identifiés sont en lien avec ce qui a été défini dans les documents techniques (note de calcul, DOE, ...) associés au bâtiment, en conformité avec l'objectif de cette étude de comparer les performances effectives du bâtiment par rapport à celles visées en théorie et non de contrôler une conformité par rapport à la réglementation en vigueur.

Par ailleurs, il semble très important d'**accompagner les occupants dans l'appropriation du fonctionnement des installations de leur site**. Ainsi, il est ressorti de cette étude que les propriétaires de maisons individuelles ou les entreprises (lorsqu'elles ont agi pour leur propre compte) rencontrés étaient dans une démarche volontaire et ont réalisé un suivi tout au long de l'opération, avec *in fine*, une exploitation maîtrisée du bâtiment.

En revanche, dans les établissements d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance, la démarche volontaire semble avoir été absente, le suivi de l'opération partiel, conduisant à une exploitation non maîtrisée des sites. D'ailleurs, aucun établissement d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance n'a été évalué globalement conforme à sa note de calcul thermique, soit par manque de données d'entrées soit par non-conformité effective. Par ailleurs, nous pouvons nous demander, au regard de la nature de certains écarts constatés, si les utilisateurs, qu'ils soient instituteurs ou personnels de garde d'enfants, ont été impliqués dans les projets ou informés sur le fonctionnement des installations. Ainsi, une **formation des occupants** pourrait permettre, dans certains cas, d'identifier des défauts de fonctionnement à réception mais également sur le long terme.

Enfin, le croisement des données qualitatives collectées dans les questionnaires avec les résultats de concentration ont permis de mettre en avant des **recommandations sur la structure du bâtiment, ses équipements ou le comportement des occupants**, en vue de maintenir une bonne qualité d'air intérieur : **vigilance sur les émissions liées aux ossatures bois, positionnement des prises d'air neuf** à faire en fonction de la localisation des sources extérieures (parc de stationnement notamment), **aération régulière des pièces** et notamment lors des activités, **privilégier le nettoyage humide** (balayage notamment) des surfaces, en cas d'utilisation d'un **appareil à combustion au bois dans le volume habité, attention** particulière à porter **à l'étanchéité du système et à ses conditions d'utilisation** (risque de refoulement, entretien régulier, ...), ... **Ces critères ne sont pas spécifiques à des constructions dites performantes en énergie**, ces derniers étant pour la plupart déjà identifiés dans la littérature, ce qui est d'ailleurs cohérent avec le constat fait que les concentrations mesurées dans cette étude sont en accord avec ce qui a pu être mesuré dans des campagnes de mesure à l'échelle nationale sur des parcs de bâtiments non performants en énergie.

Il convient de rappeler que l'échantillon traité dans cette étude reste restreint en termes de puissance statistique (19 sites parmi lesquels de nombreuses typologies différentes) et s'inscrit dans un programme national sur les bâtiments performants en énergie, piloté par l'OQAI. Il conviendra donc de confronter et d'actualiser les enseignements de cette étude régionale avec les résultats issus de l'exploitation des données à l'échelle nationale.

9. PERSPECTIVES

Sur la base des conclusions issues de ce travail et au-delà des recommandations qui ont pu être émises, certains axes pourraient être approfondis en s'appuyant sur une ou des étude(s) complémentaire(s).

Tout d'abord, même si les concentrations intérieures mesurées sont globalement satisfaisantes aux vues des valeurs de référence disponibles, il serait intéressant de confirmer, dans le temps, pour ce même parc de bâtiment, les niveaux de concentration observés. En effet, ces investigations ont été réalisées dans un délai maximum de 5 ans, après la livraison des bâtiments (< 2 ans pour plus de la moitié d'entre eux). Ainsi, étant donné les défauts de ventilation constatés, il conviendrait de vérifier qu'un usage impropre des systèmes ne conduirait pas, à terme, à des situations dégradées en termes de renouvellement d'air, de niveaux de concentration ou de contamination fongique.

Par ailleurs, des études plus spécifiques sur les établissements déjà investigués pourraient également être menées afin d'approfondir les processus conduisant aux niveaux de concentration observés, comme pour les particules ou les contaminations fongiques.

En effet, les concentrations en particules mesurées dans les écoles atteignaient des niveaux de concentrations significatifs et un suivi plus fin des concentrations (appareils de mesures en continu, étude granulométriques, ...) pour ces établissements pourrait permettre d'approfondir les processus de contamination en PM et d'identifier des moyens de les limiter (comportement des occupants notamment).

Pour les bâtiments présentant un indice de contamination fongique positif, sous réserve qu'un développement actif de moisissures soit confirmé pour la seconde vague d'analyse (phase t2), d'autres types d'investigations pourraient être menées (méthodes normalisées), afin d'identifier les espèces à l'origine de ces contaminations.

Enfin, d'autres études pourraient être menées sur un panel spécifique de bâtiments, intégrant potentiellement d'autres sites que ceux déjà étudiés, afin de mieux comprendre quelles composantes d'une typologie constructive conduisent aux niveaux de concentrations observés. Ainsi, concernant les concentrations plus élevées en aldéhydes ainsi qu'en pinène et limonène dans les bâtiments en ossature bois, il pourrait être intéressant de travailler sur un échantillon spécifique de bâtiments performants en énergie de cette typologie constructive, présentant des caractéristiques variables (traitement de l'ossature bois, âge du bâtiment, essence de l'ossature, ...) afin d'identifier si les concentrations mesurées sont plus spécifiquement liées à l'une ou l'autre de ces dernières.

10. BIBLIOGRAPHIE

- ANSES (2013). Valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le dioxyde d'azote.
- ARENE-ADEME-Région PACA (2002). Etude des paramètres influant sur les consommations de climatisation dans les immeubles de bureaux ». ENERTECH.
- Ferro et al. (2004). Source strength for indoor human activities that resuspend particulate matter. *Environmental Science and Technology*. 38, 1759-1764.
- Fromme et al. (2008). Chemical and morphological properties of particulate matter (PM10, PM2.5) in school classrooms and outdoor air. *Atmospheric Environment*. 42, 597-605.
- Gomme et Bahnfleth (2007).
- HCSP (2009). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Le formaldéhyde.
- HCSP (2010a). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Le benzène.
- HCSP (2010b). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Le perchloroéthylène.
- HCSP (2013). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Les particules.
- HCSP (2012). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le naphthalène.
- LCSQA-INERIS (2008). Indicateurs optiques pour la mesure massique des particules dans les environnements intérieurs. Référence INERIS-DRC-08-94302-15168A.
- LIG'Air (2012). Évaluation de la qualité de l'air dans des bâtiments basse consommation de la région Centre. Référence LIGAIR 2012-QAI-2517.
- OQAI (2007) : Campagne nationale Logements : État de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final DDB/SB – 2006/57.
- OQAI (2013a). Base de référence sur la qualité de l'air intérieur, le confort et les consommations énergétiques des bâtiments performants en énergie : Mesures de la qualité de l'air intérieur.
- OQAI (2013b). Base de référence sur la qualité de l'air intérieur, le confort et les consommations énergétiques des bâtiments performants en énergie : Questionnaires, mesure des débits d'air et du confort des occupants.
- SCHL (2003). Le point de recherche : Matières particulaires et nettoyage des revêtements de sols. Série technique 03-104 : <http://www.cmhc-schl.gc.ca/publications/fr/rh-pr/tech/03-104-f.html>.
- Thatcher et Layton (1995). Deposition, resuspension and penetration of particles within a residence. *Atmospheric Environment*. 29, 1487-1497.
- Tran (2011). Identification des sources et modélisation du comportement dynamique des particules dans l'air intérieur des écoles. Thèse de l'Université de Lille 1 Sciences et Technologies (Mines de Douai).

11. LISTE DES ANNEXES

Annexe	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Dimensionnement des points de mesure par typologie de bâtiment	3
Annexe 2	Tableaux détaillés des résultats de mesure	9
Annexe 3	Méthode de calcul des concentrations et de l'indice de confinement	3
Annexe 4	Boîtes à moustaches des résultats de mesure en air intérieur	15
Annexe 5	Classement des COV par typologie de site	3
Annexe 6	Les polluants et leurs sources dans l'air intérieur	2
Annexe 7	Graphiques relatifs au suivi dynamique des concentrations en particules	16
Annexe 8	Tableaux croisés dynamiques	11

ANNEXE 1

Dimensionnement des points de mesure par typologie de bâtiment

Bâtiments à usage d'habitation (logements, internats et foyer d'accueil médicalisé)

Pour les bâtiments à usage d'habitation, l'unité statistique est le logement.

Dans le cas d'une maison (bâtiment ne comportant qu'un seul logement et disposant d'une entrée particulière), le logement est sélectionné.

Dans le cas d'un immeuble collectif (bâtiment qui comprend au moins deux logements):

- ✓ dans le protocole de base, deux appartements sont sélectionnés dans la mesure du possible : un au niveau le plus bas (rez-de-chaussée), l'autre au niveau le plus haut. Si un seul logement doit être sélectionné, choisir un de ceux situés au rez-de-chaussée.
- ✓ dans le protocole complémentaire, d'autres logements situés aux niveaux intermédiaires peuvent être sélectionnés. Ces derniers doivent être sélectionnés de façon aléatoire en faisant varier :
 - L'exposition du logement rue/cour intérieure ;
 - L'exposition du logement par rapport au soleil (nord/sud).

Dans le logement, les pièces cibles à instrumenter sont les suivantes :

Dans le protocole de base :

- ✓ Chambre de référence : c'est la chambre de la personne de référence du ménage.
- ✓ Séjour : s'il y a plusieurs séjours, instrumenter celui qui est le plus utilisé. En l'absence de séjour, instrumenter la salle à manger. Si le séjour est ouvert sur la cuisine (pièce unique intitulée « cuisine américaine »), instrumenter la partie séjour.

Dans le protocole complémentaire :

- ✓ Chambre à un niveau différent de la chambre de référence : pièce située au dernier étage de l'habitation à plusieurs niveaux (duplex, maison à étages,...) pour la mesure du confinement et du confort thermique.

L'extérieur du logement doit également être instrumenté.

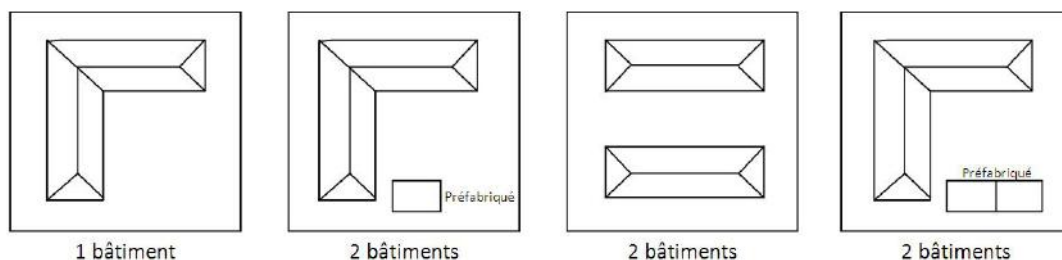
Bâtiments à usage d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance

Pour les établissements à usage d'enseignement ou d'accueil de la petite enfance, l'unité statistique est l'établissement en entier que celui-ci soit constitué d'un ou plusieurs bâtiments.

Les pièces cibles sont les salles de classes banalisées utilisées régulièrement dans le cas des bâtiments à usage d'enseignement. Dans le cas de bâtiments d'accueil de la petite enfance, les pièces cibles sont les salles d'activité ou de jeux et les dortoirs (pièces spécifiques dédiées au repos des enfants) occupés régulièrement par les enfants. Les autres pièces ne sont pas prises en compte : salle de motricité ou gymnase, bibliothèque ou salle à pollution spécifique telle que salle de TP, salle de dessin, salle de change, cantine.

Etant dans l'impossibilité d'instrumenter toutes les pièces cibles d'un établissement, une stratégie d'échantillonnage très proche de celle adoptée pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air dans les établissements recevant du public a été retenue :

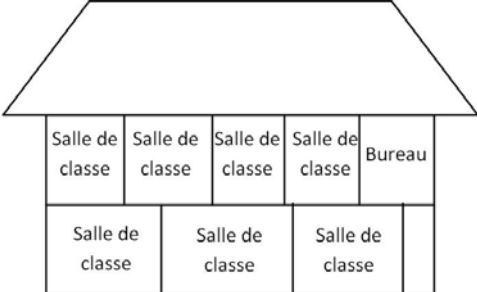
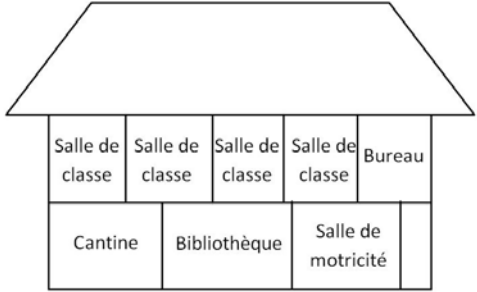
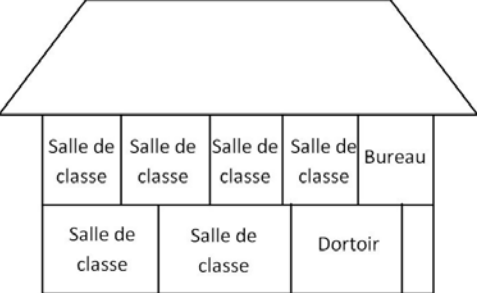
- ✓ Définir le nombre de bâtiments de l'établissement : par rapport à la stratégie d'échantillonnage de la qualité de l'air dans les ERP, la définition de blocs homogènes d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment n'a plus lieu d'exister puisque du fait des critères d'éligibilité, les propriétés de construction, les équipements ainsi que les systèmes (de ventilation, de chauffage,...) sont similaires. Par conséquent, un bâtiment est défini comme une construction séparée physiquement des autres constructions et non mitoyenne (Figure ci-après) ;



Vue aérienne de quatre différents établissements scolaires et identification du nombre de bâtiments

- ✓ Définir le nombre de pièces cibles à instrumenter par niveau et par bâtiment. Pour chaque niveau, compter le nombre de pièces cibles (Tableau 2). Si leur nombre est ≤ 3 , instrumenter 1 pièce cible. Si leur nombre est > 3 , instrumenter 2 pièces cibles. Le nombre maximum de pièces cibles par établissement ne doit pas dépasser 8. La sélection de pièces cibles à instrumenter doit refléter au mieux :
 - les différents niveaux de chaque bâtiment (rez-de-chaussée, dernier étage, étages intermédiaires le cas échéant) ;
 - les différences d'exposition rue/cour intérieure ;
 - les différences d'exposition par rapport au soleil nord/sud ;
 - les différents niveaux scolaires lorsqu'ils existent (maternelle, élémentaire, collège, lycée).

- ✓ Dans le cas des bâtiments d'accueil de la petite enfance, un dortoir est inclus d'office. Si une partie de la salle d'activité est dédiée au repos, cette zone n'est pas considérée comme un dortoir à part entière.

Coupe verticale par bâtiment	Nombre de pièces à instrumenter par niveau
	2 pièces à instrumenter au premier étage car il y a 4 salles de classe
	1 pièce à instrumenter au rez-de-chaussée car il y a 3 salles de classe
	2 pièces à instrumenter au premier étage car il y a 4 salles de classe
	Aucune pièce au rez-de-chaussée
	2 pièces à instrumenter au premier étage car il y a 4 salles de classe
	Le dortoir au rez-de-chaussée est à instrumenter

Un point extérieur du bâtiment doit également être instrumenté.

Bâtiments à usage de bureau

Pour les bâtiments à usage de bureau, l'unité statistique est le bâtiment en entier (représenté par le propriétaire/locataire s'il est le seul ou par le propriétaire/locataire occupant la plus grande surface).

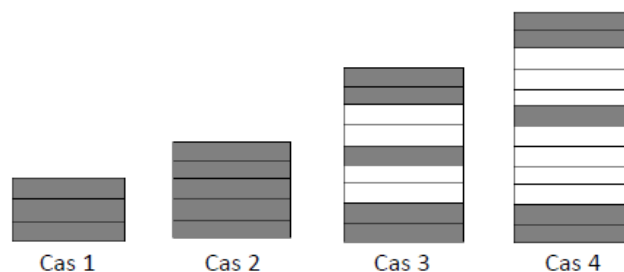
On recherche à être représentatif de l'immeuble de bureau et les pièces cibles d'intérêt sont les bureaux individuels, collectifs (2 à 4 personnes) et paysagers (plus de 4 personnes) occupés régulièrement. Les salles de réunion ne sont pas prises en compte.

Etant dans l'impossibilité d'instrumenter toutes les pièces cibles d'un bâtiment de bureau, une stratégie d'échantillonnage proche de celle adoptée pour la campagne nationale Bureaux de l'OQAI a été retenue. Il s'agit de :

- ✓ identifier le propriétaire/locataire de l'immeuble qui va faire l'objet de l'enquête. S'il y a plusieurs propriétaires/locataires dans l'immeuble, il convient de sélectionner celui occupant la plus grande surface au sein de l'immeuble ;

- ✓ définir le nombre de niveaux à instrumenter qui sont occupés par le locataire/propriétaire sélectionné.
 - Si le locataire occupe moins de 5 niveaux dans l'immeuble, il convient d'instrumenter tous les niveaux qu'il occupe.
 - S'il occupe plus de 5 niveaux, il convient de sélectionner systématiquement le premier et le dernier niveau occupés et trois autres répartis sur les étages restants (voir exemple sur la Figure ci-après).
- ✓ sélectionner 5 postes de travail pour l'ensemble du bâtiment (à répartir selon les niveaux définis) en fonction du :
 - type de bureaux présents (individuel, collectif, paysager) ;
 - des systèmes spécifiques de ventilation coexistant.

Dans le cas des immeubles de moins de 5 niveaux, il est possible de sélectionner plusieurs postes de travail au sein d'un même niveau (par exemple dans le cas d'un bureau paysager).



Sélection des niveaux à instrumenter (en gris) par rapport à la taille des bâtiments de bureau
 Un point extérieur du bâtiment doit également être instrumenté.

ANNEXE 2

Tableaux détaillés des résultats de mesure

Tableau détaillé des résultats de mesure

Résultats des paramètres de confort, de pollution physique de HAP et Phtalates

Site	Nom du site	Emplacement	Phase	Type de mesure	Date début	Date fin	T en °C	T opérative en °C	Hr en %	CO2 en ppm	ICÔNE	CO en ppm	PM2,5 en µg/m3	PM10 en µg/m3	[0.3µm; 1µm[Nb. part./m3	[1µm; 3µm[Nb. part./m3	[3µm; 10µm[Nb. part./m3	[10µm; 15µm[Nb. part./m3	Radon en Bq/m3	Naphtalène ng/m3	Acénaphthène ng/m3	Fluorène ng/m3
E001	Monneville (GS)	1	Périscolaire	Eté	MES	03/06/2013	07/06/2013	21,6	21,2	48,1	463	0	11	29	49920	525	68	3		104,4	<Lq	<Lq
E001	Monneville (GS)	2	Extérieur	Eté	MES	03/06/2013	07/06/2013	16,5		69,8			21	28								
E001	Monneville (GS)	1	Périscolaire	Hiver	MES	25/11/2013	29/11/2013	19,4	19,4	39,4	616,7	1	18	4	45838	489	72	3	ND	49,4	<Lq	<Lq
E001	Monneville (GS)	2	Extérieur	Hiver	MES	25/11/2013	29/11/2013	4,8		91,3			20	30					ND			
E002	Boves (crèche)	1	PV grands	Eté	MES	24/06/2013	28/06/2013	23,2	22,5	45,5	600,6	1,0	10,0	55,0	28010,4	431,4	99,7	9,9		56,0	<Lq	<Lq
E002	Boves (crèche)	2	PV petits	Eté	MES	24/06/2013	28/06/2013	22,8	22,8	45,7	609	1	inv									
E002	Boves (crèche)	3	Dortoir grands	Eté	MES	24/06/2013	28/06/2013	23,2	22,9	47,7	746	4	inv									
E002	Boves (crèche)	4	Extérieur	Eté	MES	24/06/2013	28/06/2013	15,4		70,6			9	17								
E002	Boves (crèche)	1	PV grands	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013	23,4	23,2	34,6	868,7	2	42	91	53841	509	103	9	11	127,5	<Lq	<Lq
E002	Boves (crèche)	2	PV petits	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013	23,1	23,2	35,5	800,9	1	99						13			
E002	Boves (crèche)	3	Dortoir grands	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013	23,1	NR	34,9	818,0	4	<Lq					17				
E002	Boves (crèche)	4	Extérieur	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013	3,6		87,8			23	32								
E003	Montdidier (Hugo)	1	Classe	Eté	MES	10/06/2013	14/06/2013	24,4	24,1	51	792	2	20	91	49819	665	164	9		91,7	12,5	<Lq
E003	Montdidier (Hugo)	2	Classe	Eté	MES	10/06/2013	14/06/2013	22,3	22,1	52,9	520	1	inv									
E003	Montdidier (Hugo)	3	Classe	Eté	MES	10/06/2013	14/06/2013	24,4	24,1	48,5	760	3	inv									
E003	Montdidier (Hugo)	4	Extérieur	Eté	MES	10/06/2013	14/06/2013	17		72,8			9	17								
E003	Montdidier (Hugo)	1	Classe	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	21,4	20,8	37,6	1160,5	4	34	126	104892	794	223	11	146	90,8	<Lq	<Lq
E003	Montdidier (Hugo)	2	Classe	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	22,7	NR	31,0	748,7	2	85						56			
E003	Montdidier (Hugo)	3	Classe	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	20,4	20,1	36,6	941,5	3	28						42			
E003	Montdidier (Hugo)	4	Extérieur	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	3,1		81,5			48	53								
E004	Montdidier (Le Prieuré)	1	Classe	Eté	MES	17/06/2013	21/06/2013	NR	23,2	NR	NR	NR	20	77	71274	769	151	6		70,8	10,4	<Lq
E004	Montdidier (Le Prieuré)	2	Classe	Eté	MES	17/06/2013	21/06/2013	23,3	23,5	65,6	610	2	inv									
E004	Montdidier (Le Prieuré)	3	Classe	Eté	MES	17/06/2013	21/06/2013	24,6	24	61,6	617	1	inv									
E004	Montdidier (Le Prieuré)	4	Classe	Eté	MES	17/06/2013	21/06/2013	24,8	24,3	60,5	487	1	inv									
E004	Montdidier (Le Prieuré)	5	Extérieur	Eté	MES	17/06/2013	21/06/2013	20,3		82,1			12	22								
E004	Montdidier (Le Prieuré)	1	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013	23,6	23,1	31,6	673,1	1	29	114	52909	756	185	7	73	113,0	<Lq	<Lq
E004	Montdidier (Le Prieuré)	2	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013	23,6	NR	30,3	722,8	2	43						ND			
E004	Montdidier (Le Prieuré)	3	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013	22,5	21,8	34,2	653,2	2	39						70			
E004	Montdidier (Le Prieuré)	4	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013	21,9	NR	34,1	619,2	2	59						63			
E004	Montdidier (Le Prieuré)	5	Extérieur	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013	7,3		81,7			14	20								
L013	Montchy St Eloi	1	Chambre	Eté	MES	01/07/2013	08/07/2013	25,5	24,5	53,2	639	max = 1205	9	21	96229	422	62	6		93,8	10,4	10,4
L013	Montchy St Eloi	2	Chambre	Eté	MES	01/07/2013	08/07/2013	26,7	26,3	48,4	726	max = 1164	inv									
L013	Montchy St Eloi	3	Chambre	Eté	MES	01/07/2013	08/07/2013	26,8	26,3	50,2	777	max = 1729 (1 data)	inv									
L013	Montchy St Eloi	4	Extérieur	Eté	MES	01/07/2013	08/07/2013	19,6		74,4			18	23								
L013	Montchy St Eloi	1	Chambre	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014	23,2	NR	31,6	662,6	0	9	6	15095	348	24	4	ND	214,6	14,8	17,7
L013	Montchy St Eloi	2	Chambre	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014	22,9	NR	31,2	594,7	0	8						ND			
L013	Montchy St Eloi	3	Chambre	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014	24,5	NR	32,0	898,6	2	8						ND			
L013	Montchy St Eloi	4	Extérieur	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014	7,5		75,2			5	11								
E005	BRETEUIL (École)	1	Classe	Eté	MES	09/09/2013	13/09/2013	21,7	21,4	53,1	528	1	10	46	102904	296	71	6		14	<Lq	<Lq
E005	BRETEUIL (École)	2	Classe	Eté	MES	09/09/2013	13/09/2013	20,3	19,9	57,1	540	0	inv									
E005	BRETEUIL (École)	3	Extérieur	Eté	MES	09/09/2013	13/09/2013	14		86			11	14								
E005	BRETEUIL (École)	1	Classe	Hiver	MES	20/01/2014	24/01/2014	22,8	22,6	30,9	511,7	0	40,4	57	ND	ND	ND	ND	ND	<Lq	<Lq	<Lq
E005	BRETEUIL (École)	2	Classe	Hiver	MES	20/01/2014	24/01/2014	21,5	21,4	32,4	542,9	0	2,2						ND			
E005	BRETEUIL (École)	3	Extérieur	Hiver	MES	20/01/2014	24/01/2014	4,3		88,8			15	21								

Légende
 Pas de donnée ou donnée invalide

Tableau détaillé des résultats de mesure

Résultats des paramètres de confort, de pollution physique de HAP et Phtalates

Site	Nom du site	Emplacement	Phase	Type de mesure	Date début	Date fin	T en °C	T opérative en °C	Hr en %	CO2 en ppm	ICÔNE	CO en ppm	PM2,5 en µg/m3	PM10 en µg/m3	[0,3µm; 1µm] Nb. part./m3	[1µm; 3µm] Nb. part./m3	[3µm; 10µm] Nb. part./m3	[10µm; 15µm] Nb. part./m3	Radon en Bq/m3	Naphtalène ng/m3	Acénaphtène ng/m3	Fluorène ng/m3
E006	BOUTTENCOURT (École)	1	Classe	Été	MES	16/09/2013	20/09/2013	25,7	24,7	40,1	466	0	11	48	17005	548	73	5		15	<Lq	<Lq
E006	BOUTTENCOURT (École)	2	Extérieur	Été	MES	16/09/2013	20/09/2013	15,8		75,4			6	12								
E006	BOUTTENCOURT (École)	1	Classe	Hiver	MES	27/01/2014	31/01/2014	NR	NR	NR	NR	NR	9	29	85240	290	35	3	2,1	218,7	21,5	21,0
E006	BOUTTENCOURT (École)	2	Extérieur	Hiver	MES	27/01/2014	31/01/2014	4,7		86,6			12	15								
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	1	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	23,1	22,9	56,2	495	0	13	21	112415	350	36	1		15	<Lq	<Lq
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	2	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	21,6	21,6	59,7	554	0	inv									
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	3	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	23,2	23,1	56,9	502		inv									
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	4	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	22	21,8	59,2	511	0	inv									
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	5	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	21,7	NR	59,9	498	0	inv									
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	6	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	23,2	23,1	56,9	644	0	inv									
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	7	Extérieur	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	16,7		81,9			20	29								
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	1	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	23,6	23,0	40,6	897,5	1	0	<Lq	28984	774	50	1	ND	70,0	<Lq	15,6
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	2	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	22,5	21,9	40,5	802,5	1	1						ND			
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	3	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	24,4	24,1	47,9	1075,7	2	0						ND			
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	4	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	NR	22,2	NR	NR	NR	<Lq						ND			
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	5	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	20,4	20,0	49,4	861,5	2	<Lq						ND			
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	6	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	23,0	NR	44,1	792,2	2	0						ND			
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	7	Extérieur	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	6,8		82,1			13	18								
L007	Hébécourt	1	Séjour	Été	MES	03/06/2013	10/06/2013	22,7	23	54,4	624	0	9,0	23,0	67380	531	85	6		132,9	13,9	15,9
L007	Hébécourt	2	Chambre	Été	MES	03/06/2013	10/06/2013	23,3	23,5	52,3	291	0	0,0									
L007	Hébécourt	3	Extérieur	Été	MES	03/06/2013	10/06/2013	15,9		71,5			19,1	32,7								
L007	Hébécourt	1	Séjour	Hiver	MES	06/01/2014	13/01/2014	20,02	20,27	53,5	950	1	15,6	27,1	46256	488	109	9	22,0	236	<LQ	12,2
L007	Hébécourt	2	Chambre	Hiver	MES	06/01/2014	13/01/2014	19,2	19,34	56,17	850	2	0,0						9,0			
L007	Hébécourt	3	Extérieur	Hiver	MES	06/01/2014	13/01/2014	6,89		89,6			11,5	16,8								
B002	Eiffage	1	Bureau 1	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013	24,3	24,3	48,6	581	0	inv	inv	NR	NR	NR	NR		138,9	13,9	21,8
B002	Eiffage	2	Bureau 2	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013	23,9	24	50,5	451	0	inv									
B002	Eiffage	3	Extérieur 1	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013	17,4		71,5												
B002	Eiffage	4	Extérieur 2	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013	17		72,1			9,5	17,1								
B002	Eiffage	1	Bureau 1	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014	21,3	21,4	46,65	672	0	1,3	8,6	27625	87	18	1	69,0	156,6	<LQ	10,8
B002	Eiffage	2	Bureau 2	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014	21,9	22,01	44,85	627	0	6,8						103,0			
B002	Eiffage	3	Extérieur 1	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014	9,7		84,15												
B002	Eiffage	4	Extérieur 2	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014	9,64		84,1			7,4	13,3								
B003	Geodomia	1	Centre de doc	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013	23,7	23,8	68,3	86	0	14,0	32,0	36924	230	38	1		115,1	<LQ	<LQ
B003	Geodomia	2	Extérieur 1	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013	20,7		86,4												
B003	Geodomia	3	Extérieur 2	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013	21,1		83,8			12,6	21,4								
B003	Geodomia	1	Centre de doc	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	19,4	19,6	37,9	871	1	16,3	35,4	38505	231	63	2	44,0	128,2	<LQ	<LQ
B003	Geodomia	2	Extérieur 1	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	0,5		91,7												
B003	Geodomia	3	Extérieur 2	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	1,05		88,4			25,5	28,9								
L005	St Fuscien	1	Séjour	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013	20	20,3	55,9	17	0	inv	inv	NR	NR	NR	NR		173,3	<LQ	<LQ
L005	St Fuscien	2	Chambre 1	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013	18,6	18,9	62,3	470	0	0,0									
L005	St Fuscien	3	Chambre 2	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013	22,2	20,4	55,6	546	0	0,0									
L005	St Fuscien	4	Extérieur	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013	16,2		71,5			9,5	17,5								
L005	St Fuscien	1	Séjour	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013	19,65	19,8	49,2	614	0	19,4	23,7	382314	403	33	2	23,0	943,2	<LQ	35,8
L005	St Fuscien	2	Chambre 1	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013	17,66	17,8	60,07	899	0	0,0						25,0			
L005	St Fuscien	3	Chambre 2	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013	15,84	16,1	58,93	475	0	0,0						13,0			
L005	St Fuscien	4	Extérieur	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013	5,2		90,9			24,1	33,1								
L009	Bailleul n°4	1	séjour	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	24,2	24,1	56,4	632	0	13,0	24,0	99050	634	75	4		45,2	<LQ	<LQ
L009	Bailleul n°4	2	Chambre	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	24,1	23,9	57,6	694	3	0,0									
L009	Bailleul n°4	3	Extérieur	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	20,4		67,3			16,9	27,8								
L009	Bailleul n°4	1	séjour	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	19,9	19,8	45,4	1222	3	17,5	19,0	39463	459	91	6	ND	143,1	<LQ	<LQ
L009	Bailleul n°4	2	Chambre	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	19,2	19,4	50,7	1357	5	0,0						ND			
L009	Bailleul n°4	3	Extérieur	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	4,7		86,3			12,3	17,6								

Tableau détaillé des résultats de mesure

Résultats des paramètres de confort, de pollution physique de HAP et Phtalates

Site	Nom du site	Emplacement	Phase	Type de mesure	Date début	Date fin	T en °C	T opérative en °C	Hr en %	CO2 en ppm	ICÔNE	CO en ppm	PM2,5 en µg/m3	PM10 en µg/m3	[0.3µm; 1µm] Nb. part./m3	[1µm; 3µm] Nb. part./m3	[3µm; 10µm] Nb. part./m3	[10µm; 15µm] Nb. part./m3	Radon en Bq/m3	Naphtalène ng/m3	Acénaphthène ng/m3	Fluorène ng/m3
L008	Bailleul n°1	1 Séjour	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	24,4	22,1	56,4	643	0		inv	inv	ND	ND	ND	ND		31,5	<LQ	<LQ
L008	Bailleul n°1	2 Chambre	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	24,5	24,4	57,2	1493	4											
L008	Bailleul n°1	3 Extérieur	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	19,6		69,2				16,9	27,8								
L008	Bailleul n°1	1 Séjour	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	19,6	19,9	46,8	1248	1		55,9	68,0	552263	710	65	8	22,0	181,5	<LQ	<LQ
L008	Bailleul n°1	2 Chambre	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	19,3	19,5	49,1	815	4								24,0			
L008	Bailleul n°1	3 Extérieur	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	4,7		87,2				12,3	17,6								
L004	Ayencourt	1 séjour	Été	MES	16/07/2013	23/07/2013	24,1	23,8	66,2	679	0	0,0	inv	inv	inv	inv	inv	inv		37,3	<LQ	<LQ
L004	Ayencourt	2 Chambre	Été	MES	16/07/2013	23/07/2013	23,9	24,2	67	1055	2	0,0										
L004	Ayencourt	3 Extérieur	Été	MES	16/07/2013	23/07/2013	23,9		66,5				19,5	31,2								
L004	Ayencourt	1 séjour	Hiver	MES	10/01/2014	17/01/2014	20,2	20,4	45,4	434	0	0,0	12,8	26,1	31989	1499	409	4	77,0	101,9	24,2	11,8
L004	Ayencourt	2 Chambre	Hiver	MES	10/01/2014	17/01/2014	19,3	19,4	48,4	556	0	0,0							90,0			
L004	Ayencourt	3 Extérieur	Hiver	MES	10/01/2014	17/01/2014	5,4		91				10,7	15,3								
L010	Amiens	1 Séjour	Été	MES	19/07/2013	26/07/2013	23,4	23,2	68,3	332	2		inv	inv	ND	ND	ND	ND		26,3	<LQ	<LQ
L010	Amiens	2 Chambre	Été	MES	19/07/2013	26/07/2013	24,8	24,8	63,7	305	2											
L010	Amiens	4 Extérieur	Été	MES	19/07/2013	26/07/2013	23,6		68,2				15,2	28,2								
L010	Amiens	1 Séjour	Hiver	MES	21/02/2014	28/02/2014	19	19,2	51,6	713	0		3,6	13,0	12683	312	70	6	34,0	<LQ	<LQ	<LQ
L010	Amiens	2 Chambre	Hiver	MES	21/02/2014	28/02/2014	19,3	19,7	54,1	909	2								19,0			
L010	Amiens	4 Extérieur	Hiver	MES	21/02/2014	28/02/2014	7		82,7				9,2	14,4								
B001	Opac Oise	1 Bureau 1	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013	21,2	23,3	61,5	552	0		inv							23,0	<LQ	<LQ
B001	Opac Oise	2 Bureau 3	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013	23,4	23,5	55,2	552	0		inv									
B001	Opac Oise	3 Bureau 4	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013	24,5	24,5	52,9	NR	NR		inv	inv	ND	ND	ND	ND				
B001	Opac Oise	4 Bureau 5	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013	23,9	24,1	53	78	0		inv									
B001	Opac Oise	5 Extérieur 1	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013	20,1		69,1													
B001	Opac Oise	5 Extérieur 2	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013	21,3		64,3				16,2	26,2								
B001	Opac Oise	1 Bureau 1	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014	22,1	22,3	36,3	585	1		6,0						24,0	127,9	<LQ	<LQ
B001	Opac Oise	2 Bureau 3	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014	21,9	NR	33,9	807	0		1,6						0,0			
B001	Opac Oise	3 Bureau 4	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014	22,5	22,4	36	733	1		5,0	11,9	5033	80	10	1	17,0			
B001	Opac Oise	4 Bureau 5	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014	21,2	21,5	35,2	728	0		3,6						17,0			
B001	Opac Oise	5 Extérieur 1	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014	7,5		76,9													
B001	Opac Oise	5 Extérieur 2	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014	7,6		76,6				6,8	12,7								
L066	internat Ham	1 Chbre RDC	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013	19,8	20,2	63,6	570	0									11,5	<LQ	<LQ
L066	internat Ham	2 PDV RDC	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013	19,7	NR	64,8	481	2		inv									
L066	internat Ham	3 Chbre 1er	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013	20,6	NR	60,6	174	0											
L066	internat Ham	4 PDV 1er	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013	19,7	19,8	62,6	505	0		6,0	9,0	27682	358	28	0				
L066	internat Ham	5 Extérieur	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013	14,9		83,4				7,8	11,4								
L066	internat Ham	1 Chbre RDC	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014	21,4	21,4	41,4	640	2								23	54,8	<LQ	<LQ
L066	internat Ham	2 PDV RDC	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014	20,7	21,1	40,3	401	0		6,8						ND			
L066	internat Ham	3 Chbre 1er	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014	20,8	NR	41,5	540	0								47			
L066	internat Ham	4 PDV 1er	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014	20	20	37,9	371	0		7,9	7,0	33624	226	23	1	ND			
L066	internat Ham	5 Extérieur	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014	6,8		84				7,4	10,2								
L006	Bavelincourt	1 séjour	Été	MES	16/09/2013	23/09/2013	22,4	22,2	56,1	819	1	0,0	11,0	13,0	24850	825	148	8		24,8	<LQ	<LQ
L006	Bavelincourt	2 Chambre	Été	MES	16/09/2013	23/09/2013	21,9	21,8	58	715	1	0,0										
L006	Bavelincourt	3 Extérieur	Été	MES	16/09/2013	23/09/2013	13,7		86,5				7,5	14,6								
L006	Bavelincourt	1 séjour	Hiver	MES	23/01/2014	30/01/2014	18,5	18,8	54,1	1253	1	0,0	25,7	44,1	140934	1358	230	15	30	313,7	<LQ	10,5
L006	Bavelincourt	2 Chambre	Hiver	MES	23/01/2014	30/01/2014	17,6	17,8	58	1235	1	0,0							17			
L006	Bavelincourt	3 Extérieur	Hiver	MES	23/01/2014	30/01/2014	4,1		90				10,6	16,8								
																			Lq	10,4	10,4	10,4

Tableau détaillé des résultats de mesure

Résultats des paramètres de confort, de pollution physique de HAP et Phtalates

Site	Nom du site	Emplacement		Phase	Type de mesure	Date début	Date fin	Phénanthrène ng/m ³	Anthracène ng/m ³	Fluoranthène ng/m ³	Pyrène ng/m ³	B(a)A ng/m ³	Chrysène ng/m ³	B(b)F ng/m ³	B(k)F ng/m ³	B(a)P ng/m ³	D(a,h)A ng/m ³	B(g,h,i)P ng/m ³	In(1,2,3,cd)P ng/m ³	DMP µg/m ³	DEP µg/m ³	DMEP µg/m ³	DiBP µg/m ³	DBP µg/m ³	BBzP µg/m ³	DEHP µg/m ³	DINP µg/m ³
E001	Monneville (GS)	1	Périscolaire	Été	MES	03/06/2013	07/06/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	33	0,18	<LQ	46,25	0,44	<LQ	0,53	<LQ
E001	Monneville (GS)	2	Extérieur	Été	MES	03/06/2013	07/06/2013																				
E001	Monneville (GS)	1	Périscolaire	Hiver	MES	25/11/2013	29/11/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	11,0	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	9,50	0,11	<LQ	5,17	0,08	<LQ	<LQ	<LQ
E001	Monneville (GS)	2	Extérieur	Hiver	MES	25/11/2013	29/11/2013																				
E002	Boves (crèche)	1	PV grands	Été	MES	24/06/2013	28/06/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	0,26	1,82	<LQ	2,58	0,18	<LQ	0,75	<LQ
E002	Boves (crèche)	2	PV petits	Été	MES	24/06/2013	28/06/2013																				
E002	Boves (crèche)	3	Dortoir grands	Été	MES	24/06/2013	28/06/2013																				
E002	Boves (crèche)	4	Extérieur	Été	MES	24/06/2013	28/06/2013																				
E002	Boves (crèche)	1	PV grands	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	29,0	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	1,21	2,00	<LQ	1,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
E002	Boves (crèche)	2	PV petits	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013																				
E002	Boves (crèche)	3	Dortoir grands	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013																				
E002	Boves (crèche)	4	Extérieur	Hiver	MES	02/12/2013	06/12/2013																				
E003	Montdidier (Hugo)	1	Classe	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	0,18	1,32	<LQ	13,71	1,20	<LQ	0,99	<LQ
E003	Montdidier (Hugo)	2	Classe	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013																				
E003	Montdidier (Hugo)	3	Classe	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013																				
E003	Montdidier (Hugo)	4	Extérieur	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013																				
E003	Montdidier (Hugo)	1	Classe	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	10,2	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	0,92	0,50	<LQ	3,83	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
E003	Montdidier (Hugo)	2	Classe	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013																				
E003	Montdidier (Hugo)	3	Classe	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013																				
E003	Montdidier (Hugo)	4	Extérieur	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	1	Classe	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<LQ	0,74	<LQ	20,00	1,66	<LQ	1,08	<LQ
E004	Montdidier (Le Prieuré)	2	Classe	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	3	Classe	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	4	Classe	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	5	Extérieur	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	1	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	11,7	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<LQ	0,52	<LQ	3,33	0,27	<LQ	<LQ	<LQ
E004	Montdidier (Le Prieuré)	2	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	3	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	4	Classe	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013																				
E004	Montdidier (Le Prieuré)	5	Extérieur	Hiver	MES	16/12/2013	20/12/2013																				
L013	Montchy St Eloi	1	Chambre	Été	MES	01/07/2013	08/07/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	0,15	1,30	<LQ	57,92	0,89	<LQ	0,33	<LQ
L013	Montchy St Eloi	2	Chambre	Été	MES	01/07/2013	08/07/2013																				
L013	Montchy St Eloi	3	Chambre	Été	MES	01/07/2013	08/07/2013																				
L013	Montchy St Eloi	4	Extérieur	Été	MES	01/07/2013	08/07/2013																				
L013	Montchy St Eloi	1	Chambre	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014	24,6	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<LQ	0,63	<LQ	0,07	0,07	<LQ	<LQ	<LQ
L013	Montchy St Eloi	2	Chambre	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014																				
L013	Montchy St Eloi	3	Chambre	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014																				
L013	Montchy St Eloi	4	Extérieur	Hiver	MES	03/02/2014	10/02/2014																				
E005	BRETEUIL (École)	1	Classe	Été	MES	09/09/2013	13/09/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	0,17	0,50	<LQ	16,94	1,11	<LQ	1,77	<LQ
E005	BRETEUIL (École)	2	Classe	Été	MES	09/09/2013	13/09/2013																				
E005	BRETEUIL (École)	3	Extérieur	Été	MES	09/09/2013	13/09/2013																				
E005	BRETEUIL (École)	1	Classe	Hiver	MES	20/01/2014	24/01/2014	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<LQ	0,42	<LQ	1,33	0,07	<LQ	<LQ	<LQ
E005	BRETEUIL (École)	2	Classe	Hiver	MES	20/01/2014	24/01/2014																				
E005	BRETEUIL (École)	3	Extérieur	Hiver	MES	20/01/2014	24/01/2014																				

Tableau détaillé des résultats de mesure

Résultats des paramètres de confort, de pollution physique de HAP et Phtalates

Site	Nom du site	Emplacement	Phase	Type de mesure	Date début	Date fin	Phénanthrène ng/m3	Anthracène ng/m3	Fluoranthène ng/m3	Pyrène ng/m3	B(a)A ng/m3	Chrysène ng/m3	B(b)F ng/m3	B(k)F ng/m3	B(a)P ng/m3	D(a,h)A ng/m3	B(g,h,i)P ng/m3	In(1,2,3,cd)P ng/m3	DMP µg/m3	DEP µg/m3	DMEP µg/m3	DIBP µg/m3	DBP µg/m3	BBzP µg/m3	DEHP µg/m3	DINP µg/m3	
E006	BOUTTENCOURT (École)	1	Classe	Été	MES	16/09/2013	20/09/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
E006	BOUTTENCOURT (École)	2	Extérieur	Été	MES	16/09/2013	20/09/2013																				
E006	BOUTTENCOURT (École)	1	Classe	Hiver	MES	27/01/2014	31/01/2014	22,9	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
E006	BOUTTENCOURT (École)	2	Extérieur	Hiver	MES	27/01/2014	31/01/2014																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	1	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	2	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	3	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	4	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	5	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	6	Chambre	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	7	Extérieur	Été	MES	23/09/2013	30/09/2013																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	1	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014	10,4	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	2	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	3	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	4	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	5	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	6	Chambre	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014																				
L012	BEAUVAIS (Internat Lycée Corot)	7	Extérieur	Hiver	MES	12/02/2014	19/02/2014																				
L007	Hébécourt	1	Séjour	Été	MES	03/06/2013	10/06/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L007	Hébécourt	2	Chambre	Été	MES	03/06/2013	10/06/2013																				
L007	Hébécourt	3	Extérieur	Été	MES	03/06/2013	10/06/2013																				
L007	Hébécourt	1	Séjour	Hiver	MES	06/01/2014	13/01/2014	13,5	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L007	Hébécourt	2	Chambre	Hiver	MES	06/01/2014	13/01/2014																				
L007	Hébécourt	3	Extérieur	Hiver	MES	06/01/2014	13/01/2014																				
B002	Eiffage	1	Bureau 1	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
B002	Eiffage	2	Bureau 2	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013																				
B002	Eiffage	3	Extérieur 1	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013																				
B002	Eiffage	4	Extérieur 2	Été	MES	10/06/2013	14/06/2013																				
B002	Eiffage	1	Bureau 1	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014	14	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
B002	Eiffage	2	Bureau 2	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014																				
B002	Eiffage	3	Extérieur 1	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014																				
B002	Eiffage	4	Extérieur 2	Hiver	MES	06/01/2014	10/01/2014																				
B003	Geodomia	1	Centre de doc	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
B003	Geodomia	2	Extérieur 1	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013																				
B003	Geodomia	3	Extérieur 2	Été	MES	17/06/2013	21/06/2013																				
B003	Geodomia	1	Centre de doc	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
B003	Geodomia	2	Extérieur 1	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013																				
B003	Geodomia	3	Extérieur 2	Hiver	MES	09/12/2013	13/12/2013																				
L005	St Fuscien	1	Séjour	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L005	St Fuscien	2	Chambre 1	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013																				
L005	St Fuscien	3	Chambre 2	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013																				
L005	St Fuscien	4	Extérieur	Été	MES	24/06/2013	01/07/2013																				
L005	St Fuscien	1	Séjour	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013	17,4	<Lq	16,4	<Lq	14,4	39,6	20,8	<Lq	22,2	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L005	St Fuscien	2	Chambre 1	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013																				
L005	St Fuscien	3	Chambre 2	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013																				
L005	St Fuscien	4	Extérieur	Hiver	MES	28/11/2013	05/12/2013																				
L009	Bailleul n°4	1	séjour	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L009	Bailleul n°4	2	Chambre	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013																				
L009	Bailleul n°4	3	Extérieur	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013																				
L009	Bailleul n°4	1	séjour	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	<Lq	
L009	Bailleul n°4	2	Chambre	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013																				
L009	Bailleul n°4	3	Extérieur	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013																				

Tableau détaillé des résultats de mesure

Résultats des paramètres de confort, de pollution physique de HAP et Phtalates

Site	Nom du site	Emplacement		Phase	Type de mesure	Date début	Date fin	Phénanthrène ng/m3	Anthracène ng/m3	Fluoranthène ng/m3	Pyrène ng/m3	B(a)A ng/m3	Chrysène ng/m3	B(b)F ng/m3	B(k)F ng/m3	B(a)P ng/m3	D(a,h)A ng/m3	B(g,h,i)P ng/m3	In(1,2,3,cd)P ng/m3	DMP µg/m3	DEP µg/m3	DMEP µg/m3	DiBP µg/m3	DBP µg/m3	BBzP µg/m3	DEHP µg/m3	DINP µg/m3
L008	Bailleul n°1	1	Séjour	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,33	<LQ	3,61	0,49	<LQ	0,35	<LQ	
L008	Bailleul n°1	2	Chambre	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013																				
L008	Bailleul n°1	3	Extérieur	Été	MES	08/07/2013	15/07/2013																				
L008	Bailleul n°1	1	Séjour	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,15	<LQ	0,43	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
L008	Bailleul n°1	2	Chambre	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013																				
L008	Bailleul n°1	3	Extérieur	Hiver	MES	20/11/2013	27/11/2013																				
L004	Ayencourt	1	séjour	Été	MES	16/07/2013	23/07/2013	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,35	<LQ	1,94	1,15	<LQ	0,35	6,87	
L004	Ayencourt	2	Chambre	Été	MES	16/07/2013	23/07/2013																				
L004	Ayencourt	3	Extérieur	Été	MES	16/07/2013	23/07/2013																				
L004	Ayencourt	1	séjour	Hiver	MES	10/01/2014	17/01/2014	64,2	<LQ	10,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,13	<LQ	0,88	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
L004	Ayencourt	2	Chambre	Hiver	MES	10/01/2014	17/01/2014																				
L004	Ayencourt	3	Extérieur	Hiver	MES	10/01/2014	17/01/2014																				
L010	Amiens	1	Séjour	Été	MES	19/07/2013	26/07/2013	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,45	<LQ	2,89	0,51	<LQ	<LQ	<LQ	
L010	Amiens	2	Chambre	Été	MES	19/07/2013	26/07/2013																				
L010	Amiens	4	Extérieur	Été	MES	19/07/2013	26/07/2013																				
L010	Amiens	1	Séjour	Hiver	MES	21/02/2014	28/02/2014	11,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,30	<LQ	0,74	0,10	<LQ	<LQ	<LQ	
L010	Amiens	2	Chambre	Hiver	MES	21/02/2014	28/02/2014																				
L010	Amiens	4	Extérieur	Hiver	MES	21/02/2014	28/02/2014																				
B001	Opac Oise	1	Bureau 1	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	23,62	<LQ	3,85	0,66	<LQ	<LQ	<LQ	
B001	Opac Oise	2	Bureau 3	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013																				
B001	Opac Oise	3	Bureau 4	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013																				
B001	Opac Oise	4	Bureau 5	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013																				
B001	Opac Oise	5	Extérieur 1	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013																				
B001	Opac Oise	5	Extérieur 2	Été	MES	02/09/2013	06/09/2013																				
B001	Opac Oise	1	Bureau 1	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,28	<LQ	0,71	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
B001	Opac Oise	2	Bureau 3	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014																				
B001	Opac Oise	3	Bureau 4	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014																				
B001	Opac Oise	4	Bureau 5	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014																				
B001	Opac Oise	5	Extérieur 1	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014																				
B001	Opac Oise	5	Extérieur 2	Hiver	MES	03/02/2014	07/02/2014																				
L066	internat Ham	1	Chbre RDC	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,03	<LQ	0,90	1,58	<LQ	<LQ	<LQ	
L066	internat Ham	2	PDV RDC	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013																				
L066	internat Ham	3	Chbre 1er	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013																				
L066	internat Ham	4	PDV 1er	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013																				
L066	internat Ham	5	Extérieur	Été	MES	09/09/2013	16/09/2013																				
L066	internat Ham	1	Chbre RDC	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,11	<LQ	0,74	0,24	<LQ	<LQ	<LQ	
L066	internat Ham	2	PDV RDC	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014																				
L066	internat Ham	3	Chbre 1er	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014																				
L066	internat Ham	4	PDV 1er	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014																				
L066	internat Ham	5	Extérieur	Hiver	MES	15/01/2014	22/01/2014																				
L006	Bavelincourt	1	séjour	Été	MES	16/09/2013	23/09/2013	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,11	<LQ	0,44	0,60	<LQ	<LQ	<LQ	
L006	Bavelincourt	2	Chambre	Été	MES	16/09/2013	23/09/2013																				
L006	Bavelincourt	3	Extérieur	Été	MES	16/09/2013	23/09/2013																				
L006	Bavelincourt	1	séjour	Hiver	MES	23/01/2014	30/01/2014	14,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,21	<LQ	1,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
L006	Bavelincourt	2	Chambre	Hiver	MES	23/01/2014	30/01/2014																				
L006	Bavelincourt	3	Extérieur	Hiver	MES	23/01/2014	30/01/2014																				
								10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,29	0,29	2,92

ANNEXE 3

Méthodes de calcul des concentrations et de l'indice de confinement

Calcul d'un indice de confinement à partir des mesures de CO₂

Ce calcul est basé sur la mesure en continu de la concentration en CO₂, où seules les mesures enregistrées pendant les périodes d'occupation normale des pièces sont considérées.

L'indice de confinement a alors été calculé suivant la formule suivante, comme explicité dans le protocole QQAI BPE :

$$ICONE = \left(\frac{2.5}{\log_{10}(2)} \right) \log_{10}(1 + f_1 + 3f_2)$$

$$f_1 : \text{proportion de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm} \left(f_1 = \frac{n_1}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

$$f_2 : \text{proportion de valeurs supérieures à 1700 ppm} \left(f_2 = \frac{n_2}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

n_0 = nombre de valeurs inférieures à 1 000 ppm

n_1 = nombre de valeurs comprises entre 1 000 et 1 700 ppm

n_2 = nombre de valeurs supérieures à 1 700 ppm.

Cet indice est exprimé avec une précision égale à 1 (c'est-à-dire arrondi avec 0 chiffre après la virgule) selon la règle suivante :

Valeur brute de l'indice de confinement	Valeur retenue de l'indice de confinement	Nature du confinement
ICONE < 0,5	0	Confinement nul
0,5 ≤ ICONE < 1,5	1	Confinement faible
1,5 ≤ ICONE < 2,5	2	Confinement moyen
2,5 ≤ ICONE < 3,5	3	Confinement élevé
3,5 ≤ ICONE < 4,5	4	Confinement très élevé
ICONE ≥ 4,5	5	Confinement extrême

COV

La concentration massique C est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la manière suivante :

$$C = \frac{m_{\text{cov}} \times 10^6}{Q_T \times t}$$

Avec : m_{cov} : Masse de composé échantillonné sur la cartouche en μg

Q_T : Débit d'échantillonnage du COV en mL/min

t : durée d'exposition en minutes

Par ailleurs, il est nécessaire de corriger les débits d'échantillonnage Q_T selon la température T (en Kelvin), T étant la température moyenne pendant la durée du prélèvement :

$$Q_T = Q_{298K} \left(\frac{T}{298} \right)^{1,5}$$

A chaque composé est associé un débit d'échantillonnage spécifique (à 25°C, soit 298K), dont le détail est donné dans le tableau ci-dessous :

Substances analysées	Débit d'échantillonnage (mL/min) à 25 °C et 1013 hPa (± incertitude étendue à 2σ en %) (source = Radiello.com; Cocheo et al., 2000)
benzène	27,8 (± 8,3 %)
toluène	30,0 (± 8,3 %)
ethylbenzène	25,7 (± 9,1 %)
xylène (m+p)	26,6 (± 11,3 %)
xylène (o)	24,6 (± 9,1 %)
styrène	27,1 (± 24 %)
tétrachloroéthylène	25,4 (± 8,9 %)
1-méthoxy-2-propanol	26,6 (± 11,6 %)
n-hexane	25,5 (± 10,9 %)
limonène	12,8 (± 24,8 %)
alpha-pinène	6,4 (± 29,5 %)
n-décane	22,3 (± 22,4 %)

Aldéhydes

La concentration massique C est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la manière suivante :

$$C = \frac{(m_{\text{éch}} - m_{\text{blo}}) \times 10^6}{D_{\text{éch}} \times t}$$

Avec : $m_{\text{éch}}$: Masse de composé échantillonné sur la cartouche en μg

m_{blo} : Masse moyenne des blancs de lot en μg

t : durée d'exposition en minutes

$D_{\text{éch}}$: Débit d'échantillonnage du composé en mL/min. Calculé de la manière suivante :

Comme pour les COV, il est nécessaire de corriger les débits d'échantillonnage selon la température T (en Kelvin), T étant la température moyenne pendant la durée du prélèvement :

$$D_{\text{éch}} = D' \times \left(\frac{T}{298} \right)^{0.35}$$

Avec : D' : débit d'échantillonnage du composé à 25°C en mL/min

Les débits d'échantillonnage D' , pour chaque aldéhyde, sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Composé	Débit (mL/min)	D'
Formaldéhyde	99	
Acétaldéhyde	84	
Hexanal	18	

NO₂

La concentration massique C est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la manière suivante :

$$C = \frac{(m - m_{\text{blo}}) \times 1000}{D_{\text{éch}} \times t}$$

Avec : *m* : Masse de composé échantillonné sur la cartouche en ng

m_{blo} : Masse du blanc de lot en ng (soustraction si supérieure à la LQ)

t : durée d'exposition en heure

D_{éch} : Débit d'échantillonnage du composé en cm^3/h .

Le débit d'échantillonnage de ce composé est de 0.9017 mL/min pour une température de 20 degrés, soit 54,1 en cm^3/h (dénommé ci-après *D₂₀*)

Ce débit est ensuite corrigé en fonction de la température moyenne d'exposition (T) par la formule suivante :

$$D_{\text{éch}} = D_{20} \times \left(\frac{\bar{T} + 273}{293} \right)^{1.5}$$

Particules

La concentration massique C est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la manière suivante :

$$C = \frac{m - m_0}{V}$$

Avec : *m* : masse de particules sur le filtre exposé en μg

m₀ : masse de particules sur le blanc de lot (filtre non exposé)

V : volume échantillonné en m^3

HAP

La concentration massique C est exprimée en ng/m^3 de la manière suivante :

$$C = \frac{m}{V}$$

Avec : *m* : Masse de composé échantillonné sur la cartouche et le filtre en ng

V : Volume échantillonné en m^3

Phtalates

La concentration massique C est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la manière suivante :

$$C = \frac{m}{V}$$

Avec : *m* : Masse de composé échantillonné sur la mousse et le filtre en μg

V : Volume échantillonné en m^3

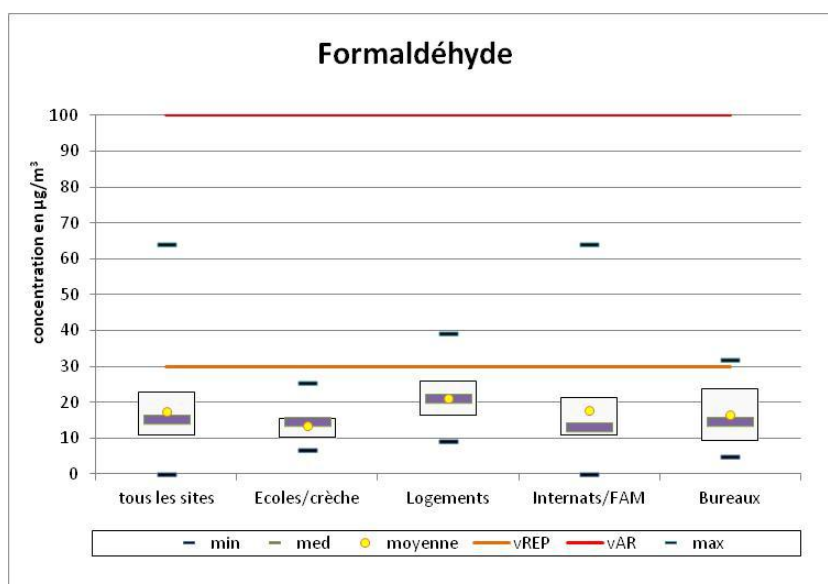
ANNEXE 4

Boîtes à moustache des résultats de mesure en air intérieur

Comment lire une boîte à moustaches ?

Une boîte à moustaches permet d'avoir une vision globale de la dispersion d'un échantillonnage.

Celle-ci est composée d'un maximum et d'un minimum représentés par un trait bleu sur le graphique ci-dessous.



Cette boîte à moustaches fait également apparaître une boîte dans laquelle se situent 50% des données de l'échantillonnage. Le trait bas de cette boîte correspond au 1^{er} quartile en dessous duquel sont situées 25% des données. Le second trait correspond au 3^{ème} quartile au dessus duquel se situent 25% des données.

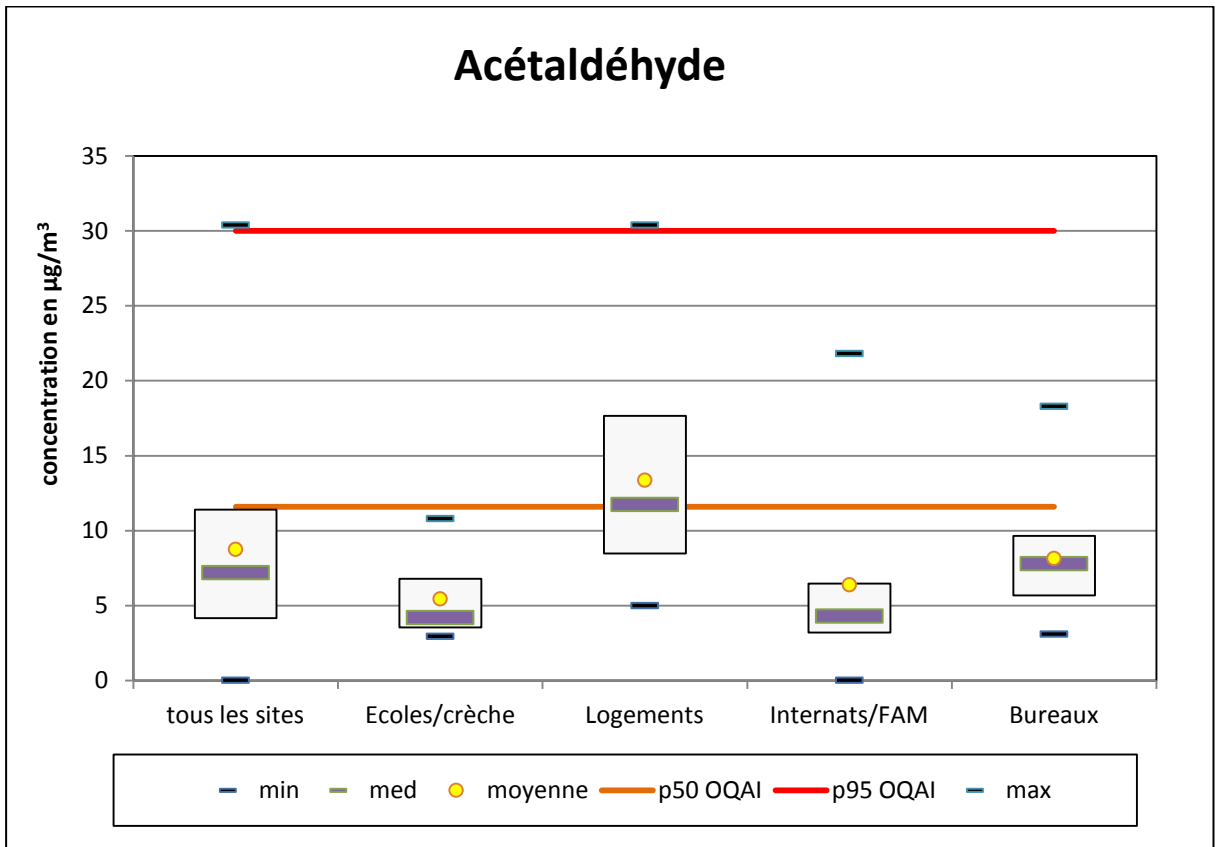
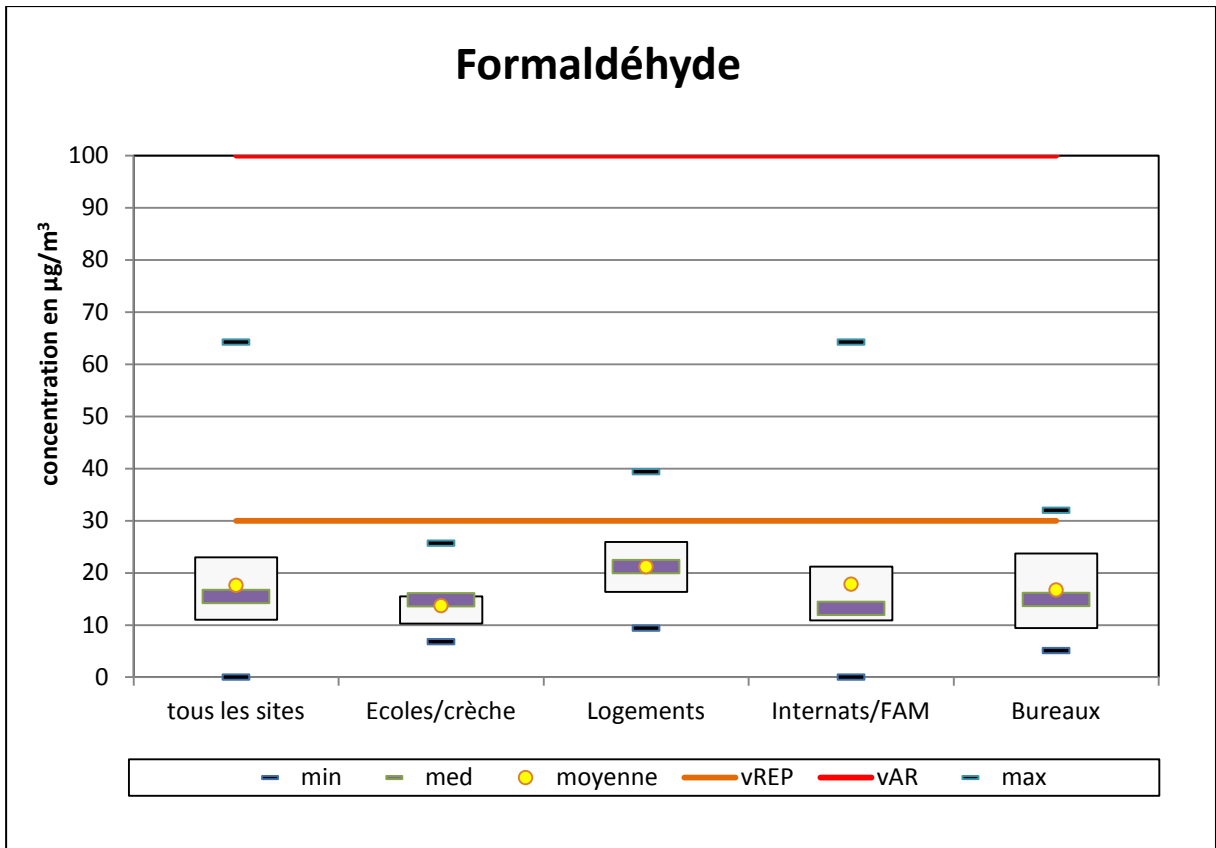
A l'intérieur de cette boîte se situe la médiane de l'échantillonnage (trait épais rouge) qui correspond au 2^{ème} quartile au dessous duquel nous avons 50% des données et au dessus duquel nous avons également 50% des données.

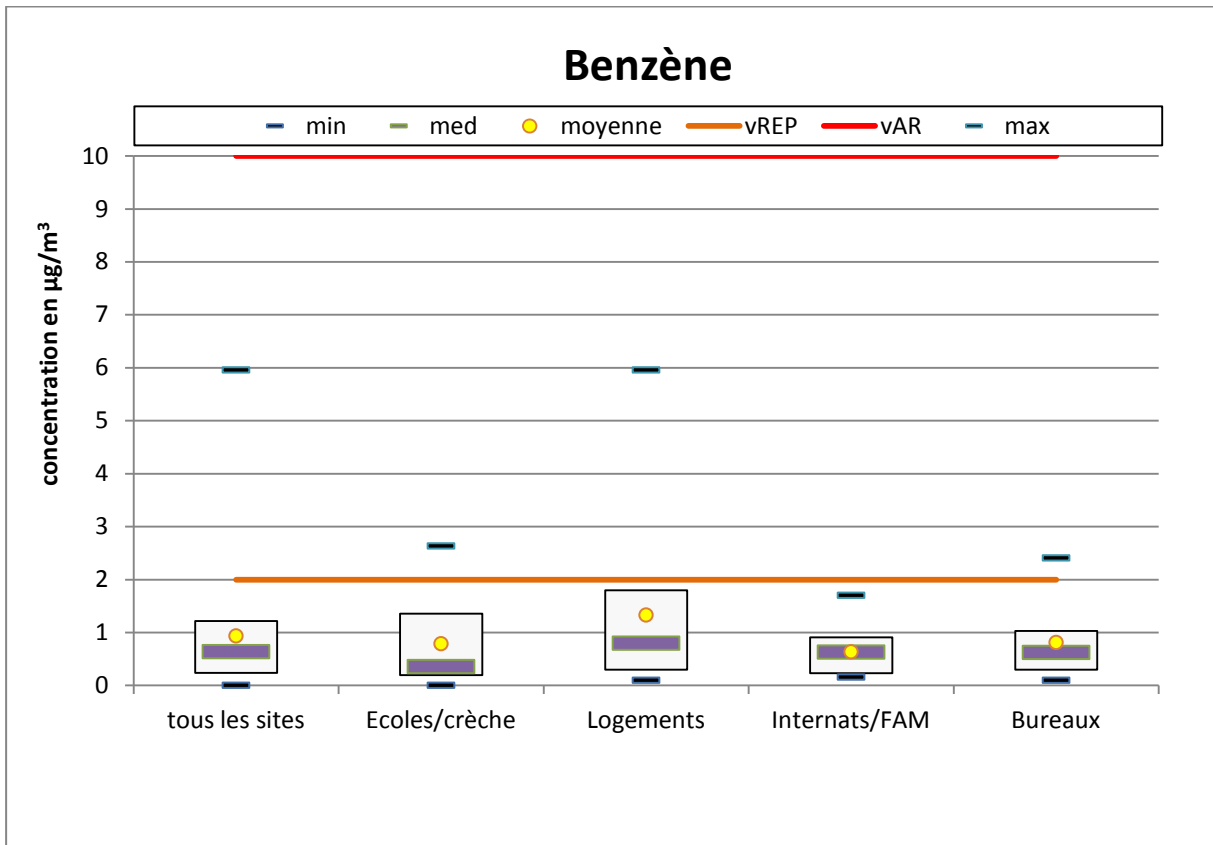
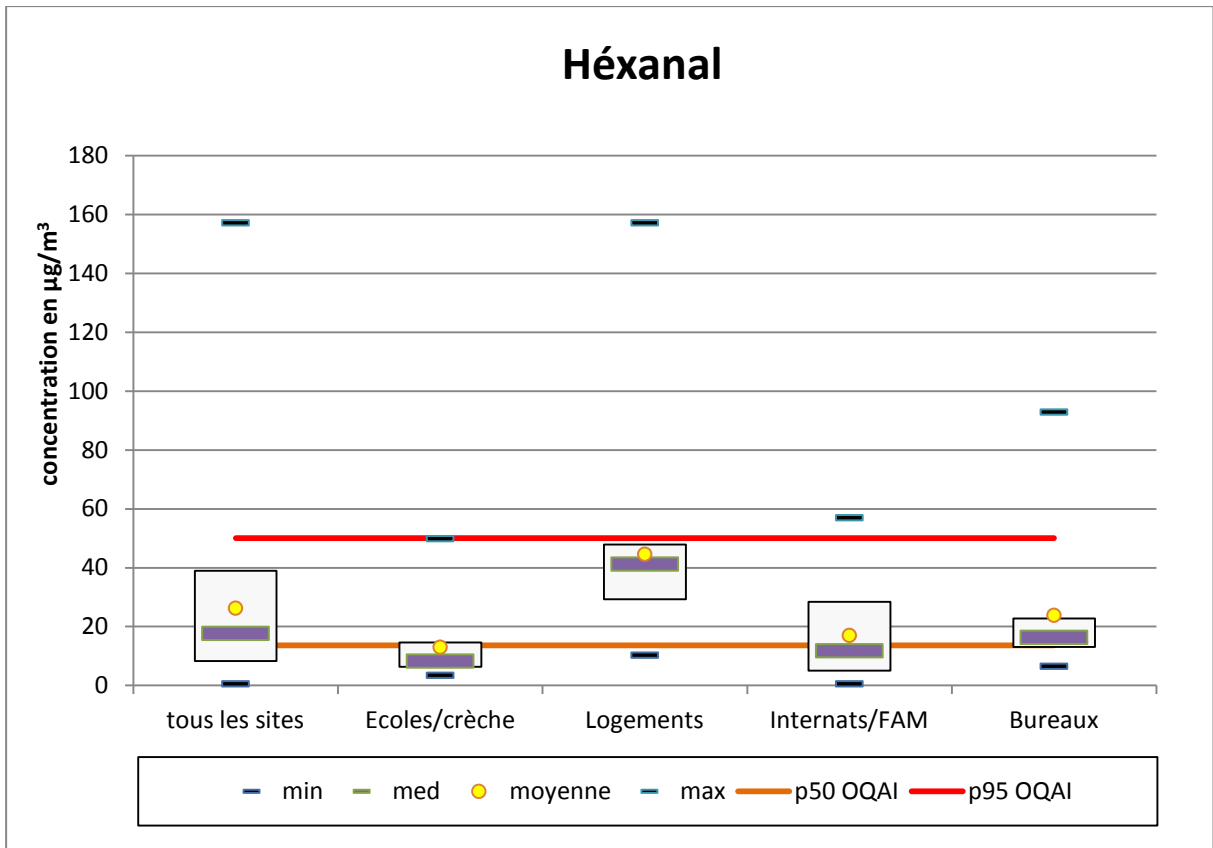
Ces 5 éléments permettent de constituer une boîte à moustaches.

Sur les graphiques du présent document, chaque donnée correspond à la concentration mesurée par pièce, pour chaque saison. Par ailleurs, nous avons ajouté la moyenne (point jaune), les valeurs repères ou médiane de l'étude OQAI sur les logements (trait orange), les valeurs d'action rapide ou percentile 95 de l'étude OQAI sur les logements (trait rouge).

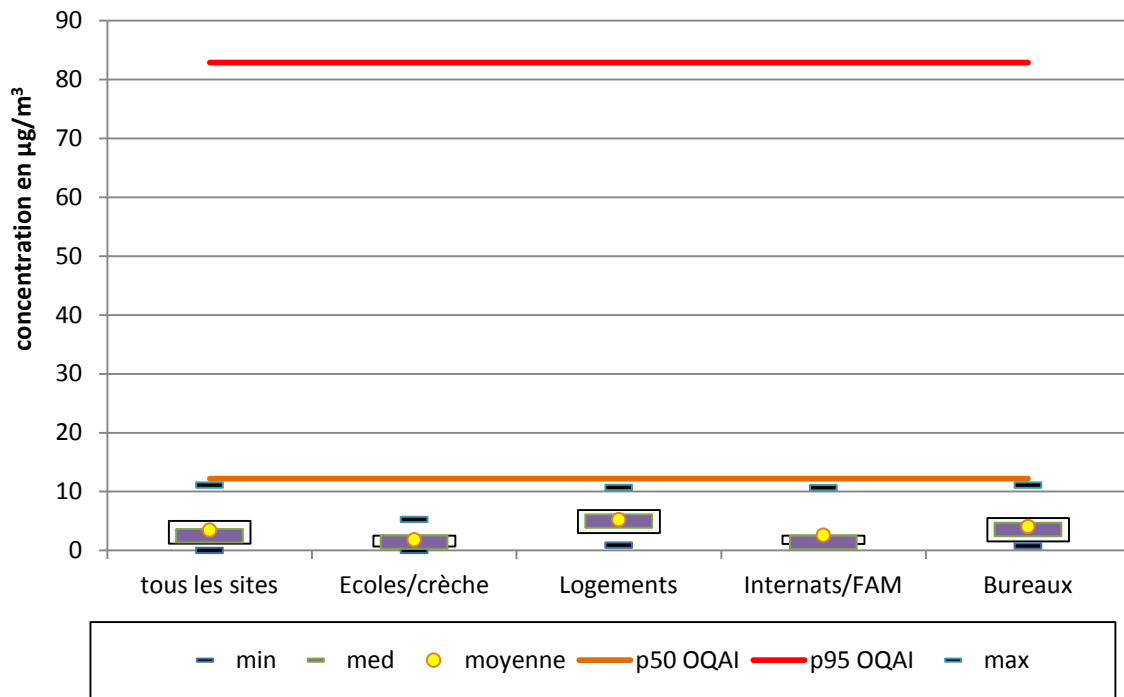
Les moyennes et les médianes pour une typologie de bâtiment ont été calculées sur la base de l'ensemble des données individuelles (par pièce et par saison) pour la catégorie considérée.

Sur certains graphiques (styrène et 1-méthoxy-2-propanol), nous avons fait apparaître les percentiles 95 de cette étude pour chaque typologie sous la forme d'un triangle rouge afin d'apporter des éléments d'explication complémentaires.

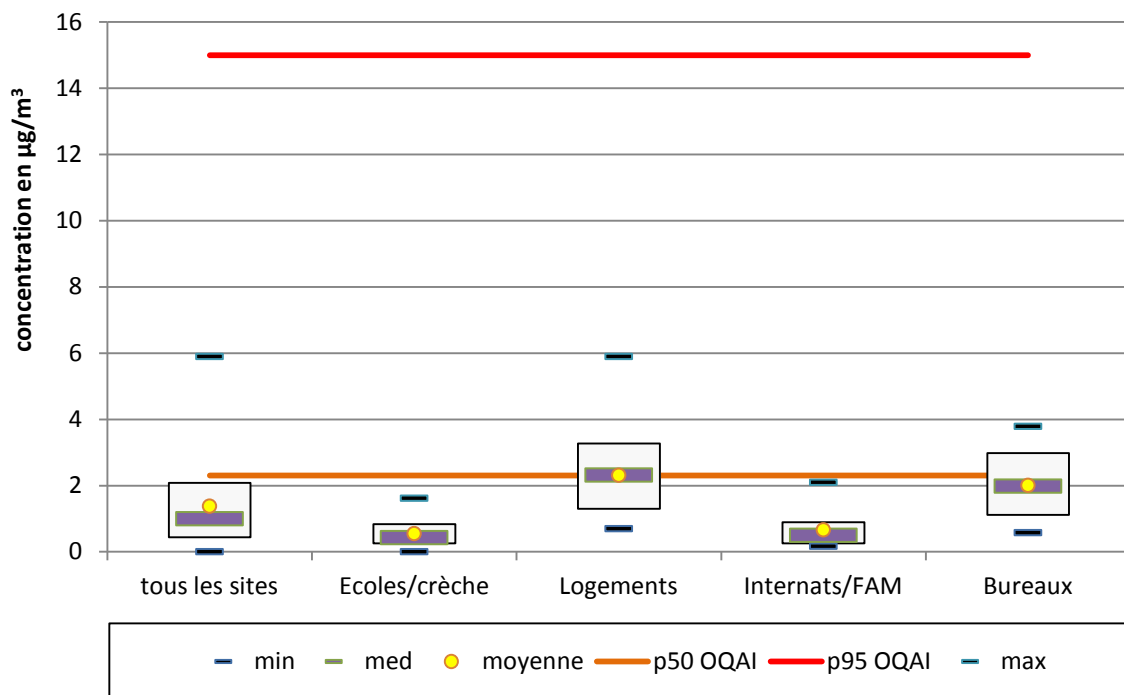


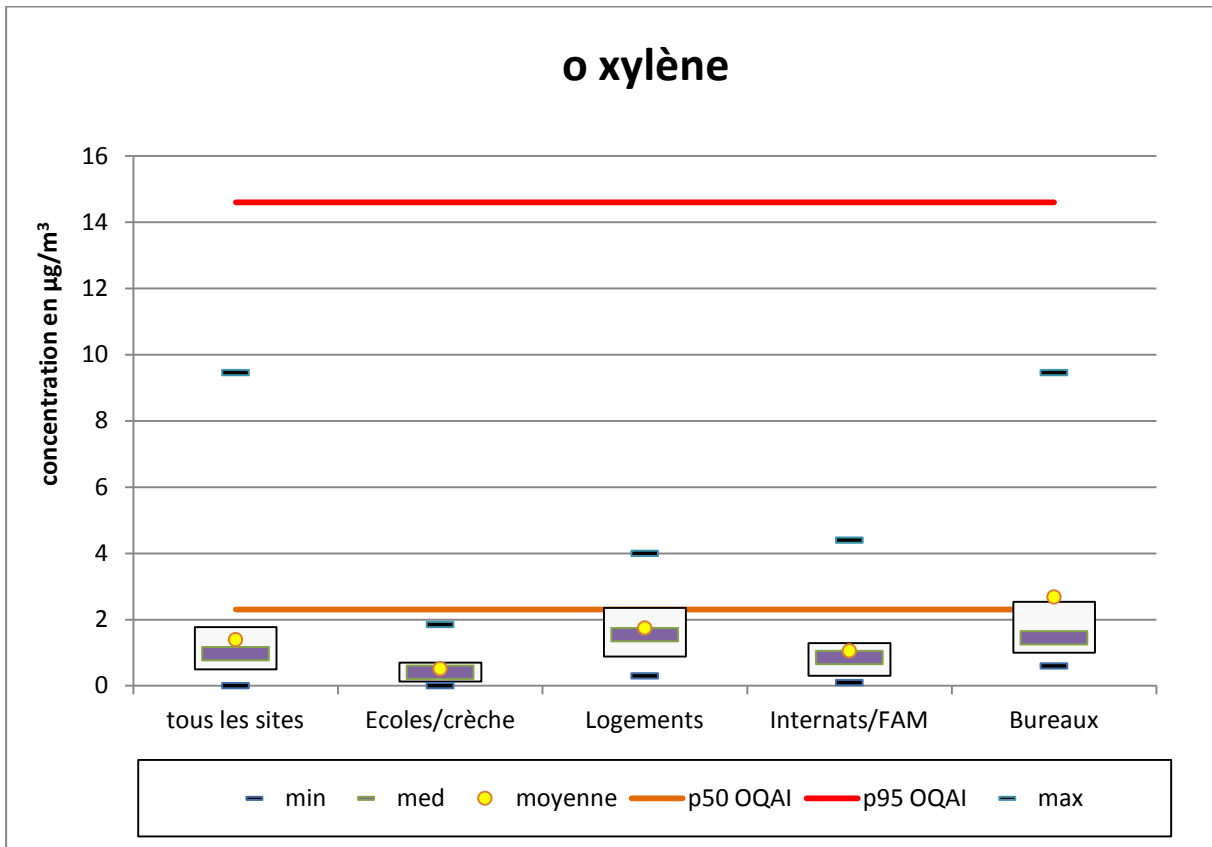
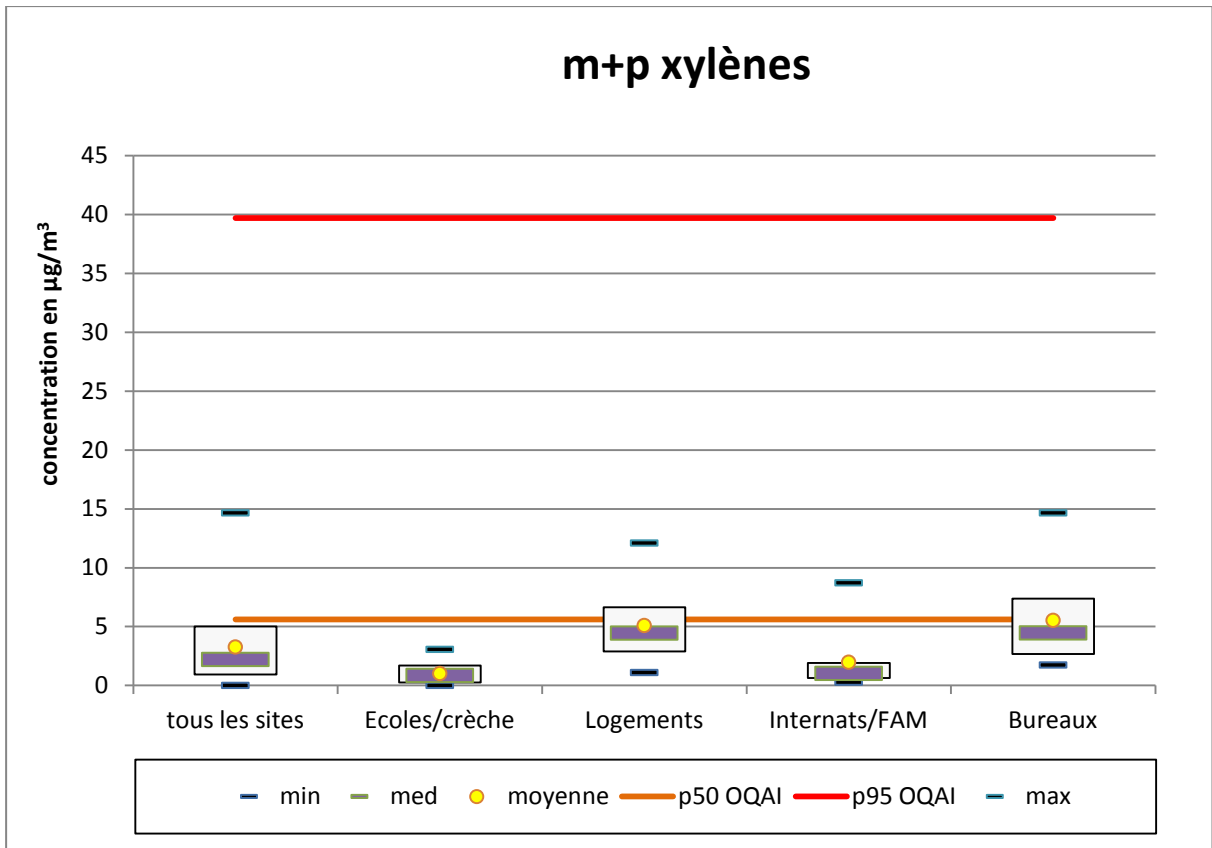


Toluène

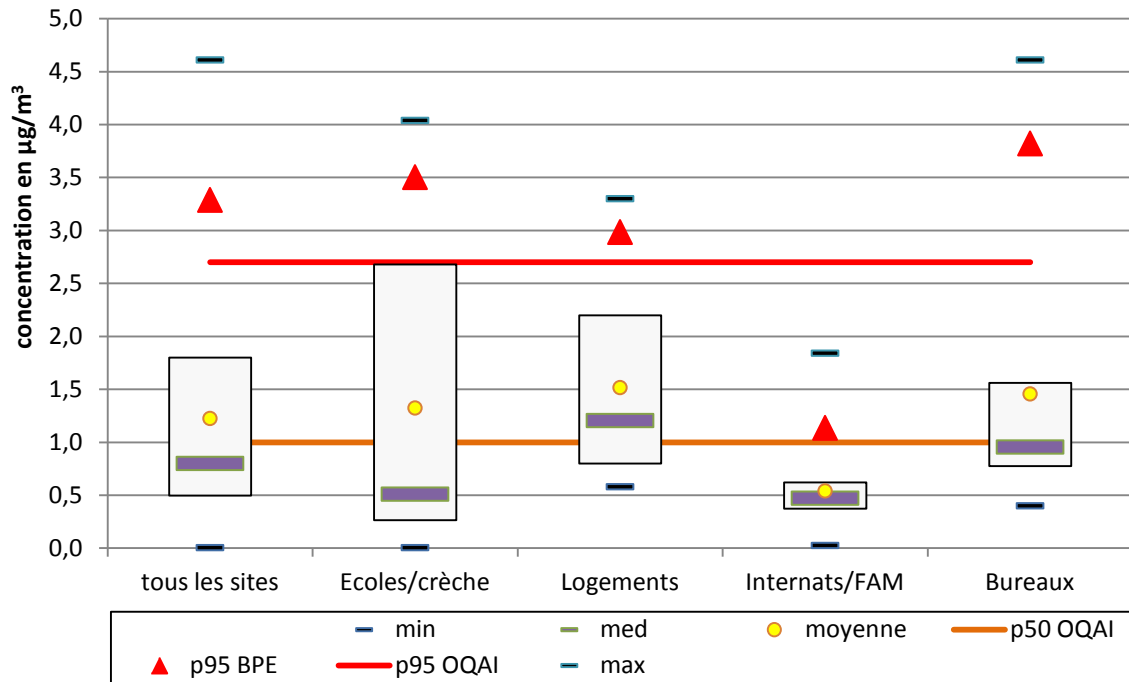


Ethylbenzène

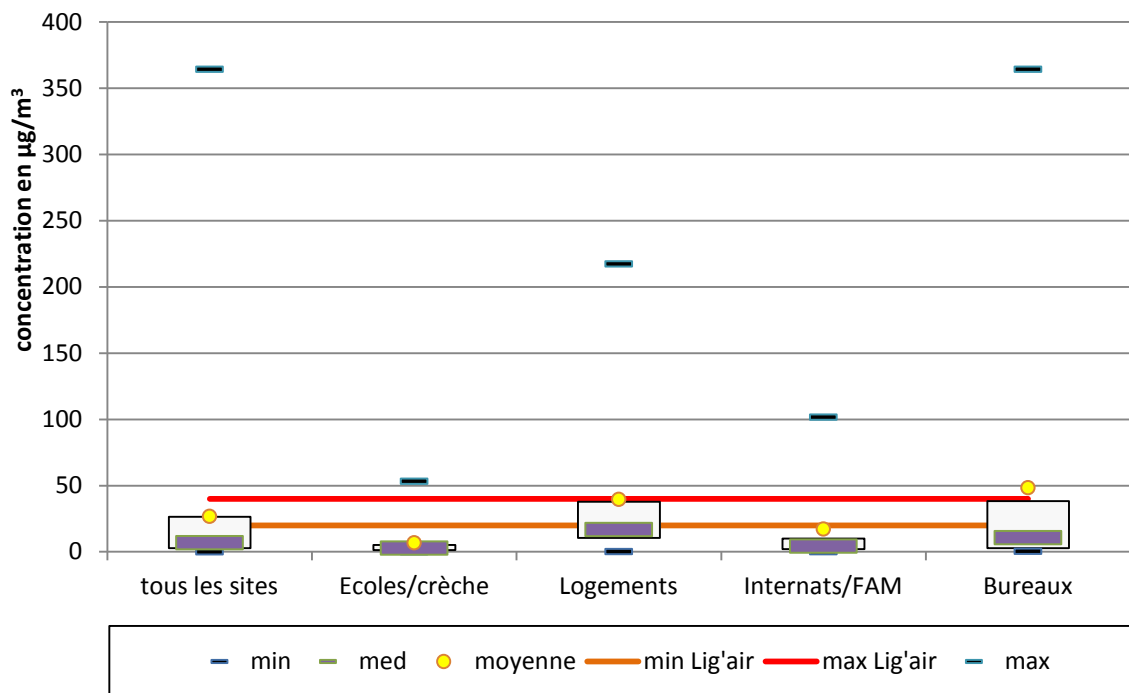


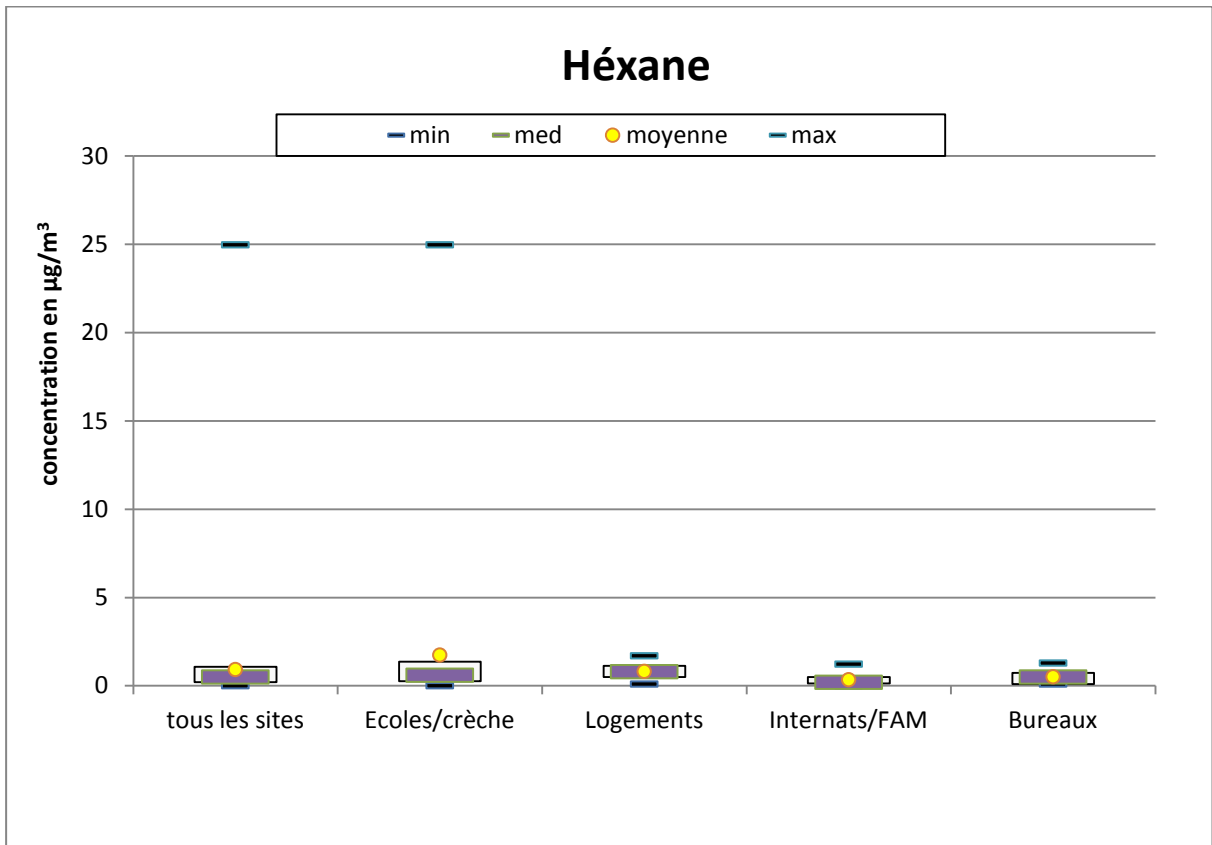
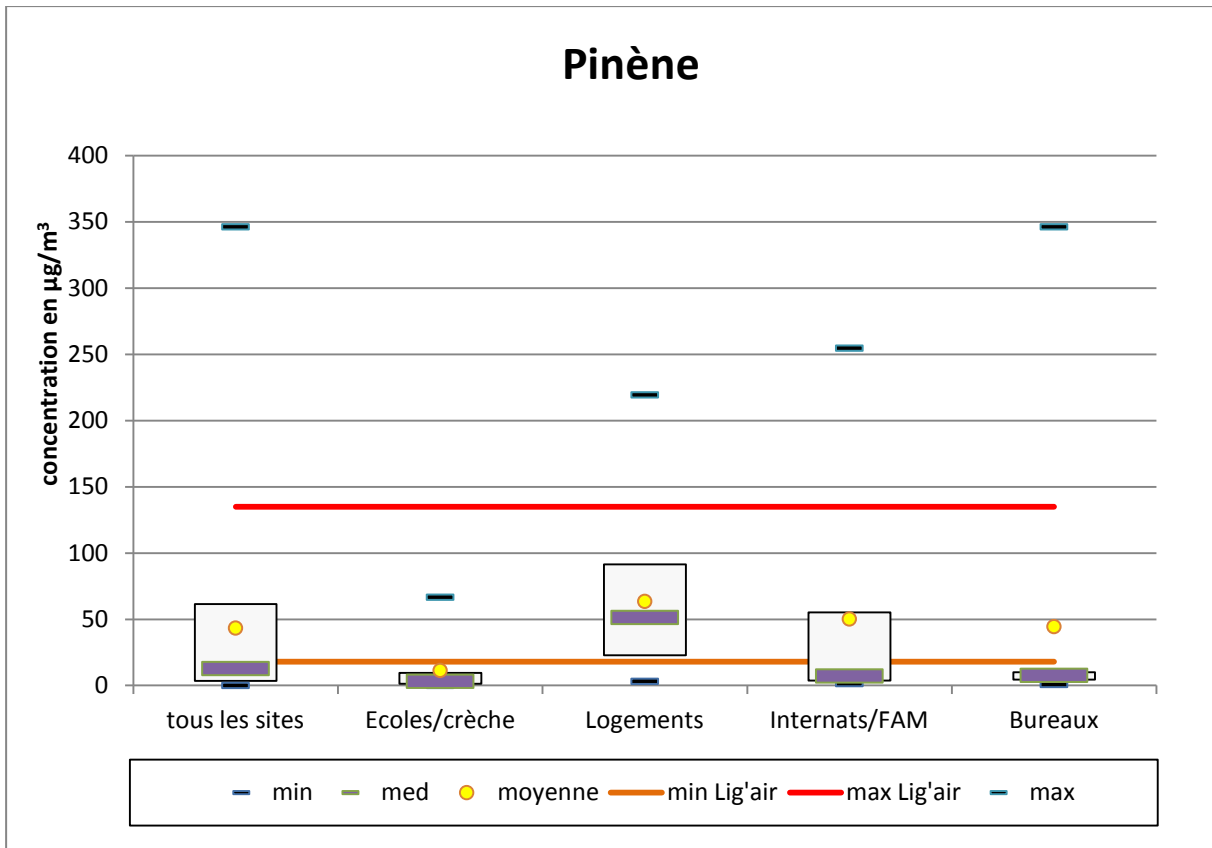


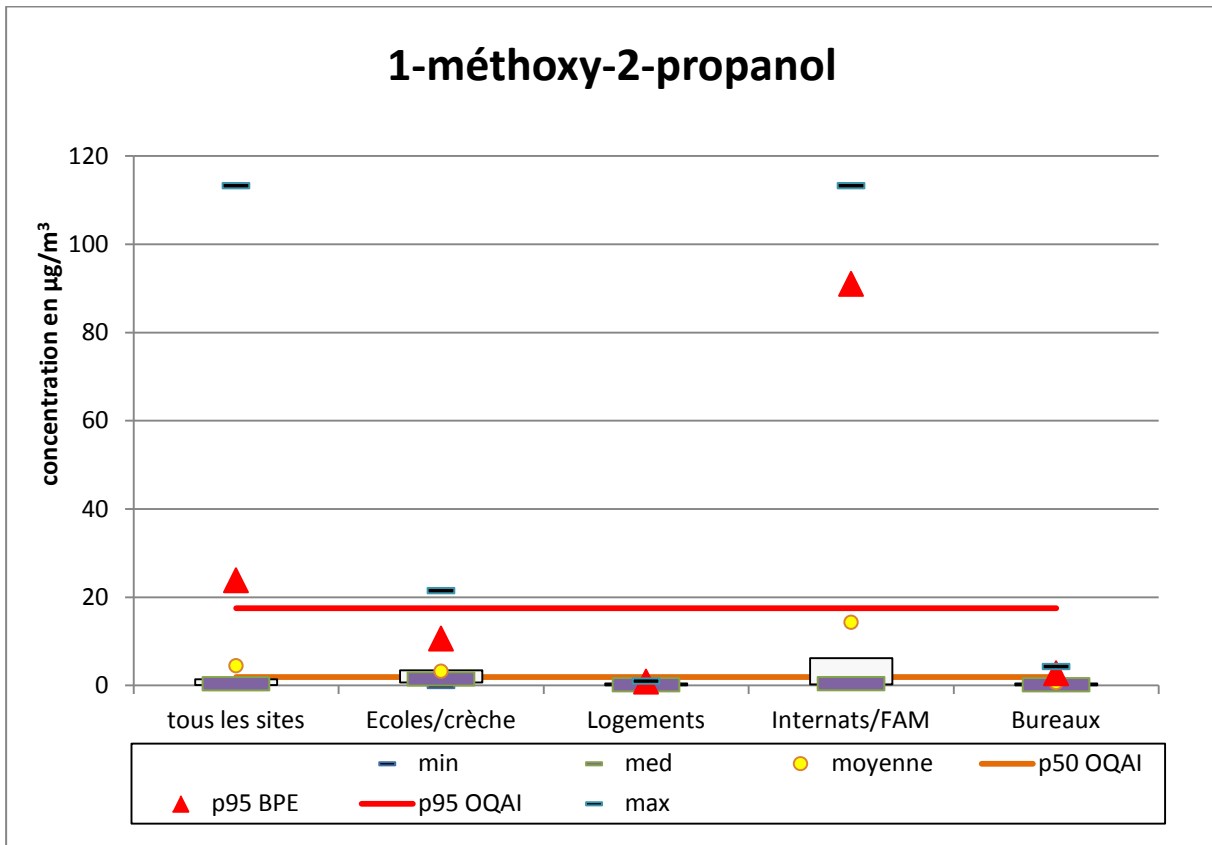
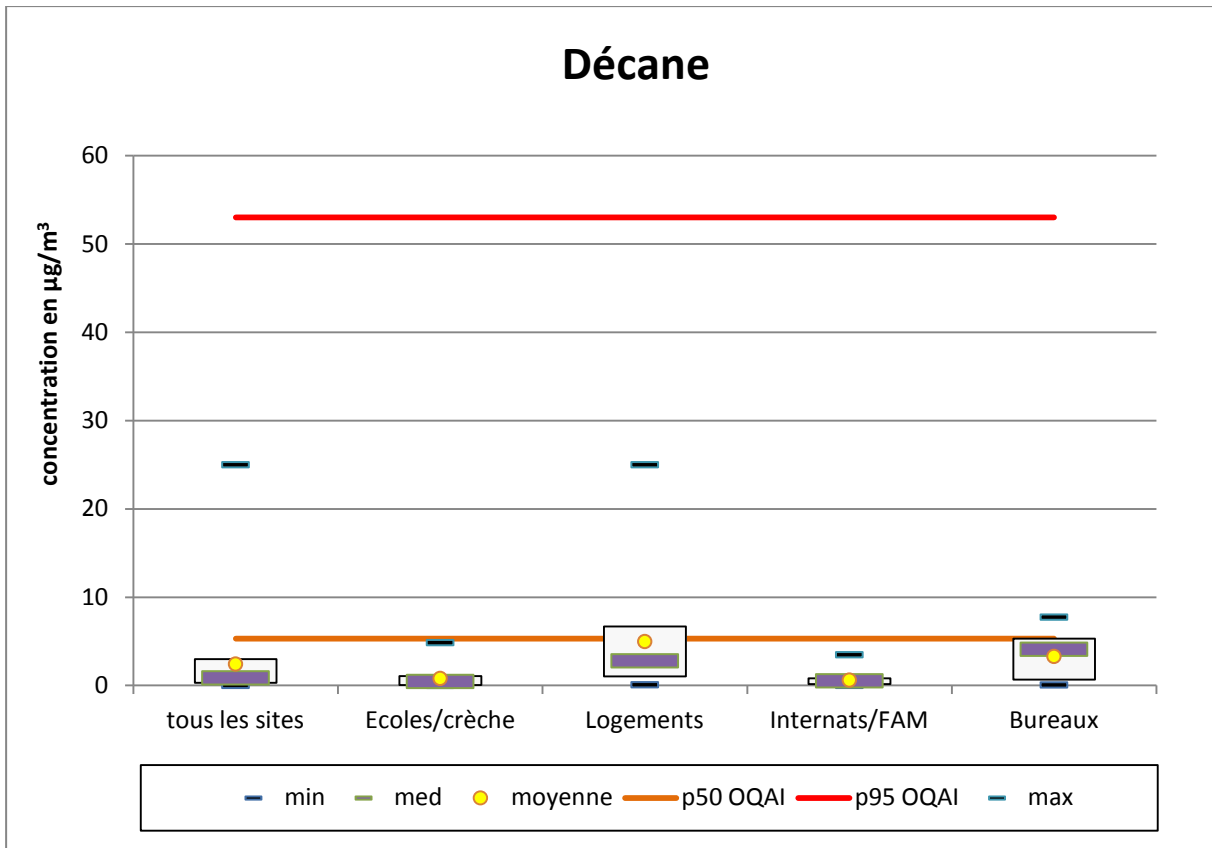
Styrène

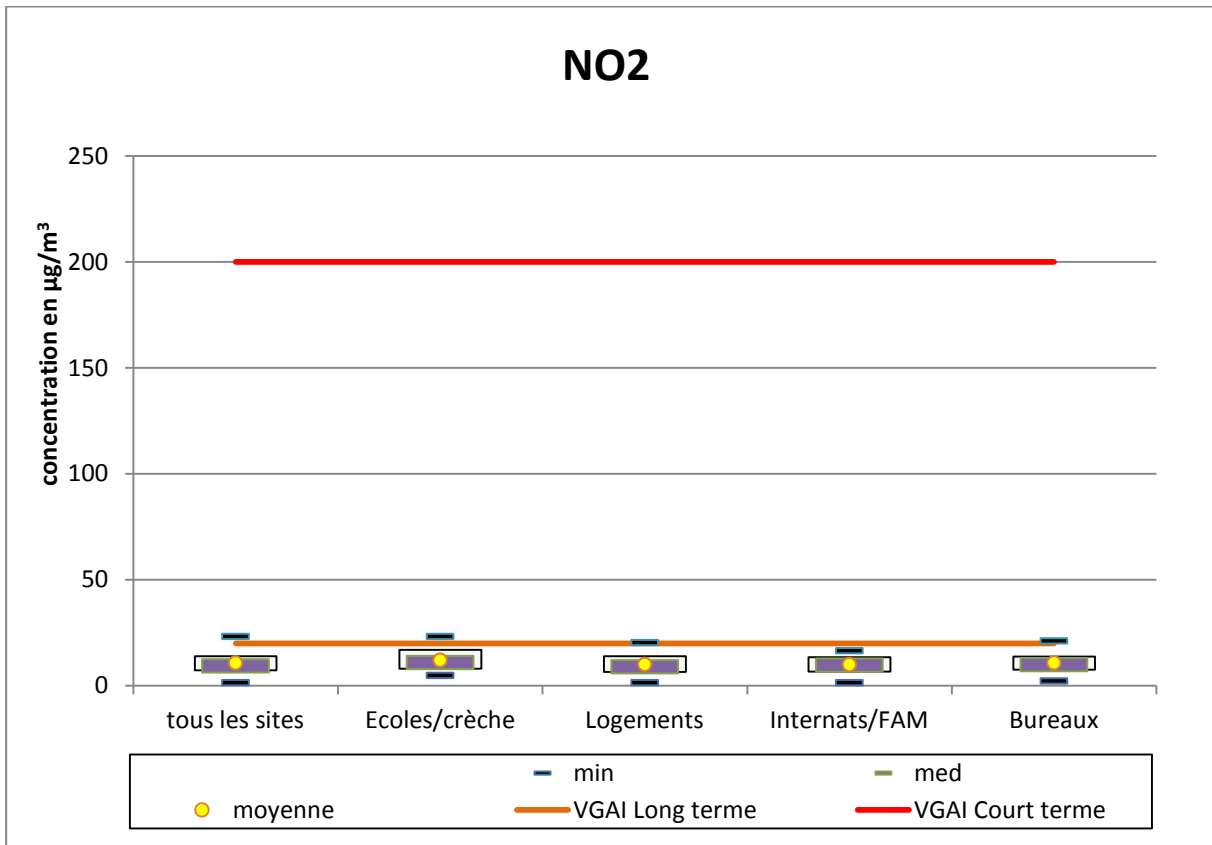
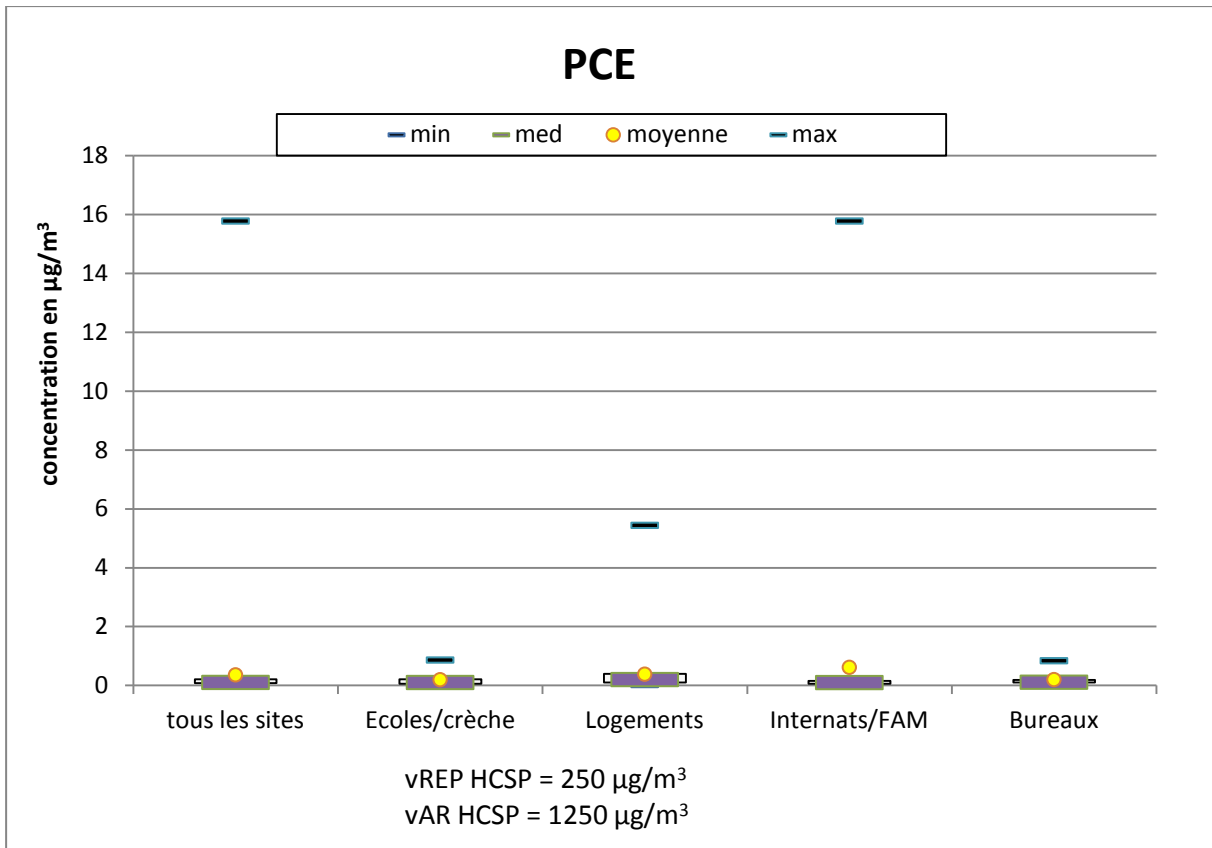


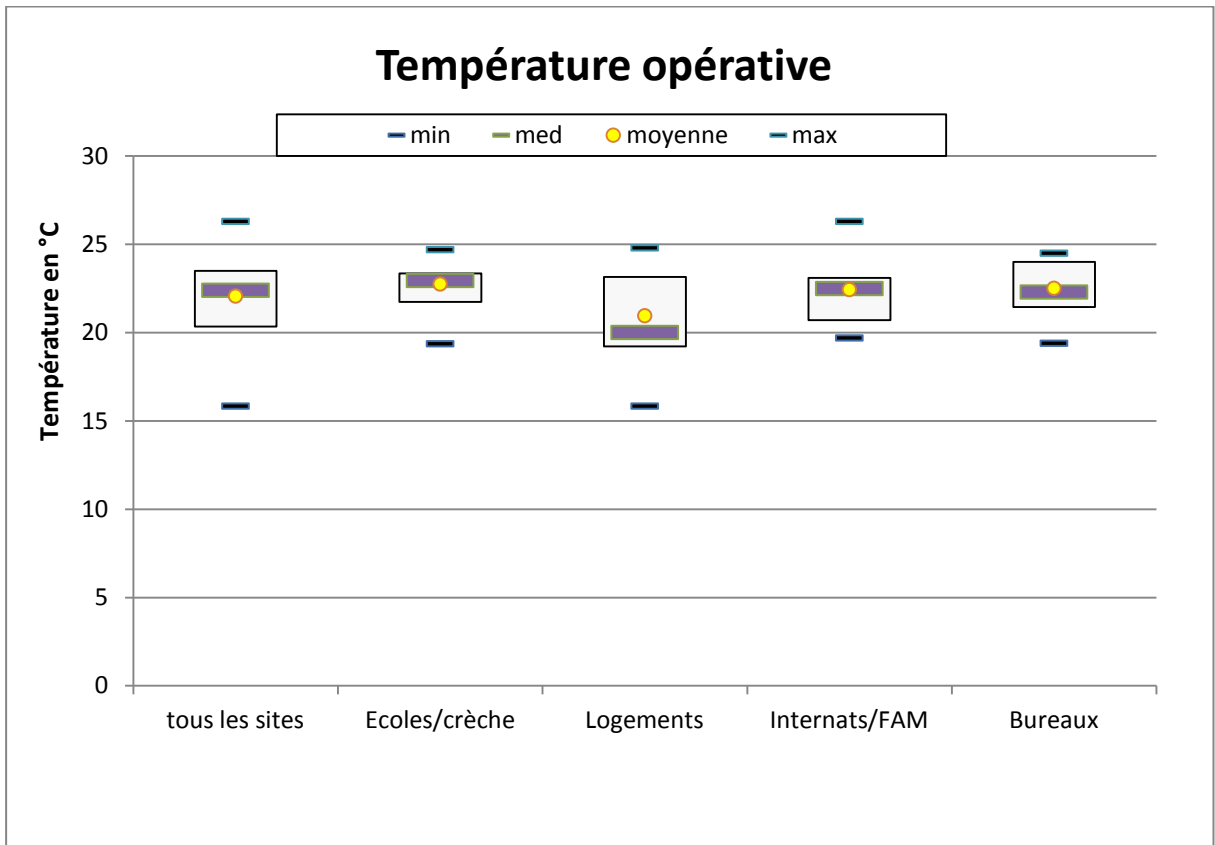
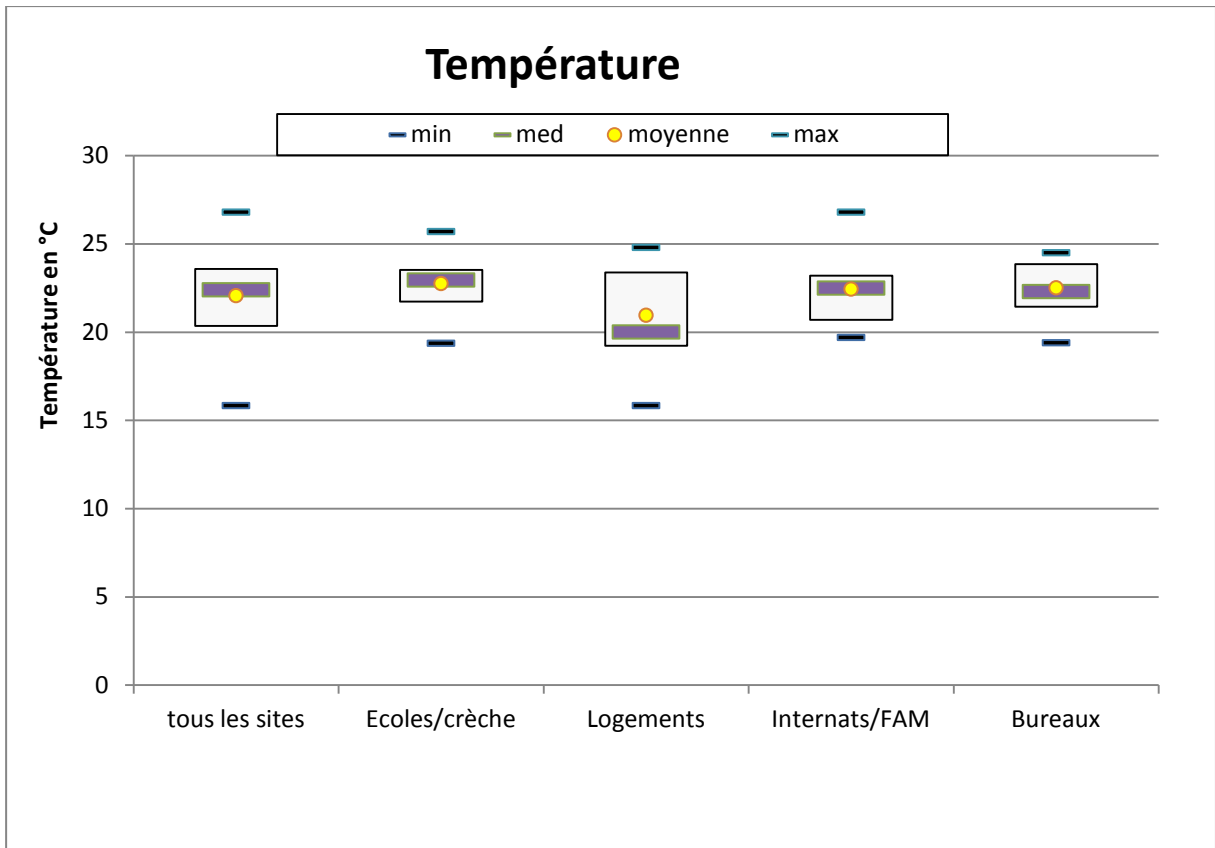
limonène

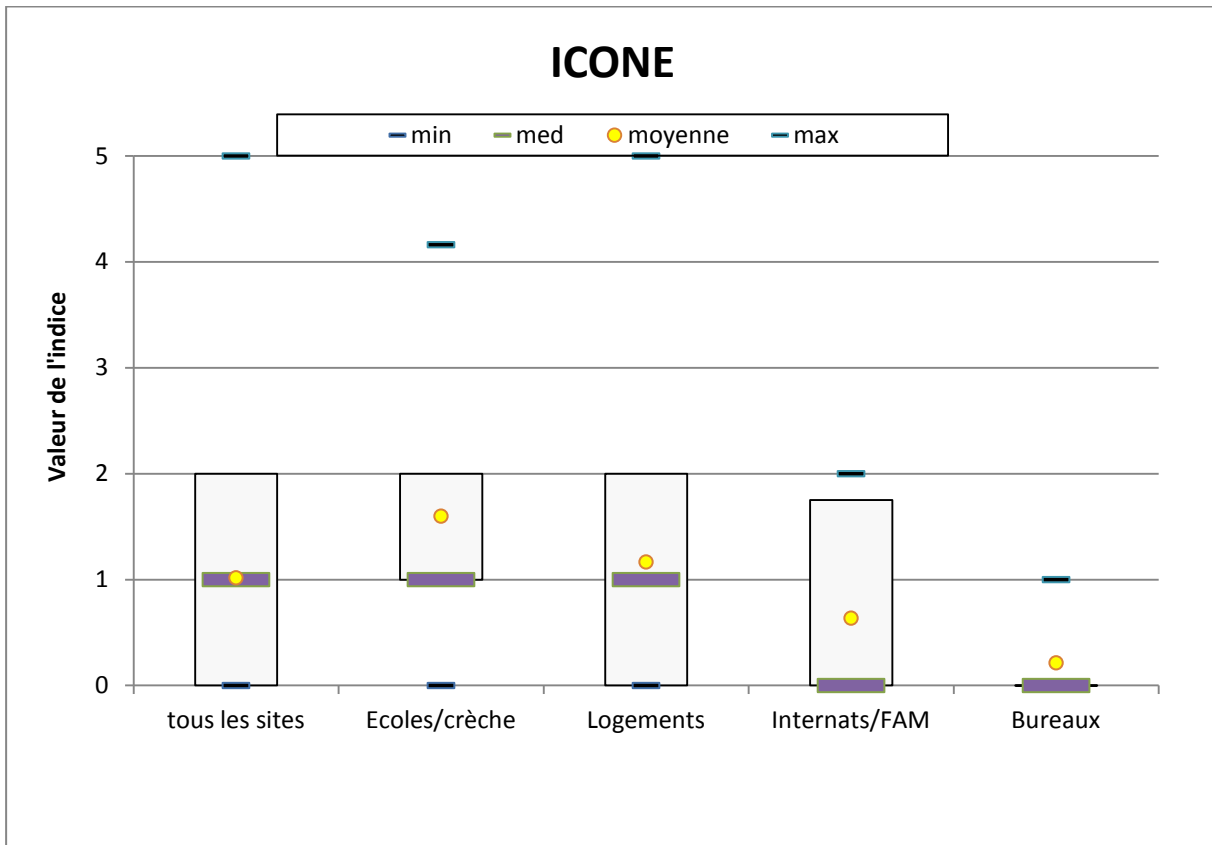
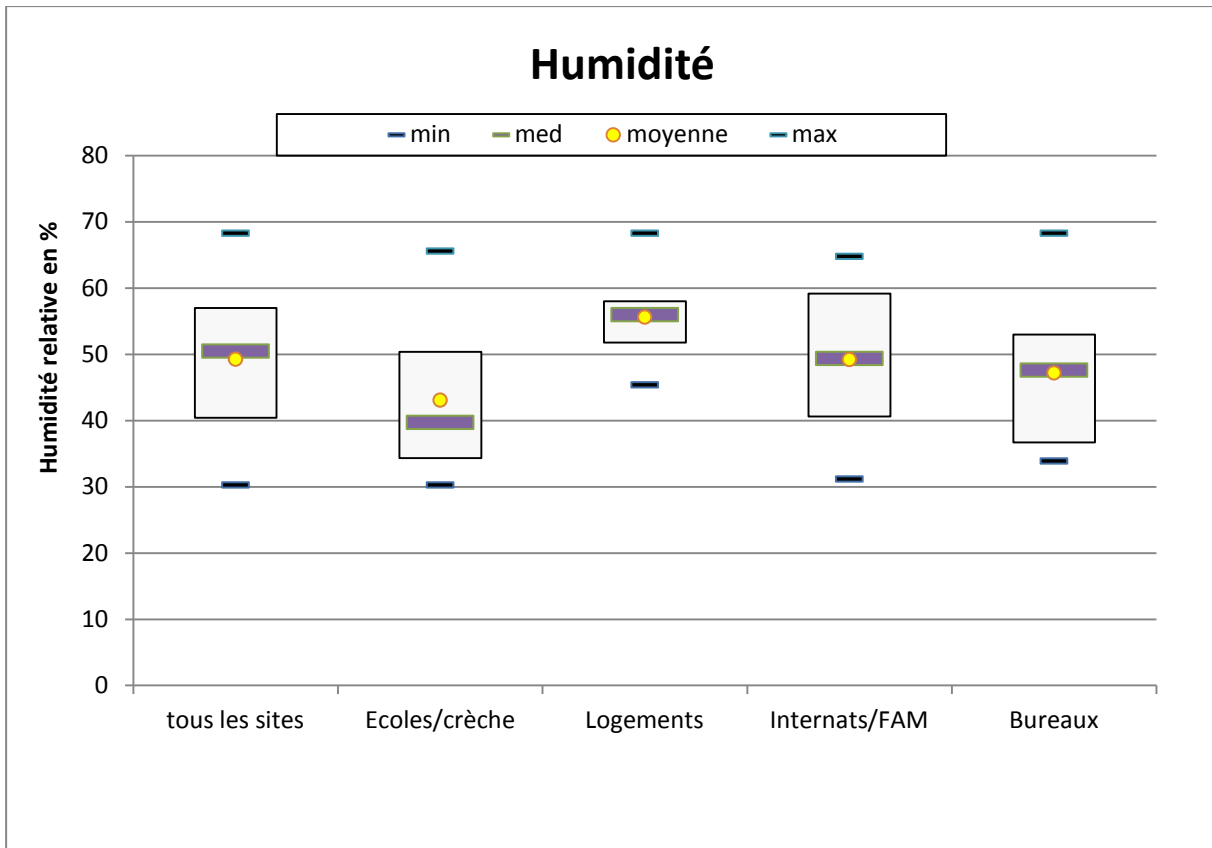


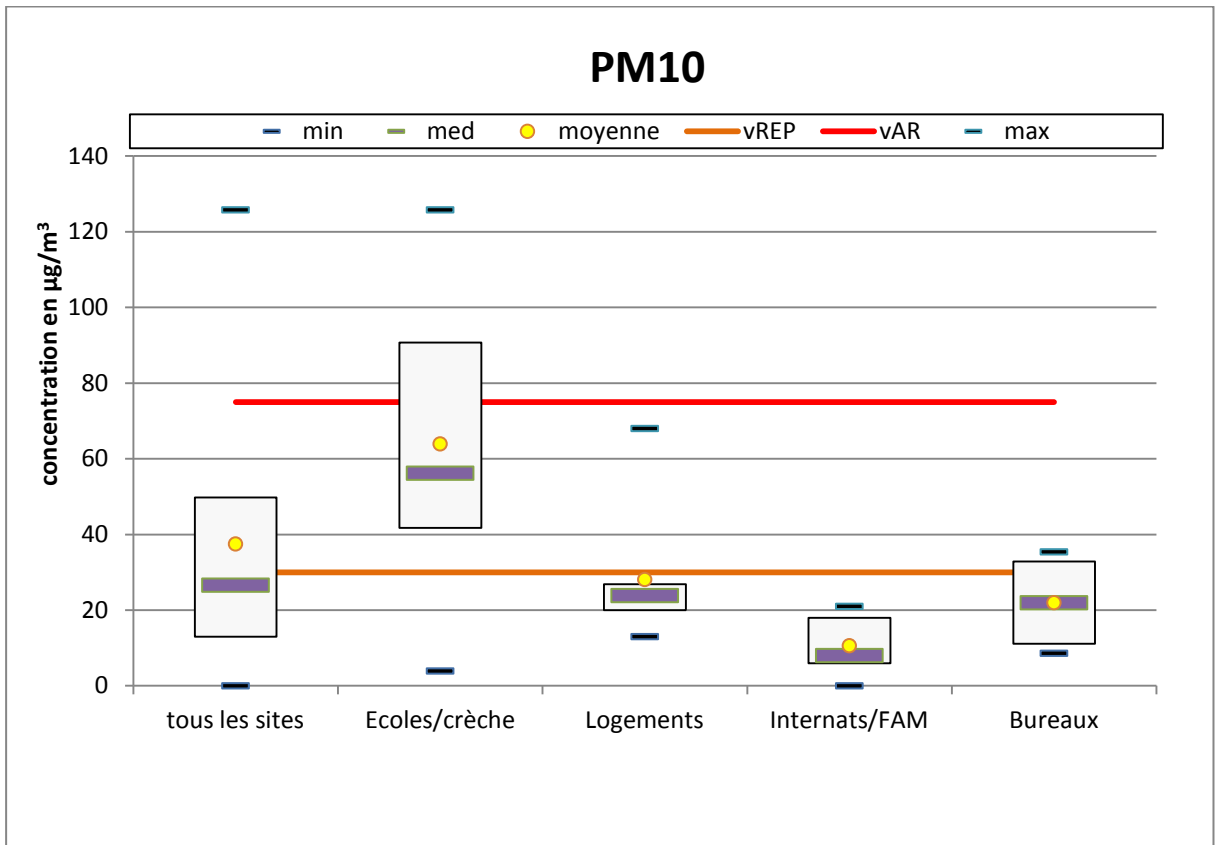
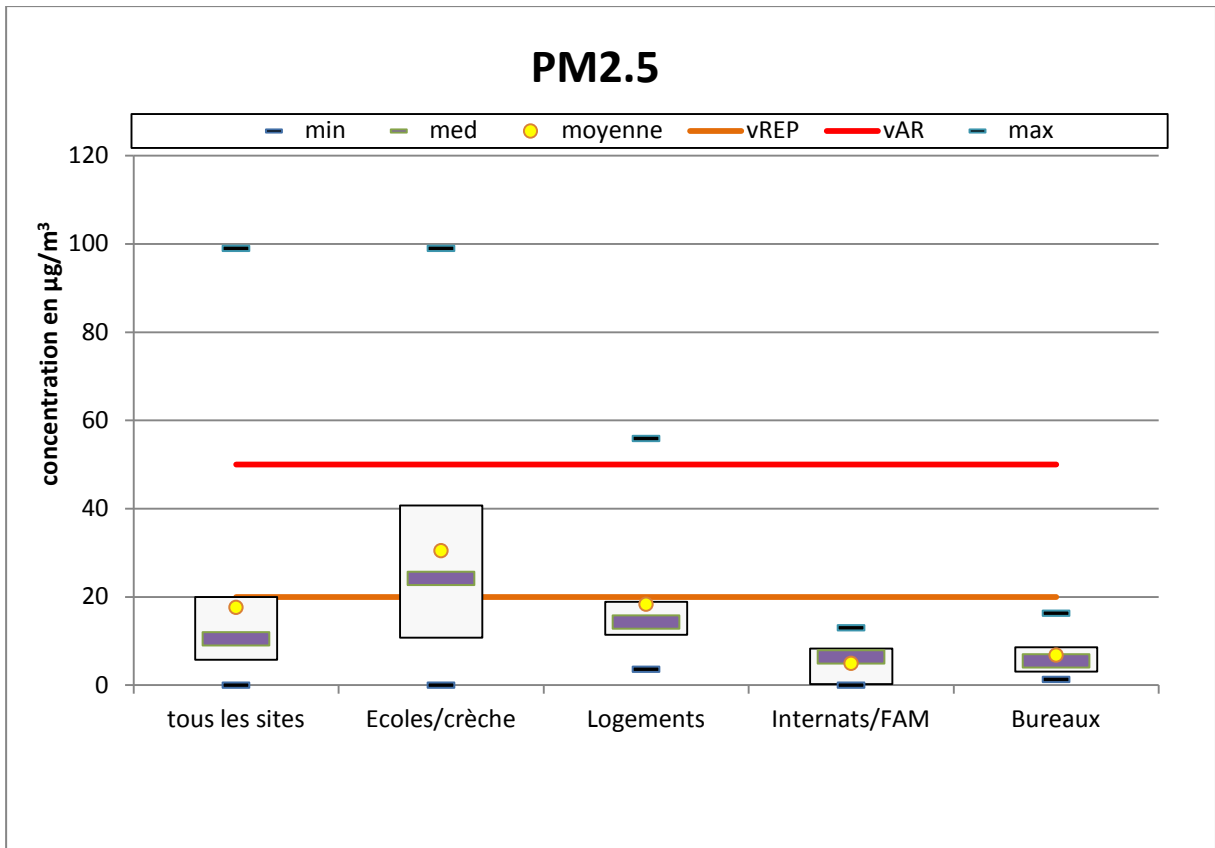


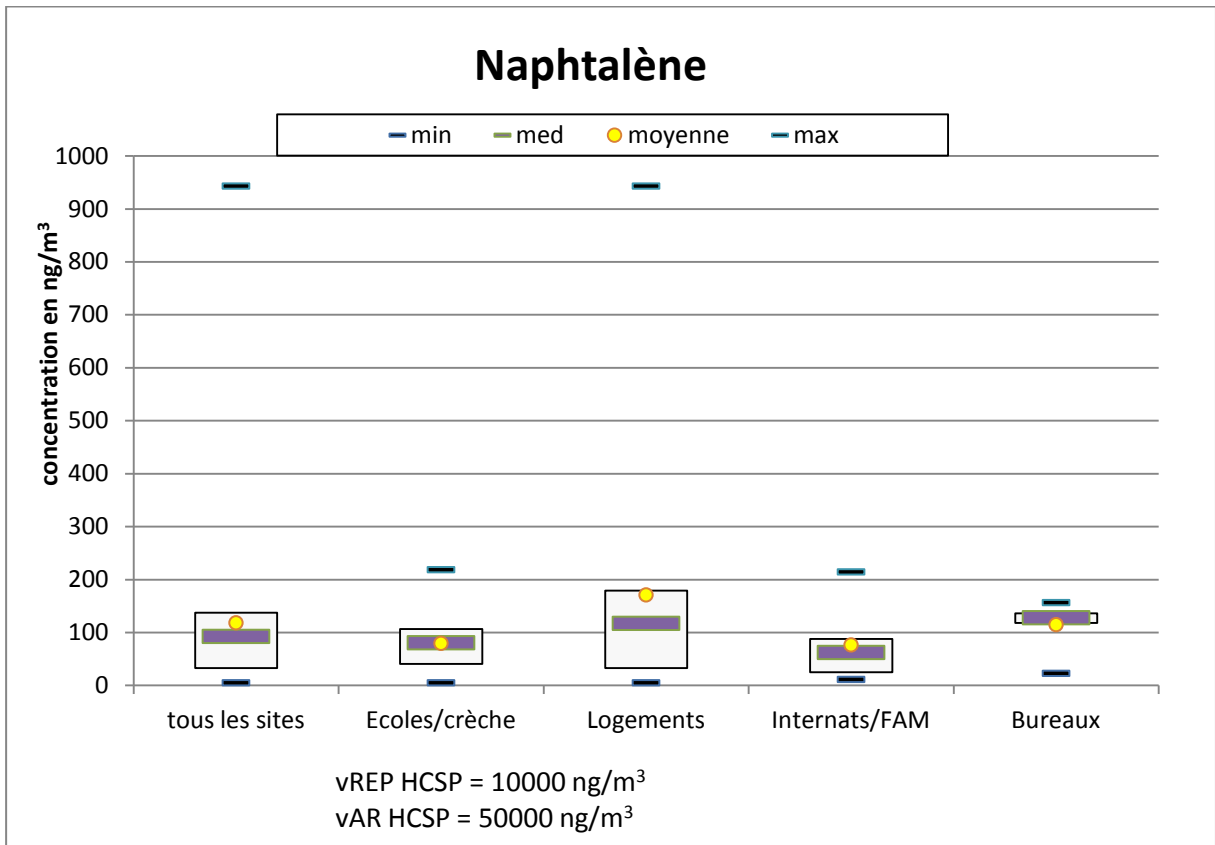
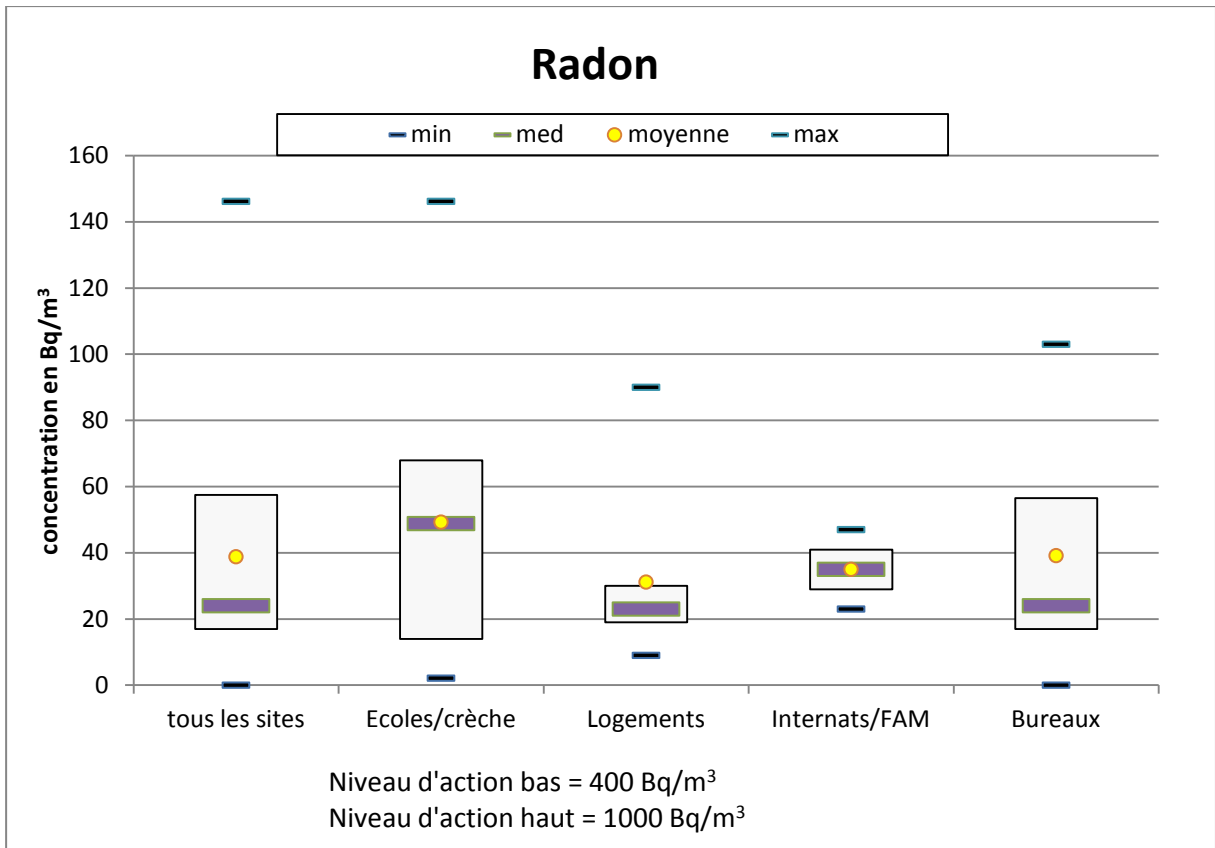


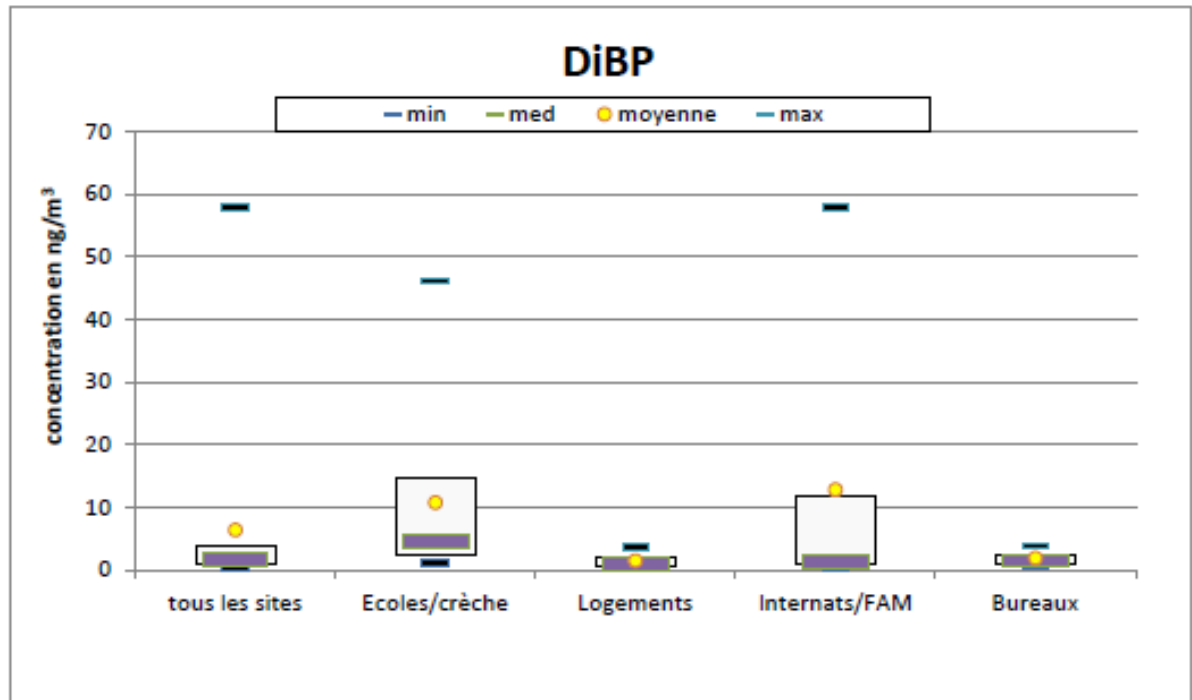
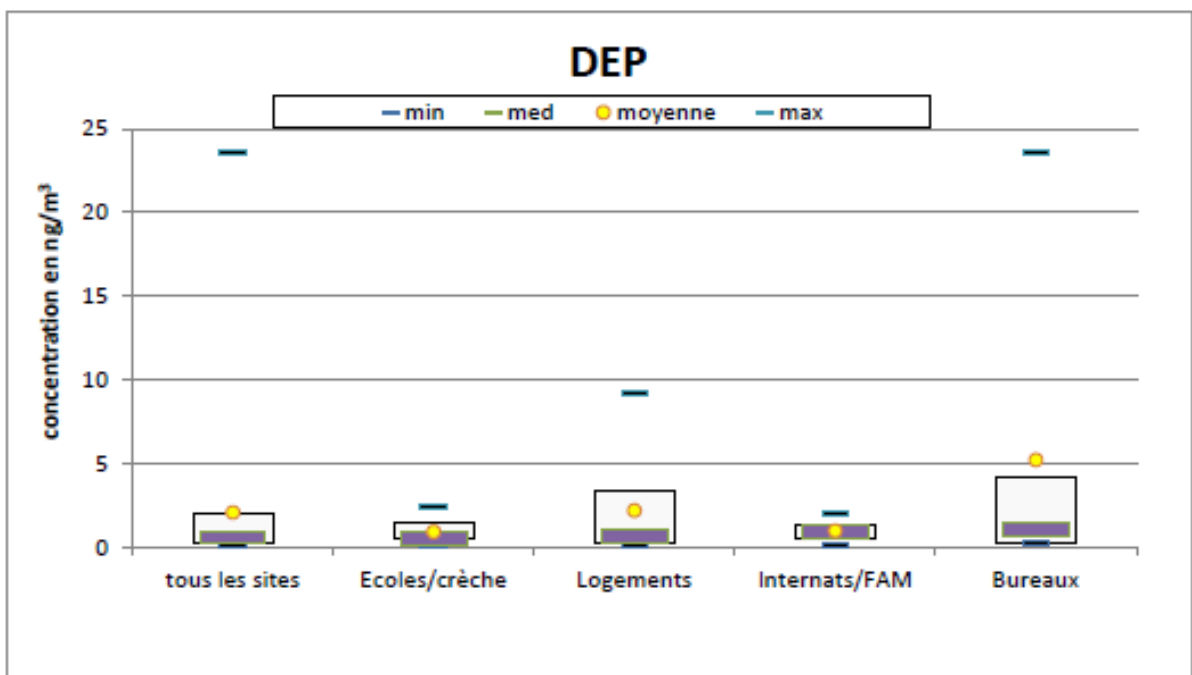


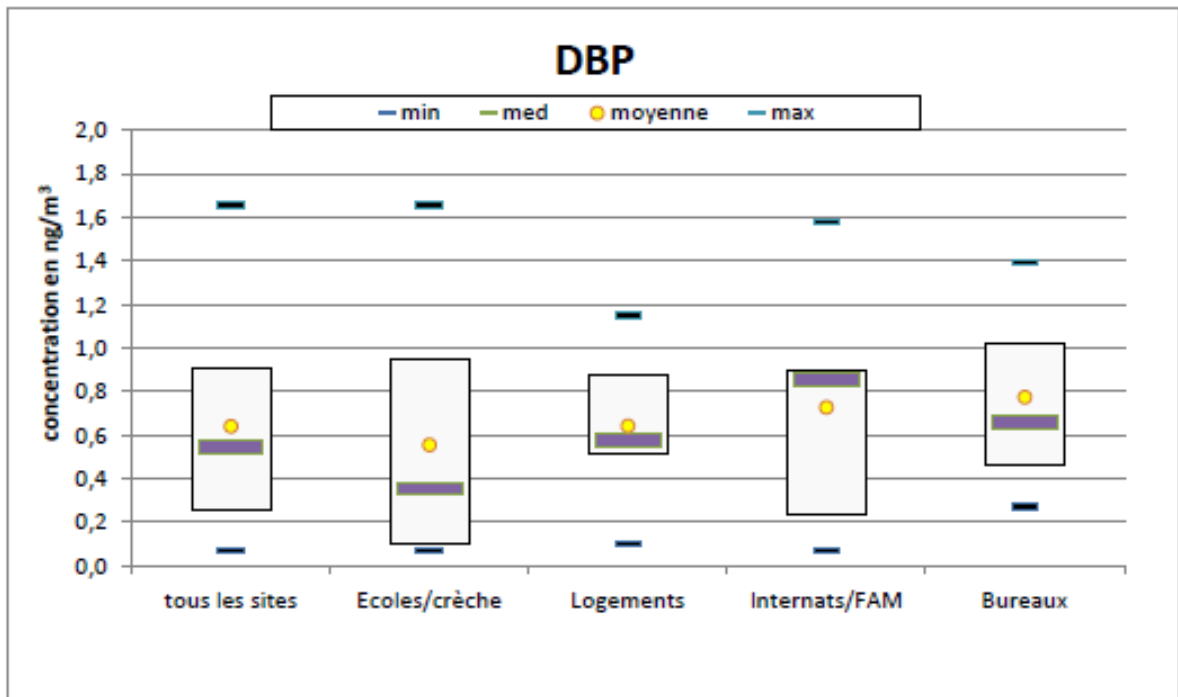












ANNEXE 5

Classement des COV par typologie de site

Pour chaque échantillon considéré, la moyenne des concentrations obtenues a été calculée pour chaque composé. Ils ont ensuite été classés par ordre décroissant selon leur niveau moyen de concentration.

BUREAUX				
Ordre	GLOBAL BUREAUX	Eiffage	Geodomia	Opac Oise
1	limonène	formaldéhyde	pinène	limonène
2	pinène	limonène	limonène	hexanal
3	hexanal	hexanal	hexanal	m+p-xylènes
4	formaldéhyde	acétaldéhyde	formaldéhyde	formaldéhyde
5	acétaldéhyde	pinène	acétaldéhyde	pinène
6	m+p-xylènes	o-xylène	toluène	acétaldéhyde
7	toluène	m+p-xylènes	m+p-xylènes	décane
8	o-xylène	toluène	décane	o-xylène
9	décane	styrène	éthylbenzène	éthylbenzène
10	styrène	1-méthoxy-2-propanol	benzène	toluène
11	éthylbenzène	éthylbenzène	o-xylène	hexane
12	1-méthoxy-2-propanol	décane	hexane	styrène
13	benzène	benzène	1-méthoxy-2-propanol	benzène
14	hexane	PCE	styrène	1-méthoxy-2-propanol
15	PCE	hexane	PCE	PCE

INTERNATS et FOYER d'ACCUEIL MEDICALISE (FAM)				
Ordre	GLOBAL Internat & FAM	Internat Corot	Internat Ham	FAM de Montchy St Eloi
1	pinène	pinène	1-méthoxy-2-propanol	pinène
2	1-méthoxy-2-propanol	limonène	formaldéhyde	formaldéhyde
3	limonène	acétaldéhyde	hexanal	hexanal
4	formaldéhyde	hexanal	limonène	1-méthoxy-2-propanol
5	acétaldéhyde	formaldéhyde	m+p-xylènes	PCE
6	hexanal	toluène	pinène	acétaldéhyde
7	PCE	m+p-xylènes	o-xylène	limonène
8	toluène	styrène	acétaldéhyde	toluène
9	m+p-xylènes	hexane	décane	o-xylène
10	o-xylène	benzène	éthylbenzène	benzène
11	décane	o-xylène	toluène	m+p-xylènes
12	éthylbenzène	décane	benzène	styrène
13	styrène	éthylbenzène	styrène	décane
14	benzène	1-méthoxy-2-propanol	hexane	éthylbenzène
15	hexane	PCE	PCE	hexane

ÉCOLES ET CRÈCHES

Ordre	GLOBAL Ecoles/crèche	Bouttencourt	Boves	Breteil	Monneville	Montdidier (Hugo)	Montdidier (Le Prieuré)
1	pinène	formaldéhyde	pinène	formaldéhyde	1-méthoxy-2-propanol	pinène	formaldéhyde
2	hexanal	hexanal	hexanal	hexanal	formaldéhyde	limonène	limonène
3	limonène	1-méthoxy-2-propanol	limonène	acétaldéhyde	hexanal	formaldéhyde	1-méthoxy-2-propanol
4	formaldéhyde	acétaldéhyde	formaldéhyde	1-méthoxy-2-propanol	acétaldéhyde	hexane	hexanal
5	hexane	pinène	acétaldéhyde	pinène	limonène	hexanal	acétaldéhyde
6	1-méthoxy-2-propanol	toluène	toluène	toluène	styrène	acétaldéhyde	pinène
7	acétaldéhyde	limonène	styrène	limonène	pinène	toluène	toluène
8	toluène	m+p-xylènes	décane	éthylbenzène	toluène	décane	hexane
9	décane	benzène	m+p-xylènes	hexane	m+p-xylènes	styrène	benzène
10	styrène	styrène	benzène	styrène	benzène	1-méthoxy-2-propanol	décane
11	m+p-xylènes	éthylbenzène	hexane	m+p-xylènes	hexane	m+p-xylènes	m+p-xylènes
12	benzène	décane	éthylbenzène	benzène	éthylbenzène	benzène	styrène
13	o-xylène	hexane	1-méthoxy-2-propanol	décane	décane	o-xylène	éthylbenzène
14	éthylbenzène	o-xylène	o-xylène	o-xylène	o-xylène	éthylbenzène	o-xylène
15	PCE	PCE	PCE	PCE	PCE	PCE	PCE

LOGEMENTS

Ordre	GLOBAL Logements	Amiens	Ayencourt	Bailleul n°1	Bailleul n°4	Bavelincourt	Hébécourt	St Fuscien
1	pinène	pinène	pinène	pinène	hexanal	limonène	pinène	pinène
2	limonène	hexanal	limonène	hexanal	pinène	pinène	hexanal	limonène
3	hexanal	limonène	hexanal	formaldéhyde	formaldéhyde	hexanal	limonène	hexanal
4	formaldéhyde	formaldéhyde	formaldéhyde	limonène	limonène	acétaldéhyde	formaldéhyde	formaldéhyde
5	acétaldéhyde	acétaldéhyde	décane	acétaldéhyde	m+p-xylènes	formaldéhyde	acétaldéhyde	acétaldéhyde
6	décane	toluène	acétaldéhyde	décane	décane	toluène	toluène	décane
7	m+p-xylènes	m+p-xylènes	m+p-xylènes	toluène	acétaldéhyde	décane	m+p-xylènes	toluène
8	toluène	décane	toluène	m+p-xylènes	toluène	m+p-xylènes	o-xylène	m+p-xylènes
9	éthylbenzène	éthylbenzène	éthylbenzène	éthylbenzène	éthylbenzène	styrène	éthylbenzène	benzène
10	benzène	o-xylène	o-xylène	benzène	styrène	benzène	décane	PCE
11	PCE	styrène	styrène	o-xylène	o-xylène	éthylbenzène	styrène	éthylbenzène
12	o-xylène	hexane	hexane	styrène	benzène	o-xylène	benzène	styrène
13	styrène	benzène	benzène	hexane	hexane	hexane	hexane	o-xylène
14	hexane	PCE	1-méthoxy-2-propanol	PCE	1-méthoxy-2-propanol	1-méthoxy-2-propanol	1-méthoxy-2-propanol	hexane
15	1-méthoxy-2-propanol	1-méthoxy-2-propanol	PCE	1-méthoxy-2-propanol	PCE	PCE	PCE	1-méthoxy-2-propanol

ANNEXE 6

Les polluants et leurs sources dans l'air intérieur

Les polluants et leurs sources dans l'air intérieur

Formaldéhyde

Photochimie, produits de construction et de décoration contenant des composés à base de formaldéhyde (liants ou colles urée-formol), sources de combustion (fumée de tabac, bougies, bâtonnets d'encens, cheminées à foyer ouvert, cuisinières à gaz, poêles à pétrole), produits d'usage courant (produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétiques), fumée de cigarettes, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules, livres et magazines neufs, peinture à phase solvant.

Acétaldéhyde

Photochimie, fumée de cigarettes, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules.

Hexanal

Panneaux de particules et de bois brut, produits de traitement du bois, livres et magazines neufs, peinture à phase solvant.

Benzène

Carburants (échappements automobiles et vapeurs), fumée de cigarette, produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration.

Toluène

Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, carburants (échappements automobiles et vapeurs).

Ethylbenzène

Carburants (échappements automobiles et vapeurs), cires.

m/p-xylène et o-xylène

Peintures, vernis, colles, insecticides.

Styrène

Matières plastiques, matériaux isolants, carburants, fumée de cigarette.

Limonène

Désodorisant, parfum d'intérieur, huiles essentielles, cires, nettoyants pour sol, bois.

(+/-) alpha pinène

Désodorisant, parfum d'intérieur, huiles essentielles, produit d'entretien, bois.

Hexane

Échappements automobiles, vapeurs de carburant.

Décane

White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, sol, moquettes, tapis.

1-méthoxy-2-propanol

Laques, peintures, vernis, savons, cosmétiques, produits de nettoyage.

Tétrachloroéthylène

Nettoyage à sec, moquettes, tapis.

Oxydes d'azote

Le monoxyde d'azote (NO) est issu des phénomènes de combustion à haute température par oxydation de l'azote de l'air. Le dioxyde d'azote (NO₂) est, quant à lui, un polluant dit secondaire car il provient majoritairement de l'oxydation dans l'atmosphère du NO.

Leur présence dans les locaux est due à des sources externes (foyers pour l'industrie et le chauffage, trafic automobile) ou internes telles que les appareils fonctionnant au gaz (cuisinières, chaudières, chauffe-eau, poêles à pétrole) et dans une moindre mesure, les poêles à bois ou à essence et la fumée de cigarette.

Monoxyde de carbone

Substance issue d'une combustion incomplète (appareils de chauffage et de production d'eau chaude, tabagisme, automobile, etc.).

Particules

Air extérieur, activités culinaires associées à l'utilisation d'un four de cuisson, d'une plaque de cuisson, activités de nettoyage et d'entretien des surfaces, fumées de tabac ...

Radon

Gaz radioactif naturel provenant du sol (massifs anciens) et dans une moindre mesure de l'air extérieur et des matériaux de construction très spécifiques.

HAP

Naphtalène : peintures, revêtements, teintures, solvants, adhésifs, produits d'étanchéité, revêtements de sol, tapis, assainisseurs d'air, produits antiparasitaires, combustion incomplète (fumée de cigarette, cuisson, poêles à bois).

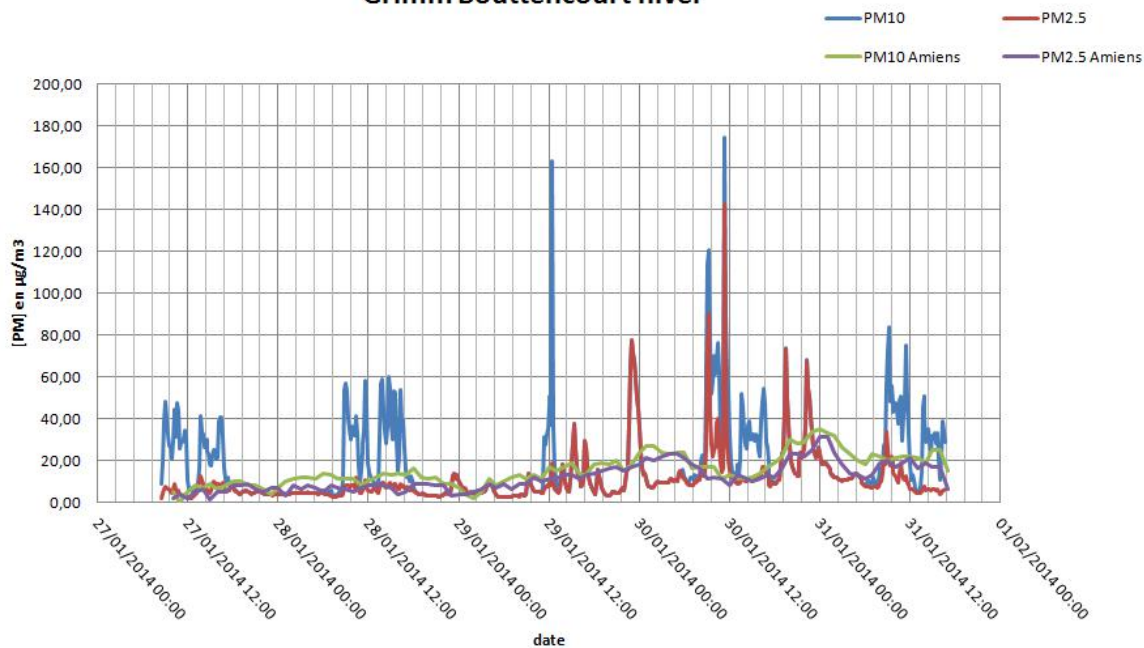
Phtalates

Cette famille chimique regroupe plusieurs congénères (DEHP, BBP, DBP, DEP, DMP,), utilisés pour rendre le chlorure de polyvinyle (PVC) souple et flexible. De ce fait, de nombreux produits de consommation courante peuvent contribuer aux concentrations intérieures en phtalates : revêtements de sol, adhésifs, cosmétiques (déodorants, parfums), emballages alimentaires, jouets, dispositifs médicaux, divers matériaux plastiques utilisés dans le bâtiment etc.

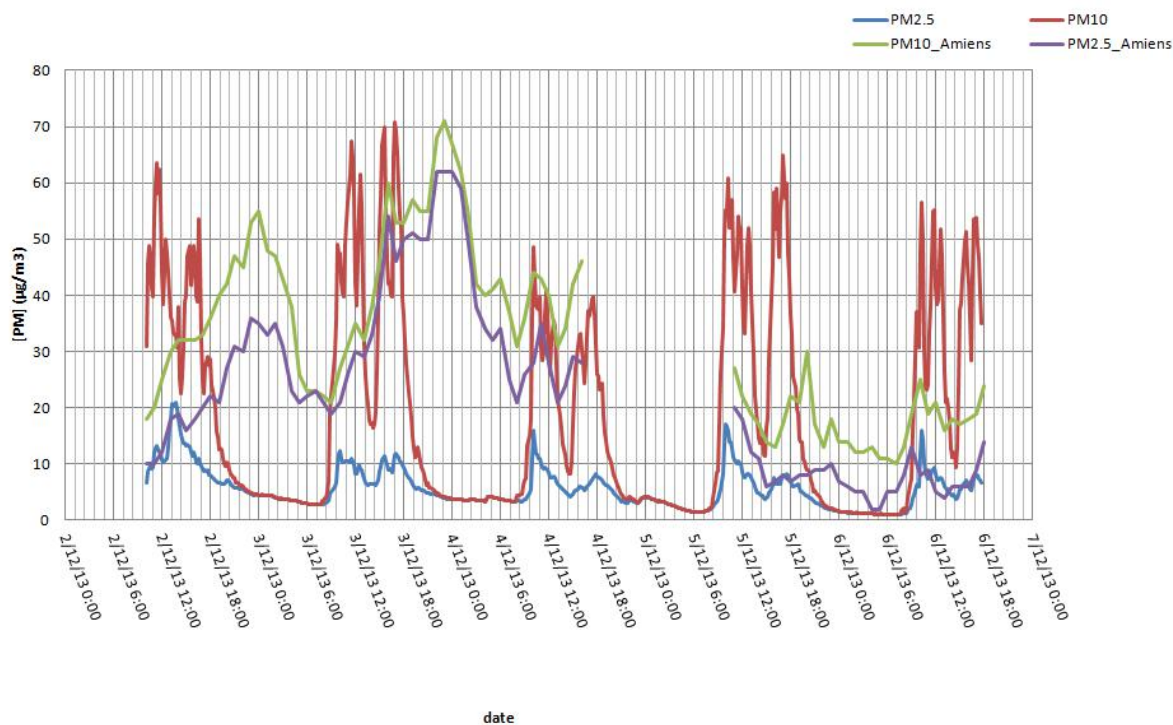
ANNEXE 7

Graphiques relatifs au suivi dynamique des concentrations en particules

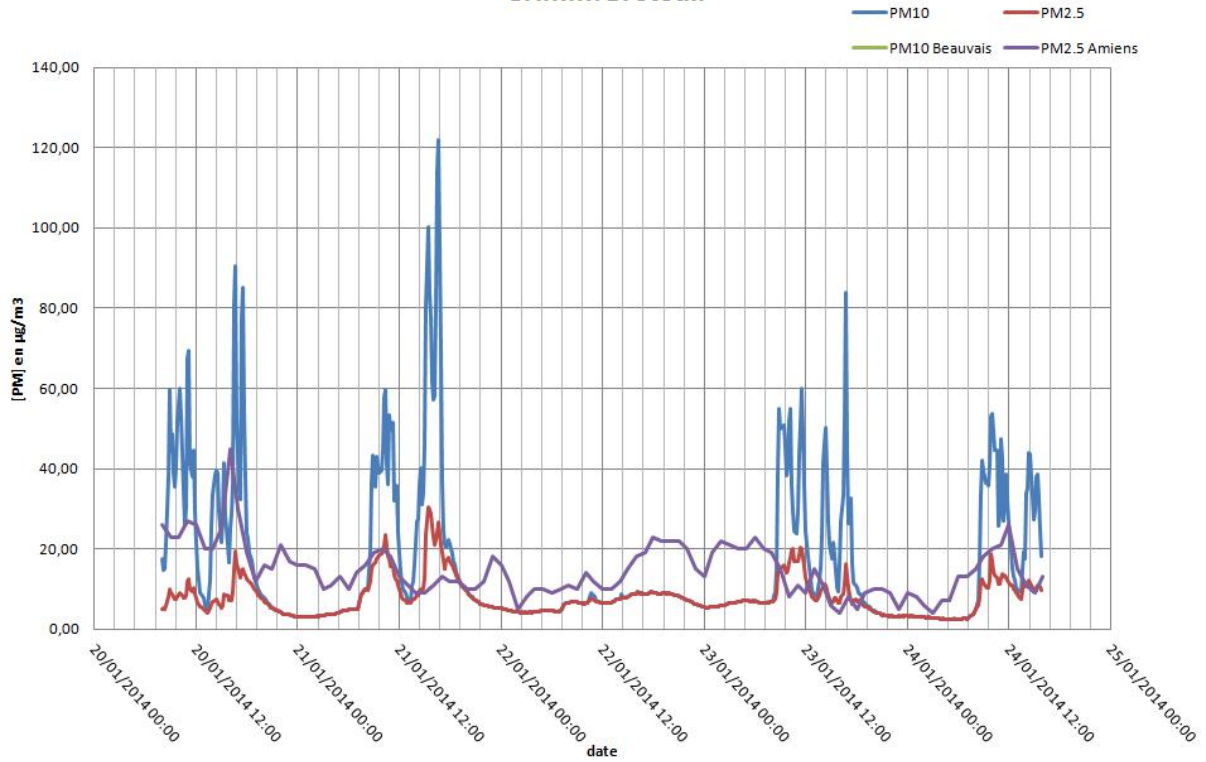
Grimm Bouttencourt hiver



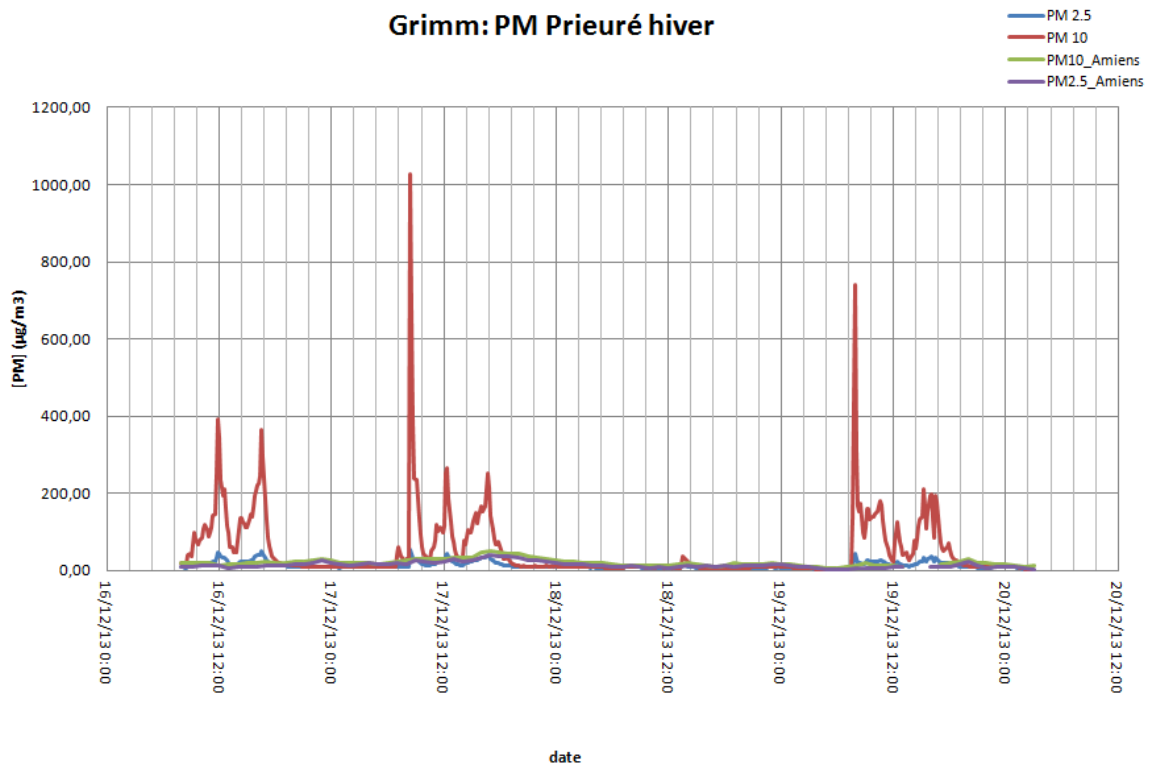
Grimm: PM Boves (crèche)



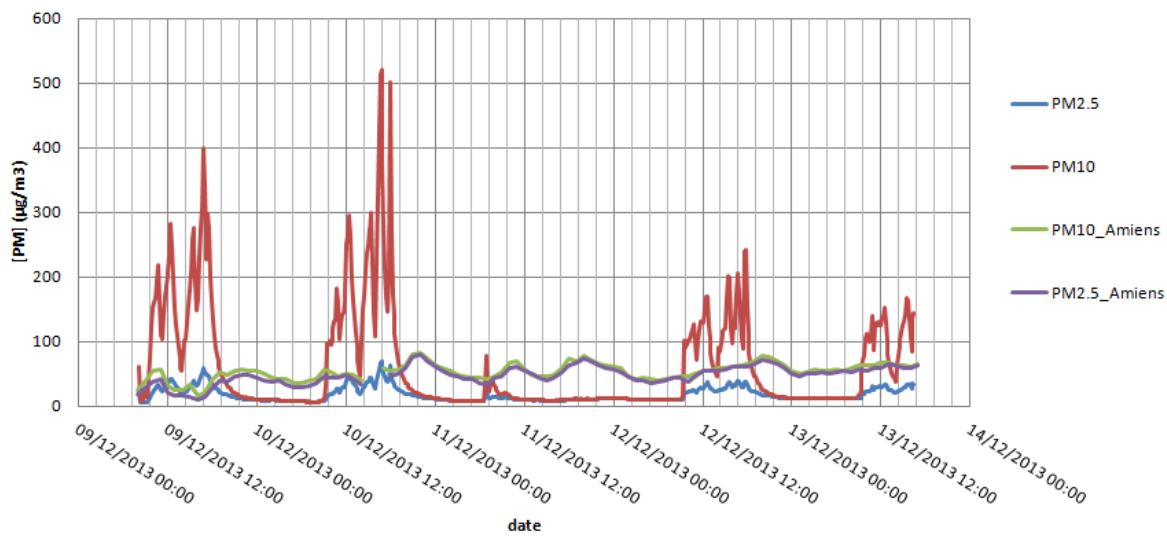
Grimm: Breteuil



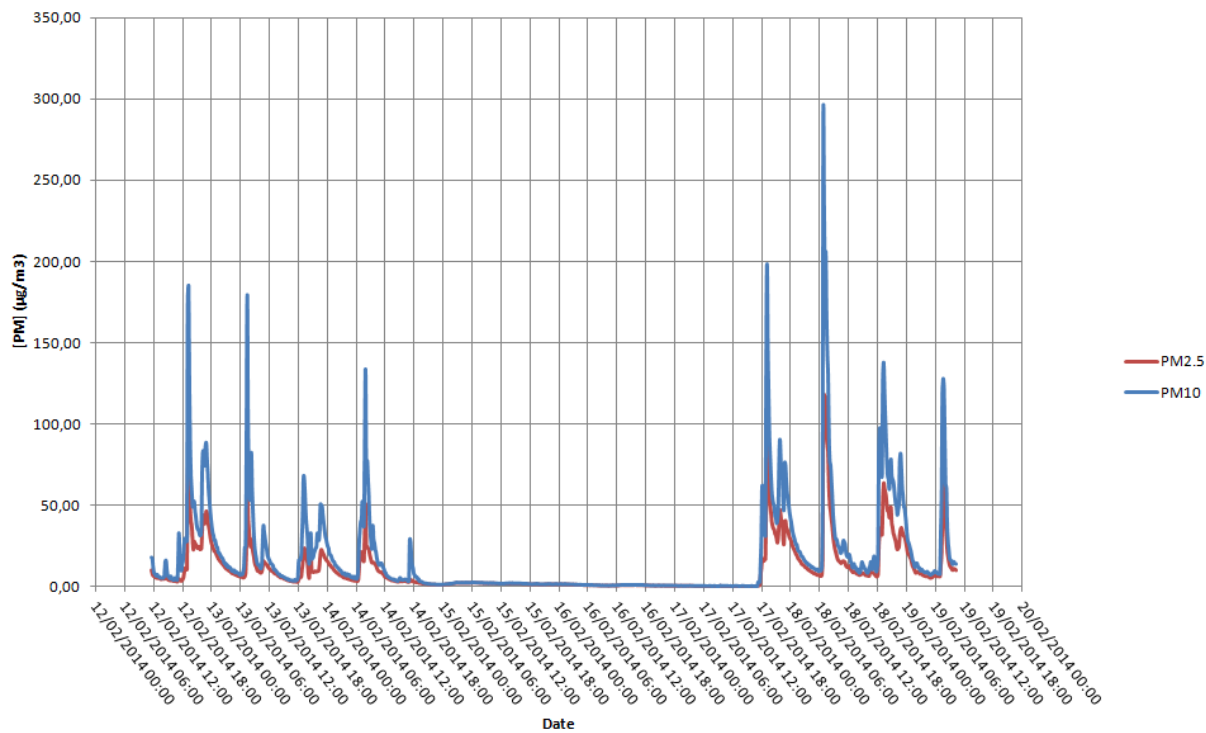
Grimm: PM Prieuré hiver



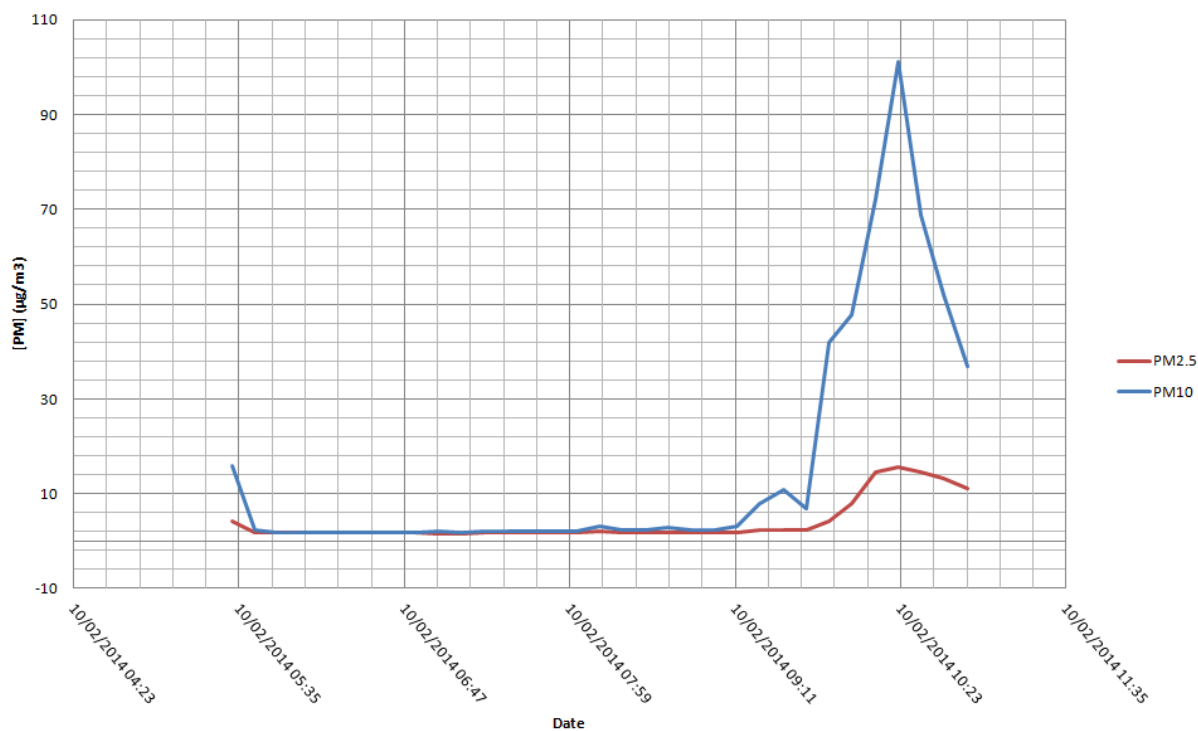
Grimm: PM VH hiver



Grimm: PM Beauvais hiver

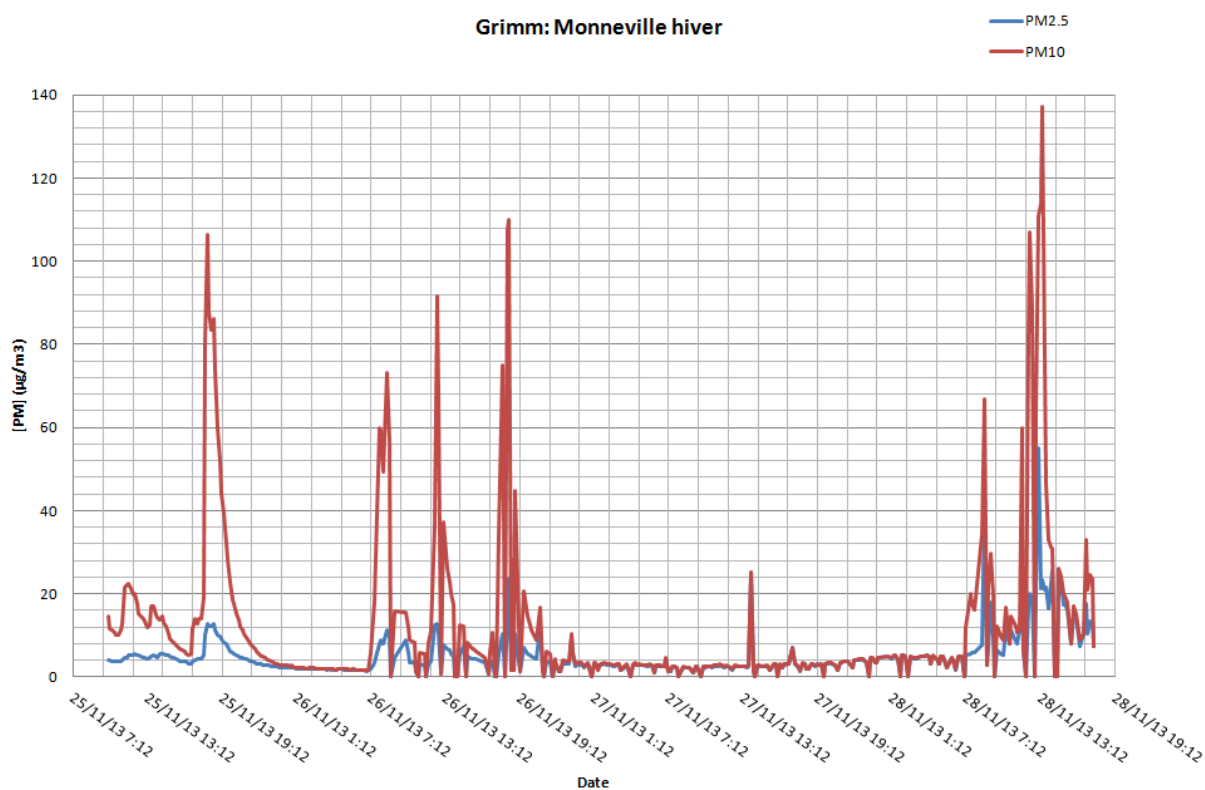


Grimm: PM Monchy St Eloi hiver

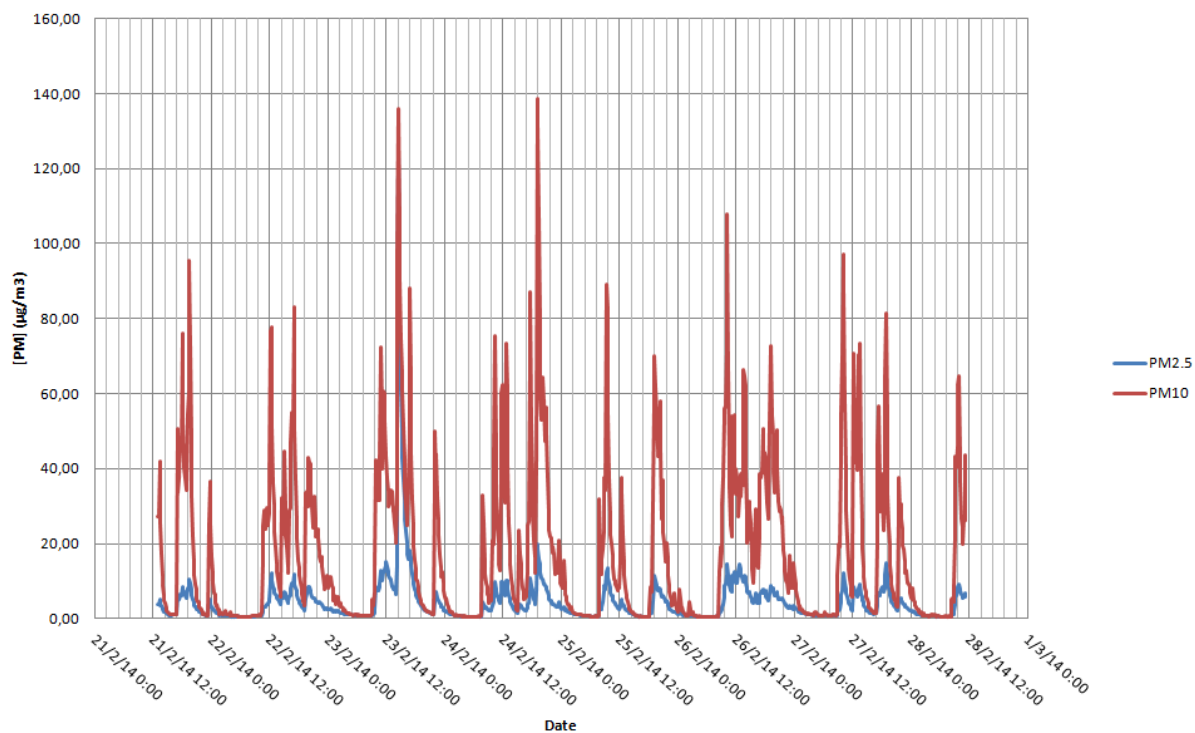


Attention : données disponibles que sur un jour !

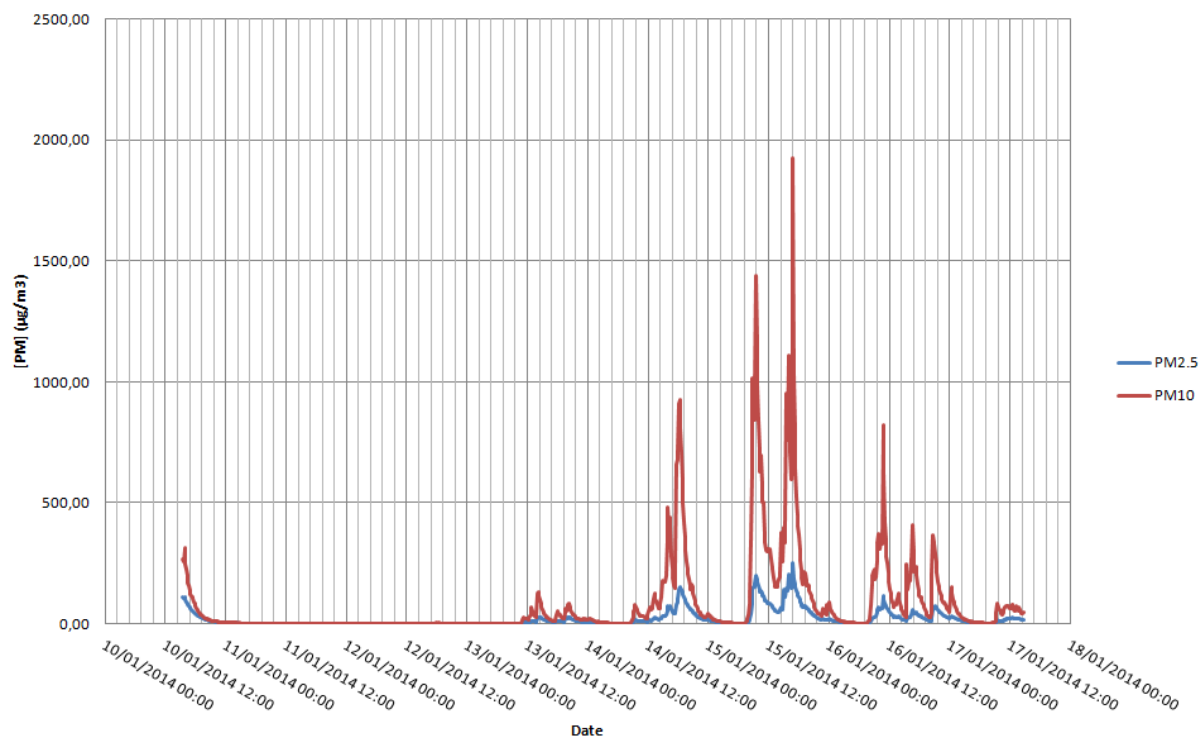
Grimm: Monneville hiver



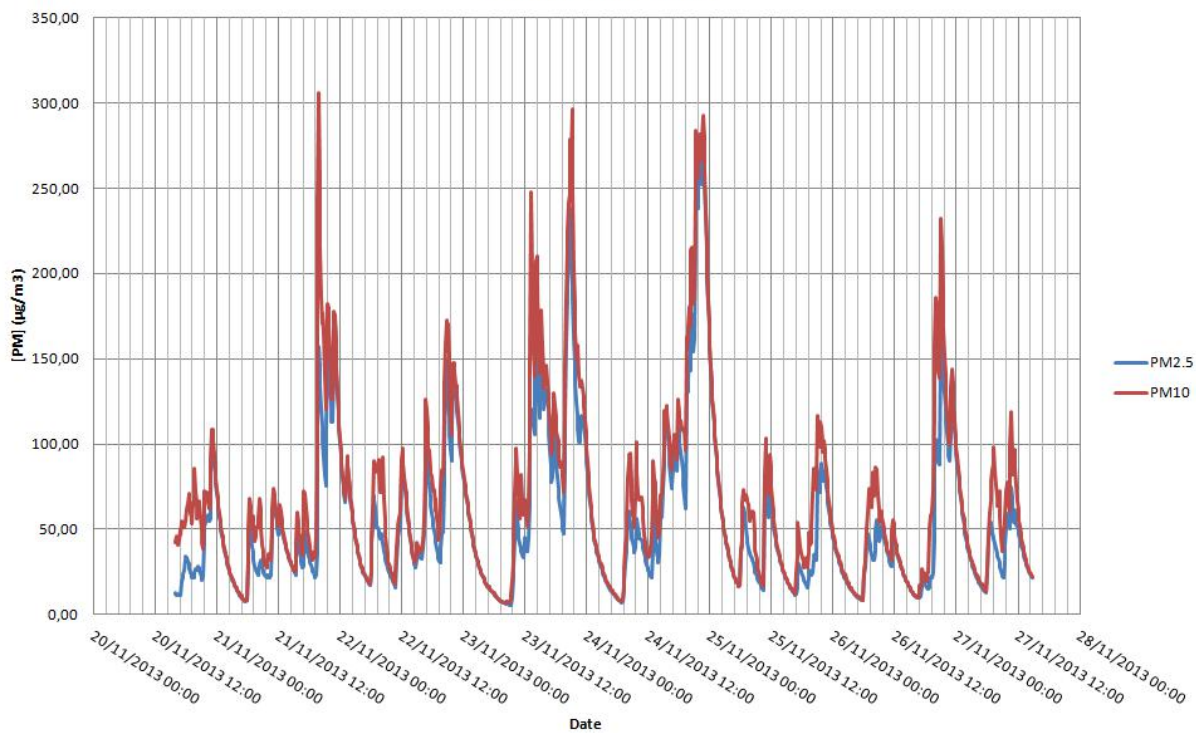
Grimm: Amiens hiver



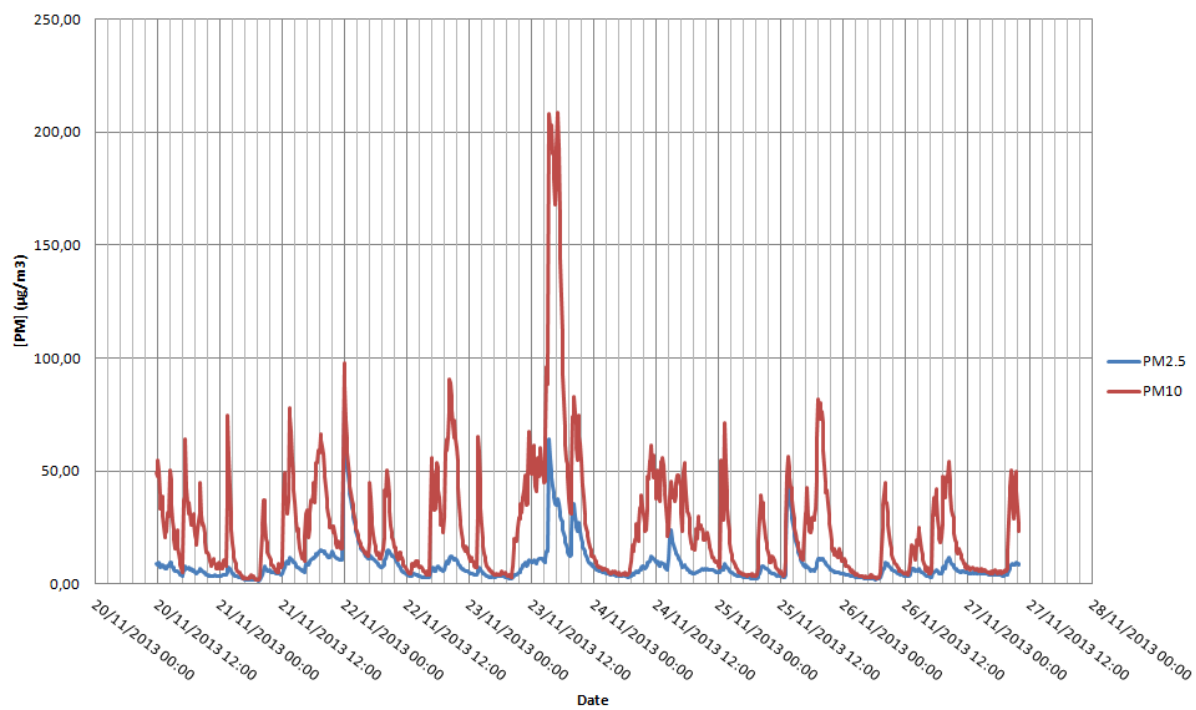
Grim: Ayencourt hiver



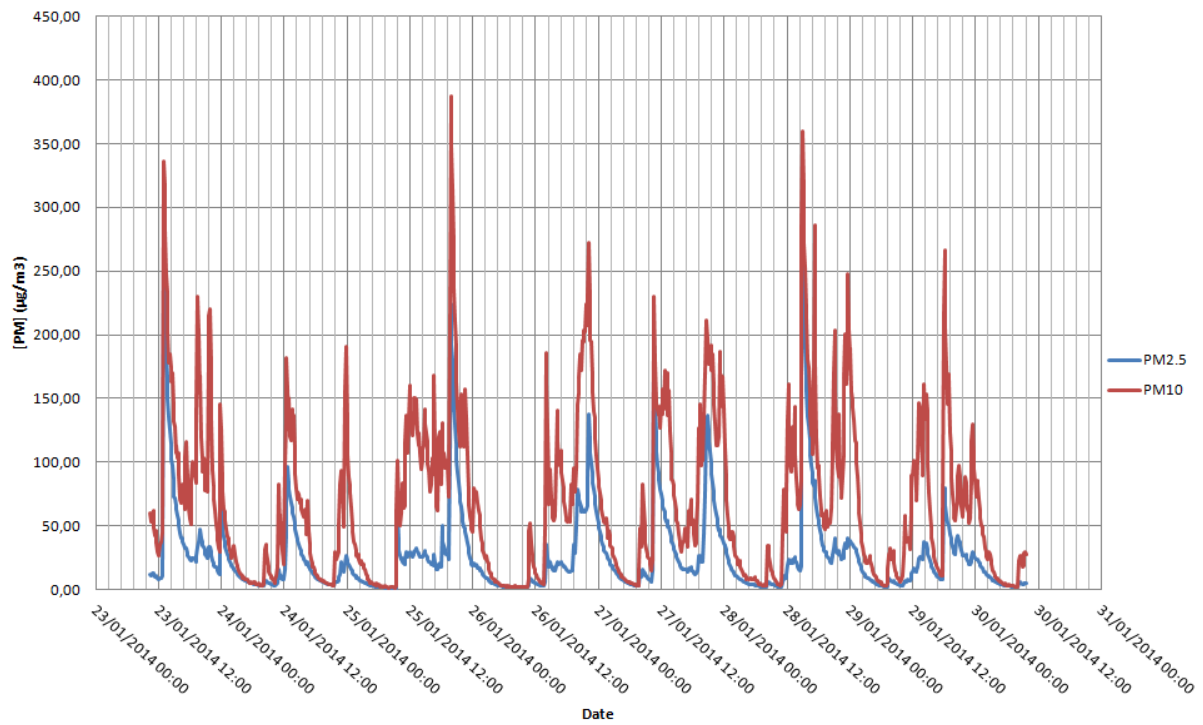
Grimm: Bailleuil 1 hiver



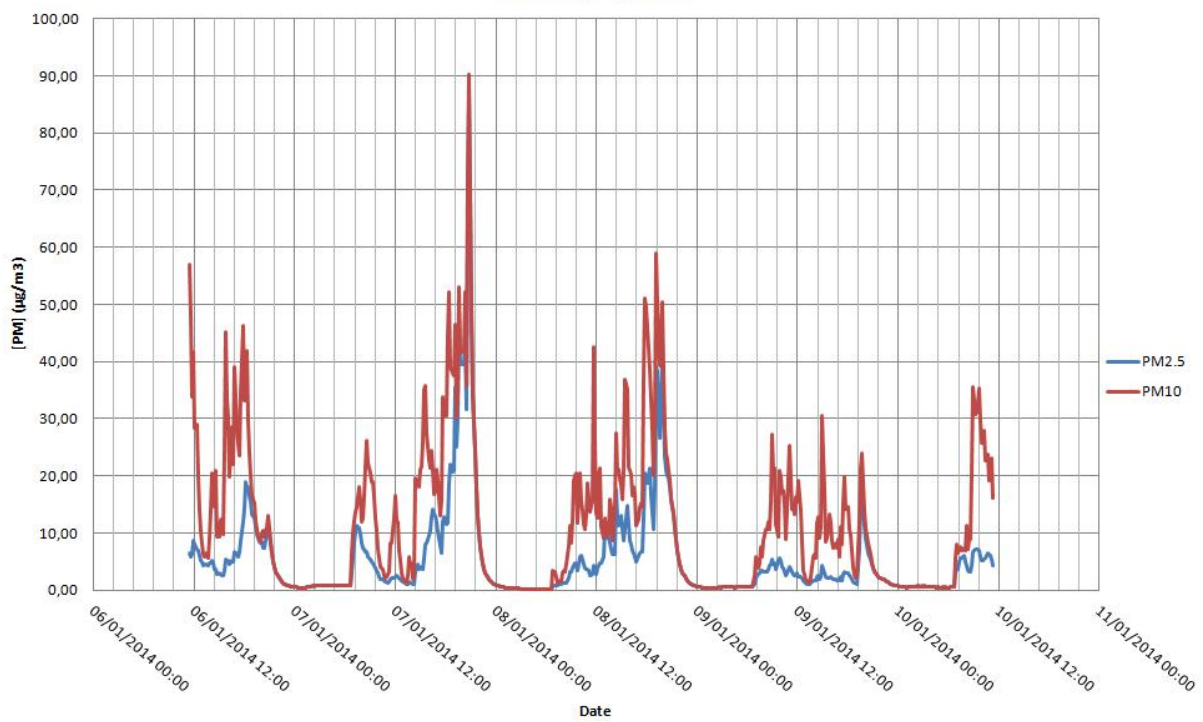
Grimm: Bailleuil 4 hiver



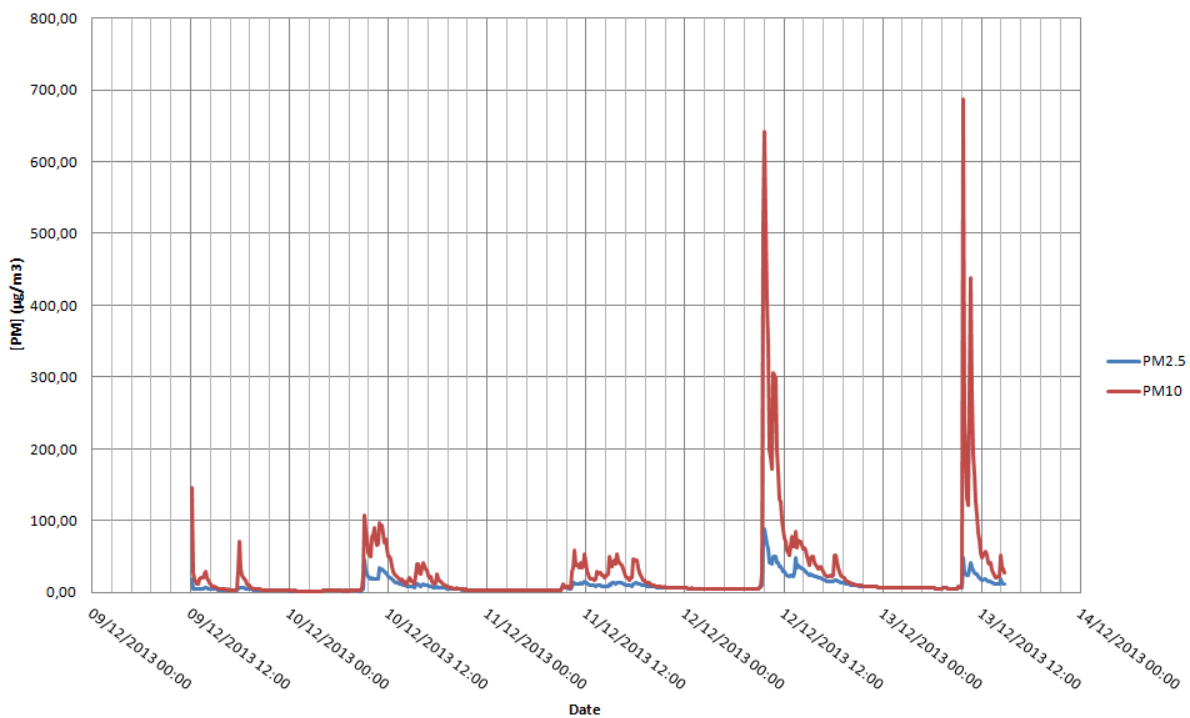
Grimm: Bavelincourt hiver



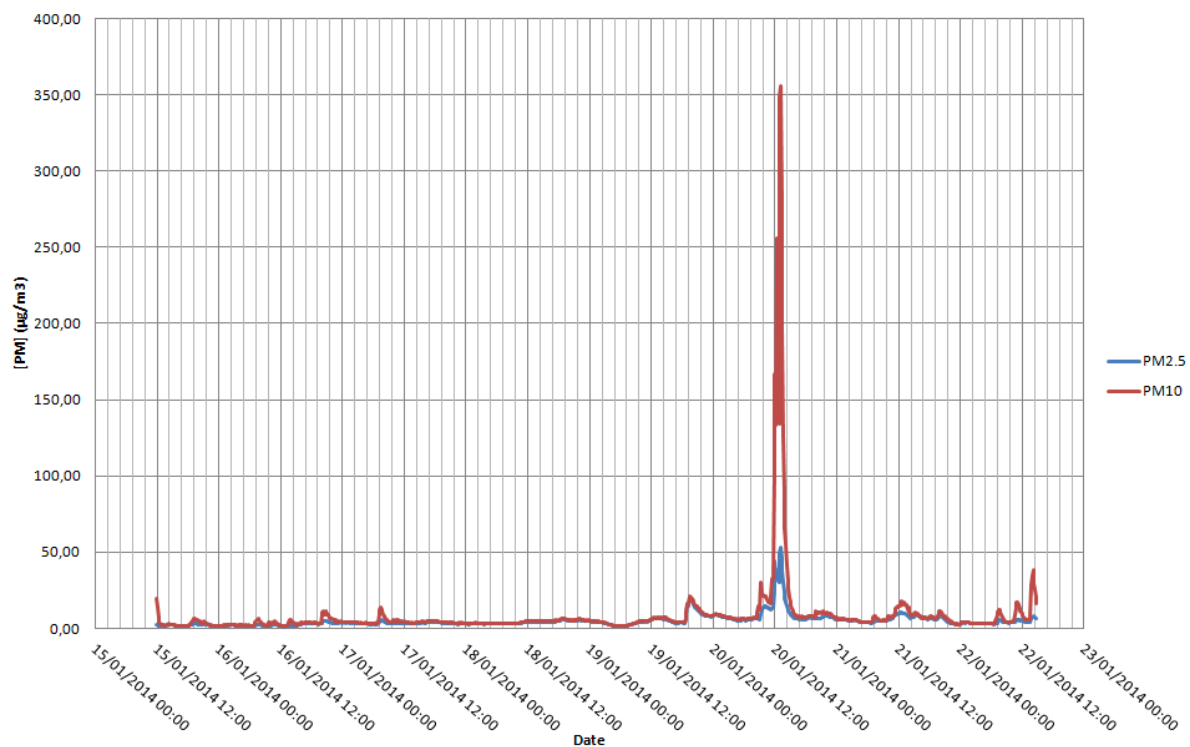
Grimm: Eiffage hiver



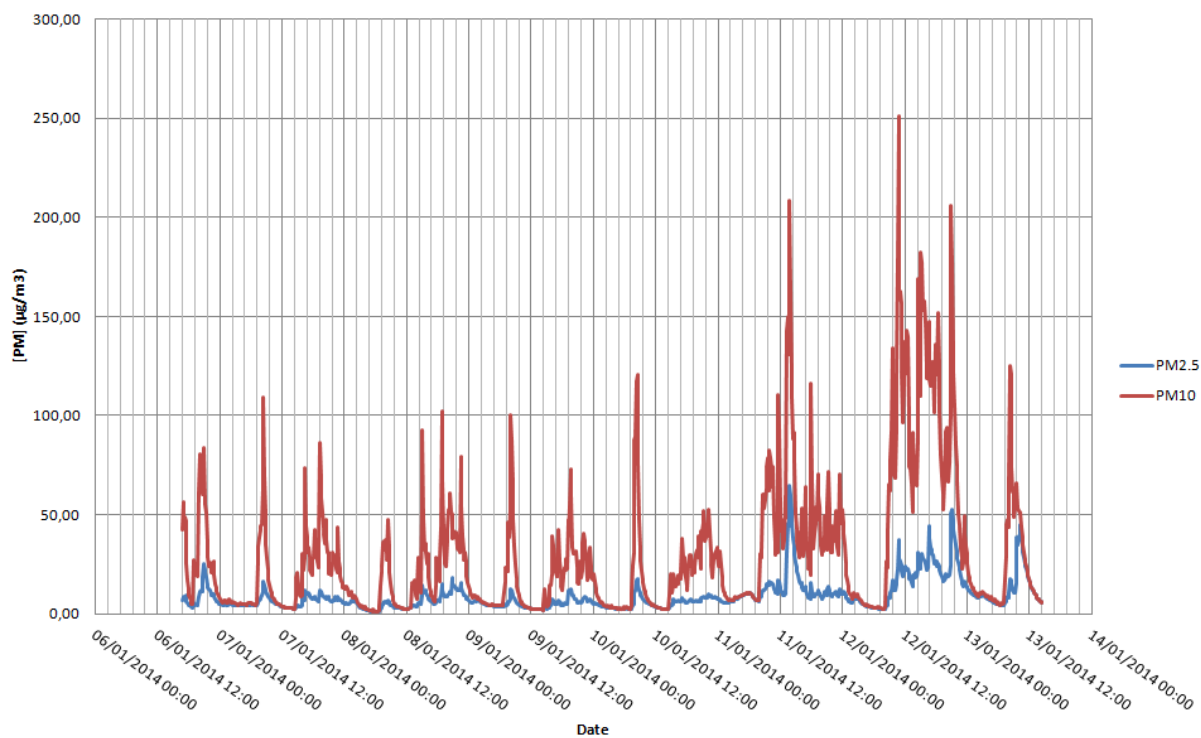
Grimm: Geodonia hiver



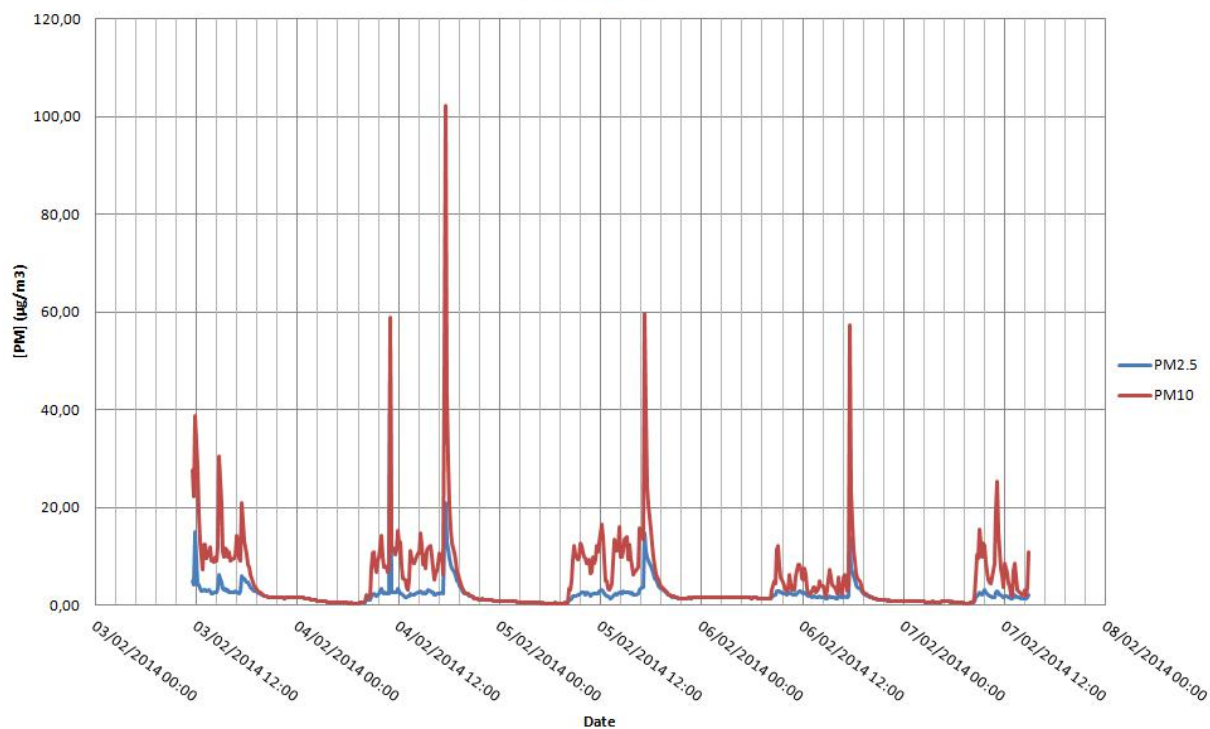
Grim: Ham hiver



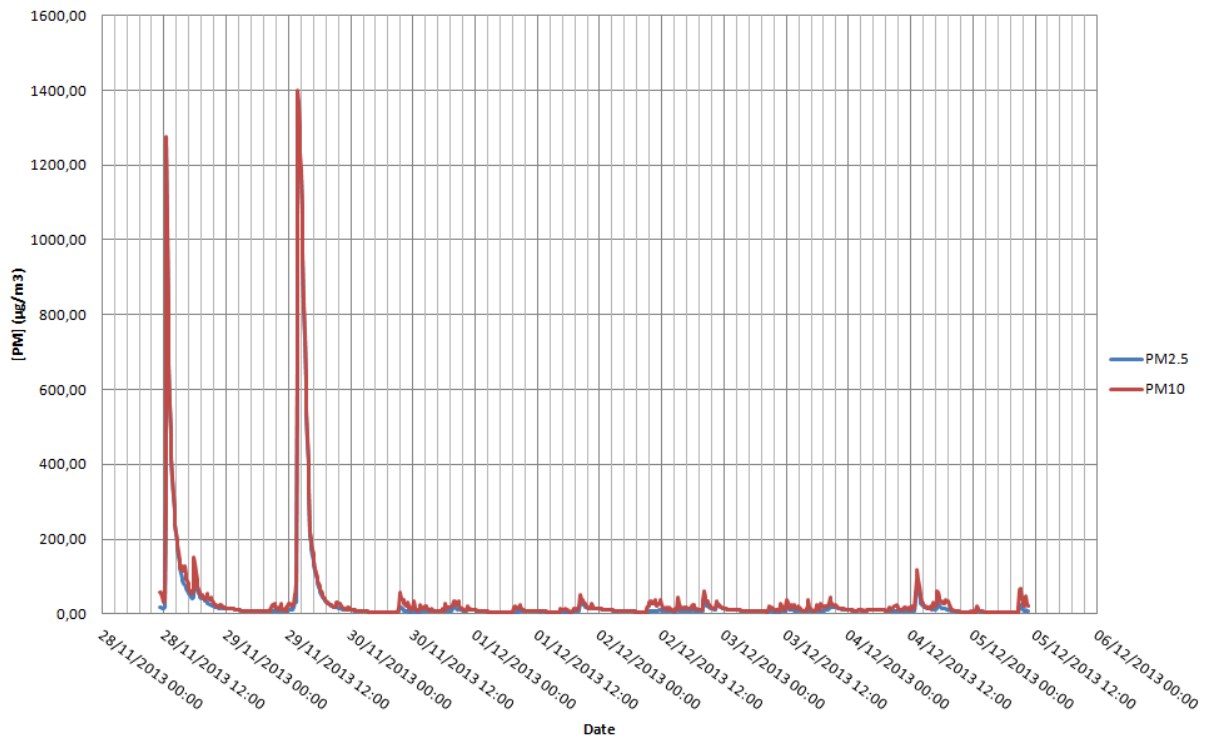
Grimm: Hébécourt hiver



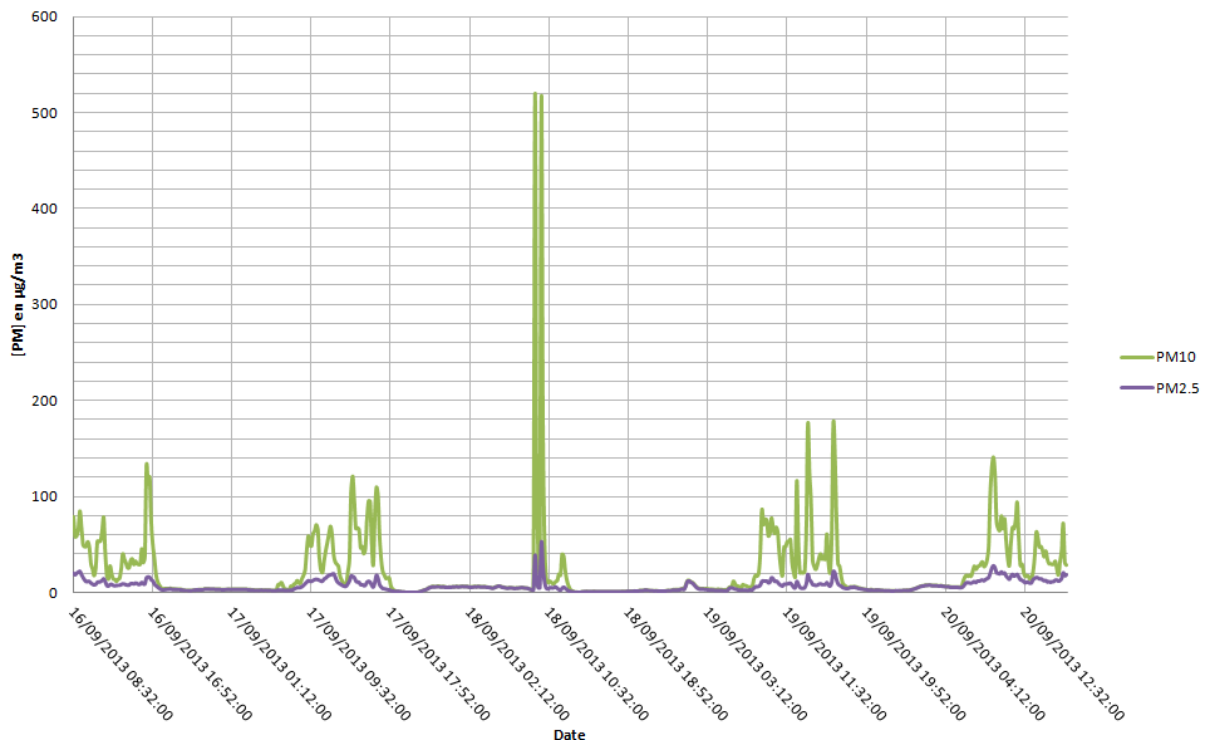
Grimm: Opac hiver



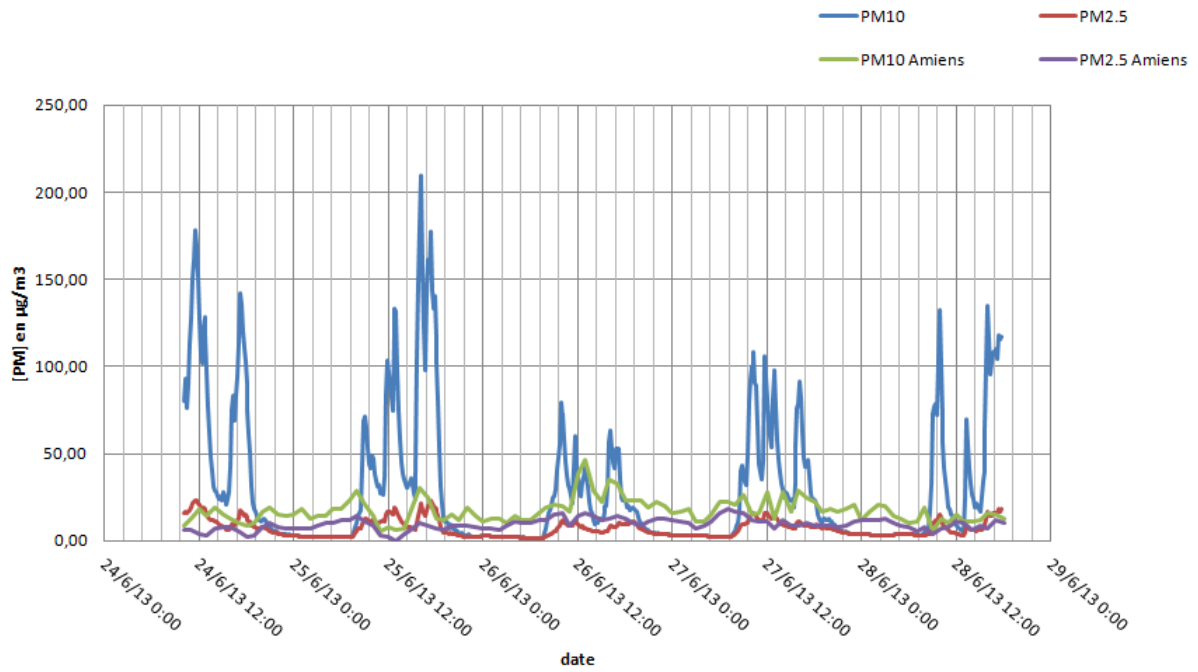
Grimm: St Fuscien hiver



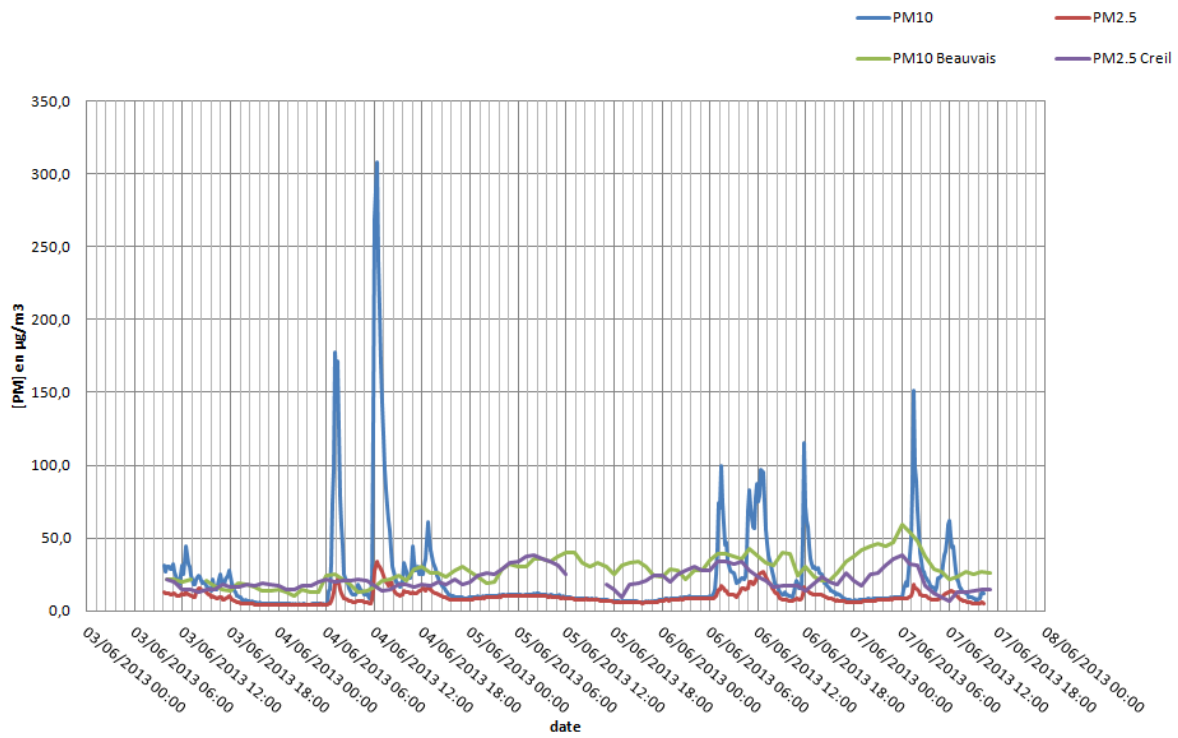
Grimm: Bouttencourt été



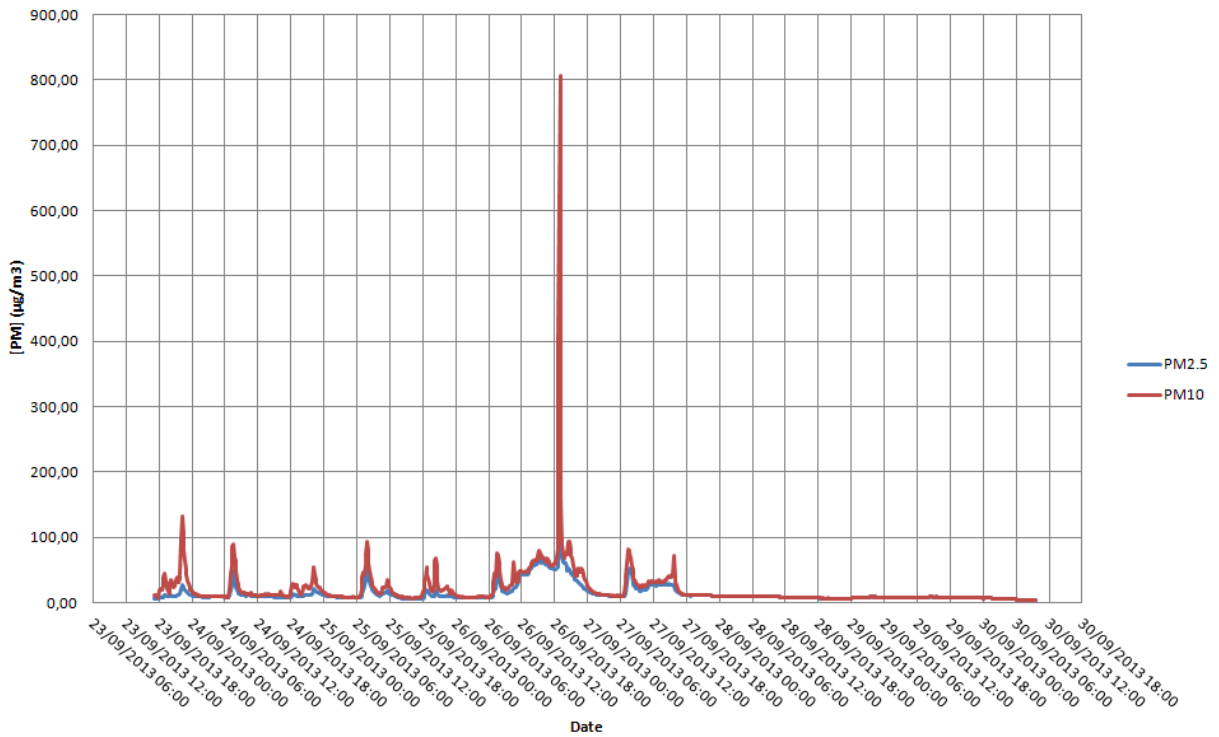
Grimm: Boves été



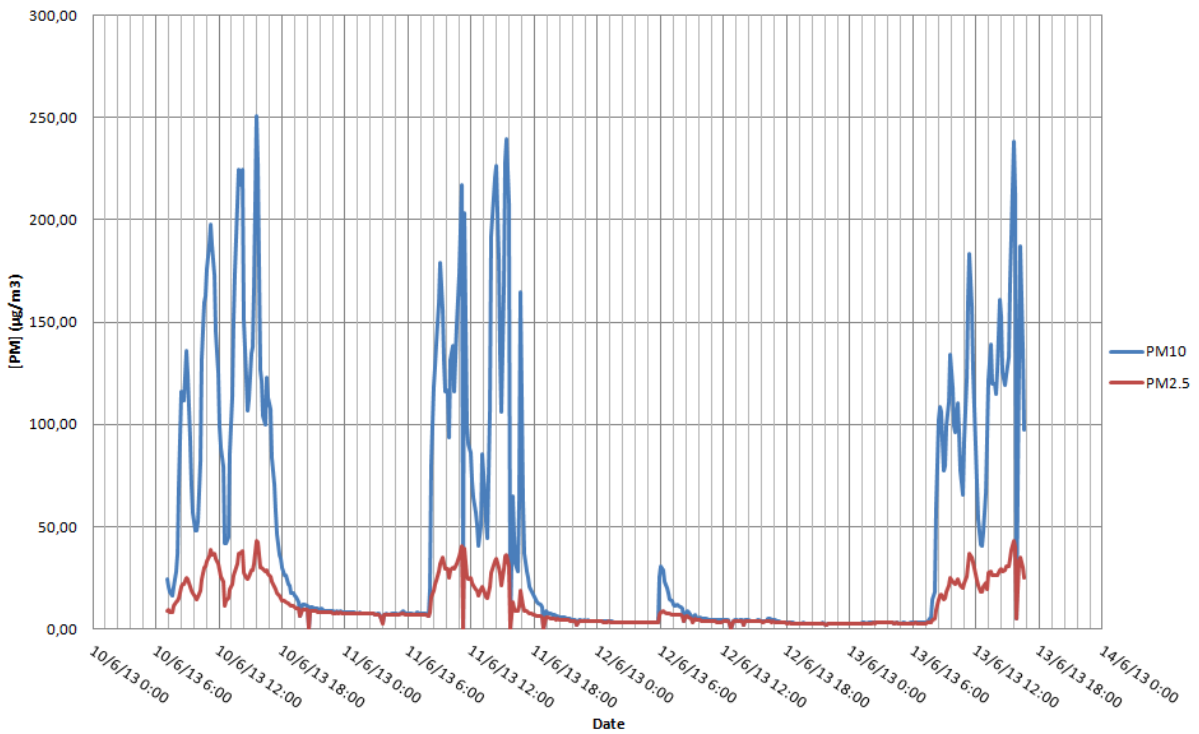
Grimm: Monneville été



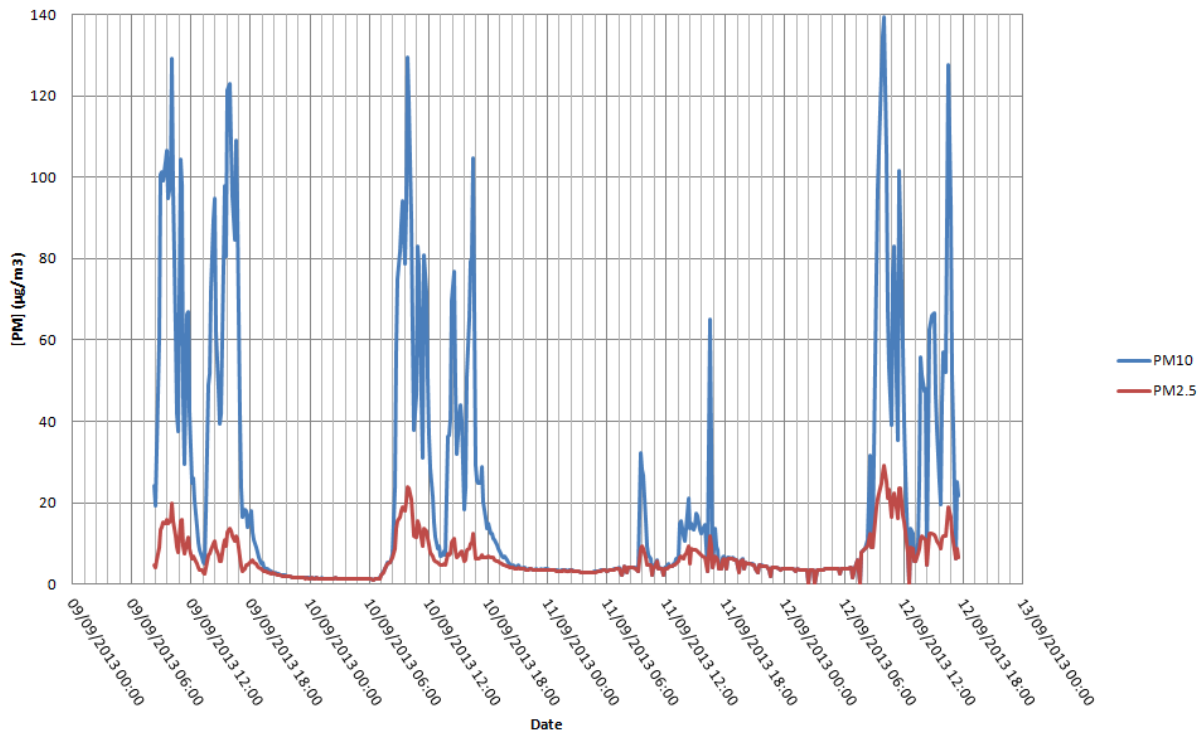
Grimm: Beauvais été



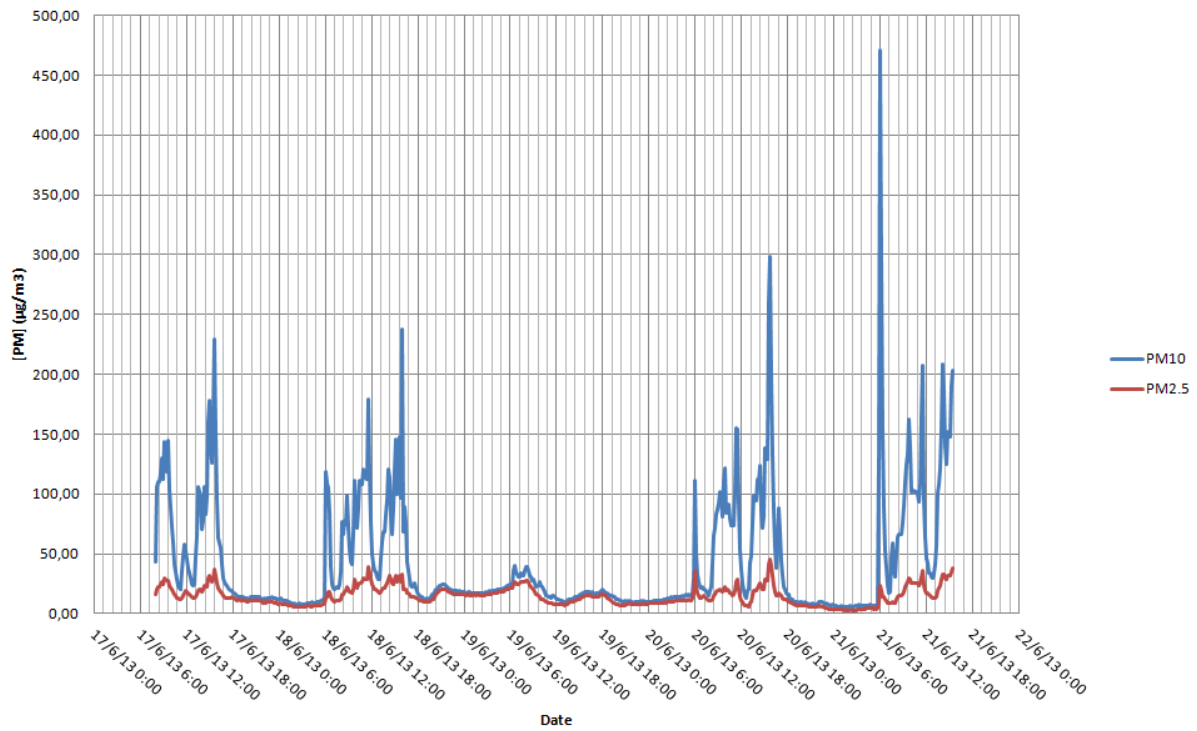
Grimm: VH été



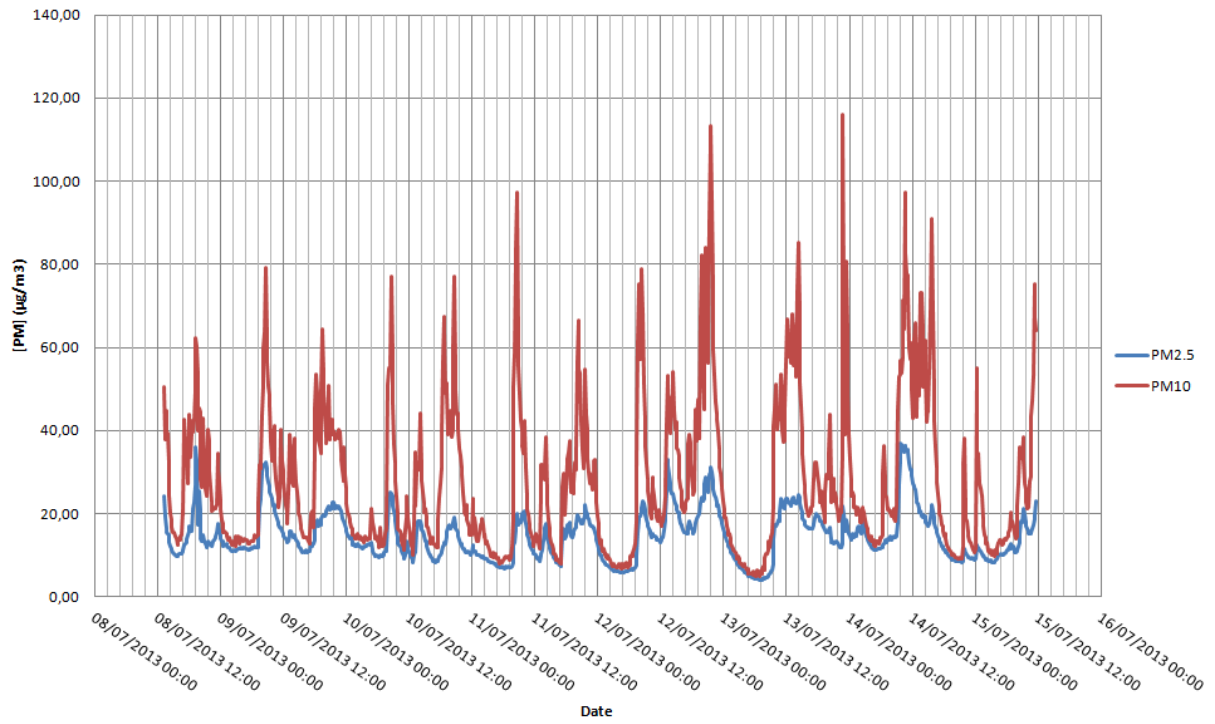
Grimm: Breteuil été



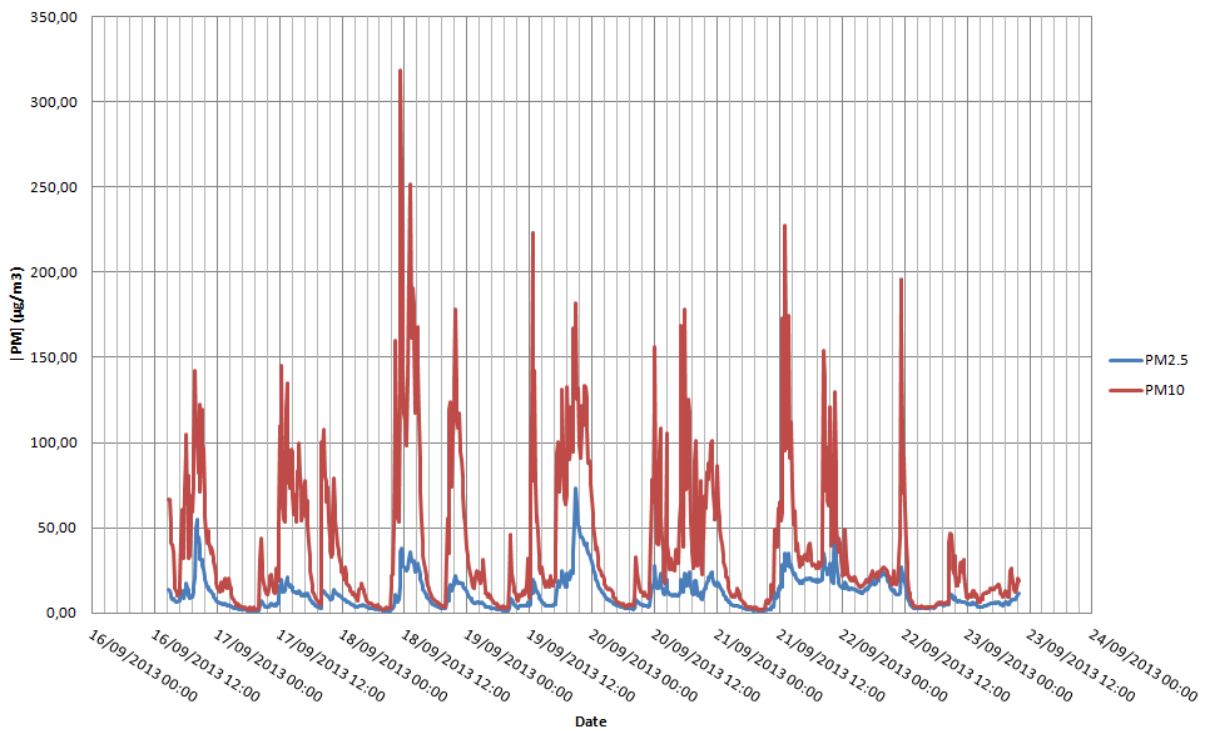
Grimm: Prieuré été



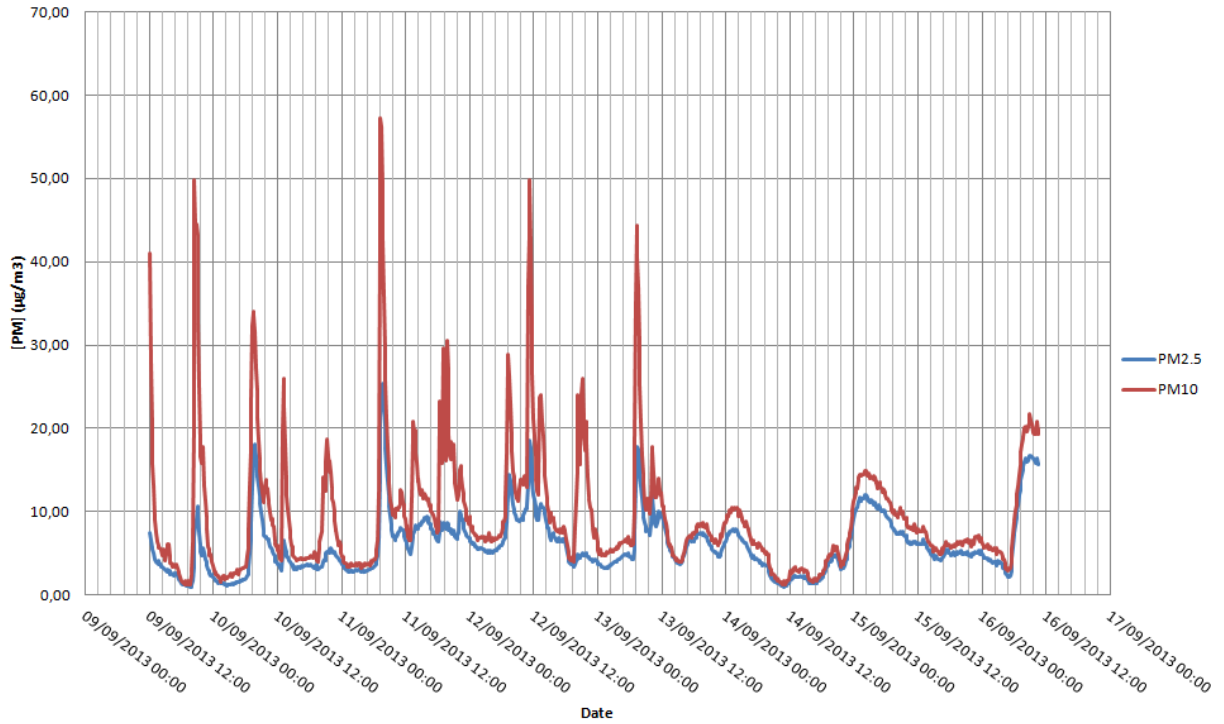
Grimm: Bailleuil 4 été



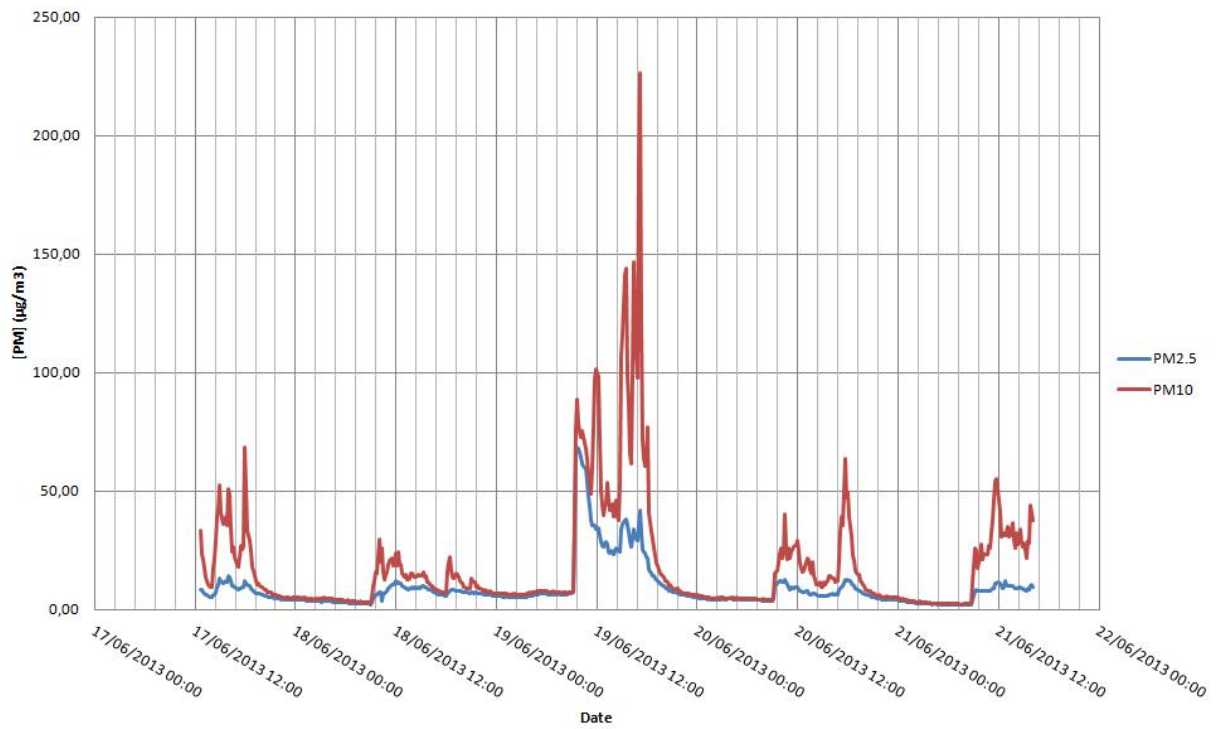
Grimm: Bavelincourt été



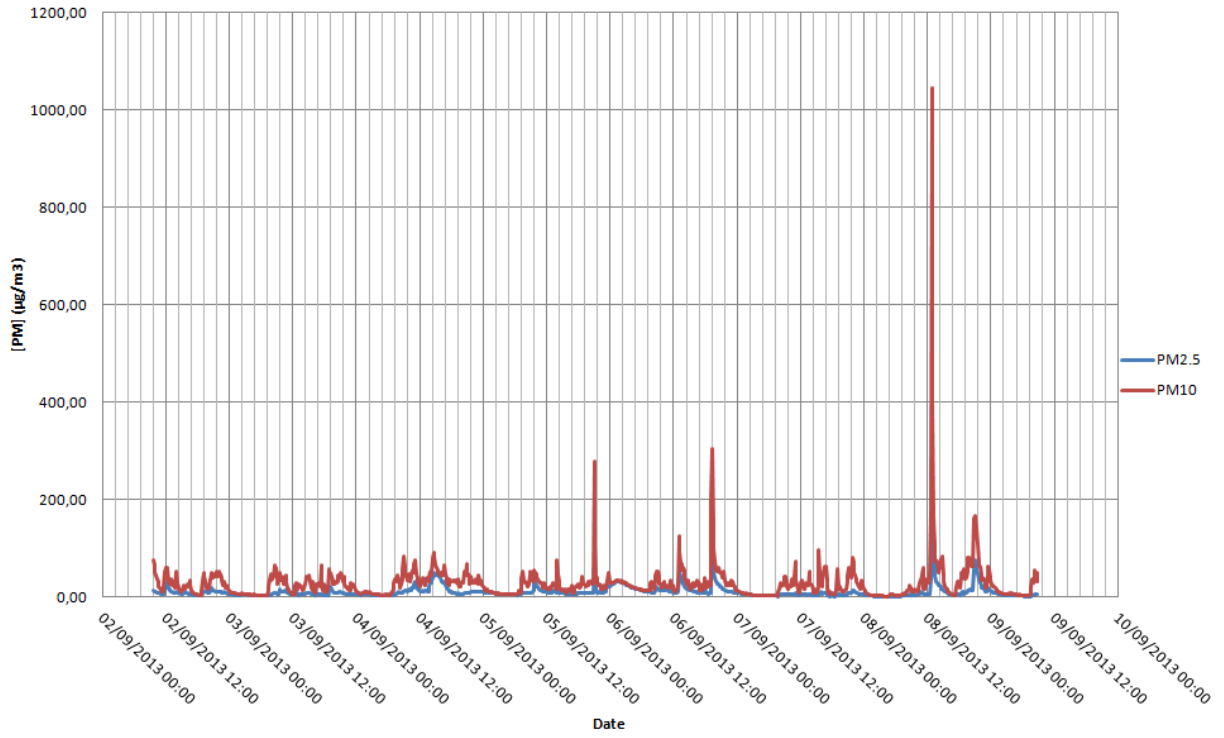
Grimm: Ham été



Grimm: Geodomia été



Grimm: Hébécourt été



ANNEXE 8

Tableaux croisés dynamiques

Tableaux généraux selon les typologies de site

Nombre de points de mesure par paramètre et par typologie											
Typologie	formaldéhyde	benzène	NO ₂	CO ₂	PM2,5	PM10	naphtalène	T/HR	T opérative	CO	Radon
Bureaux	14	14	14	13	14	6	6	14	14	1	7
Ecoles/crèche	28	28	28	28	28	12	12	28	28	0	14
Internats/FAM	26	26	26	26	22	6	6	26	26	0	13
Logements	30	30	30	30	14	14	14	30	30	22	15
Total général	98	98	98	97	78	38	38	98	98	23	49

Nombre de résultats (valeurs >LQ) de mesure par paramètre et par typologie											
Typologie	formaldéhyde	benzène	NO ₂	CO ₂	PM2,5	PM10	naphtalène	T/HR	T opérative	CO	Radon
Bureaux	14	14	13	13	8	4	6	14	13	1	7
Ecoles/crèche	26	25	28	26	19	12	11	36	23	0	10
Internats/FAM	20	25	24	25	12	5	6	25	18	0	2
Logements	30	30	29	30	10	10	13	30	30	22	13
Total général	90	94	94	94	49	31	36	95	84	23	32

Concentration moyenne ou valeur moyenne par typologie du site																				
Typologie	formal-déhyde	acétal-déhyde	hexanal	benzène	toluène	Éthyl-benzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO ₂	ICÔNE	PM2,5	PM10	naphtalène
C ¹ moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
Bureaux	15,8	7,5	21,0	0,8	3,7	2,0	5,7	2,8	1,4	50,9	33,6	0,5	3,3	0,8	0,2	12,6	0,2	6,8	22,0	115,0
Ecoles/crèche	13,6	5,5	13,2	0,8	2,0	0,6	1,1	0,6	1,4	6,9	13,2	1,6	0,9	2,9	0,2	12,3	1,6	32,1	63,9	86,4
Internats/FAM	20,3	7,2	18,9	0,6	2,6	0,7	2,1	1,1	0,6	17,7	51,7	0,4	0,6	16,5	0,8	10,4	0,7	5,8	12,7	76,7
Logements	20,9	13,2	46,2	1,3	5,1	2,3	5,1	1,7	1,5	39,9	66,0	0,8	5,0	0,5	0,5	10,0	1,2	18,4	28,1	183,9
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

¹ C= concentrations

Code couleur utilisé : < vRef 1], entre vRef1 et vRef 2], > vRef2]

Les valeurs inférieures à la Ld ou à la Lq n'ont pas été prises en compte lors du calcul des moyennes pour l'ensemble de cette Annexe.

Tableau des indicateurs liés à la saison

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de la saison et de la typologie de site																				
Saison et typologie de site	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylénes	o-xyène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
Bureaux (3)	15,8	7,5	21,0	0,8	3,7	2,0	5,7	2,8	1,4	50,9	33,6	0,5	3,3	0,8	0,2	12,6	0,2	6,8	22,0	115,0
Eté	18,2	8,4	27,6	0,4	4,9	2,4	7,3	2,3	1,3	55,3	45,8	0,5	3,7	1,1	0,1	14,7	0,0	14,0	32,0	92,3
Hiver	13,4	6,6	14,5	1,1	2,8	1,5	4,1	3,3	1,6	46,4	21,4	0,4	2,9	0,2	0,3	10,8	0,4	5,8	18,6	137,6
Ecoles/crèche (6)	13,6	5,5	13,2	0,8	2,0	0,6	1,1	0,6	1,4	6,9	13,2	1,6	0,9	2,9	0,2	12,3	1,6	32,1	63,9	86,4
Eté	16,1	5,9	16,5	0,4	1,2	0,4	0,7	0,4	0,9	5,4	12,7	0,6	1,2	4,0	0,1	8,2	1,3	13,7	57,7	58,6
Hiver	11,1	5,2	9,9	1,4	3,1	0,8	1,8	0,8	1,9	8,9	13,8	2,9	0,5	1,3	0,4	16,3	1,9	40,6	70,2	119,9
Internat & FAM (3)	20,3	7,2	18,9	0,6	2,6	0,7	2,1	1,1	0,6	17,7	51,7	0,4	0,6	16,5	0,8	10,4	0,7	5,8	12,7	76,7
Eté	22,4	5,2	15,9	0,4	2,2	0,7	2,3	1,0	0,4	2,5	18,6	0,2	0,5	3,0	0,1	10,2	0,2	9,3	17,0	40,2
Hiver	16,4	10,9	24,3	0,9	3,0	0,7	1,9	1,2	0,7	34,1	87,6	0,6	0,6	38,4	1,6	10,6	1,0	4,6	6,3	113,1
Logements (7)	20,9	13,2	46,2	1,3	5,1	2,3	5,1	1,7	1,5	39,9	66,0	0,8	5,0	0,5	0,5	10,0	1,2	18,4	28,1	183,9
Eté	23,2	12,7	52,8	0,4	4,6	3,1	6,9	2,2	1,6	18,6	71,0	0,6	6,9	0,5	0,3	9,3	1,0	11,0	20,0	67,3
Hiver	18,6	13,6	39,7	2,2	5,7	1,6	3,3	1,3	1,3	61,2	61,0	1,0	3,0	0,6	0,6	10,8	1,3	21,5	31,6	319,9
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Tableaux des indicateurs liés à la ventilation

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction du système de ventilation et son état de fonctionnement

Système et état de fonctionnement	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xyliènes	o-xyliène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
double flux (13 bâtiments)	17,9	9,8	30,6	0,9	3,6	1,4	3,3	1,5	1,3	33,3	49,9	0,9	2,4	2,1	0,5	11,5	0,9	16,5	39,0	143,5
ventilation à l'arrêt (3)	14,5	5,9	26,5	1,1	2,8	1,3	2,9	1,0	1,9	7,2	26,1	2,5	3,2	2,0	0,4	10,6	1,6	31,2	73,4	117,9
ventilation en fonction (10)	18,5	10,6	31,4	0,9	3,7	1,4	3,3	1,5	1,2	38,0	54,1	0,6	2,3	2,1	0,6	11,7	0,8	13,3	30,4	150,2
simple flux (6 bâtiments)	17,8	6,4	18,0	0,9	3,0	1,4	3,6	1,3	1,0	11,7	28,4	0,7	2,4	15,4	0,2	10,2	1,4	23,8	38,1	87,4
ventilation à l'arrêt (1)	12,6	4,2	7,7	1,3	1,6	0,7	1,3	0,9	2,7	4,3	2,5	1,3	0,5	10,6	0,2	7,3	0,5	14,7	16,5	76,9
ventilation en fonction (5)	18,2	6,5	18,8	0,9	3,1	1,5	3,8	1,3	0,9	12,3	30,5	0,7	2,6	15,9	0,2	10,4	1,4	25,2	42,9	89,5
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1], entre vRef1 et vRef 2], > vRef2]

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction du système de ventilation et son réglage

Système et réglage	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylénes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
double flux (13 bâtiments)	17,9	9,8	30,6	0,9	3,6	1,4	3,3	1,5	1,3	33,3	49,9	0,9	2,4	2,1	0,5	11,5	0,9	16,5	39,0	143,5
sous ventilé (5)	19,7	8,1	22,2	0,8	3,0	0,6	1,1	0,7	1,1	17,3	50,3	1,2	0,8	3,2	0,7	11,5	1,4	22,1	57,0	86,0
sur-ventilé (1)	11,4	3,1	8,4	0,2	1,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	1,4	0,1	0,1	7,5	0,0	14,0	0,0	9,9	38,5	116,8
normal (7)	16,6	11,4	38,0	1,0	4,3	2,2	5,3	2,2	1,4	48,8	50,9	0,7	4,2	0,6	0,4	11,3	0,5	9,3	21,2	187,4
simple flux (6 bâtiments)	17,8	6,4	18,0	0,9	3,0	1,4	3,6	1,3	1,0	11,7	28,4	0,7	2,4	15,4	0,2	10,2	1,4	23,8	38,1	87,4
pas d'information (1)	11,6	3,9	5,4	0,5	1,1	0,3	0,5	0,2	0,3	3,8	2,5	0,9	0,4	3,4	0,1	14,8	1,6	38,0	95,7	91,9
sous ventilé (3)	26,1	9,6	28,9	1,6	5,1	2,1	4,6	1,5	1,9	13,2	33,0	0,9	4,9	4,0	0,3	8,8	2,1	23,2	28,8	92,5
normal (2)	14,5	5,1	17,1	0,6	2,5	1,5	4,7	1,8	0,6	15,8	42,0	0,3	1,4	31,0	0,1	7,7	0,5	10,2	20,9	77,4
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction du système de ventilation et du respect du CDC

Système et respect du CDC	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylénes	o-xyène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
double flux (13 bâtiments)	17,9	9,8	30,6	0,9	3,6	1,4	3,3	1,5	1,3	33,3	49,9	0,9	2,4	2,1	0,5	11,5	0,9	16,5	39,0	143,5
CDC respecté (8)	19,4	11,2	37,7	1,0	4,2	1,9	4,6	2,0	1,3	42,3	48,7	0,6	3,6	2,7	0,8	10,8	0,5	9,1	19,7	182,9
CDC non respecté (5)	15,6	7,8	20,2	0,8	2,7	0,6	1,2	0,6	1,2	19,4	51,7	1,3	0,8	1,3	0,2	12,4	1,4	23,8	62,6	77,6
simple flux	17,8	6,4	18,0	0,9	3,0	1,4	3,6	1,3	1,0	11,7	28,4	0,7	2,4	15,4	0,2	10,2	1,4	23,8	38,1	87,4
absence de données (1)	11,6	3,9	5,4	0,5	1,1	0,3	0,5	0,2	0,3	3,8	2,5	0,9	0,4	3,4	0,1	14,8	1,6	38,0	95,7	91,9
CDC respecté (4)	21,2	7,7	24,7	1,1	4,0	1,9	5,0	1,7	1,1	15,6	41,4	0,6	3,4	21,7	0,2	8,4	1,4	17,2	27,8	88,9
CDC non respecté (1)	12,6	4,2	7,7	1,3	1,6	0,7	1,3	0,9	2,7	4,3	2,5	1,3	0,5	10,6	0,2	7,3	0,5	14,7	16,5	76,9
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Tableaux des indicateurs liés aux activités dans le bâtiment

Concentration <u>moyenne</u> ou valeur moyenne en fonction d'une <u>pollution attendue</u> ou non																				
Pollution	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
Pollution attendue (2 bâtiments)	13,8	5,2	10,4	1,1	2,7	0,8	1,6	0,8	1,9	9,0	12,2	2,9	1,2	2,4	0,3	14,1	1,7	33,4	73,6	108,7
Ecoles/crèches (2)	13,8	5,2	10,4	1,1	2,7	0,8	1,6	0,8	1,9	9,0	12,2	2,9	1,2	2,4	0,3	14,1	1,7	33,4	73,6	108,7
Pas d'information (4 bâtiments)	22,3	9,3	27,0	0,7	2,9	0,4	1,0	0,7	0,8	19,5	63,4	0,5	0,6	4,9	0,9	10,8	1,0	12,9	26,3	92,4
Ecoles/crèches (2)	14,3	7,9	27,2	0,8	1,8	0,5	1,3	0,7	1,3	4,2	25,3	0,7	1,4	4,0	0,2	8,0	1,6	35,3	42,0	80,2
Internats&FAM (2)	25,6	9,9	26,8	0,7	3,2	0,4	0,9	0,7	0,6	24,1	74,6	0,4	0,4	5,3	1,1	11,7	0,8	5,4	15,9	98,4
Pas de pollution attendue (13 bâtiments)	17,4	9,3	29,8	1,0	3,7	1,8	4,5	1,8	1,2	32,3	41,2	0,7	3,3	7,0	0,3	10,6	0,9	15,2	31,3	135,7
Bureaux (3)	15,8	7,5	21,0	0,8	3,7	2,0	5,7	2,8	1,4	50,9	33,6	0,5	3,3	0,8	0,2	12,6	0,2	6,8	22,0	115,0
Ecoles/crèches (2)	13,0	4,6	9,2	0,6	1,4	0,4	0,7	0,3	0,8	6,2	8,0	0,8	0,3	2,8	0,1	12,0	1,4	27,3	60,4	61,7
Internats&FAM (1)	12,4	3,2	6,9	0,5	1,3	1,3	4,7	1,9	0,5	4,1	3,2	0,2	1,0	34,7	0,1	7,7	0,5	6,9	8,0	33,2
Logements (7)	20,9	13,2	46,2	1,3	5,1	2,3	5,1	1,7	1,5	39,9	66,0	0,8	5,0	0,5	0,5	10,0	1,2	18,4	28,1	183,9
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de la fréquence de balayage humide au cours de la semaine de mesure

Fréquence	formal-déhyde	acétal-déhyde	hexanal	benzène	toluène	éthyl-benzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
jamais	16,6	9,0	49,8	0,4	2,7	2,4	6,3	2,3	1,1	16,8	77,7	0,8	4,3	0,6	0,4	15,2	2,0	58,8		26,3
pas d'informations	22,1	7,9	19,5	0,7	2,7	0,5	0,9	0,7	0,9	18,7	53,0	0,7	0,5	5,2	0,8	10,8	1,1	14,2	40,8	94,4
plusieurs fois / semaine	14,4	6,4	18,4	0,7	3,3	1,7	4,7	1,6	0,9	29,6	36,3	0,7	3,4	12,7	0,1	11,2	0,8	12,1	30,9	76,3
tous les jours	16,3	7,6	19,9	1,0	3,1	1,2	2,9	2,2	2,0	8,3	18,7	0,7	1,0	1,6	0,3	10,8	1,1	29,1	43,1	105,7
une fois / semaine	20,0	13,5	46,0	1,5	4,6	1,8	4,1	1,5	1,5	42,9	51,0	1,4	3,8	0,8	0,5	11,0	1,1	21,0	44,4	214,6
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de la fréquence de balayage sec et aspiration au cours de la semaine de mesure

Fréquence	formal-déhyde	acétal-déhyde	hexanal	benzène	toluène	éthyl-benzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
jamais	16,2	10,8	49,9	0,3	1,2	0,4	1,1	0,5	0,8	6,9	66,6	0,2	2,1	0,7	0,1	4,9	4,0			
pas d'informations	22,1	7,9	19,5	0,7	2,7	0,5	0,9	0,7	0,9	18,7	53,0	0,7	0,5	5,2	0,8	10,8	1,1	14,2	40,8	94,4
plusieurs fois / semaine	17,8	8,5	28,6	0,9	3,9	1,9	4,7	1,7	1,2	33,9	40,2	1,3	3,6	0,9	0,2	13,0	1,3	17,0	45,2	94,9
tous les jours	15,9	9,4	29,7	1,2	3,4	1,5	3,9	1,7	1,4	27,0	28,5	0,6	2,4	11,9	0,4	9,6	0,7	25,3	28,3	186,3
une fois / semaine	14,9	9,4	22,0	0,7	4,7	2,0	4,8	1,6	1,5	29,7	108,3	1,3	4,8	0,7	0,2	11,6	0,9	16,0	37,5	119,3
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de la fréquence d'ouverture des ouvrants extérieurs																				
Fréquence	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
jamais d'ouverture (37 mesures)	15,9	8,8	22,5	0,9	3,5	1,8	4,8	2,1	1,4	26,1	33,2	0,8	3,3	10,2	0,2	10,3	1,0	13,4	33,6	107,2
pas d'information (12 mesures)	15,9	8,6	20,3	0,7	2,6	0,4	0,9	0,5	0,7	22,3	61,2	0,5	0,4	2,9	1,0	13,1	0,8	13,4	24,2	78,5
ouverture – 1h/ jour (10 mesures)	20,5	10,6	25,1	1,5	3,7	1,3	2,7	1,2	1,4	26,9	27,5	2,6	1,7	0,9	0,2	11,3	2,4	22,5	51,9	119,1
ouverture + 1h/ jour (31 mesures)	20,1	8,2	34,7	0,9	3,7	1,4	3,3	1,2	1,2	31,2	51,1	0,7	2,8	3,6	0,4	11,0	0,8	25,0	39,5	155,5
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Tableaux des indicateurs liés à la composition du bâtiment

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de la composition du sol de la pièce

Composition du sol	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
bois (10 mesures)	17,8	13,8	57,8	0,9	4,1	1,8	3,9	1,5	1,3	37,2	57,7	0,7	2,7	0,4	0,2	9,8	1,6			
carrelage/béton (17 mesures)	16,0	9,6	33,1	1,3	4,1	2,0	4,3	1,6	1,6	33,2	66,8	1,8	4,2	1,7	0,6	11,4	0,8	21,9	45,2	187,9
synthétique (63 mesures)	18,4	7,7	20,0	0,8	3,1	1,1	3,0	1,4	1,1	23,9	35,6	0,6	2,0	7,6	0,4	11,3	1,0	17,9	36,0	97,0
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de la composition des murs de la pièce

Composition des murs	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
bois (2)	25,0	25,4	46,1	1,3	6,4	1,5	3,7	1,2	1,4	90,9	29,5	0,5	4,5	0,4	0,1	7,9	1,0			
papier peint (6)	51,1	9,1	33,9	0,9	3,8	0,4	0,9	1,2	0,5	5,6	36,1	0,4	0,5	11,1	2,8	8,3	0,7	8,5	13,3	154,2
peinture (87)	16,5	8,4	26,0	0,9	3,3	1,4	3,5	1,4	1,2	27,0	44,5	0,9	2,5	5,7	0,3	11,4	1,1	19,6	40,5	123,0
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de la composition du plafond de la pièce																				
Composition du plafond	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xyliènes	o-xyliène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
bois (8 mesures)	40,7	15,6	38,7	1,0	4,4	0,7	1,6	1,2	0,7	26,9	34,5	0,4	1,5	8,4	2,1	8,2	0,8	8,5	13,3	154,2
faux plafond (13 mesures)	18,3	6,2	11,2	1,3	3,5	1,4	2,9	2,1	2,6	6,7	6,3	2,3	1,3	4,3	0,4	10,5	1,3	22,4	47,9	108,2
métal (8 mesures)	9,0	5,0	13,0	0,5	1,7	1,7	6,0	2,1	0,8	69,1	7,0	0,1	4,4	0,2	0,1	15,6	0,3	4,1	11,9	75,5
peinture (66 mesures)	17,1	9,2	30,6	0,9	3,4	1,4	3,3	1,2	1,0	25,9	57,0	0,7	2,6	7,0	0,3	11,1	1,1	20,7	39,3	131,9
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,4	1,4	1,2	27,0	43,7	0,9	2,4	6,0	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Concentration moyenne ou valeur moyenne en fonction de l'ossature du bâtiment																				
Ossature	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xyliènes	o-xyliène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
C moyennes	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
bois (55)	21,1	11,5	39,7	1,0	4,1	1,3	3,0	1,2	1,1	31,9	64,3	0,6	2,3	2,2	0,6	10,9	1,1	17,4	34,4	154,3
minéral (40)	13,9	5,5	11,2	0,8	2,4	1,4	3,8	1,7	1,3	20,8	16,9	1,1	2,4	9,7	0,2	11,4	0,9	20,2	44,7	87,8
Moyenne générale	17,9	8,8	26,7	0,9	3,4	1,4	3,3	1,4	1,2	27,2	44,0	0,8	2,3	5,7	0,4	11,1	1,0	18,7	38,7	124,8

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2

Tableau des indicateurs liés au mode de chauffage (combustible) et sa localisation

Concentration <u>moyenne</u> ou valeur <u>moyenne</u> en <u>période hivernale</u> en fonction du <u>combustible</u> utilisé pour le <u>chauffage</u> et sa localisation																				
Localisation et combustible	formaldéhyde	acétaldéhyde	hexanal	benzène	toluène	éthylbenzène	m+p-xylènes	o-xylène	styrène	limonène	pinène	hexane	décane	1-méthoxy-2-propanol	PCE	NO2	ICÔNE	PM2,5	PM10	Naphtalène
Dans le volume mesuré (tout combustible hors poêle à bois) (1 mesure)	9,8	3,5	6,8	1,6	2,4	0,9	1,7	0,6	3,4	4,6	3,0	1,3	0,4	4,0	0,2	9,1	1,0	18,4	3,9	49,4
Hors du volume mesuré (tout combustible hors poêle à bois) (39 mesures)	14,7	7,9	17,6	1,3	3,5	0,9	2,4	1,4	1,2	26,8	43,4	1,4	1,3	15,8	0,8	12,4	1,4	21,6	45,1	135,6
Poêle dans le volume mesuré (9 mesures)	17,0	15,4	47,1	2,3	5,7	1,9	4,0	1,7	1,7	91,5	86,4	0,9	3,4	0,6	0,8	12,7	0,6	18,4	30,3	398,7
Moyenne générale	15,0	9,4	23,7	1,5	3,9	1,1	2,7	1,5	1,4	39,5	51,3	1,3	1,7	13,9	0,8	12,4	1,3	21,1	39,5	192,4

« Polluants non retenus »

Code couleur utilisé : < vRef 1, entre vRef1 et vRef 2, > vRef2