

Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR



Air intérieur Réseau EQAIR

Constitution d'un réseau régional
de compétences en air intérieur

www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

SOMMAIRE

1. CONSTITUTION D'UNE COMPETENCE REGIONALE - RESEAU EQAIR.....	4
1.1. CONTEXTE.....	4
1.2. RESEAU EQAIR (EXPERT QUALITE DE L'AIR INTERIEUR).....	5
1.3. OBJECTIFS.....	6
2. OBJECTIF OPERATIONNEL - METHODOLOGIE.....	7
2.1. EXPERIMENTATIONS.....	7
2.1.1. REPERAGE SUR SITE	7
2.1.2. METHODOLOGIE DE MESURE	8
2.1.3. TESTS DE MATERIELS DE MESURE	22
2.1.4. ANALYSE ET RESTITUTION DES RESULTATS	24
2.2. RECHERCHE FONDAMENTALE ET ETUDES APPLIQUEES.....	25
2.2.1. POLLUANTS CHIMIQUES	25
2.2.2. BIOCONTAMINANTS.....	26
3. LES BATIMENTS ECHANTILLONNES	27
3.1. SIEGE D'AGGLOMERATION D'AUBAGNE	27
3.2. CRECHE LA MAISONNETTE – MARSEILLE	28
3.3. ECOLE SCHEPPLER – AVIGNON	28
3.4. LYCEE VICTOR HUGO – MARSEILLE	29
3.5. ECOLE INTERNATIONALE DE MANOSQUE (PARTIE LYCEE).....	29
4. RESULTATS.....	30
4.1. EXPERTISE DU BATIMENT ET SOCIOLOGIE.....	30
4.2. POLLUTION CHIMIQUE	30
4.2.1. ALDEHYDES	31
4.2.2. NO ₂ ET BTEX.....	32
4.2.3. PM 2,5.....	35
4.2.4. DIOXYDE DE CARBONE.....	36
4.3. BIOCONTAMINANTS.....	37
4.3.1. ALLERGENES	37
4.3.2. MOISSURES	38
4.4. RAYONNEMENTS.....	39
4.4.1. CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES	39
4.4.2. RADIOACTIVITE	39
4.5. PARAMETRES DE CONFORT	39
4.5.1. CONFORT ACOUSTIQUE	39

4.5.2.	CONFORT VISUEL	39
4.5.3.	CONFORT HYGROTHERMIQUE	40
4.5.4.	VENTILATION	41
4.6.	PRECONISATIONS : L'INTERACTION METROLOGIE / MESURES PONCTUELLES / EXPERTISE DU BATIMENT / SOCIOLOGIE	41
5.	BILAN ET PERPECTIVES.....	42
5.1.	RETOUR D'EXPERIENCE SUR LA METHODOLOGIE D'INTERVENTION INITIALE.....	42
5.1.1.	PRE-DIAGNOSTIC	42
5.1.2.	MESURES PONCTUELLES	42
5.1.3.	MESURES CHIMIQUES	42
5.1.4.	BIO CONTAMINANTS.....	43
5.1.5.	EXPERIENCE DU RESEAU.....	43
5.2.	EVOLUTIONS PROBABLES DE LA METHODOLOGIE	43
5.3.	AUTRES MISSIONS DU RESEAU	44
5.3.1.	SITE INTERNET DU RESEAU EQAIR	44
5.3.2.	SEMINAIRES AIR INTERIEUR.....	45
5.3.3.	SENSIBILISATIONS AIR INTERIEUR	45
5.3.4.	DEVELOPPEMENT DE SUPPORTS D'INFORMATION THEMATIQUES.....	45
6.	CONCLUSION.....	46

ANNEXES

ANNEXE 1 : PARAMETRES INITIALEMENT IDENTIFIES

ANNEXE 2 : PROTOCOLE POUR LE PRE-DIAGNOSTIC DES BATIMENTS

ANNEXE 3 : LISTE DES COV MESURES PAR CANISTER

ANNEXE 4 : NOTE D'INFORMATION SIEGE D'AGGLOMERATION D'AUBAGNE

ANNEXE 5 : NOTE D'INFORMATION CRECHE LA MAISONNETTE MARSEILLE

ANNEXE 6 : NOTE D'INFORMATION ECOLE SCHEPPLER AVIGNON

ANNEXE 7 : NOTE D'INFORMATION LYCEE VICTOR HUGO MARSEILLE

ANNEXE 8 : NOTE D'INFORMATION ECOLE INTERNATIONALE DE MANOSQUE

ANNEXE 9 : DETAIL DES RESULTATS DES CONCENTRATIONS EN ALLERGENES

FIGURES

Figure 1 : Organisation initiale des tâches au sein du réseau EQAIR.....	6
Figure 2 : Exemple de tubes à diffusion passive (Radiello 165 à gauche, Radiello 145 à droite).....	9
Figure 3 : Système de prélèvement d'air - Canister	12
Figure 4 : Appareil de mesure de particule fines – PdR 1500.....	13
Figure 5 : Echantillonneur passif de NO ₂ - Passam	13
Figure 6 : Appareil de mesure Q-Track TSI (CO ₂ , CO, température, humidité relative).....	14
Figure 7 : Appareillages de mesure du formaldéhyde - Profil'Air	23
Figure 8 : Balise de mesure Fireflies QEI	24
Figure 9 : Siège d'agglomération d'Aubagne.....	27
Figure 10 : Crèche La Maissonnette - Marseille	28
Figure 11 : Ecole Scheppler - Avignon	28
Figure 12 : Lycée Victor Hugo - Marseille.....	29
Figure 13 : Ecole Internationale - Manosque	29
Figure 14 : Moyennes annuelles en NO ₂ , BTEX, aldéhydes et PM 2,5 de l'ensemble des établissements échantillonnés	30
Figure 15 : Moyennes annuelles en NO ₂ , BTEX, aldéhydes et PM 2,5 par établissement.....	31
Figure 16 : Moyennes annuelles en formaldéhyde par salle et par établissement.....	31
Figure 17 : Moyennes annuelles intérieures et extérieures en NO ₂ et BTEX de l'ensemble des établissements échantillonnés.....	32
Figure 18 : Moyennes annuelles en NO ₂ par salle et par établissement.....	33
Figure 19 : Moyennes annuelles en benzène par salle et par établissement.....	34
Figure 20 : Moyennes annuelles en PM 2,5 par salle et par établissement.....	35
Figure 21 : Concentrations maximums observées en CO ₂ par salle et par établissement	36
Figure 22 : Résultats de mesures estivales des allergènes dans le lycée de Manosque.....	37
Figure 23 : Résultats de la charge fongique des 5 bâtiments étudiés.....	38
Figure 24 : Températures mesurées ponctuellement dans chaque établissement.....	40
Figure 25 : Humidité mesurée ponctuellement dans chaque établissement	40
Figure 26 : Site internet du Réseau EQAIR www.airinterieurpaca.org	44

TABLEAUX

Tableau 1 : Rôle des membres du réseau EQAIR.....	5
Tableau 2 : Valeurs de références réglementaires du formaldéhyde	9
Tableau 3 : Valeurs de références non réglementaires du formaldéhyde	10
Tableau 4 : Valeurs de référence réglementaires du benzène en air intérieur	11
Tableau 5 : Valeurs de références non réglementaires du benzène en air intérieur.....	11
Tableau 6 : Valeurs repère en PM 10 et PM 2,5.....	12
Tableau 7 : Indices de qualité de l'air selon les concentrations maximales en CO ₂ (Norme NF ISO 13779)	14
Tableau 8 : Valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le monoxyde de carbone.....	15

1. CONSTITUTION D'UNE COMPÉTENCE REGIONALE - RESEAU EQAIR

1.1. CONTEXTE

Il est reconnu que la santé de l'homme et les expositions environnementales sont étroitement liées. L'exposition à la pollution de l'air intérieur des bâtiments est importante à considérer puisque nous passons la majorité de notre temps dans des espaces clos ($\approx 90\%$). L'air intérieur est souvent plus pollué que l'air extérieur. Ce dernier - chargé de polluants atmosphériques - s'ajoute aux polluants spécifiques de l'intérieur. Ce « cocktail » de polluants est susceptible d'engendrer une exposition par inhalation, ingestion et voie cutanée pouvant entraîner une multitude de symptômes à court et long terme :

- à court terme : céphalées, éruptions cutanées, maux de tête, fatigue et vertiges,
- à long terme : affections respiratoires, asthme, allergies, irritations des muqueuses, douleurs musculaires et articulaires, nausées voire des troubles neurologiques, des troubles de reproduction ou de développement ainsi que des effets cancérogènes.

Les sources d'émission de polluants peuvent être multiples :

- environnement extérieur (air ambiant, sols) ;
- les occupants et leurs activités ;
- bâtiment (matériaux, systèmes, équipements).

La chimie des ambiances intérieures est complexe puisqu'aux diverses émissions s'ajoutent :

- les phénomènes d'adsorption/désorption à la surface des matériaux ;
- la production de polluants secondaires liée aux réactions chimiques des polluants entre eux.

Depuis quelques années, la qualité de l'air intérieur (QAI) est devenue un enjeu de santé publique dans de nombreux pays. En France, cette problématique a été intégrée dans le PNSE ¹. Les objectifs de ce plan sont :

- mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur et,
- initier une démarche d'étiquetage sanitaire des matériaux de construction et de décoration.

Cette dynamique a été confirmée dans la loi Grenelle 1 dont certains engagements ont été déclinés dans des actions du PNSE II : (diminution de la pollution particulaire, étude des déterminants et de l'état des pollutions intérieures, mise en place d'un étiquetage sanitaire et la surveillance de la qualité de l'air intérieur de 300 écoles et crèches). Le PNSE II a été décliné régionalement en PRSE II². La loi Grenelle 2 prévoit entre autres des actions d'ores et déjà confirmées par décrets : l'étiquetage sanitaire des produits de construction et de décoration³ et la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public, avec comme première échéance le 1^{er} janvier 2015 pour les établissements d'accueil d'enfants de moins de six ans⁴.

L'OOAI⁵, missionné par les pouvoirs publics a pour but de faire avancer les connaissances sur la pollution intérieure par le biais, entre autres, de campagnes nationales de mesures. La première campagne à grande

¹ Plan national santé environnement

² Plan régional santé environnement

³ Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils

⁴ Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

⁵ Observatoire de la qualité de l'air intérieur

échelle concernant 567 logements en France de 2003 à 2005 a montré que l'air des bâtiments était globalement plus pollué que l'air extérieur.

Enfin, des valeurs guides de l'air intérieur – VGAI - ⁶ et des valeurs de gestion⁷ sont proposées respectivement par l'ANSES⁸ et par le HCSP⁹. Celles-ci sont devenues indispensables dans l'interprétation des résultats de mesure mais ne concernent encore que trop peu de substances polluantes.

L'OMS¹⁰ définit la santé comme un « état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». Outre la qualité de l'air intérieur, les paramètres de confort hygrométrique, acoustique, visuel et olfactif ainsi que l'environnement électromagnétique et l'impact psychosociologique sont des paramètres essentiels pour la santé et le bien-être des occupants d'une ambiance intérieure.

Les demandes réglementaires, sociétales, sanitaires conduisent ainsi inéluctablement au renforcement des études et travaux relatifs à la qualité de l'air intérieur.

1.2. RESEAU EQAIR (EXPERT QUALITE DE L'AIR INTERIEUR)

Dans ce contexte, le réseau EQAIR - expert qualité de l'air intérieur- s'est constitué en s'appuyant sur les premières réalisations de l'appel à projets AGIR/PREBAT « 100 bâtiments exemplaires » avec un soutien du conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur puis de l'ARS¹¹/DREAL (cadre PRSE 2). Le but de cette initiative est de regrouper en région PACA l'expertise des différentes disciplines intervenant sur l'air intérieur (bâtiment, chercheur, médecin, métrologue, sociologue...) pour construire une approche commune du sujet et conduire des expérimentations sur des bâtiments dans le but d'améliorer la prise en compte effective de l'air intérieur dans les processus de construction et de réhabilitation de bâtiments performants sur le plan énergétique.

Les membres du réseau et leur rôle sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Membres	Rôle dans le réseau EQAIR
Air PACA (association agréée de surveillance de la qualité de l'air)	animation du réseau et mesures des polluants chimiques
Envirobot Méditerranée, professionnels du bâtiment	analyse spécifique des bâtiments et mesures de confort hygrothermique, acoustique, visuel ainsi que des rayonnements
Faculté de Médecine, Laboratoire de parasitologie, Conseil habitat santé	mesures des bio-contaminants
Faculté de Pharmacie / Association pour la prévention de la pollution atmosphérique	expertise en métrologie et en conception de questionnaires
Université de Provence, Laboratoire Population Environnement Développement	analyse des usages et perceptions du bâtiment
Laboratoire de Chimie Environnement	programme de recherche fondamentale et d'études appliquées en lien avec les polluants chimiques intérieurs

Tableau 1 : Rôle des membres du réseau EQAIR

⁶ Valeur numérique associée à un temps d'exposition correspondant à une concentration dans l'air d'une substance chimique en dessous de laquelle aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé

⁷ Valeurs guides de l'air intérieur : valeur repère (en dessous de laquelle il n'y a pas d'action spécifique à engager à court terme), valeur d'information et de recommandations (niveau de contamination qui ne doit pas être dépassé dans un local habité), valeur d'action rapide (niveau de concentration tel que des travaux et actions d'amélioration sont nécessaires à court terme afin d'identifier les sources de pollution et de les neutraliser)

⁸ Agence nationale de sécurité sanitaire

⁹ Haut conseil de santé publique

¹⁰ Organisation mondiale de la santé

¹¹ Agence régionale de santé

1.3. OBJECTIFS

Les objectifs stratégiques du réseau sont les suivants :

- Développer et partager les savoirs et savoir-faire, les méthodes et les pratiques sur l'air intérieur, avec une approche pluridisciplinaire (bâtiment, santé, énergie...) et intégrant le double enjeu énergie-climat et air-santé ;
- Sensibiliser et accompagner les acteurs du bâtiment (maîtres d'ouvrages et gestionnaires, professionnels et utilisateurs) pour la mise en œuvre des bonnes pratiques de prévention de la pollution de l'air intérieur dans la construction et la réhabilitation ;
- Répondre à des incertitudes scientifiques spécifiques.

Les objectifs opérationnels du réseau sont les suivants :

- Construire une méthodologie d'intervention et de concertation sur les bâtiments, reprenant les travaux de l'OQAI, incluant une phase d'analyse et une phase de préconisations ;
- Mettre en œuvre et expérimenter la méthodologie sur des bâtiments « exemplaires » en matière de performance énergétique et de qualité environnementale et sur des bâtiments standards ;
- Améliorer et développer des outils permettant de sensibiliser et accompagner pour des bonnes pratiques dans les projets de bâtiments.

Cet aspect opérationnel est soutenu par un aspect orienté étude / développement, afin de compléter les connaissances et moyens d'expertises nécessaires à la bonne compréhension de la qualité de l'air intérieur, en particulier les problèmes liés au contexte local (rôle de la photochimie, spécificités du bâtiment méditerranéen).

La méthodologie proposée pour l'expertise du bâtiment vise à étudier des paramètres qui ne sont pas stricto sensu liés à l'air intérieur (champs électromagnétiques, éclairage, radioactivité, ...). L'objectif est d'expertiser un faisceau de paramètres très larges liés au bâti et aux usages. Ces observations doivent permettre de relier les résultats issus de la métrologie avec les observations faites sur le terrain et ainsi préconiser les solutions les plus adaptées pour améliorer la qualité de l'air intérieur de chaque bâtiment.

Les paramètres étudiés sont présents en annexe 1.

L'organisation initiale des tâches au sein du réseau EQAIR est la suivante :

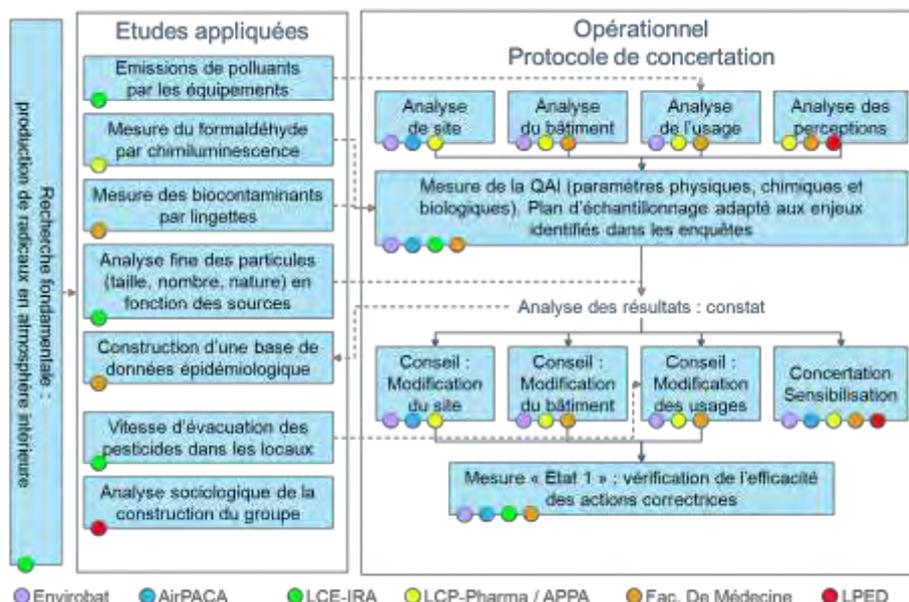


Figure 1 : Organisation initiale des tâches au sein du réseau EQAIR

2. OBJECTIF OPERATIONNEL - METHODOLOGIE

L'objectif opérationnel du réseau EQAIR est de développer une méthodologie d'évaluation la plus large possible de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment et de la tester sur des bâtiments de la région PACA.

Ce projet s'intègre dans le programme du conseil régional AGIR, l'expérimentation de cette méthodologie a donc concerné des bâtiments exemplaires sur le plan énergétique participant à ce programme ainsi que des bâtiments considérés comme standards.

Initialement trois typologies de bâtiment étaient visées :

- Etablissements scolaires (école ou crèche) ;
- Bâtiments administratifs ;
- Bâtiments de logements.

En raison de difficultés pour trouver des logements participant au programme AGIR, ces derniers ont été remplacés par des lycées.

2.1. EXPERIMENTATIONS

2.1.1. REPERAGE SUR SITE

Toute campagne de mesure doit être précédée par une visite des locaux avec une analyse préalable des plans des bâtiments. Ceci permet la mise en place d'une stratégie d'échantillonnage adaptée et l'établissement d'un pré-diagnostic qui s'appuie sur les données du site (orientation, situation, météorologie, particularités sociales, nature du sol, végétation...).

Les mesures effectuées doivent être les plus représentatives possibles de l'ensemble du bâtiment tout en permettant une mise en évidence de sources de pollution et d'inconfort potentielles, afin d'améliorer des conditions de vie des occupants. Il est nécessaire de tenir compte de tous ces facteurs pour une bonne évaluation de la qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment.

L'analyse du bâti ne pouvant matériellement pas être réalisée d'une manière exhaustive, le protocole utilisé sert donc à définir un zonage. Celui-ci privilégie des locaux à expertiser, d'une part en mettant en perspective l'organisation du site et les influences environnementales proches ou lointaines (cartes d'analyse de site pour chaque lieu), et d'autre part par l'expression orale des utilisateurs que doivent confirmer les mesures objectives.

A. PRE-DIAGNOSTIC

Le pré-diagnostic des bâtiments est réalisé par Envirobat en appliquant le protocole présenté en annexe 2. Ce dernier permet d'identifier les problématiques particulières et les locaux concernés. Cette expertise vise à disposer d'éléments d'explication des résultats d'analyses.

Le pré-diagnostic d'un bâtiment consiste à :

- décrire le bâtiment et son environnement proche ;
- décrire chaque pièce retenue dans le cadre de l'échantillonnage ;
- inventorier les systèmes de chauffage et ventilation ;
- documenter les usages (activités, produits) eu égard à des impacts possibles sur la qualité de l'air intérieur ;
- fournir les premiers éléments d'explication des niveaux de concentration ou de confinement élevés qui pourront être mesurés dans les salles instrumentées.

B. ANALYSE DES USAGES ET PERCEPTIONS

En parallèle du pré-diagnostic du bâtiment, une analyse sociologique des usages et perceptions des occupants est réalisée afin de prendre en compte l'avis des occupants. Ce dernier est essentiel à l'évaluation de la qualité sanitaire du bâtiment. Connaître les pratiques des utilisateurs permet de mettre en évidence d'éventuels usages particuliers et d'identifier les besoins des utilisateurs. L'analyse des perceptions permet d'obtenir le ressenti des usagers en lien avec le confort et la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

Ce retour d'information est réalisé par le biais de questionnaires et d'entretiens informels des occupants volontaires.

C. STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Le pré-diagnostic et l'analyse des usages et perceptions servent de données d'entrée à la mise en place de la stratégie d'échantillonnage. Celle-ci doit être la plus représentative de l'ensemble du bâtiment tout en pouvant mettre en évidence d'éventuelles zones particulières.

2.1.2. METHODOLOGIE DE MESURE

A. PERIODES DE MESURE

Les concentrations intérieures de certains polluants sont dépendantes des paramètres hygrothermiques des bâtiments. Afin que les mesures soient caractéristiques d'une exposition annuelle, les campagnes de mesure d'une semaine sont réalisées à deux périodes de l'année :

- une campagne estivale, hors chauffe entre mi-avril et mi-octobre ;
- une campagne hivernale, période de chauffe entre novembre et février.

Les campagnes de mesures sont réalisées en période d'occupation habituelle des locaux, reflet des conditions réelles d'exposition.

B. PARAMETRES MESURES

La méthodologie développée par le réseau EQAIR se doit d'être la plus exhaustive possible dans la limite des connaissances scientifiques, tout en ne perdant pas de vue les paramètres humains comportementaux. Les paramètres ainsi observés couvrent un large champ, des polluants physiques, chimiques et biologiques en passant par les débits de ventilation et indice de confinement jusqu'à l'acoustique, l'éclairage, les paramètres hygrothermiques, la radioactivité et les champs électromagnétiques. Ces mesures, riches en informations, permettent une approche globale et notamment sanitaire des bâtiments.

Pollution chimique

ALDEHYDES

Les aldéhydes représentent une des familles de COV¹² les plus présentes à l'intérieur des bâtiments. Certains d'entre eux sont classés par le CIRC¹³ comme cancérigène certain pour le formaldéhyde et cancérigène possible pour l'acétaldéhyde. L'acroléine est considérée comme l'un des plus puissants irritants des voies respiratoires.

Dans l'atmosphère, les aldéhydes proviennent principalement de la circulation automobile et des réactions photochimiques entre les hydrocarbures et les oxydants atmosphériques. A l'intérieur des locaux, leurs sources sont nombreuses et diverses. Pour le formaldéhyde, la contribution est essentiellement intérieure et représente l'un des polluants les plus fréquemment rencontrés dans les bâtiments en raison de sa vaste utilisation dans la fabrication de très nombreux produits.

¹² Composés organiques volatils

¹³ Centre International de Recherche contre de Cancer

Modalités de mesure

L'évaluation de l'exposition annuelle aux aldéhydes se réalise au moyen de tubes à diffusion passive spécifiques (Radiello 165) aux aldéhydes installés au cours des deux périodes et analysés en laboratoire.



Figure 2 : Exemple de tubes à diffusion passive (Radiello 165 à gauche, Radiello 145 à droite)

Les prélèvements et analyses sont réalisés selon les bonnes pratiques en vigueur (Norme NF EN ISO 16000-4)¹⁴. La concentration annuelle retenue correspond à la moyenne des concentrations obtenues lors des deux périodes.

Les composés mesurés sont les suivants :

- formaldéhyde ;
- acétaldéhyde ;
- propionaldéhyde ;
- butyraldéhyde ;
- benzaldéhyde ;
- isovaléraldéhyde ;
- valéraldéhyde.

La mesure de l'acroléine a été ajoutée par la suite à la liste en raison de son impact sanitaire et de l'intérêt porté par les instances sanitaires.

Valeurs de référence

Le formaldéhyde est l'un des polluants intérieurs possédant le plus de valeurs de références (valeurs réglementaires, valeurs sanitaires et valeurs de gestion).

Pour les valeurs réglementaires, il existe des valeurs guides¹⁵ et des valeurs d'investigations complémentaires¹⁶ issues de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur des établissements recevant du public.

Substances	CAS (Chemical Abstract Service) ¹⁷	Valeur guides		Valeur d'investigations complémentaires
Formaldéhyde	50-00-0	30 µg/m ³ (01/01/2015)	10 µg/m ³ (01/01/2023)	100 µg/m ³

Tableau 2 : Valeurs de références réglementaires du formaldéhyde

¹⁴ NF ISO 16000-4 avril 2006 (Air intérieur, Partie 4 : Dosage du formaldéhyde-Méthode par échantillonnage diffusif)

¹⁵ Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène

¹⁶ Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public

¹⁷ Chemical Abstract Service : Numéro d'identification unique international des substances chimiques

Il existe d'autres valeurs de références :

- l'**ANSES** propose des VGAI¹⁸ basées sur des critères sanitaires, qui correspondent à des **objectifs à atteindre idéalement**.
- le **HCSP** propose des valeurs de gestion (valeur repère, valeur d'information et recommandation, valeur d'action rapide)¹⁹ plus adaptées à la **gestion des cas** dans le cadre d'une amélioration progressive de l'état de la QAI en France.

		VGAI (ANSES)	Valeur repère (HCSP)	Valeur d'information et recommandation (HCSP)	Valeur d'action rapide (HCSP)
Formaldéhyde	Exposition long terme	10 µg/m ³	30 µg/m ³ (2009) 20 µg/m ³ (2014) 10 µg/m ³ (2019)	50 µg/m ³	100 µg/m ³

Tableau 3 : Valeurs de références non réglementaires du formaldéhyde

Lors des expérimentations, pour les autres aldéhydes, il n'existait pas de valeurs références autres que des valeurs limites d'exposition de courte et de longue durée recommandées par la réglementation du travail. Celles-ci ne correspondent aux situations d'expositions chroniques dans des bâtiments. Seule la comparaison aux valeurs habituellement rencontrées permet d'interpréter les résultats de mesure.

Depuis avril 2013, l'**ANSES** a proposé une VGAI pour l'**acroléine** de **0,8 µg/m³** pour une exposition annuelle.

BTEX

BTEX est un terme utilisé pour désigner les composés chimiques suivants : Benzène (B), Toluène (T), Éthylbenzène (E) et Xylènes (X) : composés organiques volatils de la famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques.

Parmi les hydrocarbures aromatiques, le benzène, classé cancérigène certain (groupe 1) par le CIRC, est couramment rencontré dans les bâtiments. La principale raison est une importante contribution extérieure puisque principalement issu de combustions et notamment du trafic routier. Cependant, des sources intérieures sont possibles : fumée de cigarette, produits de bricolage, ameublement, produits de construction et décoration, encens et bougies parfumées, désodorisants liquides.

Le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes sont présents dans de nombreux produits ménagers : peintures, encres, adhésifs, agents de nettoyage, produits pharmaceutiques, cosmétiques, pesticides...

Modalités de mesure

L'évaluation de l'exposition à long terme aux BTEX se réalise au moyen de tubes à diffusion passive spécifiques installés au cours des deux périodes de mesure à l'intérieur et l'extérieur des bâtiments. Ils sont ensuite analysés en laboratoire selon les bonnes pratiques en vigueur (norme NF ISO 16017-2)²⁰. La concentration annuelle retenue correspond à la moyenne des concentrations obtenues lors des deux périodes.

¹⁸ http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/815908201109553246969584471508/VGAI_formaldehyde.pdf

¹⁹ http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcsp20091013_airesclosForm.pdf

²⁰ NF EN ISO 16017-2 octobre 2003 (Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail-Echantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire, Partie 2 : Echantillonnage par diffusion)

Valeurs de référence

Pour le benzène en air intérieur, il existe respectivement depuis décembre 2011 et janvier 2012 des valeurs guides²¹ et des valeurs d'investigations complémentaires²² issues de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur des établissements recevant du public.

Substances	CAS (Chemical Abstract Service) ²³	Valeur guides		Valeur d'investigations complémentaires
Benzène	71-43-2	5 µg/m ³ (01/01/2013)	2 µg/m ³ (01/01/2016)	10 µg/m ³

Tableau 4 : Valeurs de référence réglementaires du benzène en air intérieur

Il existe d'autres valeurs référence en air intérieur :

- l'ANSES propose des VGAI basées sur des critères sanitaires, qui correspondent à des **objectifs à atteindre idéalement**.
- le HCSP propose des valeurs de gestion (valeur repère, valeur d'action rapide)²⁴ plus adaptées à la **gestion des cas** dans le cadre d'une amélioration progressive de l'état de la QAI en France.

		VGAI (ANSES)	Valeur repère (HCSP)	Valeur d'action Rapide (HCSP)
Benzène	Exposition long terme	2 µg/m ³	5 µg/m ³ (2010) 4 µg/m ³ (2013) 3 µg/m ³ (2014) 2 µg/m ³ (2015)	10 µg/m ³ (2010)

Tableau 5 : Valeurs de références non réglementaires du benzène en air intérieur

Pour l'air extérieur, il existe deux valeurs réglementaires²⁵ :

- objectif de qualité : 2 µg/m³ en moyenne annuelle civile ;
- valeur limite pour la protection de la santé humaine : 5 µg/m³ en moyenne annuelle civile.

AUTRES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

La famille chimique des composés organiques volatils est composée de nombreuses molécules dont certaines peuvent présenter une toxicité. Il est donc important de pouvoir mesurer d'autres COV que les aldéhydes et les BTEX. Certains d'entre eux peuvent être mesurés grâce à d'autres moyens de prélèvements

Modalités de mesure

Les COV complémentaires sont prélevés à l'aide d'un canister : bonbonne sous vide. Lors de l'ouverture du canister, la différence de pression laisse entrer l'air jusqu'à égalisation des pressions. Une fois fermé, le prélèvement d'air est analysé en laboratoire.

²¹ Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène

²² Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuée au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public

²³ Chemical Abstract Service : Numéro d'identification unique international des substances chimiques

²⁴ http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcspr20100616_benzenespclos.pdf

²⁵ Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air



Figure 3 : Système de prélèvement d'air - Canister

Les substances mesurées dépendent des capacités analytiques du laboratoire. Lors du développement de la méthodologie de mesure une liste des 41 COV était disponible (cf. annexe 3).

PARTICULES FINES

Les particules fines sont des « poussières » solides ou hydratées en suspension dans l'air. Elles constituent un ensemble vaste et hétérogène de substances organiques, inorganiques, minérales, ioniques, primaires, secondaires. On distingue les particules selon leur diamètre :

- PM 10 : Particules inférieures à 10 µm ;
- PM 2,5 : Particules inférieures à 2,5 µm ;
- PM 1 : Particules inférieures à 1 µm ;
- Particules ultrafines : Particules inférieures à 100 nm.

De manière générale, plus les particules sont fines plus elles sont toxiques, les plus petites peuvent même passer dans le sang.

Valeurs de référence

Il existe deux valeurs de références pour les particules fines en air intérieur issues des recommandations sanitaires de l'OMS :

- PM 10 : 20 µg/m³ ;
- PM 2,5 : 10 µg/m³.

Depuis juillet 2013 le HCSP a défini les valeurs repères les plus adaptées à la **gestion des cas** dans le cadre d'une amélioration progressive de l'état de la QAI en France :

	PM 10	PM 2,5
Valeur repère (HCSP)	30 µg/m ³ (2015) 27 µg/m ³ (2017) 24 µg/m ³ (2019) 21 µg/m ³ (2021) 18 µg/m ³ (2023) 15 µg/m ³ (2025)	20 µg/m ³ (2015) 18 µg/m ³ (2017) 16 µg/m ³ (2019) 14 µg/m ³ (2021) 22 µg/m ³ (2023) 10 µg/m ³ (2025)

Tableau 6 : Valeurs repère en PM 10 et PM 2,5

Modalités de mesure

Les particules fines sont mesurées à l'aide d'un compteur optique de particules en suspension, le PdR 1500 (Thermo Scientific). Il permet de mesurer au cours du temps (mesures toutes les 15 minutes) les PM 10, PM 2,5 et PM 1 de manière non simultanée. Lors de nos expérimentations seules les PM 2,5 sont mesurées car elles représentent les particules fines les plus toxiques et possèdent une valeur de référence.



Figure 4 : Appareil de mesure de particule fines – PdR 1500

DIOXYDE D'AZOTE

Le dioxyde d'azote - NO₂ - provient de la réaction entre le monoxyde d'azote (produit lors de combustions à haute température) et l'oxygène. Les oxydes d'azote en milieu urbain sont liés aux émissions industrielles et au trafic routier. Ils pénètrent facilement dans les bâtiments. La source principale de NO₂ en air intérieur est la pollution extérieure mais les sources internes existent. Elles sont liées aux combustions intérieures : cuisson, chauffage, fumée de tabac, encens...

Valeurs de référence

Lors des expérimentations, il n'existait que deux valeurs guides pour la concentration intérieure en dioxyde d'azote issues des recommandations de l'OMS :

- 40 µg/m³ pour une exposition annuelle ;
- 200 µg/m³ pour une exposition d'une heure.

Depuis février 2013, l'ANSES a proposé une VGAI de **20 µg/m³** pour une exposition annuelle.

Modalités de mesure

L'évaluation de l'exposition à long terme au dioxyde d'azote se réalise au moyen de tubes à diffusion passive spécifiques (Passam) installés au cours de deux périodes (hivernale et estivale) d'une semaine à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. Ils sont ensuite analysés en laboratoire. La concentration annuelle retenue correspond à la moyenne des concentrations obtenues lors des deux périodes.



Figure 5 : Echantillonneur passif de NO₂ - Passam

DIOXYDE DE CARBONE

Le dioxyde de carbone - CO₂ - est un traceur de bio effluents et un excellent indicateur de confinement. Ce gaz est produit par le métabolisme des occupants qui le rejettent dans l'air intérieur par expiration. Sa concentration intérieure dépend du nombre d'occupants, de la durée d'occupation, du volume de la salle et du taux de renouvellement d'air.

Le dioxyde de carbone, sauf à très haute dose, n'est pas toxique en lui-même mais peut provoquer des effets de somnolence au-delà de 1 300 ppm.

Modalités de mesure

Les concentrations en CO₂ sont mesurées, en période d'occupation des locaux, à l'aide d'un analyseur enregistreur en continu le Q-track (TSI). Celui-ci permet d'obtenir une courbe de concentrations au cours du temps (pas de temps de 15 minutes). En parallèle, des mesures ponctuelles de température et d'humidité relative de l'air et des parois, sont réalisées par Envirobat grâce à un Q-track IQA-CALC 7515.



Figure 6 : Appareil de mesure Q-Track TSI (CO₂, CO, température, humidité relative)

Cet appareil permet également la mesure de monoxyde de carbone, de température et d'humidité relative.

Valeurs de référence

Il n'existe pas de seuil réglementaire de concentrations en CO₂. Cependant, une valeur d'investigations complémentaires²⁶ pour un indice de confinement est calculée à partir des taux de CO₂. Cet indice (ICONE), issu de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur des établissements recevant du public, donne une note de 0 - pas de confinement - à 5 - confinement extrême - calculé à partir des fréquences de concentrations supérieures à 1000 ppm et 1700 ppm.

Cet indice de confinement n'existait pas lors des campagnes de mesure, les valeurs de références prises en compte ont donc été les suivantes :

- règlement sanitaire départemental : 1 300 ppm ;
- norme NF ISO 13779 (cf. tableau ci-dessous).

Niveaux de CO ₂ par rapport à l'air extérieur	< 400	400 - 600	600 - 1000	> 1 000
Indice qualité	INT 1 Excellente	INT 2 Moyenne	INT 3 Médiocre	INT 4 Basse

Tableau 7 : Indices de qualité de l'air selon les concentrations maximales en CO₂ (Norme NF ISO 13779)

MONOXYDE DE CARBONE

Le monoxyde de carbone - CO - est un gaz inodore mortel par asphyxie issu de combustions incomplètes : bois, charbon, gaz, essence, fioul, pétrole, tabac, encens. Une attention particulière est portée aux entrées d'air dans les locaux à proximité des productions de gaz de combustion : chaufferies, parking...

²⁶ Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public

Modalités de mesure

La concentration en CO est mesurée à l'aide d'un analyseur enregistreur en continu le Q-track (TSI). Il permet d'obtenir une courbe de concentration au cours du temps (pas de temps de 15 minutes).

Valeurs de référence

Pour le monoxyde de carbone, il existe des valeurs guides et des valeurs réglementaires.

Les valeurs réglementaires concernent les systèmes de chaudière d'une puissance comprise entre 4 et 400 kW²⁷. Une surveillance annuelle de ces installations est obligatoire.

Les valeurs de gestion réglementaires sont les suivantes :

- < 20 ppm : aucune action à mener ;
- entre 20 et 50 ppm : des investigations sont à mettre en œuvre pour réduire les concentrations en monoxyde de carbone ;
- > 50 ppm : arrêt total de l'installation tant que l'origine des dégagements de CO n'est pas identifiée et réparée.

Les VGAI françaises sont les suivantes²⁸ :

	Exposition 8 h	Exposition 1 h	Exposition 30 min	Exposition 15 min
Monoxyde de carbone	10 mg/m ³	30 mg/m ³	60 mg/m ³	100 mg/m ³

Tableau 8 : Valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le monoxyde de carbone

Pollution biologique

ALLERGENES

Un allergène est une substance, une particule, un corps organique (atome, molécule, protéine) capable de provoquer une réaction allergique chez un sujet préalablement sensibilisé lorsqu'il est à son contact (le plus souvent par contact avec la peau, inhalation, ou ingestion).

La réaction allergique est un phénomène pathologique, liée à une hypersensibilité à une substance habituellement sans danger pour la santé. C'est la rencontre entre une protéine allergène et un individu atopique, génétiquement prédisposé à réagir de façon allergique à cette protéine.

Poussière, pollens, spores de moisissures, poils d'animaux sont les allergènes les plus fréquents, bien que de nombreuses autres substances puissent devenir un allergène pour un sujet donné.

On ne devient allergique qu'avec au moins deux contacts avec un allergène.

- Le premier contact n'entraîne aucune réaction visible : les cellules responsables de l'allergie deviennent hypersensibles (par un mécanisme mal connu) à une substance normalement inoffensive.
- Aux contacts suivants, l'allergène entraînera, en se liant aux cellules suscitées, une cascade de réactions aboutissant à une manifestation allergique (du simple rhume des foies au choc anaphylactique, en passant par la crise d'asthme). On parle de « sensibilisation », qui peut être exacerbée par des co-facteurs ou allergies croisées.

²⁷ Arrêtés du 15 septembre 2009 relatif à l'entretien annuel des chaudières dont la puissance nominale est comprise en 4 et 400 kW

²⁸ Valeurs guides de qualité d'air intérieur - Le monoxyde de carbone - ANSES

L'allergie est le plus souvent induite par une protéine porteuse de l'allergène qui rencontre une cellule immunitaire et réagit avec elle : chez le sujet allergique à cet allergène, les cellules responsables de l'allergie (mastocyte en particulier) vont réagir à ce contact (cette étape ne se produit pas chez le sujet sain) et libérer des molécules chimiques responsables des symptômes allergiques : histamine, sérotonine, PAF, leucotriènes, prostaglandines, etc.

L'histamine entraîne en particulier vasodilatation (dilatation des veines et des artères), bronchoconstriction (rétrécissement des bronches), prurit (envie de se gratter), douleur : lorsque ces phénomènes se diffusent au corps entier, on observe un choc anaphylactique, accompagné d'un phénomène d'angoisse (la tension artérielle s'effondre en réponse à la dilatation de tous les vaisseaux, les organes ne sont plus assez perfusés, et la mort survient sauf en cas de traitement précoce).

Des études anglo-saxonnes ont montré une corrélation entre la présence d'allergènes et l'asthme.

Modalités de mesure

Le prélèvement se réalise à l'aide d'un aspirateur au bout duquel est placé un collecteur de poussière avec filtre. L'aspiration dure environ une minute.

La poussière récoltée est alors envoyée en laboratoire pour analyse. Les allergènes sont dosés par méthode Elisa. La liste des allergènes mesurés correspond aux huit allergènes principaux de l'habitat :

- acariens (Der p1, Der f1, Mite gr2) ;
- blattes (Bla g2) ;
- chats (Fel d1) ;
- chiens (Can f1) ;
- souris (Mus m1) ;
- rats (Rat n1).

Valeurs de référence

Allergènes d'acariens : seuil proposé de 2 microgrammes/gramme pour la sensibilisation et 10 microgrammes pour les réactions cliniques.

Allergènes blattes : taux de sensibilisation : 2 UI/gramme²⁹.

Allergènes chats et chiens : seuil de sensibilisation de 1 microgramme/gramme.

Allergène de souris et rats : présence fréquente d'allergène de souris, celle de rat beaucoup moins. Il n'y a pas, dans la littérature, de seuils publiés pour ces allergènes.

MOISSURES

Les moisissures de l'environnement intérieur peuvent avoir des effets sur la santé humaine : de la rhinite allergique à la crise d'asthme en passant par des syndromes de fatigue chronique ou encore des dermatites atopiques. On estime ainsi que 5 à 30 % des patients allergiques sont sensibles aux allergènes de champignons, cf. mesure des biocontaminants par lingette.

²⁹ UI : Unité internationale : unité de mesure de la quantité d'une substance fondée sur l'activité biologique qui varie selon la substance

Confort hygrothermique

Les paramètres physiques - température et humidité relative - sont essentiels au confort des occupants mais ont également un impact sur le développement microbien et sur le bâtiment, en influençant la dégradation des matériaux. Un mauvais confort thermique (d'hiver ou d'été) peut être à la source d'usages entraînant une dégradation de la qualité de l'air intérieur : colmatage des bouches de ventilation, utilisation d'appareils de chauffage d'appoints, ouvertures de fenêtres "non maîtrisées", ...

En parallèle de la métrologie mise en place, une mesure ponctuelle de la température de surface des parois est réalisée. En effet, la température ressentie par les occupants correspond à la moyenne des températures ambiante et de parois. Cette donnée est donc essentielle en termes de confort thermique. Par ailleurs, une paroi froide peut induire des risques de condensation. Plus la différence entre température de l'air ambiant et température des parois est importante, plus ce risque est élevé. Cette mesure renseigne également sur le niveau d'isolation et d'inertie du bâtiment.

Une mesure complémentaire de l'humidité des parois est effectuée. Le taux d'humidité des parois, variable au cours de l'année (rôle de régulateur d'humidité relative intérieure), doit être inférieur à 15 %. Au-delà, des infiltrations ou des remontées capillaires sont probables et peuvent entraîner des risques de développement de moisissures et de dégradation des matériaux.

Modalités de mesure

La température et l'humidité relative sont mesurées, en parallèle des mesures chimiques, à l'aide d'un analyseur enregistreur en continu le Q-track (TSI). Celui-ci permet d'obtenir une courbe de variation de ces paramètres au cours du temps (pas de temps de 15 minutes). Des mesures ponctuelles de température et humidité relative de l'air et des parois sont réalisées par Envirobat, grâce à un thermo-hygromètre humitest Psyclone, un thermomètre infrarouge TESTO 810 et un humidimètre Protimeter.

Valeurs de référence

Alors que des températures réglementaires à ne pas dépasser en période de chauffe existent pour les établissements scolaires (19 °C)³⁰, il n'existe qu'une norme pour le travail sédentaire de bureau³¹. Cette dernière préconise :

- entre 20 et 24°C l'hiver en période de chauffage ;
- entre 23 et 26°C en conditions estivales.

Pour les nouvelles constructions ou les bâtiments en réhabilitation, le décret n° 2007-363 du 19 mars 2007³² (Art. R. 131-29) stipule qu'un système de refroidissement ne doit être mis ou maintenu en fonctionnement que lorsque la température intérieure des locaux dépasse 26 °C.

L'humidité relative optimale sur le plan sanitaire se situe entre 30 et 60 %. Une humidité relative inférieure à 30 % peut provoquer une sensation de sécheresse de l'air, gênante sur le plan respiratoire, cutanée et oculaire. Une humidité relative supérieure à 60 % peut provoquer le développement de moisissures pouvant provoquer allergies, asthmes voire infections.

³⁰ Décrets du 3 décembre 1974 et du 22 octobre 1979

³¹ Norme ISO 7730

³² Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie, aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique

Confort Acoustique

L'acoustique est une dimension primordiale du confort de l'occupant du bâtiment. Une nuisance sonore extérieure peut par exemple inciter à ne jamais ouvrir les fenêtres pour aérer la pièce (dans le cas d'une ventilation naturelle) et ainsi provoquer un confinement et une hausse du taux d'humidité et des concentrations de polluants.

Modalités de mesure

Des mesures ponctuelles de niveau sonore sont réalisées par Envirobat, grâce à un sonomètre TESTO 815, effectuées dans la pièce, fenêtres fermées puis fenêtres ouvertes.

Valeurs de référence

Les valeurs guide OMS à ne pas dépasser sont les suivantes :

- école, terrain de jeu : 55 dB ;
- salle de classe : 35 dB (intelligibilité du discours).

Bâtiments à qualité environnementale³³ :

- bureaux cloisonnés : 40 dBA ;
- bureaux paysagers : 45 dBA ;
- réunion : 35 dBA ;
- cafétéria : 50 dBA.

Confort visuel

La définition d'un confort lumineux optimal dépend de facteurs aussi variés que le type d'activité pratiquée, la configuration des lieux, l'âge et les particularités des personnes... La notion de confort est personnelle et multicritère.

Cependant, il est possible de définir un certain nombre de points particuliers sur lesquels influencer au niveau du bâtiment :

- niveau d'éclairage ;
- luminance ;
- contrastes et couleurs ;
- éblouissement ;
- spectre lumineux ;
- vues vers l'extérieur ;
- mise en évidence des formes et reliefs des objets ou éléments d'architecture.

Dans les établissements d'enseignement, les valeurs de références imposées pour l'éclairage sont bien souvent très élevées, et peuvent conduire à des ambiances froides voire fatigantes pour les yeux. Un éclairage trop localisé amenant de manière contiguë des zones de lumières et des zones d'ombre peut être source d'inconfort également. La réflexion d'un pinceau lumineux sur une surface blanche peut être éblouissante et désagréable.

La part de l'éclairage naturel est importante non seulement pour les économies d'énergie mais également pour le bien-être et le moral des usagers.

³³ Source : -cahier des charges acoustiques - groupement de l'ingénierie acoustique (GIAC) - contrat ademe n°98.04.109 - 31/01/2000-

Modalités de mesure

Des mesures ponctuelles d'éclairage sont réalisées par Envirobat, grâce à un Luxmètre AMPROBBE LM 120, effectuées dans la pièce.

Valeurs de référence

L'AFE³⁴ préconise les valeurs d'éclairage suivantes :

- salles de classe : 300 lux ;
- gymnase : 300 lux ;
- chambre : 150 lux, avec appoint 300 lux.

Bâtiment à qualité environnementale :

- 250 à 300 lux, avec appoint ponctuel au poste de travail si nécessaire ;
- 300 lux sur le Référentiel QEB Région dans les lycées.

Pour les locaux de travail, le référentiel HQE demande un niveau d'éclairage de 200 lux à 4 m de la baie.

L'INRS recommande une valeur moyenne d'éclairage de 200 lux pour les locaux de travail (éclairage artificiel inclus) qui correspond à l'éclairage requis pour exercer des tâches de précision moyenne.

Débits de ventilation

La ventilation est le paramètre essentiel influençant la QAI. La ventilation vise à assurer un renouvellement de l'air intérieur, afin de garantir une bonne qualité hygiénique de l'air. Elle permet d'éviter le confinement, l'humidité et la concentration des polluants émis à l'intérieur du bâtiment. Elle peut toutefois favoriser l'entrée de polluants émis à l'extérieur et être perçue comme une source de perte de chaleur.

Les systèmes de ventilation peuvent être de quatre types :

- naturelle (ouverture manuelle des fenêtres, ouvrants dans les menuiseries, entrées d'air basses et hautes dans les sanitaires...) ;
- naturelle assistée ;
- mécanique contrôlée (VMC) simple flux : extraction de l'air intérieur vers l'extérieur, elle-même auto-réglable ou hygro-réglable (en fonction du taux d'humidité) ;
- mécanique contrôlée (VMC) double flux : extraction de l'air intérieur et insufflation de l'air issu de l'extérieur, avec possibilité de récupération des calories (ou frigories) via un échangeur thermique.

Il existe également deux autres modes de ventilation :

- ventilation hygiénique (exemple : extraction permanente dans les sanitaires) ;
- ventilation de confort (exemple : mise en route du système de ventilation dans les bureaux, salles de réunion, uniquement aux heures d'occupation des locaux).

Les VMC mécaniques nécessitent un entretien afin de garantir bon fonctionnement et hygiène (nettoyage des bouches, changement des filtres, vérification du fonctionnement de l'extracteur, ...).

La mesure ponctuelle des débits de ventilation (dans le cas de VMC) ou la vérification des dispositifs permettant la ventilation naturelle (ouvrants dans les menuiseries, fenêtres), associée à la mesure d'autres paramètres (humidité, CO₂), permet d'avoir une première appréciation de son fonctionnement.

³⁴ Association française de l'éclairage

Modalités de mesure

Les mesures ponctuelles de débit de ventilation en m³/s extrapolé en m³/h (dans le cas de VMC) effectuées dans la pièce sont réalisées par Envirobot, grâce à un anémomètre à fil chaud TESTO 425. Un examen visuel des dispositifs de ventilation naturelle est effectué en l'absence de VMC.

Valeurs de référence

Les valeurs du règlement sanitaire départemental et du référentiel QEB Lycées sont :

- 18 m³/h/personnes pour les locaux et salles d'enseignement ;
- 22 m³/h/personnes dans les salles de réunion et les logements ;
- 25 m³/h/personnes dans les ateliers.

Rayonnements

CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

Un champ électrique (lié à la tension) et un champ magnétique (lié à l'intensité) se forment en présence de courant électrique. L'énergie transportée par l'onde électromagnétique s'exprime en densité de puissance carré (W/m²) ou (W/cm²).

Dans l'environnement intérieur, deux types de champs électromagnétiques peuvent être distingués :

- champs électromagnétiques basse fréquence (50 Hz) émis par le réseau électrique domestique (câbles, prises) ;
- champs électromagnétiques haute fréquence (>900 MHz) émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunications (téléphones portables, ordinateurs, tablettes, modems ou boîtiers internet wifi) ou par les installations radioélectriques (micro-ondes, plaques de cuisson à induction).

Le CIRC a classé les champs électromagnétiques basse fréquence (inférieur à 100 kHz) comme possiblement cancérogènes pour l'homme (catégorie 2B).

Les champs électromagnétiques haute fréquence peuvent avoir des effets sur la santé de l'être humain. Les effets directs³⁵ à court terme peuvent être : réactions cutanées, malaises, troubles visuels... À ce jour, les effets à long terme dus à une exposition faible mais régulière ne font pas l'objet d'un consensus scientifique.

Modalités de mesure

Les mesures ponctuelles de champs électromagnétiques basse fréquence sont réalisées grâce à un analyseur ME 3851A Gigahertz 5 Hz-100 kHz. Les mesures ponctuelles de champs électromagnétiques haute fréquence effectuées dans la pièce sont réalisées par Envirobot grâce à un mesureur de champs électromagnétiques EXTECH 50M-3,5GHz.

Valeurs de référence

> Pour les champs électromagnétiques basse fréquence :

- *induction magnétique ou champ magnétique en Tesla*

- recommandation européenne 12/07/1999 transcrite en France - décret 3 mai 2002

- expo résidentielle 24h/24 : VLE 100 µTesla
- expo professionnelle 8h : VLE 500 µTesla

³⁵ Source : INRS - <http://www.inrs.fr/accueil/risques/phenomene-physique/champ-electromagnetique/effets-sante.html>

- Avis de l'AFSSET du 23 mars 2010

- en Suède code environnemental 1998 : nouvelles écoles et maisons < 0,2 μ Tesla

- dans les locaux proches des lignes à très haute tension, des lignes TGV ou des transformateurs, l'induction magnétique relevée varie de 0,5 à 40 μ Tesla.

Il est constaté qu'à une distance d'environ 1,5 mètre des appareils électrodomestiques, le niveau enregistré est de l'ordre de 0,1 μ Tesla.

Le CIRC et le NIEHS³⁷ ont confirmé l'association entre la leucémie de l'enfant et une exposition annuelle supérieure à 0,4 μ Tesla³⁸.

▪ *champ électrique en Volt/mètre*

- recommandation européenne 12/07/1999 transcrite en France - décret 3 mai 2002

- expo résidentielle 24h/24 : VLE³⁹ 5 kV/m ;
- expo professionnelle 8h : VLE 10 kV/m.

Le champ électrique est difficilement exploitable pour des problèmes physiques d'absorption et de réflexion.

> Pour les champs électromagnétiques haute fréquence :

- recommandation européenne du 12/07/199, transcrite en France - décret 3 mai 2002 :

	champs électrique V/m	champs magnétiques Amp/m
900 MHz	41	0,1
1800 MHz	58	0,15
2000 MHz	61	0,16

Il y a de grandes différences entre ces valeurs et celles décrites ci-dessous :

- étude Viel avec dosimétrie qui montre des expositions à 1,5V/m en moyenne
- l'association Robin des Toits qui prône une valeur limite de 0,6V/m

RADIOACTIVITE

Les zones ayant fait l'objet de mesures dans la région PACA ne présentaient qu'un faible potentiel d'émanation de radon. **Ce paramètre n'a donc pas été mesuré.**

Pour la campagne de mesures, l'irradiation à l'intérieur des locaux a été mesurée. L'unité équivalente est le **μ Rem/h**. Cette unité définit les effets des rayonnements sur le corps humain (équivalent de dose efficace).

Modalités de mesure

Les mesures ponctuelles de rayonnements ionisants effectuées dans la pièce sont réalisées par Envirobat, grâce à un compteur Geiger RADEX.

³⁷ National Institute of Environmental Health Sciences

³⁸ Source : -http://www.biorespect.com/info/conscience_de_l_etre/162-

³⁹ VLE = Valeur Limite d'Exposition

Valeurs de référence

Le niveau d'exposition recommandé est :

- pour un travailleur du nucléaire : 570 $\mu\text{Rem/h}$;
- pour la population : 57 $\mu\text{Rem/h}$.

La dose moyenne d'exposition est proportionnelle au niveau d'exposition du lieu fréquenté et au temps d'exposition.

Exemple : habitation : 20 $\mu\text{Rem/h}$, 12 heures par jour ; lieu de travail : 30 $\mu\text{Rem/h}$, 8 heures par jour ; autre : 10 $\mu\text{Rem/h}$, 4 heures par jour. Dose moyenne : $(20 \times 12) + (30 \times 8) + (10 \times 4) = 520$ μRem pour 24h, soit 21,6 $\mu\text{Rem/h}$.

L'irradiation naturelle moyenne en région PACA est : 8,43 $\mu\text{Rem/h}$ ⁴⁰.

Indicateurs annexes : étanchéité à l'air et vitrages

Envirobot Méditerranée a acquis deux autres appareils permettant de fournir des indications sur l'étanchéité à l'air du bâtiment et les types de vitrages.

Les fuites d'air parasite, essentiellement au niveau des ouvertures (portes et fenêtres) peuvent être à l'origine de zones froides, favorisant la condensation de l'humidité et le développement bactérien. Dans la même idée, la connaissance de l'épaisseur de vitrages (simple, double ou triple) et de lames d'air, permet d'évaluer l'isolation de ces surfaces et les risques de paroi froide qui en découlent.

Modalités de mesure

Les localisations ponctuelles des fuites d'air sont réalisées par Envirobot, grâce à un générateur de fumée TINY C07. Le générateur de fumée permet de repérer visuellement les infiltrations d'air. Les mesures ponctuelles des épaisseurs de vitrages et de lames d'air sont effectuées grâce à un pachomètre Merlin Lazer.

Valeurs de référence

Le débit moyen de fuites d'un bâtiment peut être mesuré grâce à un test d'infiltrométrie, avec une porte soufflante. En France, les débits de fuite réglementaires (débit $\text{m}^3/\text{h.m}^2$ sous 4 Pa) de la réglementation thermique 2012 sont les suivants :

- < 0.6 $\text{m}^3/\text{h.m}^2$ sous 4 Pa pour l'habitat individuel ;
- < 1 $\text{m}^3/\text{h.m}^2$ sous 4 Pa pour l'habitat collectif.

Les bâtiments tertiaires ne possèdent pas de valeurs maximales réglementaires.

2.1.3. TESTS DE MATERIELS DE MESURE

Dans l'optique d'une constante amélioration de la qualité d'intervention du réseau EQAIR, des appareils de mesure complémentaires ont été testés en conditions réelles d'utilisation.

Deux systèmes de mesure ont été testés :

- Malette Profil'Air – Ethersa ;
- Balise Fireflies - Azimut Monitoring.

⁴⁰ Source : CEA/IPSN

A. MALETTE PROFIL'Air – ETHERA

Le système de mesure Profil'Air de la société Ethera permet la mesure de formaldéhyde par prélèvement actif ou passif et propose une lecture instantanée des résultats évitant les analyses chronophages en laboratoire. Il se compose de badges comportant une surface de verre nanoporeuse imprégnée d'une substance captant spécifiquement le formaldéhyde, d'un lecteur optique accompagné d'un logiciel et un système de pompe/réceptacle (uniquement pour les prélèvements actifs).

Le système passif consiste à entreposer un badge dans son diffuseur passif pendant une période allant de 8 heures à 7 jours (pour des concentrations typiques des ambiances intérieures) puis de lire le résultat en insérant le badge dans le lecteur optique.

La méthode active consiste à insérer le badge actif dans le réceptacle relié à la pompe qui force le passage de l'air sur la zone réactive du badge. Le temps d'exposition ne doit pas dépasser 8 heures. La lecture des résultats est basée sur le même principe que celui du système passif.



Figure 7 : Appareillages de mesure du formaldéhyde - Profil'Air

La méthode de prélèvement actif a été testée pendant une semaine lors de la campagne de mesure estivale au lycée Victor Hugo à Marseille. Cette méthode de prélèvement (à l'époque plus fiable que la méthode passive) ne correspond pas aux besoins du protocole de mesure général du réseau. Par contre, elle peut se révéler intéressante lors d'une recherche rapide de formaldéhyde notamment en cas de problèmes suspectés de qualité de l'air intérieur.

La méthode de mesure passive sera probablement testée ultérieurement. Si la précision des mesures est en accord avec la méthode de prélèvement par tubes à diffusion passive, cette technologie apporterait un avantage précieux de logistique et de gain de temps.

B. BALISE FIREFLIES – AZIMUT MONITORING

La balise de mesure Fireflies de la société Azimut Monitoring est un appareil mesurant en temps réel les paramètres suivants :

- composés organiques volatils légers ;
- composés organiques volatils totaux ;
- dioxyde de carbone ;
- température ;
- humidité relative ;
- bruit.



Figure 8 : Balise de mesure Fireflies QEI

L'avantage de cette balise réside dans la simplicité d'utilisation. Elle ne nécessite qu'un branchement électrique et un accès au réseau GSM de l'opérateur téléphonique Orange. Les résultats de mesure sont transmis par réseau téléphonique et accessibles sur un serveur dédié. Les résultats de mesure sont accessibles toutes les 24 heures.

Les paramètres mesurés en temps réel apportent des informations essentielles à la gestion de la qualité de l'air intérieur. Ils permettent de mettre en évidence d'éventuels phénomènes ponctuels d'émissions chimiques, leurs liens éventuels avec les paramètres physiques (humidité relative et température) voire d'évaluer l'efficacité des systèmes de renouvellement d'air ou les conditions d'aération.

La balise a été testée au lycée Victor Hugo et à l'école internationale de Manosque.

2.1.4. ANALYSE ET RESTITUTION DES RESULTATS

Chaque structure du réseau EQAIR réalise l'analyse des mesures qu'elle effectue. Ainsi la faculté de médecine se charge des analyses des biocontaminants, Envirobat des mesures ponctuelles de confort hygrothermique, acoustique, visuel, de rayonnements et de débits de ventilation et Air PACA des mesures chimiques.

L'ensemble des analyses sont ensuite réunies au sein d'un même document pour lequel une rédaction commune suivie de relectures permet de s'assurer d'une analyse globale et cohérente de l'ensemble des paramètres mesurés et d'obtenir une évaluation sanitaire et des préconisations adaptées au bâtiment.

Ce document, nommé « note d'information », est fourni au gestionnaire du bâtiment accompagné de l'ensemble des résultats bruts centralisés dans un fichier Excel.

Pour certains établissements comme le lycée Victor Hugo, la restitution des résultats s'est accompagnée d'une sensibilisation d'élèves de sections en lien avec l'environnement ou la chimie.

2.2. RECHERCHE FONDAMENTALE ET ETUDES APPLIQUEES

2.2.1. POLLUANTS CHIMIQUES

A. PRODUCTION DE RADICAUX LIBRE EN ATMOSPHERE INTERIEURE

Principe

L'objectif des expérimentations est de savoir si la présence de lumière (via des phénomènes de photosensibilisation) peut favoriser la production d'acide nitreux – HONO - par réactivité hétérogène. Les surfaces mises en jeu sont celles qui sont communément rencontrées dans les environnements domestiques : moquette, peinture, tissu, parquet...

Retour d'expériences

Les surfaces prépondérantes sont celles du bâtiment et des objets du quotidien. La surface des aérosols peut être négligée. Ces surfaces peuvent être le siège d'une réactivité hétérogène conduisant à la formation d'espèces hautement réactives et/ou toxiques tel que l'acide nitreux précurseur de radicaux hydroxyles - OH-. L'influence de cette réactivité hétérogène sur la qualité des atmosphères intérieures a été mise en évidence dans des travaux récents (Gómez Alvarez et al., 2012) conduits sur des surfaces conventionnelles.

Enfin, l'ensemble des résultats de la campagne mettent en évidence une corrélation entre les produits de [HONO] j(HONO) et de [OH], montrant ainsi le lien étroit qui les unit en termes de réactivité. Ces résultats, encore préliminaires, tendent à montrer que HONO est la principale source de radical hydroxyle dans les atmosphères intérieures.

B. EMISSION DE POLLUANTS PAR LES EQUIPEMENTS

Ce projet de recherche dont le but était de mesurer les émissions d'un profil de matériaux typiques des environnements intérieurs sous contraintes différentes de température, humidité relative et concentrations en ozone a été proposé mais refusé dans le cadre du programme PRIMEQUAL.

C. VITESSE D'EVACUATION DES PESTICIDES DANS LES LOCAUX

Principe

L'objectif est de caractériser les expositions subchroniques de la population aux substances biocides en réalisant un suivi temporel de la présence de ces produits dans un environnement contrôlé simulant une atmosphère intérieure (température, humidité, renouvellement d'air). Les analyses portent sur des pesticides de la famille des pyréthriinoïdes émis par des diffuseurs électriques (en phase gazeuse) et par des bombes aérosols (phase particulaire).

Retour d'expériences

Les résultats des analyses permettent d'évaluer la contribution des pesticides à l'exposition globale d'un individu à une molécule particulière (ou à un groupe de molécules) et de pouvoir ainsi discuter sur des bases scientifiques dans le cas notamment d'une mise en place de réglementation.

Transfert de données avec l'Observatoire des Résidus de Pesticides (ANSES) en cours.

D. ANALYSE FINE DES PARTICULES EN FONCTION DES SOURCES

Principe

L'objectif est de mettre au point une méthode d'analyses commune à tous les producteurs de parfums d'ambiance de la région PACA, utilisable en routine grâce à des coûts de mise en œuvre optimisés pour évaluer les niveaux de risque présentés par la combustion des bougies et des encens. Le projet établit les conditions opératoires d'essai et d'analyse des émissions de Composés Organiques Volatils - COV - et de

Composés Organiques Semi Volatils – COSV - par les bougies et encens. Les études ont conduit à l'analyse des phases gazeuse et particulaire dans une pièce modèle.

Retour d'expériences

Les résultats obtenus constituent une avancée dans la connaissance des produits de combustion des parfums d'ambiance (concentration maximale pour les composés ayant une toxicité avérée, vitesse d'apparition et d'élimination des composés en phases gazeuse et particulaire). Peu de données fiables et comparables sur ces émissions sont aujourd'hui disponibles et les données apportées permettent une meilleure prise en compte de ce type d'émission dans l'évaluation de la qualité des atmosphères intérieures.

Transfert de compétence auprès des industriels en cours.

2.2.2. BIOCONTAMINANTS

A. MESURE DES BIOCONTAMINANTS PAR LINGETTE

L'environnement intérieur de tous les bâtiments dont l'ambiance n'est pas contrôlée par des appareils de filtration d'air spécifiques des champignons, est contaminé par de nombreuses spores fongiques. Ces champignons jouent un rôle majeur dans la décomposition de la matière organique et leur concentration dépend, entre autres, du climat, du moment de la journée, de la saison et du taux d'humidité ambiant.

Devant l'absence de données métrologiques concernant les moisissures en milieu intérieur et la diversité des techniques utilisées pour contrôler leur quantité (impaction d'air, scotchs muraux, gélose contact, comptage particulaire, estimation en fonction de moisissures visibles...), une méthode qui avait été préalablement testée dans le cadre d'une étude européenne sur la contamination microbienne de l'air dans des étables a été testée dans des bâtiments publics.

Cette méthode consiste à récolter les spores de champignons piégées par une lingette électrostatique mise en place pendant une période de 15 jours. Cette technique a pour avantage de prendre en compte les variations de concentration de spores liées à un événement ponctuel (ouverture de fenêtre, fuite d'eau...) tout en permettant d'identifier les moisissures qui sont présentes en permanence dans l'environnement. Ainsi est analysée la diversité fongique de l'air avec laquelle les personnes sont en contact sur une période de temps prolongée, non analysable par les méthodes classiques d'impaction d'air.

Cette étude donnera des informations permettant de définir des valeurs de référence utilisables, par la suite, dans le cadre de demande d'expertises de contamination fongique de bâtiments publics ou de logements individuels.

B. CONSTRUCTION D'UNE BASE DE DONNEES EPIDEMIOLOGIQUES (BIOCONTAMINANTS)

La méthode de récolte de champignons par lingette permet d'obtenir une plus grande diversité fongique qu'une impaction unique réalisée dans un bâtiment. Cet outil permettra de réaliser une base de données épidémiologique grâce au développement en parallèle de l'identification des champignons filamenteux par spectrométrie de masse, technique permettant d'obtenir une signature protéique différente pour chaque souche fongique. Cette base de données épidémiologique permettra, dans le cas de personnes développant des maladies à caractère fongique, de faire un lien ou non avec leur environnement.

3. LES BATIMENTS ECHANTILLONNES

Les analyses de site présentes en annexe reprennent, pour chacun des établissements ci-dessous, les préconisations précises permettant au gestionnaire d’y améliorer le confort de vie.

3.1. SIEGE D’AGGLOMERATION D’AUBAGNE

Le siège d’agglomération d’Aubagne a été le premier bâtiment sur lequel la méthodologie d’évaluation de la qualité de l’air intérieur a été expérimentée.

Il s’agit d’un bâtiment de 3 550 m² construit dans les années 70 sur une parcelle en bordure sud de la Zone Industrielle des Paluds et occupé par l’Hôtel d’agglomération d’Aubagne. Il fait l’objet d’un projet de réhabilitation, dans une démarche globale de Développement Durable. L’objectif est d’aboutir à un bâtiment plus adapté aux besoins de la collectivité locale et répondant aux critères de la démarche « Bâtiment Durable Méditerranéen » et du label BBC Effinergie rénovation.



Figure 9 : Siège d’agglomération d’Aubagne

Il a été choisi comme bâtiment standard pour des mesures avant rénovation et comme bâtiment exemplaire sur le plan énergétique (programme AGIR) pour des mesures après rénovation.

Les travaux de réhabilitation du bâtiment ont pris près d’un an de retard. Les mesures de la qualité de l’air intérieur en tant que bâtiment exemplaire n’ont donc pas pu être réalisées dans le temps imparti de ce projet.

Les campagnes de mesures ont été réalisées du 16 au 30 mars 2010 pour la période hivernale et du 10 au 24 août 2010 pour la période estivale.

La note explicative des résultats, transmise au gestionnaire du bâtiment se trouve en annexe 4.

3.2. CRECHE LA MAISONNETTE – MARSEILLE

La crèche associative « La Maisonnette », localisée à Marseille, a accepté l'intervention du réseau EQAIR pour des mesures de la qualité de l'air intérieur en vue de servir de bâtiment exemplaire sur le plan énergétique. Le bâtiment a fait l'objet de rénovations en 1994 en raison de la présence d'amiante puis en 2005 en raison d'une source de particules et d'un renouvellement d'air insuffisant.



Figure 10 : Crèche La Maisonnette - Marseille

Les campagnes de mesures ont été réalisées du 27 septembre au 11 octobre 2010 pour la période estivale et du 2 au 15 décembre 2010 pour la période hivernale.

La note explicative des résultats, transmise au gestionnaire du bâtiment se trouve en annexe 5.

3.3. ECOLE SCHEPPLER – AVIGNON

L'école Scheppler, localisée à Avignon dans un quartier résidentiel, a été mise à disposition du réseau afin de servir de bâtiment standard. Le bâtiment date des années 60 et comporte des fuites d'air. Il a subi des modifications au niveau des fenêtres de certaines salles de classe (double vitrage). Des rénovations près du réfectoire ont également été réalisées durant les mesures hivernales.



Figure 11 : Ecole Scheppler - Avignon

Les campagnes de mesures ont été réalisées du 8 au 22 septembre 2010 pour la période estivale et du 17 novembre au 1^{er} décembre 2010 pour la période hivernale.

La note explicative des résultats, transmise au gestionnaire du bâtiment se trouve en annexe 6.

3.4. LYCEE VICTOR HUGO – MARSEILLE

La construction de l'École Primaire Supérieure de garçons du quartier Saint-Charles - qui est devenue le lycée Victor Hugo - s'est étalée entre 1905 et 1906 sur les terrains de l'ancien cimetière Saint-Charles.

Le lycée Victor Hugo est situé au centre-ville de Marseille, accolé à la gare routière et la gare ferroviaire Saint-Charles.



Figure 12 : Lycée Victor Hugo - Marseille

Les campagnes de mesures ont été réalisées du 12 au 26 septembre 2011 pour la période estivale et du 30 novembre au 14 décembre 2011 pour la période hivernale.

La note explicative des résultats, transmise au gestionnaire du bâtiment se trouve en annexe 7.

3.5. ECOLE INTERNATIONALE DE MANOSQUE (PARTIE LYCEE)

L'école internationale de Manosque, ouverte en septembre 2007, est un complexe éducatif regroupant une école maternelle, une école élémentaire, un collège, un lycée, un internat et un pôle culturel et sportif. Le bâtiment de l'école est « exemplaire » en matière de performance énergétique et de qualité environnementale.



Figure 13 : Ecole Internationale - Manosque

Les campagnes de mesures ont été réalisées du 8 au 22 février 2012 pour la période estivale et du 23 mai au 13 juin pour la période hivernale.

La note explicative des résultats, transmise au gestionnaire du bâtiment se trouve en annexe 8.

4. RESULTATS

4.1. EXPERTISE DU BATIMENT ET SOCIOLOGIE

La première phase du travail d'évaluation de la qualité de l'air est réalisée grâce un pré-diagnostic des bâtiments et de leur environnement, suivi d'une analyse sociologique (voir annexe 1 : modèle de pré-diagnostic).

Ce travail d'expertise, portant à la fois sur le bâti et sur les usages et perceptions, s'est avéré essentiel en compléments des mesures effectuées. Il a permis d'apporter des éclairages, en particulier :

- sur les influences environnementales (vents dominants, végétation, activités humaines...);
- sur les caractéristiques du bâti (absence d'isolation, parois froides, infiltrations d'eau, fuites d'air, menuiseries peu performantes, faible éclairage naturel...);
- sur les caractéristiques des systèmes et leur entretien (ventilation défectueuse, chauffage peu performant, climatisation mal réglée...);
- sur les pratiques des usagers (défaut de ventilation naturelle, protections solaires mal utilisées, produits d'entretien polluants...);
- sur leur perceptions (odeurs, bruit, inconfort...).

Ce travail d'expertise a également fait surgir certaines problématiques qui ont suscité de nombreuses questions et qui n'ont pas fait l'objet de mesures, telle que la présence de laine de verre non confinée à l'école internationale de Manosque et son impact potentiel sur la qualité de l'air intérieur.

4.2. POLLUTION CHIMIQUE

Les prélèvements des polluants chimiques par tubes à diffusion passive (NO_2 , BTEX et aldéhydes) ainsi que les mesures de particules fines montrent les concentrations moyennes annuelles suivantes :

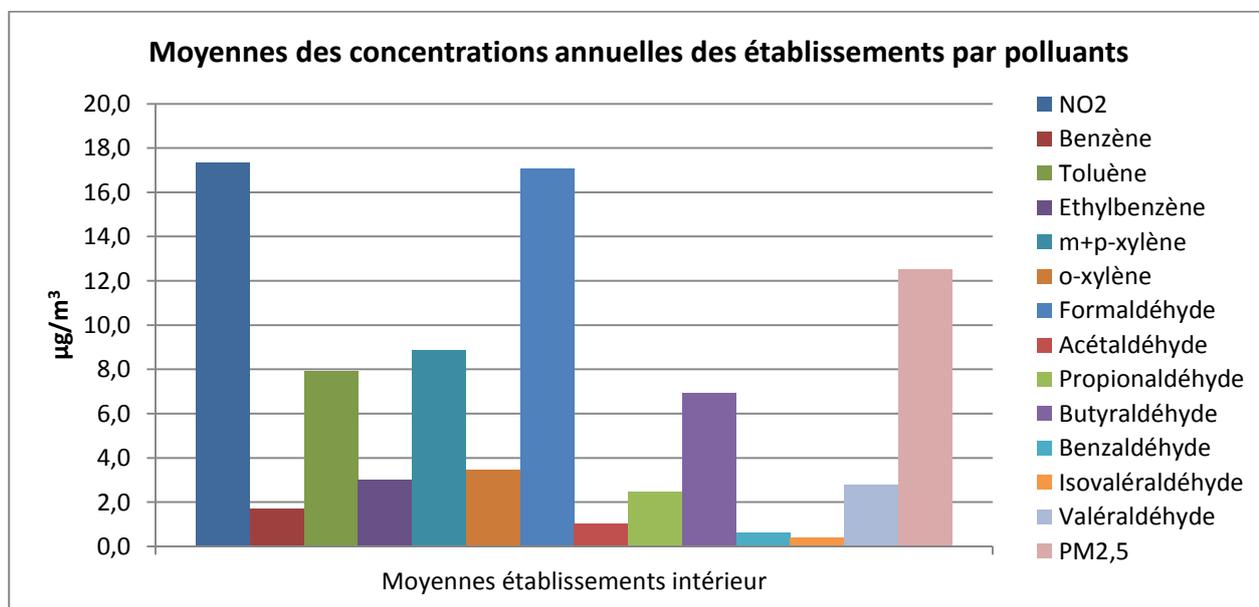


Figure 14 : Moyennes annuelles en NO_2 , BTEX, aldéhydes et $\text{PM}_{2,5}$ de l'ensemble des établissements échantillonnés

Sur l'ensemble des établissements, les deux polluants les plus présents à l'intérieur des bâtiments sont le dioxyde d'azote - NO_2 - et le formaldéhyde, présentant tous les deux une moyenne de l'ordre de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La répartition de ces moyennes annuelles par établissement est la suivante :

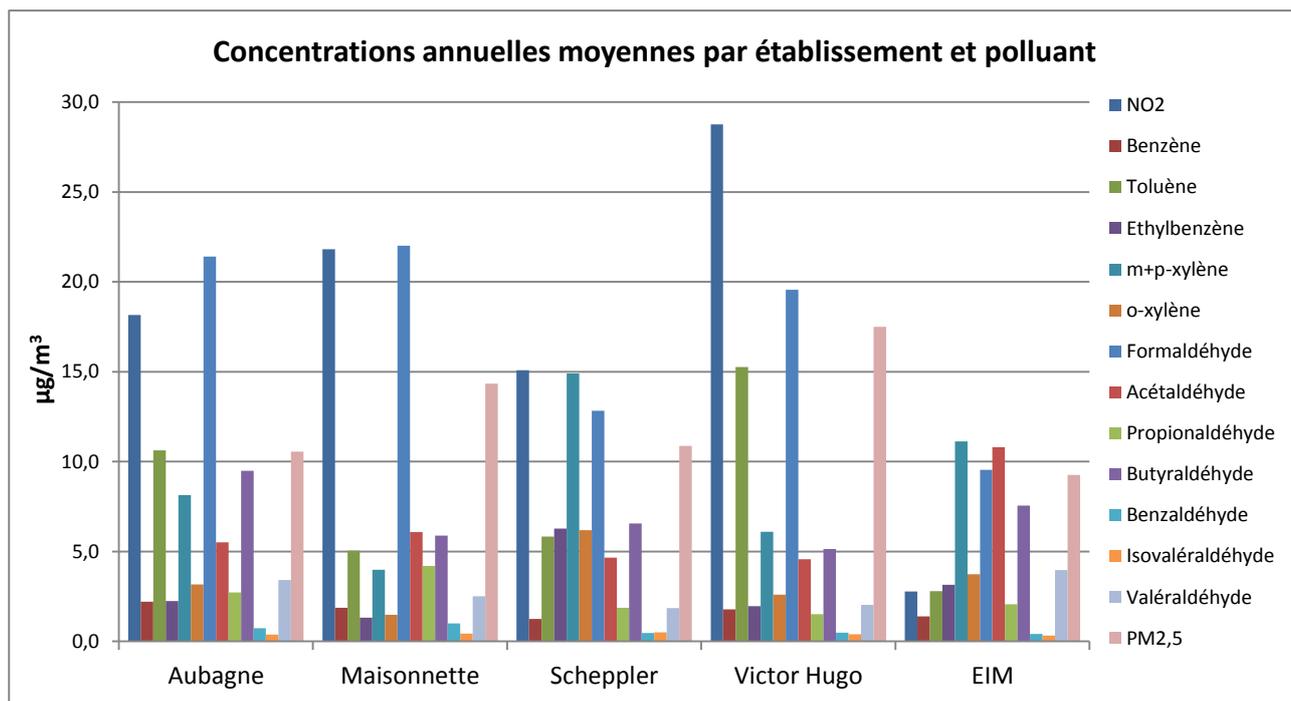


Figure 15 : Moyennes annuelles en NO₂, BTEX, aldéhydes et PM 2,5 par établissement

Aucun établissement ne présente de concentration annuelle moyenne supérieure à 30 µg/m³. Concernant les polluants ciblés, aucune problématique de pollution de l'air intérieur à l'échelle d'un établissement n'est mise en évidence.

4.2.1. ALDEHYDES

A. FORMALDEHYDE

Les concentrations annuelles en formaldéhyde par salle de classe et par établissement sont les suivantes :

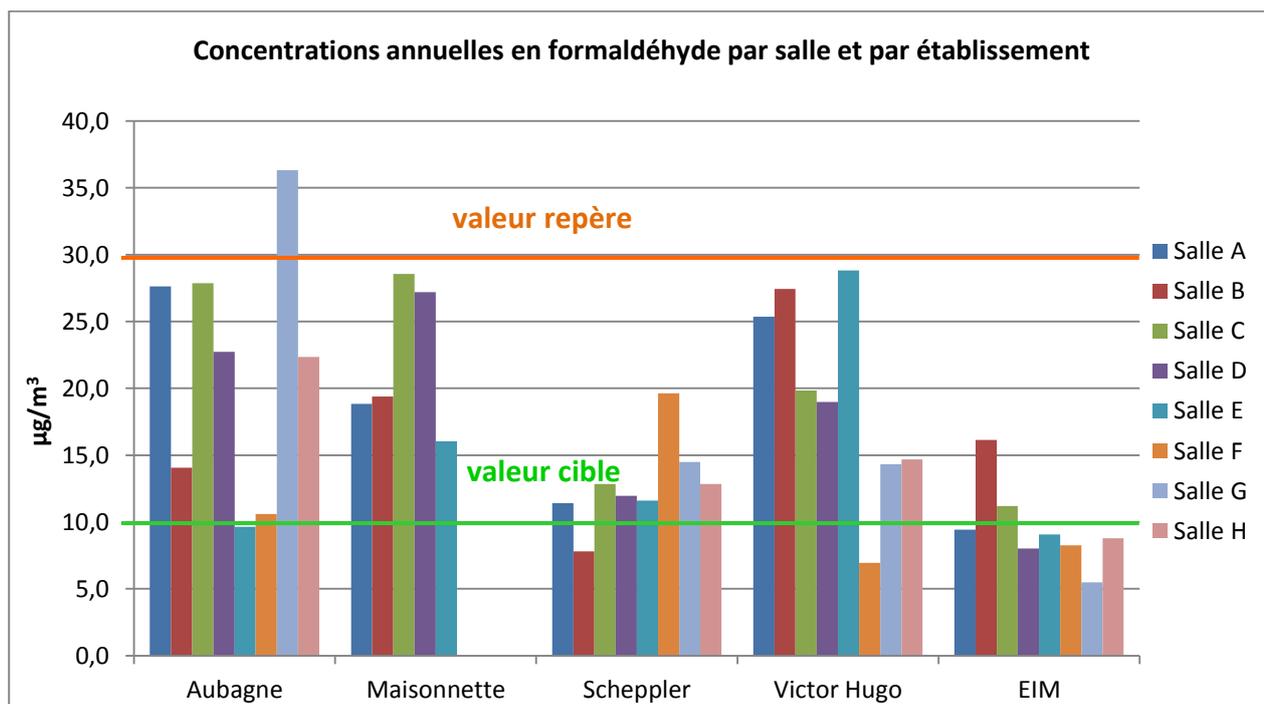


Figure 16 : Moyennes annuelles en formaldéhyde par salle et par établissement

Aucune salle d'aucun établissement ne présente de concentration annuelle en formaldéhyde supérieure à la valeur d'information et de recommandations de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Une salle sur les 37 investiguées a des concentrations supérieures à la valeur repère de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 9 salles sur 37, soit 24 % des salles ont des concentrations annuelles inférieures à la valeur cible de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cependant, une salle de classe du lycée Victor Hugo a présenté des concentrations en formaldéhyde supérieures à la valeur repère durant la période de mesure estivale. 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesuré. Cette salle de travaux pratiques a été rénovée quelques temps auparavant. Les émissions en formaldéhyde peuvent donc être dues aux matériaux récents utilisés et amplifiées par les températures estivales. De plus, l'utilisation de solvants nécessaires au nettoyage du matériel d'optique de cette salle peut avoir contribué en partie à ces émissions.

B. AUTRES ALDEHYDES

A l'exception d'une salle non utilisée de l'école Scheppler et de certaines salles de l'école internationale de Manosque, les concentrations intérieures annuelles en acétaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde, benzaldéhyde, isovaléraldéhyde et valéraldéhyde sont inférieures aux valeurs habituellement rencontrées.

La salle G de l'école Scheppler présente des concentrations en acétaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde, isovaléraldéhyde et valéraldéhyde supérieures au reste de l'établissement. Ces émissions peuvent être expliquées par la rénovation récente de cette salle : matériaux récents et changement des fenêtres double vitrages bien plus étanches à l'air que celles des autres salles.

L'école internationale de Manosque présente deux salles pour lesquelles les concentrations intérieures en acétaldéhyde sont supérieures aux autres salles et aux autres établissements. Ces concentrations supérieures pourraient être expliquées par certains matériaux, par l'utilisation de photocopieuses ainsi que par la pollution photochimique extérieure.

4.2.2. NO₂ ET BTEX

Le dioxyde d'azote et les BTEX sont les polluants mesurés à l'intérieur et l'extérieur en raison de sources extérieures importantes, notamment liées au trafic routier.

Les concentrations moyennes annuelles sur l'ensemble des établissements en air intérieur et extérieur sont les suivantes :

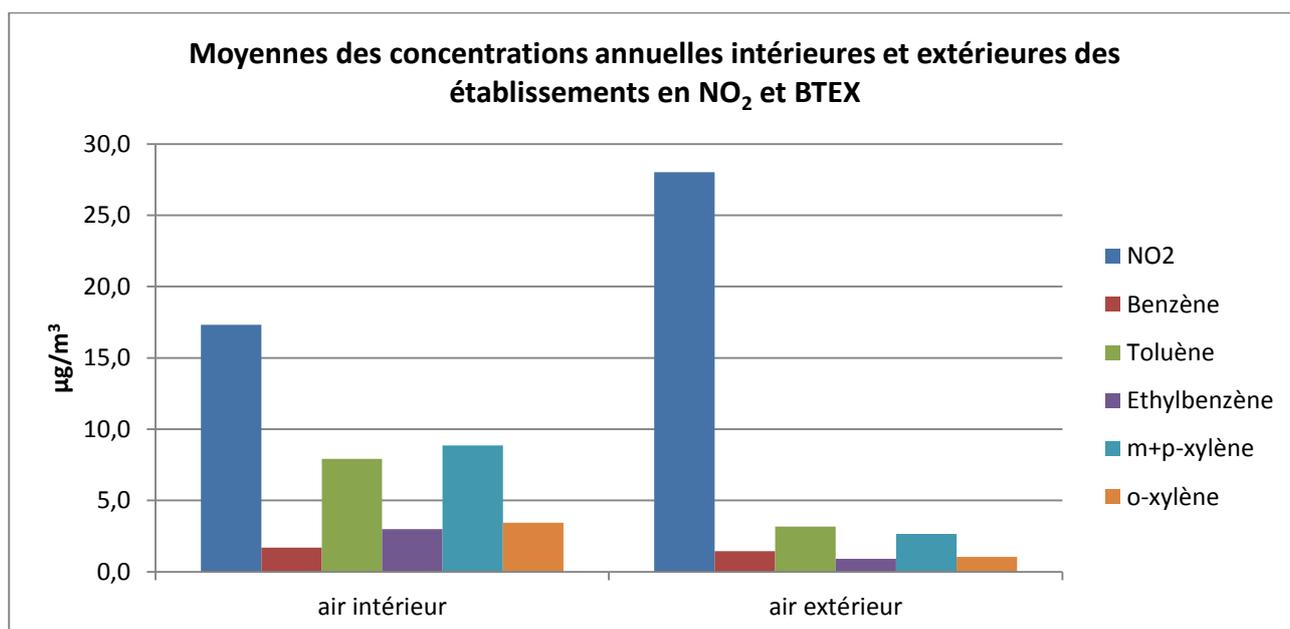


Figure 17 : Moyennes annuelles intérieures et extérieures en NO₂ et BTEX de l'ensemble des établissements échantillonnés

Alors que les concentrations annuelles moyennes en benzène sont similaires à l'intérieur et à l'extérieur. Le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes montrent des concentrations intérieures plus importantes qu'à l'extérieur. En effet, ces polluants sont plus connus pour leurs sources internes. Le NO₂ montrent des concentrations extérieures globalement plus importantes, certainement en lien avec leurs fortes émissions extérieures.

Les concentrations obtenues en NO₂ et benzène sont comparées aux valeurs de références, seuls polluants en possédant.

A. NO₂

Les concentrations annuelles en dioxyde d'azote des salles de classe de chaque établissement sont les suivantes :

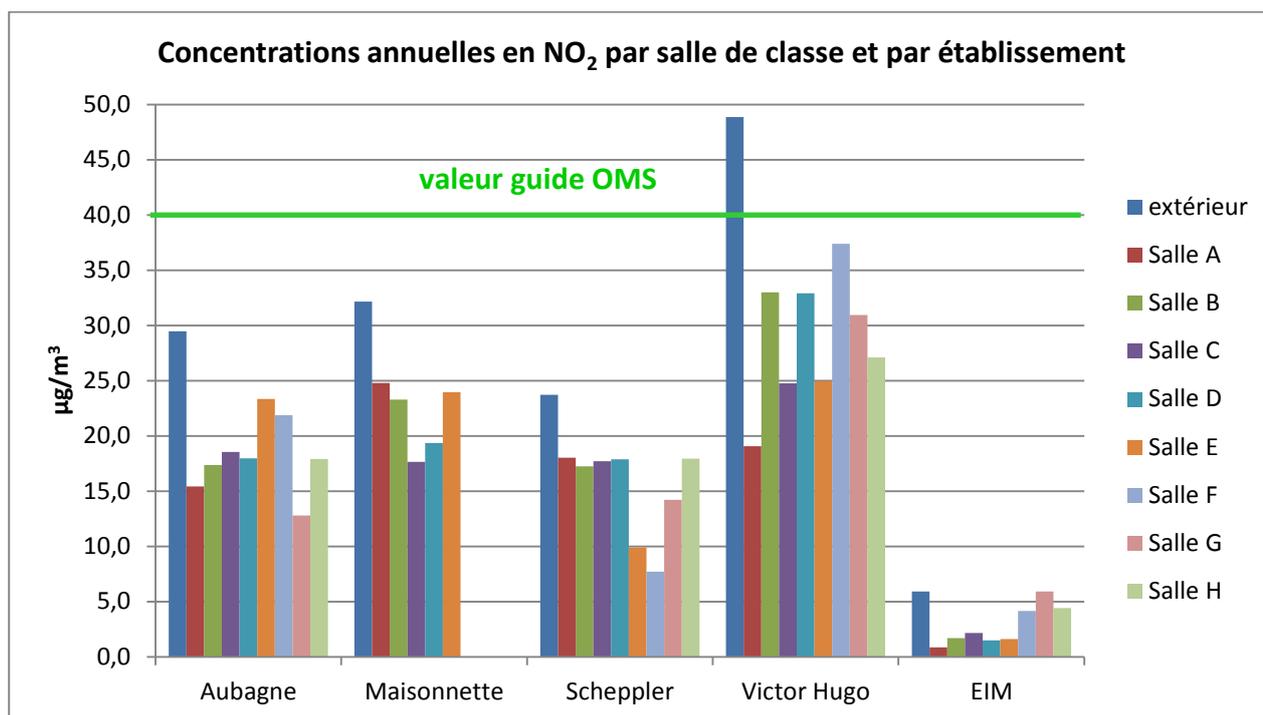


Figure 18 : Moyennes annuelles en NO₂ par salle et par établissement

Toutes les concentrations intérieures en NO₂ des bâtiments échantillonnés sont inférieures à 40 µg/m³ - valeur guide de l'OMS.

Cependant, le lycée Victor Hugo a présenté des valeurs extérieures supérieures à cette valeur guide, conduisant à des concentrations intérieures supérieures aux autres bâtiments. Les sources extérieures importantes - présence de grands axes routiers bien souvent encombrés et gare routière à proximité immédiate de l'établissement - expliquent ces valeurs.

B. BENZENE

Les concentrations annuelles en benzène des salles de classe de chaque établissement sont les suivantes :

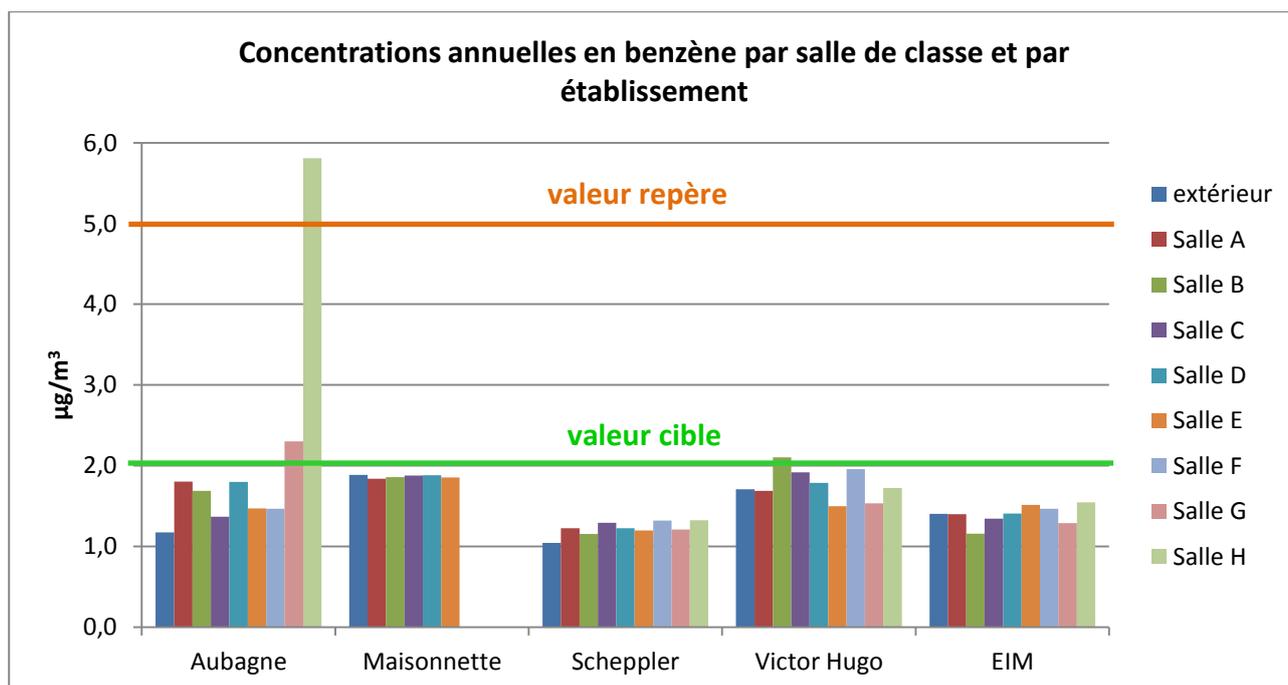


Figure 19 : Moyennes annuelles en benzène par salle et par établissement

Toutes les concentrations annuelles sont inférieures à la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'exception d'une salle du siège d'agglomération d'Aubagne. Plus de 90 % des salles présentent des concentrations inférieures à la valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'ensemble des bâtiments présente globalement des concentrations intérieures similaires aux concentrations extérieures, relativement faibles. Pour le siège d'agglomération d'Aubagne, les concentrations extérieures étant faibles, il y a de fortes probabilités que des sources internes dans la salle soient à l'origine des taux élevés de benzène. Les niveaux de toluène, l'éthylbenzène et xylènes sont également plus élevés dans cette salle comparativement aux autres pièces du bâtiment.

C. TOLUENE, ETHYLBENZENE, XYLENES

A l'exception du réfectoire de l'école Scheppler, du CDI du lycée Victor Hugo et du gymnase de l'école internationale de Manosque, les concentrations intérieures en toluène, éthylbenzène et xylènes sont conformes aux valeurs habituellement rencontrées.

Le réfectoire de l'école Scheppler présente des concentrations au moins 5 fois plus importantes de toluène, éthylbenzène et xylènes que le reste de l'établissement. Les travaux de rénovation lors des mesures et/ou l'utilisation de produits d'entretien particulièrement émissifs notamment en toluène peuvent être à l'origine de ces émissions.

Le CDI du lycée Victor Hugo ne présente que des concentrations intérieures en toluène supérieures aux valeurs habituellement rencontrées ($> 64 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ces concentrations peuvent être en partie expliquées par le grand nombre de livres dont la colle reliant les pages peut émettre du toluène.

Enfin, le gymnase de l'école internationale de Manosque présente des valeurs importantes en éthylbenzène et xylènes. Celles-ci peuvent être dues aux matériaux spécifiques des activités sportives voire à l'utilisation d'insecticides fréquemment utilisés dans ce type de salle.

4.2.3. PM 2,5

Les concentrations annuelles en PM 2,5 par salle de classe et par établissement sont les suivantes :

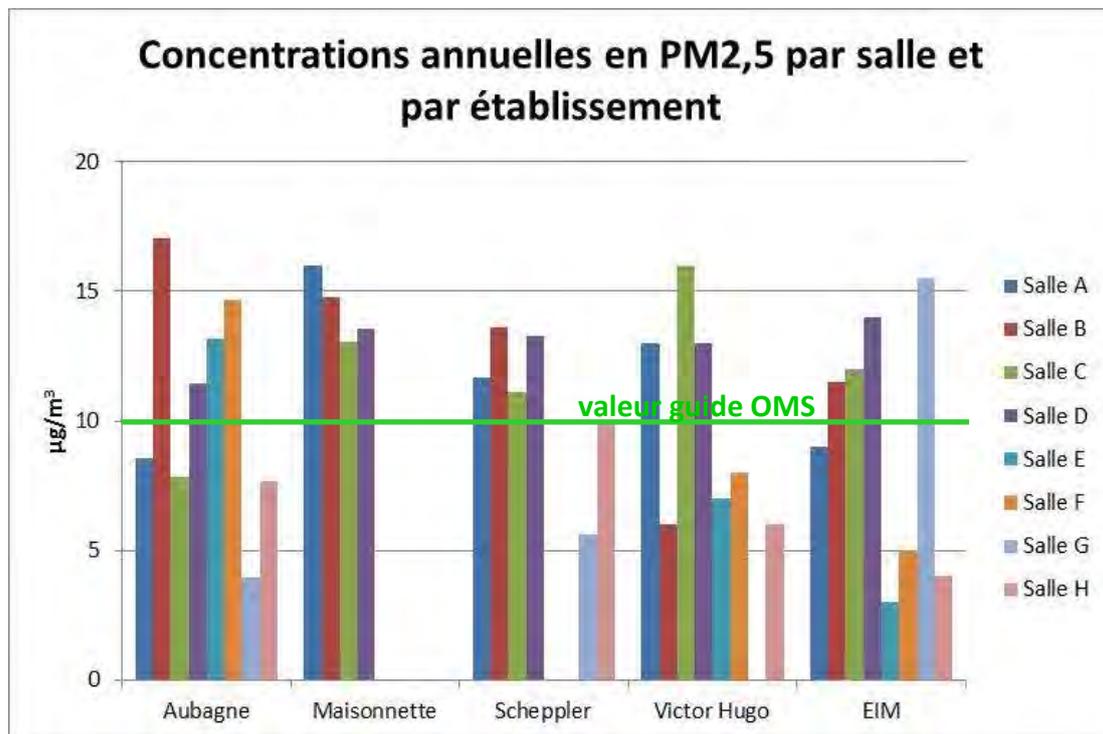


Figure 20 : Moyennes annuelles en PM 2,5 par salle et par établissement

13 des 34 salles échantillonnées, soit 38 %, présentent des concentrations annuelles inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -valeur guide de l'OMS.

Les autres salles présentent des concentrations annuelles comprises entre 10 et $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces niveaux sont globalement satisfaisants et sont inférieurs aux valeurs repères actuelles. Ces dernières seront abaissées en 2014 et 2019.

4.2.4. DIOXYDE DE CARBONE

Les taux de CO₂ maximums observés par salle et par établissement sont les suivants :

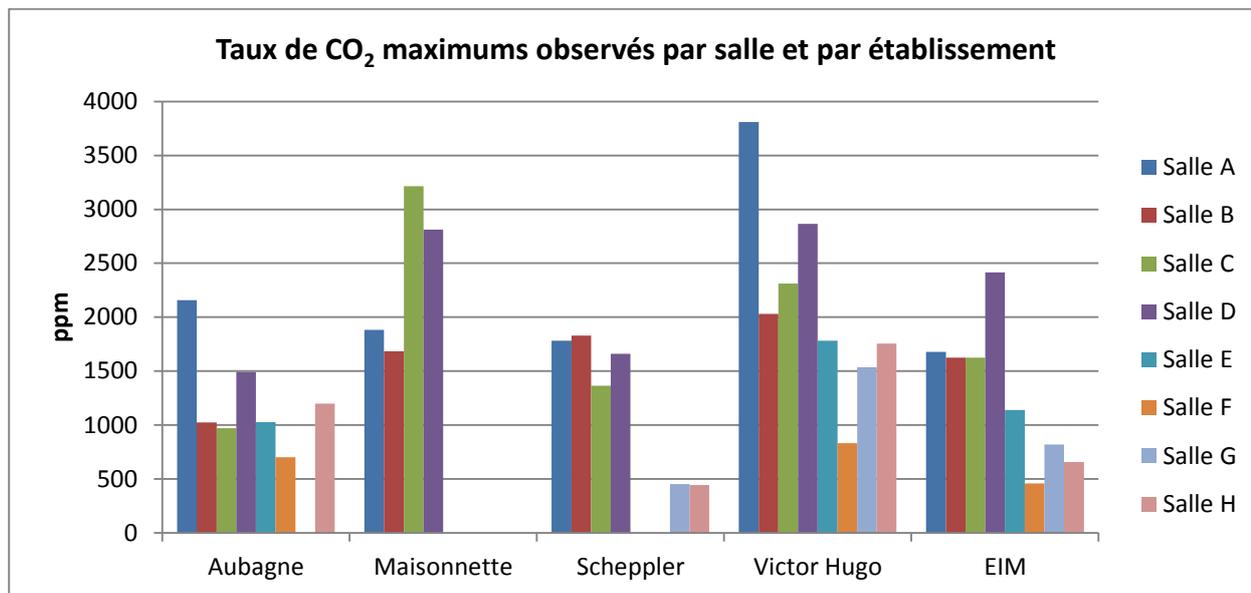


Figure 21 : Concentrations maximums observées en CO₂ par salle et par établissement

Des données en CO₂ existent pour 12 salles, contre 33 échantillonnées. Les résultats présentés ci-après concernent donc ces 12 salles.

Pour près de 37 % des salles, les niveaux en CO₂ ne dépassent quasiment jamais le seuil de 1 300 ppm du règlement sanitaire départemental. Ces salles sont considérées comme non confinées. Les autres salles sont en situation de confinement. Celui-ci s'avère assez élevé (> 2 000 ppm) dans 8 salles réparties dans l'ensemble des bâtiments, à l'exception de l'école Schepler.

Le siège de l'agglomération d'Aubagne présente une salle plus confinée que les autres avec des pics de concentration dépassant 2 150 ppm. Les autres salles de l'établissement présentent des concentrations en CO₂ inférieures à 1 150 ppm.

Pour la crèche La Maisonnette, le constat est différent, l'ensemble des pièces échantillonnées sont confinées dont deux plus particulièrement. Ces deux salles correspondent au dortoir et à l'atelier (également utilisé comme dortoir). L'augmentation de CO₂ est donc due à la présence d'un grand nombre d'enfants pendant la sieste dans un même endroit. Le renouvellement d'air de ces pièces n'est donc pas suffisant pour évacuer le trop plein de dioxyde de carbone lors de ces périodes.

Dans le lycée Victor Hugo, à l'exception du réfectoire, toutes les salles échantillonnées sont confinées. Les quatre salles les plus confinées (> 2 000 ppm) correspondent aux salles de classe. Les fortes émissions de CO₂ dues à la présence d'un grand nombre d'élèves dans les classes ne sont pas évacuées efficacement par le système de ventilation naturelle. De plus, l'ouverture des fenêtres ne doit pas être régulière en raison de l'environnement sonore extérieur. La salle la plus confinée présente des pics de concentration en CO₂ supérieurs à 3 800 ppm. L'ouverture des fenêtres dans cette salle doit être plus exceptionnelle que dans les autres salles de classe en raison de la proximité immédiate de la gare routière.

L'école internationale de Manosque présente une salle particulièrement confinée, il s'agit d'une salle de cours banalisée. Les matériaux et systèmes étant homogènes dans l'ensemble de l'établissement, le confinement localisé dans cette salle semble montrer une défaillance du système de ventilation dans cette salle.

4.3. BIOCONTAMINANTS

4.3.1. ALLERGENES

D'une manière générale, on note que les concentrations en allergènes, exprimées en microgrammes d'allergènes par gramme de poussière aspirée (sauf pour les allergènes de blattes) sont extrêmement variables (au moins de 1 à 300) d'une pièce à l'autre. Les pièces occupées de manière permanente sont celles où les taux d'allergènes sont les plus élevés. Les salles les plus fréquemment nettoyées sont les moins contaminées.

Pour exemple, les résultats de mesures des allergènes au lycée international de Manosque pendant la campagne estivale sont présentés dans le graphe ci-dessous :

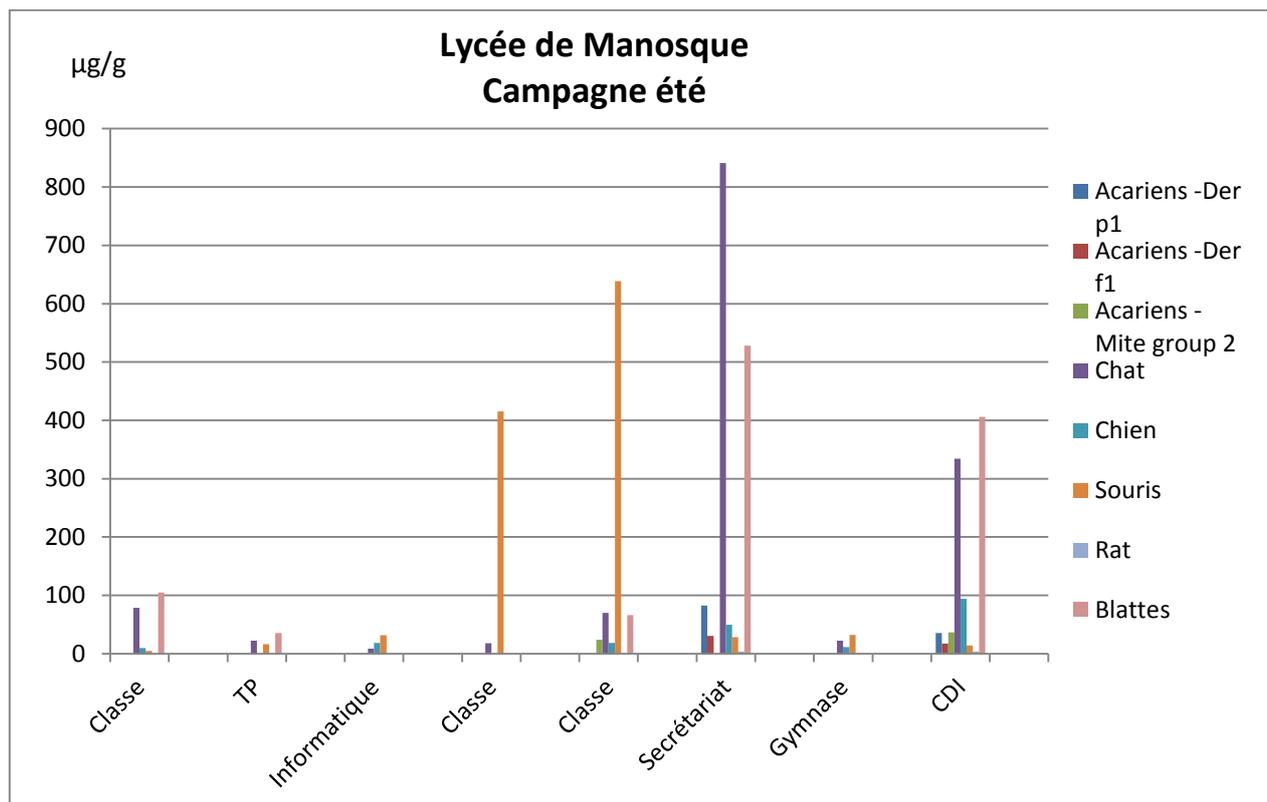


Figure 22 : Résultats de mesures estivales des allergènes dans le lycée de Manosque

La présence d'allergènes d'acariens est la plus forte dans les gymnases des 2 lycées, probablement du fait que le ménage y est peu pratiqué, et dans les bureaux personnels (secrétariat et un des bureaux du proviseur).

Pour rappel, le seuil proposé pour la sensibilisation est de 2 µg/g et 10 µg/g pour les réactions cliniques.

Les allergènes de blattes sont retrouvés dans les pièces où peut se trouver de la nourriture (réfectoire, secrétariat, gymnase) (Taux de sensibilisation : 2 µg/g).

La concentration des allergènes de chat et de chien est, d'une manière générale, très élevée, notamment pour l'allergène de chat (seuil de sensibilisation : 1 microgramme/g, seuil de réaction clinique : 8 µg/g pour le chat, 10 µg/g pour le chien). Le niveau est très variable d'une pièce à l'autre probablement du fait de la présence de ces animaux dans la pièce ou au domicile des personnes concernées.

La présence de l'allergène de souris est fréquente, celle de rat beaucoup moins. La très forte concentration dans le secrétariat du lycée de Manosque correspond probablement à la présence à demeure de l'animal dans le local.

Le détail des concentrations en allergènes par établissement est fourni en annexe 9.

4.3.2. MOISSURES

Les résultats des mesures des charges fongiques par lingette dans l'ensemble des établissements sont les suivants :

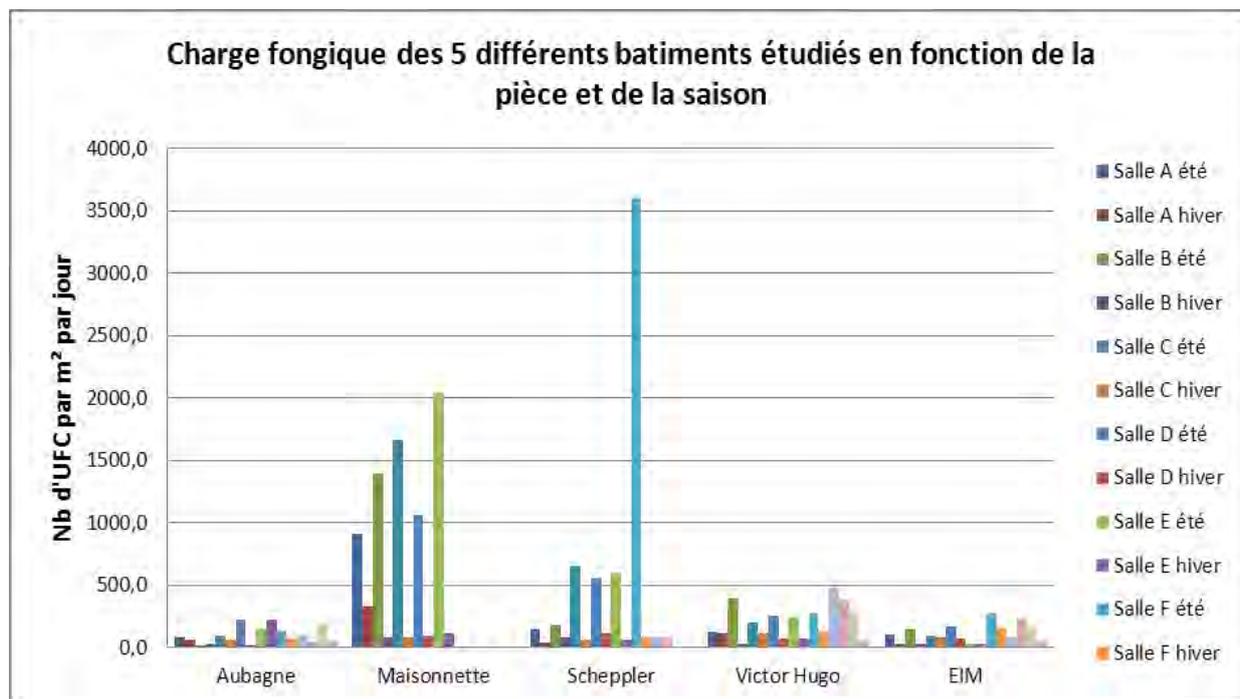


Figure 23 : Résultats de la charge fongique des 5 bâtiments étudiés

La charge fongique observée à l'intérieur d'un bâtiment reste du même ordre de grandeur sur une période donnée. Les résultats de la salle F de l'école Scheppler correspond à un pic de *Cladosporium*, probablement suite à l'inondation (développement probable de moisissures dans les murs et les plafonds, cette salle est au rez-de-chaussée, là où les dégâts ont été les plus importants), et de *Penicillium*.

La plus grande quantité de moisissures récoltées en été est souvent associée à une ouverture plus fréquente des fenêtres alors qu'en hiver, les bâtiments sont particulièrement fermés aux sources de contaminations extérieures.

D'une manière générale, des colonies de *Penicillium* (source = ubiquitaire des sols) puis de *Cladosporium* (source = matière végétale en décomposition) puis d'*Aspergillus niger* (source = sols et fruits en décomposition) et enfin d'*Alternaria* (source = ubiquitaire de l'environnement) ont été principalement identifiées sur nos prélèvements.

Ces espèces sont connues pour provoquer des dégâts sur les habitations lorsque le taux d'humidité ambiante est propice à leur développement. *Aspergillus* est un genre connu des services hospitaliers car il est l'un des principaux agents de maladies nosocomiales chez les patients immunodéprimés. *Alternaria* a été assez souvent associé à des allergies respiratoires légères.

Les quantités fongiques observées dans les 5 bâtiments étudiés ne sont pas alarmantes, cependant, si les quantités observées venaient à augmenter ou si des tâches de moisissures venaient à apparaître sur les murs, cela pourrait nécessiter un nettoyage et assainissement des locaux.

4.4. RAYONNEMENTS

4.4.1. CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

Les mesures de champs électromagnétiques basse et haute fréquence sont globalement satisfaisantes sur l'ensemble des bâtiments.

Toutefois des mesures de champ magnétique basse fréquence au siège de la de l'agglomération d'Aubagne donnent des valeurs significatives au rez-de-chaussée (0,4 μ Tesla dans un bureau et jusqu'à 1 μ Tesla dans le couloir). Ces champs proviennent du local technique situé au sous-sol où sont installés les onduleurs. Ces mesures restent bien inférieures aux recommandations européennes (100 μ Tesla) mais supérieures au seuil d'exposition (0,2 μ Tesla) imposé par le code environnemental suédois pour les nouvelles écoles et maisons.

Une des salles de cours de l'école internationale de Manosque est également exposée à un champ magnétique de 0,25 μ Tesla allant jusqu'à 1 μ Tesla dans un des angles (local technique attenant avec tableaux électriques et centrales de traitement d'air). Le bureau du directeur est quant à lui exposé à un champ électromagnétiques haute fréquence (téléphone sans fil avec base).

4.4.2. RADIOACTIVITE

Les mesures ponctuelles effectuées sur les 5 bâtiments montrent des niveaux d'irradiation allant de 6 à 17 μ Rem/h, avec une moyenne autour de 12/13 μ Rem/h : des expositions très faibles.

4.5. PARAMETRES DE CONFORT

4.5.1. CONFORT ACOUSTIQUE

Les mesures ponctuelles effectuées relèvent des ambiances intérieures allant généralement de 35 à 50 db, avec une moyenne à 40 db. Les ambiances extérieures ont des mesures généralement comprises entre 45 et 60 db, avec une moyenne autour de 55 db. A noter toutefois que les mesures ont souvent été réalisées sans la présence d'occupants. Les gênes exprimées restent limitées. Sans surprise, les locaux les plus bruyants sont les réfectoires, les gymnases et les salles communes, avec une moyenne de 70 db, pendant les périodes d'occupation (crèche de la Maisonnette, lycée Victor Hugo). A Aubagne, des nuisances sonores provenant de l'extérieur sont ressenties (circulation automobile et blanchisserie) et les niveaux sont proches de 70 db, fenêtres fermées. Les ambiances sonores bruyantes, en milieu urbain principalement, peuvent poser problème pour réaliser une ventilation naturelle (lycée Victor Hugo en particulier).

4.5.2. CONFORT VISUEL

Les mesures effectuées indiquent des niveaux d'éclairage extrêmement hétérogènes, allant de 150 à 1 500 lux (lumière naturelle et/ou artificielle). Dans leur majorité, les niveaux sont compris entre 300 et 600 lux. 3 bâtiments sur 5 présentent des niveaux d'éclairage satisfaisants en terme d'éclairage naturel. Sur les deux autres bâtiments, l'éclairage artificiel permet de compenser ce manque.

La crèche de la Maisonnette présente le plus faible niveau d'éclairage naturel (de 15 à 160 lux avec l'éclairage artificiel). L'éclairage naturel est également jugé insuffisant à l'école internationale de Manosque (niveau globalement inférieur à 200 lux). Sur l'ensemble des bâtiments, le recours à l'éclairage artificiel en journée reste limité.

Aucune gêne liée à l'éblouissement n'a été signalée. A l'école Scheppler d'Avignon, la végétation extérieure (platanes) fait efficacement office de protection solaire. Au siège de l'agglomération d'Aubagne, les stores sont utilisés de manière hétérogène et manquent de praticité.

4.5.3. CONFORT HYGROTHERMIQUE

Les paramètres de température et d'humidité (ambiante et de parois pour les deux paramètres) sont traités conjointement, car tous deux influent sur le confort "thermique" des occupants (sensation de froid ou de chaud).

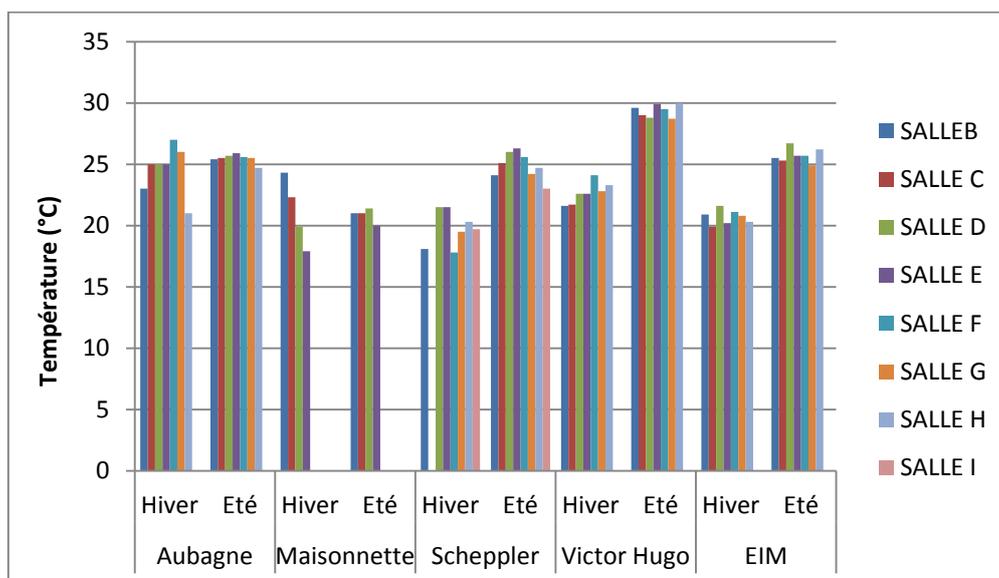


Figure 24 : Températures mesurées ponctuellement dans chaque établissement

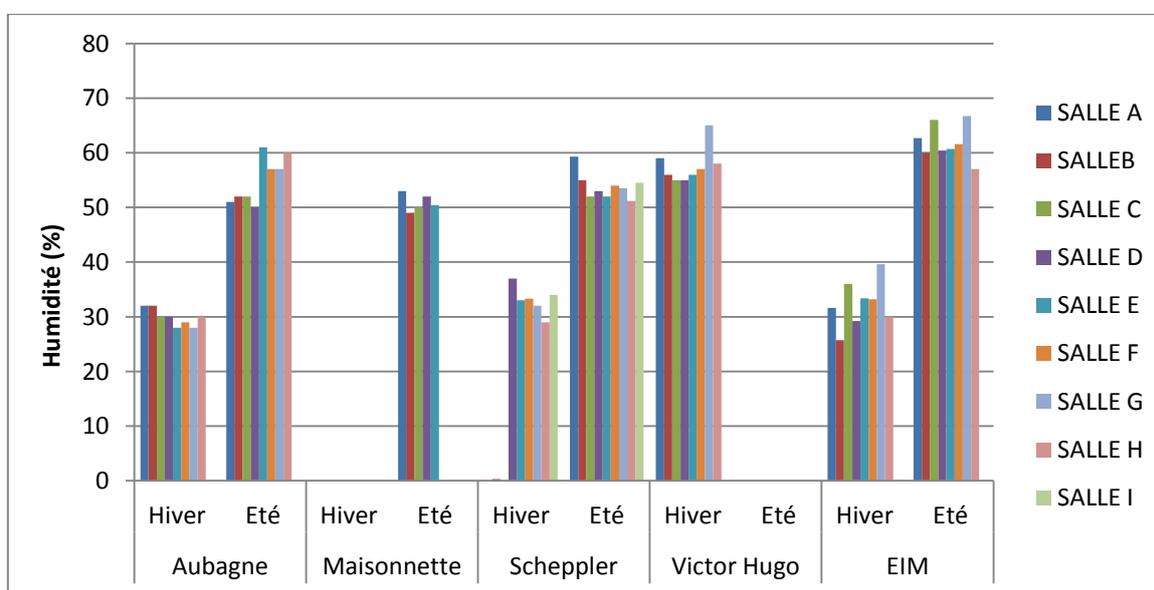


Figure 25 : Humidité mesurée ponctuellement dans chaque établissement

Les mesures ponctuelles de températures et d'humidité présentent des niveaux satisfaisants, en été comme en hiver (entre 20 et 25°C et entre 30 et 60 %). Les températures estivales flirtent avec les 30°C au lycée Victor Hugo.

Les températures par établissement sont présentées dans les annexes 4 à 8 détaillant les résultats de chaque bâtiment investigué.

4.5.4. VENTILATION

Au sein de notre échantillon de 5 bâtiments, la ventilation est globalement insuffisante. Un seul bâtiment dispose d'une VMC double flux plutôt efficace (école internationale de Manosque). Deux bâtiments disposent de VMC simple flux inefficaces (siège de l'Agglomération d'Aubagne et crèche la Maissonnette) et les deux derniers sont ventilés naturellement (lycée Victor Hugo et école Scheppler). L'insuffisance de la ventilation explique en grande partie les niveaux de confinement observés. La pratique de la ventilation naturelle est bien souvent insuffisante pour différentes raisons (froid en hiver, bruit, vent, entrée de poussière, odeurs, ...). L'occupation importante de certaines pièces à différents moments (sieste des enfants, réunions, cours) aggrave le confinement.

Pour le siège de l'Agglomération d'Aubagne et l'école Scheppler, les défauts d'étanchéité et les entrées d'air parasite au niveau des menuiseries permettent de limiter le confinement. Dans le cas d'Aubagne, le mauvais fonctionnement de la ventilation est compensé partiellement par l'ouverture des fenêtres.

4.6. PRECONISATIONS : L'INTERACTION METROLOGIE / MESURES PONCTUELLES / EXPERTISE DU BATIMENT / SOCIOLOGIE

L'objectif du groupe est de mettre en place une méthodologie transversale d'évaluation de la qualité de l'air intérieur des bâtiments, et par conséquent de pouvoir fournir des préconisations et des réponses pratiques aux problèmes constatés sur chacun des bâtiments.

Les préconisations proposées pour chaque bâtiment sont indiquées en annexes 4 à 8. En résumé, les principales préconisations qui ont été faites pour l'ensemble des bâtiments sont les suivantes :

- systèmes : mise en place de VMC simple flux (avec éventuellement une sur-ventilation nocturne), vérification du fonctionnement des VMC et des climatisations existantes, gestion de l'éclairage artificiel, intervention sur les consignes de chauffage...
- bâti : mise en œuvre d'une isolation par l'extérieur, installation de protections solaires, installation de fenêtres oscillo-battantes, changements des revêtements de sols...
- usages : utilisation de produits d'entretien non polluants, ouverture des fenêtres, nettoyage des entrées d'air dans les menuiseries, réalisation et affichages de supports d'information...
- occupation : redistribution des espaces.

Certaines préconisations sont légères et peuvent être mises en œuvre facilement, alors que d'autres beaucoup plus lourdes impliquent d'importants travaux.

5. BILAN ET PERSPECTIVES

5.1. RETOUR D'EXPERIENCE SUR LA METHODOLOGIE D'INTERVENTION INITIALE

Le protocole et les questionnaires mis au point d'une manière collégiale permettent de déterminer les sites d'échantillonnage des bâtiments à expertiser.

5.1.1. PRE-DIAGNOSTIC

Concernant l'expertise réalisée au cours du pré-diagnostic, la trame employée s'est avérée satisfaisante et très complète. Cette trame nécessite par contre une connaissance assez transversale des problématiques du bâtiment.

5.1.2. MESURES PONCTUELLES

Un protocole mieux défini (sites de mesure, conditions...), aurait permis de s'assurer de la reproductibilité et de la comparabilité des mesures. Les mesures de champs électromagnétiques doivent encore être précisées et améliorées. Les appareils choisis pour les mesures de champs et de débits de ventilation n'étaient peut-être pas les plus adaptés. Des formations à l'usage de ces appareils s'avèreraient nécessaires. Par ailleurs, la réalisation des mesures n'apporte pas toujours une information supplémentaire. Ces mesures pourraient ne pas être systématiques et réalisées uniquement en cas de problèmes constatés ou suspectés.

5.1.3. MESURES CHIMIQUES

Concernant l'évaluation de la pollution chimique de l'air intérieur, la méthodologie d'intervention est en grande partie adaptée à la réalité du terrain et à la pertinence scientifique.

Les mesures des aldéhydes sont incontournables puisqu'il s'agit de l'une des familles de polluants les plus présents en air intérieur avec un impact sanitaire significatif. La méthode d'échantillonnage passif n'est pas trop contraignante et ne gêne pas les occupants des locaux échantillonnés.

Les mesures de BTEX et de NO₂ mettent en évidence des pollutions d'origine extérieures ou intérieures permettant de différencier ce qui est dû au bâtiment ou à son environnement proche. Comme pour les aldéhydes, les échantillonneurs passifs sont peu contraignants.

Les mesures de dioxyde de carbone, monoxyde de carbone, température et humidité relative sont essentielles pour déduire le confinement des locaux, évaluer le risque d'intoxication au CO, le confort hygrothermique et d'éventuelles conditions favorables au développement de moisissures. L'appareil n'émet aucun bruit mais nécessite tout de même un accès à une prise électrique.

Au vu de l'impact sanitaire de plus en plus connu des particules fines en suspension dans l'air, la mesure des PM 2,5 est indispensable. Le PdR utilisé à cet effet compte les particules en suspension dans l'air et réalise une estimation en µg/m³. Les résultats sont moins précis que les méthodes de mesure de masses mais le protocole de mesure est bien plus simple à mettre en œuvre sur le terrain. L'appareil nécessite un accès électrique et produit un bruit de fond peu intense mais qui peut déranger une personne quand elle se trouve à proximité immédiate de l'appareil.

Enfin, la méthode de prélèvement par canister permet d'obtenir de manière aisée un volume d'air nécessaire aux analyses en laboratoire. Néanmoins, la liste des 41 composés organiques volatils ciblés correspond à des COV de profil air extérieur. Ceci peut avoir l'avantage de mettre en évidence d'avantage de problématiques liées à la pollution extérieure mais il serait plus opportun de se focaliser sur des substances plus typiques des ambiances intérieures.

5.1.4. BIO CONTAMINANTS

La mesure des allergènes par aspiration des poussières est pertinente dans les environnements intérieurs puisqu'elle ne se limite pas à la simple détection d'allergènes d'acariens. Elle permet de surcroît la quantification des allergènes dus aux animaux/insectes domestiques ou nuisibles qui peuvent également provoquer des réactions allergiques.

L'utilisation de lingettes électrostatiques dans le cadre d'une caractérisation fongique d'un environnement intérieur est adaptée à toutes sortes de bâtiments : service hospitalier dont l'air est contrôlé ou bâtiment public où beaucoup de personnes circulent. Cependant, cette méthode étant expérimentale, à l'heure actuelle, il n'existe pas de seuils d'alerte pour des locaux publics. La caractérisation fongique de l'air ambiant par cette méthode nous permet de mettre en évidence des quantités élevées de certaines espèces allergisantes ou autres dont la présence peut avoir un impact sur la santé des utilisateurs. L'expérience permettra, à long terme, de mettre en place des seuils d'alerte.

5.1.5. EXPERIENCE DU RESEAU

La mise en œuvre de l'ensemble de l'évaluation sur chaque bâtiment est relativement lourde, en raison du nombre d'intervenants, de la durée des mesures... Sa généralisation en l'état semble difficile. Une mise en œuvre allégée serait à envisager ou alors elle doit être réservée aux bâtiments présentant des pathologies lourdes.

Au cours de cette première expérimentation, l'interaction des différentes parties prenantes (professionnels du bâtiment, experts de la métrologie et chercheurs) aurait pu être d'avantage développée. Dans l'éventualité d'une poursuite des expérimentations, la construction collective de l'évaluation pourrait être mieux encadrée d'un point de vue méthodologique (temps d'échanges plus structurés).

Enfin, la campagne estivale de mesures devrait systématiquement avoir lieu entre mi-juin et mi-août pour s'assurer de mesurer la période de l'année la plus chaude.

L'expérience acquise au cours de ces expérimentations a été mise à profit pour des groupes de travail nationaux. C'est ainsi que des campagnes de mesures à l'échelle nationale proposent des protocoles similaires à celui du réseau EQAIR.

5.2. EVOLUTIONS PROBABLES DE LA METHODOLOGIE

Le but des expérimentations est de fournir un protocole de mesure de la qualité de l'air intérieur applicable sur le terrain en cas de besoins, notamment lors de problèmes suspectés de pollution intérieure. Dans ce cas, la recherche de polluants doit être la plus large possible.

L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur a fourni une liste de COV prioritaires et très prioritaires dans les espaces intérieurs. Ce classement prend en compte la fréquence de détection à l'intérieur, la toxicité et le risque d'exposition aux substances. Au cours de campagnes de mesure en assistance aux collectivités, Air PACA a travaillé sur une liste de substances mesurables par canister, spécifiques de l'air intérieur et basées sur la hiérarchisation de l'OQAI. L'étape de validation de cette liste de substance nécessite de plus amples expérimentations. Néanmoins, nous savons d'ores et déjà qu'une partie non négligeable des substances visées par l'OQAI n'est pas analysable sur les prélèvements d'air par canister.

D'autres techniques de prélèvement et d'analyse complémentaires pourraient donc être envisagées pour permettre une évaluation d'autres polluants spécifiques à l'air intérieur.

5.3. AUTRES MISSIONS DU RESEAU

Les autres missions du réseau EQAIR financées dans le cadre PRSE 2 par l'ARS et la DREAL consistent à la diffusion de l'information liée à la qualité de l'air intérieur par le biais de divers moyens de communication :

- développement d'un site internet, support d'information ;
- organisation/participation à des séminaires « air intérieur » ;
- sensibilisations à la qualité de l'air intérieur ;
- développement de supports d'information thématiques sur la qualité de l'air intérieur.

5.3.1. SITE INTERNET DU RESEAU EQAIR

Le site du réseau EQAIR, www.airinterieurpaca.org, a été développé dans le but d'être un support d'information pour toute structure ou personne intéressée par la problématique de la qualité de l'air intérieur. Il est donc destiné à un public très large : collectivités, professionnels du bâtiment, chercheurs, sociologues, professionnels de santé et grand public.

Le site web propose :

- une description générale de la problématique air intérieur ;
- une présentation de l'ensemble des actions du réseau EQAIR et de la mise en réseau des compétences des CEI/CHS⁴¹ ;
- une mise à disposition de documents liés à la qualité de l'air intérieur ;
- des points d'actualités mensuels « air intérieur ».



Figure 26 : Site internet du Réseau EQAIR www.airinterieurpaca.org

⁴¹ Conseillers en Environnement Intérieur/Conseillers Habitat Santé

5.3.2. SEMINAIRES AIR INTERIEUR

Air PACA a organisé un séminaire air intérieur à Marseille en juin 2011 au cours duquel ont été présentées des généralités sur l'air intérieur, les principales recommandations. Les différentes structures du réseau ont présenté leurs actions et leurs méthodologies d'évaluation de la qualité de l'air intérieur au sein d'EQAIR.

Les diaporamas de ce séminaire sont disponibles sur le site internet www.airinterieurpaca.org.

Air PACA et les autres structures d'EQAIR sont invitées régulièrement pour présenter les actions du réseau dans des colloques ou séminaires à l'échelle régionale, nationale ou internationale.

5.3.3. SENSIBILISATIONS AIR INTERIEUR

Dans sa mission de sensibilisation, Air PACA a organisé ou participé à plusieurs réunions/formations de sensibilisation auprès des collectivités, des professionnels de santé, d'élèves et d'étudiants.

Air PACA a organisé en 2012 deux réunions de sensibilisation (à Nice et Marseille) auprès des collectivités de la Région PACA avec la collaboration du CETE Méditerranée. Ces demi-journées ont permis de présenter des généralités « air intérieur », les recommandations sur les nouveaux et anciens bâtiments ainsi qu'un point sur la réglementation notamment en rapport avec la surveillance réglementaire des établissements recevant du public.

Air PACA participe à diverses initiatives de sensibilisation/formation aussi bien pour des associations de professionnels de santé (pédiatres) que pour des étudiants de formation initiale (Masters) ou de formation continue.

Enfin, Air PACA a profité des campagnes de mesure de la qualité de l'air intérieur au sein du lycée Victor Hugo de Marseille pour sensibiliser des élèves de seconde et de première des sections en lien avec l'environnement ou la chimie.

5.3.4. DEVELOPPEMENT DE SUPPORTS D'INFORMATION THEMATIQUES

Air PACA a participé au développement des documents Ecol'Air : outils d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur dans les écoles. Cet outil est développé en partenariat avec l'ADEME, la fédération Atmo France, Alphééis, PBC et Air Normand.

Air PACA a également développé deux documents d'information relatifs à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public :

- pour les gestionnaires de bâtiments ;
- pour les organismes accrédités.

L'ensemble de ces documents est disponible sur le site du Réseau EQAIR : www.airinterieurpaca.org.

6. CONCLUSION

La qualité de l'air est au cœur du confort et de la santé dans les bâtiments que nous occupons.

L'analyse de l'air est une nécessité pour connaître les composants subtils qui nous entourent et leur origine.

Cependant les facteurs de propagation des nuisances possibles sont nombreux et touchent particulièrement le domaine des « frontières » entre l'air et l'enveloppe qui nous protège.

Ce qui implique de s'intéresser aux températures des parois, aux modes de vie, aux matériaux, à la qualité de l'air extérieur, au sens des vents, aux organismes microscopiques, à l'entretien des bâtiments.

Nous sommes en cours d'élaboration d'un savoir-faire qui bien plus qu'une analyse exhaustive des valeurs physiques, définit une méthode qui fait la synthèse entre le ressenti des utilisateurs, les comportements, les sensibilités humaines aux nuisances et les données technologiques.

L'avantage de cette vision scientifique est de cibler les mesures physiques à réaliser en privilégiant la personne et sa parole qui devient le support de la décision d'investigations lourdes ou non.

Il s'agit littéralement de développer un art d'analyse, une méthode de diagnostic sanitaire de nos bâtiments.

La constitution d'un réseau régional expert en qualité de l'air intérieur est une initiative nous permettant d'aborder la qualité sanitaire des bâtiments selon diverses approches toutes aussi importantes les unes que les autres en faisant appel aux expertises de chaque structure du réseau EQAIR.

Outre l'animation du réseau EQAIR, la contribution d'Air PACA a consisté à la mise en place des stratégies d'échantillonnage, des méthodologies de mesure des polluants chimiques dans les bâtiments et de leur application sur site.

Les stratégies d'échantillonnage choisies semblent être représentatives des bâtiments et ont permis de mettre en évidence des problématiques de pollution intérieure.

Les méthodes de prélèvements chimiques sont adaptées à la réalité du terrain et ne présentent pas trop d'inconfort pour les occupants des bâtiments.

A l'exception des composés organiques volatils mesurés par canister, les polluants ciblés semblent en adéquation avec les problématiques actuelles.

Les tests des nouveaux appareils de mesure de la qualité de l'air intérieur disponibles sur le marché permettent un retour d'expérience nécessaire à la bonne évolution de la méthodologie de mesure.

L'expérience acquise au cours de ces expérimentations a été mise à profit lors de groupes de travail nationaux. C'est ainsi que des campagnes de mesures à l'échelle nationale proposent des protocoles de mesure similaires à celui du réseau EQAIR.

Les campagnes de mesure, réalisées sur 5 établissements, ne peuvent prétendre à être représentatives de la situation des établissements standards ou exemplaires sur le plan énergétique. Cependant les expérimentations ont été riches en informations et permettront une évolution bénéfique de la méthodologie de mesure dans l'optique d'une constante amélioration.

ANNEXE 1 : PARAMETRES INITIALEMENT IDENTIFIES

Développement d'une compétence pluridisciplinaire sur la qualité de l'air intérieur en Provence-Alpes-Côte d'azur

PRESENTATION DES PARAMETRES ETUDIES

Ce document présente les paramètres étudiés dans le cadre du groupe de travail sur la Qualité de l'Air Intérieur (QAI).

A.	CONFORT HYGROTHERMIQUE, VISUEL ET AUDITIF	2
A.1	Température de l'air	2
A.2	Température de surface	2
A.3	Humidité	2
A.4	Taux de renouvellement d'air	2
A.5	Eclairage	2
A.6	Niveau sonore	2
B.	COMPOSANTE SOCIOLOGIQUE DE L'ANALYSE DU BATIMENT	3
C.	CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES ET IRRADIATION.....	4
C.1	Champs électromagnétiques haute fréquence (>900 MHz)	4
C.2	Champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences (50 Hz)	4
C.3	Radioactivité	5
D.	AEROCONTAMINATION FONGIQUE	5
E.	TENEURS EN COMPOSANTS CHIMIQUES	6
E.1	Teneur en CO ₂ (dioxyde de carbone).....	6
E.2	Teneurs en CO (monoxyde de carbone)	6
E.3	Teneurs en NO ₂ (dioxyde d'azote).....	6
E.4	Teneurs en C ₆ H ₆ (benzène)	6
E.5	Teneurs en CH ₂ O (formaldéhyde).....	7
E.6	Teneurs en C ₁₀ H ₈ (naphtalène)	7
E.7	Teneurs en C ₂ HCl ₃ (trichloréthylène)	7
E.8	Teneurs en C ₂ Cl ₄ (perchloréthylène).....	7
F.	PARTICULES CONTENUES DANS L'AIR	8
F.1	Teneurs en PM10.....	8
F.2	Teneurs en PM2,5.....	8
F.3	Allergènes	8

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



A. CONFORT HYGROTHERMIQUE, VISUEL ET AUDITIF

A.1 Température de l'air

- réglementation : aucune loi fixant la température mini ou maxi dans les locaux scolaires : décision du chef d'établissement

- code du travail : pas de valeur de température non plus
- sensation de confort travail assis : cf. diagramme psychotool

A l'usage, on préconise des températures intérieures de 19°C à 22°C en fonction des locaux et des activités.

A.2 Température de surface

Cette valeur est utilisée dans le diagramme psychotool. Elle peut générer un inconfort par sensation de paroi froide (effet radiant).

La comparaison de la valeur obtenue avec la température de l'air ambiant renseigne sur le niveau d'inertie et d'isolation du bâtiment

A.3 Humidité

Norme américaine ASHRAE 55-1992 : maintenir une HR (humidité relative) entre 30 et 60%

A.4 Taux de renouvellement d'air

Valeurs du Règlement Sanitaire Départemental et du référentiel QEB Lycées :

- 18m³/h/pers. pour les locaux d'enseignement
- 22 m³/h/pers. dans les logements
- 25 m³/h/pers. dans les ateliers

-salles de classe :

- . hiver de 2,7 à 4 vol/h
- . été de 4 à 8 vol/h

A.5 Eclairage

- . à l'usage : 400 lux
- . bâtiment à qualité environnementale :
 - 250 à 300 lux, avec appoint ponctuel au poste de travail si nécessaire
 - 300 lux sur le Référentiel QEB Région dans les lycées

Pour les locaux de travail le référentiel HQE demande un niveau d'éclairage de 200 lux à 4 m de la baie.

L'INRS recommande une valeur moyenne d'éclairage de 200 lux pour les locaux de travail (éclairage artificiel inclus) qui correspond à l'éclairage requis pour exercer des tâches de précision moyenne.

A.6 Niveau sonore

Valeurs guide OMS à ne pas dépasser :

- école, terrain de jeu : 55dB
- salle de classe : 35 dB (intelligibilité du discours)

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



- Bâtiment à qualité environnementale :
- bureaux cloisonnés : 40 dBA
 - bureaux paysagers : 45 dBA
 - réunion : 35 dBA
 - cafétéria : 50 dBA

Source : -cahier des charges acoustiques - groupement de l'ingénierie acoustique (GIAC) - contrat ademe n°98.04.109 - 31/01/2000-

B. COMPOSANTE SOCIOLOGIQUE DE L'ANALYSE DU BATIMENT

Dans le cadre de la visite du groupe QAI, nous sommes retournés à deux reprises dans les locaux abritant le siège de la communauté d'Aubagne et du Pays de l'Etoile afin de rencontrer les agents et connaître leur sentiment quant à la qualité de l'air.

Nous avons pu les questionner sur :

Poste			
CSP	Caractérisation sociale		<i>Objectif : Tester au long terme le rôle de la position sociale comme variable explicative de représentations sociales de la pollution spécifiques et des pratiques qui en découlent</i>
Niveau de Diplôme			
Revenu	Qui parle ?		
Sexe			
Odeurs			
Bruit			
Poussières	Attribué(es) à une		<i>Les agents ont été interrogés sur la présence de problèmes potentiels, d'éléments qu'ils auraient pu remarquer.</i>
Lumière	source externe aux locaux		
Odeurs			
Bruit	Attribué(es) à une source interne		<i>En cas de réponse positive, la description de la gêne et de la source mise en cause ont été notées.</i>
Poussières	aux locaux		
Températures			
Humidité			

Les agents ont également été questionnés sur leurs allergies et des irritations des yeux et des sinus qu'ils pourraient ressentir sur le lieu de travail, également sur leurs pratiques d'ouverture des fenêtres.

Nous avons également tenté de donner une possibilité aux agents de s'exprimer sur des problèmes plus généraux plus ou moins directement liés à la qualité de l'air mais qui pourraient se traduire dans leur rapport à l'espace (cf synthèse).

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



C. CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES ET IRRADIATION

C.1 Champs électromagnétiques haute fréquence (>900 MHz)

Champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunications ou par les installations radioélectriques :

- recommandation européenne du 12/07/1999, transcrite en France - décret 03 mai 2002 :

	champs	
	électrique	champs
	V/m	Amp/m
900MHz	41	0,1
1800MHz	58	0,15
2000MHz	61	0,16

Il y a de grandes différences entre ces valeurs et celles décrites ci-dessous :

- Etude Viel avec dosimétrie montre des expositions à 1,5V/m en moyenne
- L'association Robin des Toits prône une valeur limite de 0,6V/m

C.2 Champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences (50 Hz)

- induction magnétique ou champ magnétique en Tesla
- recommandation européenne 12/07/1999 transcrite en France - décret 3 mai 2002
 - . expo résidentielle 24h/24 : VLE 100 μ Tesla
 - . expo professionnelle 8h : VLE 500 μ Tesla

- Avis de l'AFSSET du 23 mars 2010

- en Suède code environnemental 1998 : nouvelles écoles et maisons < 0,2 μ Tesla

- dans les locaux proches des lignes à très haute tension, des lignes TGV ou des transformateurs, l'induction magnétique relevée varie de 0,5 à 40 μ Tesla.

Normalement, il est constaté qu'à une distance d'environ 1,5 mètre des appareils électrodomestiques, le niveau enregistré est de l'ordre de 0,1 μ Tesla.

Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) et le National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) ont confirmé l'association entre la leucémie de l'enfant et une exposition annuelle supérieure à 0,4 μ Tesla

Source : http://www.biorespect.com/info/conscience_de_l_etre/162-

- champ électrique en Volt/mètre
- recommandation européenne 12/07/1999 transcrite en France - décret 3 mai 2002
 - . expo résidentielle 24h/24 : VLE¹ 5 kV/m
 - . expo professionnelle 8h : VLE 10 kV/m

Le champ électrique est difficilement exploitable pour des problèmes physiques d'absorption et de réflexion.

¹ VLE = Valeur Limite d'Exposition

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



C.3 Radioactivité

Radon :

La région PACA n'est pas soumise à de forts taux de radon dans l'air.

Ce paramètre n'a pas été mesuré.

"Issu de la désintégration de l'uranium naturellement contenu dans les sols, le radon, gaz inodore et cancérigène, pénètre dans les bâtiments où sa concentration peut alors croître fortement. En France, seuls les établissements recevant du public sont soumis à des « niveaux d'action ».

Il n'existe aucune exigence pour l'habitat, lieu où l'on passe la majeure partie de son temps.

L'arrêté du 22 juillet 2004, relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public, exige des actions en fonction de seuils fixés : 400 Bq/m³ et 1 000 Bq/m³.

On est bien loin des 100 Bq/m³ que l'OMS recommande de fixer comme « niveau d'action »."

Source : -www.lemoniteur.fr/203-sante/article/actualite/687474-radon-l-oms-rappelle-les-dangers-de-ce-gaz-inodore-et-cancerigene-

Irradiation :

Pour la campagne de mesures, nous avons mesuré l'irradiation à l'intérieur des locaux. L'unité équivalente est le **µRem/h**.

Cette unité définit les effets des rayonnements sur le corps humain (EQUIVALENT DE DOSE EFFICACE).

Niveau d'exposition recommandé :

- . pour un travailleur du nucléaire : 570 µRem/h
- . pour la population : 57 µRem/h

Dose moyenne d'exposition : proportionnelle au niveau d'exposition du lieu fréquenté et au temps d'exposition.

Exemple : habitation : 20 µRem/h, 12h par jour ; lieu de travail : 30 µRem/h, 8h par jour ; autre : 10 µRem/h, 4h par jour. Dose moyenne : (20x12)+(30*8)+(10x4)=520 µRem pour 24h, soit 21,6 µRem/h

L'irradiation naturelle moyenne en région PACA est : 8,43 µRem/h

Source : CEA/IPSN

D. AEROCONTAMINATION FONGIQUE

Les champignons les plus fréquemment rencontrés en environnement intérieur sont *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*. Concernant leurs effets sur la santé, il n'y a pas de relation dose réponse pour la plupart des moisissures et il n'existe pas à l'heure actuelle de données fiables permettant d'établir un seuil au dessous duquel il n'y a pas d'effet pour la santé.

Deux techniques ont été appliquées pour mesurer la présence de moisissures dans l'air.

- Une technique d'impaction active sur milieu nutritif visant à quantifier/identifier les espèces fongiques présentes à un instant t dans 330 litres d'air (mesure ponctuelle).
- Une technique de sédimentation sur lingette électrostatique permettant de quantifier/identifier les moisissures présentes dans la pièce pendant une durée de quinze jours (mesure continue).

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



E. TENEURS EN COMPOSANTS CHIMIQUES

E.1 Teneur en CO₂ (dioxyde de carbone)

Mesures de la teneur en CO₂ émis par la respiration des personnes présentes dans un local. En présence d'occupants, plus l'air est confiné, plus le niveau de CO₂ est élevé et moins bonne est la qualité de l'air.

Valeurs seuils utilisées dans le cadre d'une campagne de mesure réalisée par l'OQAI entre novembre 2007 et février 2008 dans 6 établissements scolaires de la région parisienne. Les locaux étaient équipés de boîtiers lumineux :

- 1000 ppm pour le seuil de passage du vert à l'orange
- 1700 ppm pour le seuil de passage de l'orange au rouge

Ces valeurs se situent autour de la valeur réglementaire de 1300 ppm préconisée dans le Règlement Sanitaire Départemental type.

Note : au niveau global, la concentration moyenne annuelle en air ambiant était de 390 ppm en 2010.

E.2 Teneurs en CO (monoxyde de carbone)

Gaz émis par les combustions en déficit d'oxygène (chaudière mal réglée, ventilation insuffisante...) Pas de seuil réglementaire pour l'air intérieur. Seules l'OMS et l'AFSSET ont donné des objectifs de qualité, indicatifs :

Valeurs guides OMS, reprises par l'AFSSET :

- 100 µg/m³ en moyenne sur 15 minutes
- 60 µg/m³ en moyenne sur 30 minutes
- 30 µg/m³ en moyenne horaire
- 10 µg/m³ en moyenne sur 8 heures

E.3 Teneurs en NO₂ (dioxyde d'azote)

Gaz émis par les combustions hautes températures : moteurs de véhicules à proximité du bâtiment, chaufferie, cuisson au gaz sont les sources principales en air intérieur. En dehors des pièces de service (cuisine, chaufferie...), la source principale de NO₂ en air intérieur est la pollution extérieure.

Pas de seuil disponible pour l'air intérieur. Les valeurs de référence en air ambiant sont :

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :

- 40 µg/m³ en moyenne annuelle
- 200 µg/m³ en moyenne horaire, maximum 18 heures par an

E.4 Teneurs en C₆H₆ (benzène)

Gaz émis par la combustion ou l'évaporation d'hydrocarbures (carburants) ou de certains produits d'entretien, voire par certains matériaux plastiques. Les sources extérieures influencent fréquemment les niveaux observés dans les bâtiments, dans la mesure où le transfert de ce polluant de l'extérieur vers l'intérieur se fait quasiment à 100%.

Pas de seuil réglementaire pour l'air intérieur, mais le Haut Conseil de Santé Publique a émis des recommandations :

Valeur d'action rapide : 10 µg/m³ en moyenne annuelle

Valeur repère : 5 µg/m³ en moyenne annuelle

Cette valeur évoluera : 4 µg/m³ en 2013, 3 µg/m³ en 2014 et 2 µg/m³ en 2015.

Valeur cible pour la protection de la santé humaine : 2 µg/m³ en moyenne annuelle (au 01/01/15)

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



E.5 Teneurs en CH_2O (formaldéhyde)

Gaz émis par l'évaporation de produits d'entretien ou de bricolage (peintures, colles, vernis, solvants...) ou de composés inclus dans les matériaux (bois agglomérés, plastiques...), voire par la dissociation d'autres composés organiques sous l'effet de la chaleur et/ou de la lumière.

Pas de seuil réglementaire pour l'air intérieur, mais le Haut Conseil de Santé Publique a émis des recommandations :

Valeur d'action rapide : **100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle**

Valeur d'information et de recommandation : **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle**

Cette valeur évoluera, en diminuant de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ chaque année à partir de 2010, jusqu'à atteindre 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2020.

Valeur repère : **30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle**

Cette valeur évoluera, en diminuant de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ chaque année à partir de 2010, jusqu'à atteindre 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2020.

Valeur cible pour la protection de la santé humaine : **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle (au 01/01/20)**

Valeur guide de l'OMS : **100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 30 minutes**

Valeur guide de l'AFSSET : **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 2 heures**

E.6 Teneurs en $C_{10}H_8$ (naphtalène)

Gaz émis par l'évaporation de produits d'entretien ou de bricolage (peintures, colles, vernis, solvants...) ou de composés inclus dans les matériaux (bois agglomérés, plastiques...)

Pas de seuil réglementaire pour l'air intérieur. Seule l'AFSSET a donné un objectif de qualité, indicatif :

Valeur guide de l'AFSSET : **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle**

E.7 Teneurs en C_2HCl_3 (trichloréthylène)

Solvant utilisé principalement pour le dégraissage des pièces métalliques.

Pas de seuil réglementaire pour l'air intérieur. Seule l'AFSSET a donné un objectif de qualité, indicatif :

Valeurs guides de l'AFSSET :

- **20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle**
- **800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 14 jours**

E.8 Teneurs en C_2Cl_4 (perchloréthylène)

Solvant utilisé principalement pour le nettoyage à sec dans les pressings.

Pas de seuil réglementaire pour l'air intérieur. Seule l'AFSSET a donné un objectif de qualité, indicatif :

Valeurs guides de l'AFSSET :

- **250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle**
- **1380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 1 à 14 jours**

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



F. PARTICULES CONTENUES DANS L'AIR

F.1 Teneurs en PM10

PM10 = particules en suspension d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm

Particules solides ou liquides, émises par les combustions et par l'usure des matériaux (pneus, freins, bitume, érosion naturelle...)

Pas de seuil disponible pour l'air intérieur. Les valeurs de référence en air ambiant sont :

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :

- **40 µg/m³ en moyenne annuelle**
- **50 µg/m³ en moyenne journalière, maximum 35 jours par an**

Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine : **30 µg/m³ en moyenne annuelle**

F.2 Teneurs en PM2,5

PM2,5 = particules en suspension d'un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm

Particules solides ou liquides, émises par les combustions, par l'usure des matériaux (pneus, freins, bitume, érosion naturelle...) et par des recombinaisons chimiques dans l'atmosphère (embruns, photochimie...).

Pas de seuil disponible pour l'air intérieur. Les valeurs de référence en air ambiant sont :

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : **25 µg/m³ en moyenne annuelle (au 01/01/15)**

Valeur cible pour la protection de la santé humaine : **20 µg/m³ en moyenne annuelle**

Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine : **10 µg/m³ en moyenne annuelle**

Valeurs guides OMS :

- **10 µg/m³ en moyenne annuelle**
- **25 µg/m³ en moyenne journalière, maximum 3 jours par an**

F.3 Allergènes

Prélèvements de poussière sur le sol pour mesure :

- des allergènes acariens
- des allergènes chat et chien
- des allergènes blattes (cafards), rat et souris.

Ces mesures sont faites par technique ELISA et exprimées en microgrammes d'allergène par gramme de poussière aspirée (µg/g).

Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



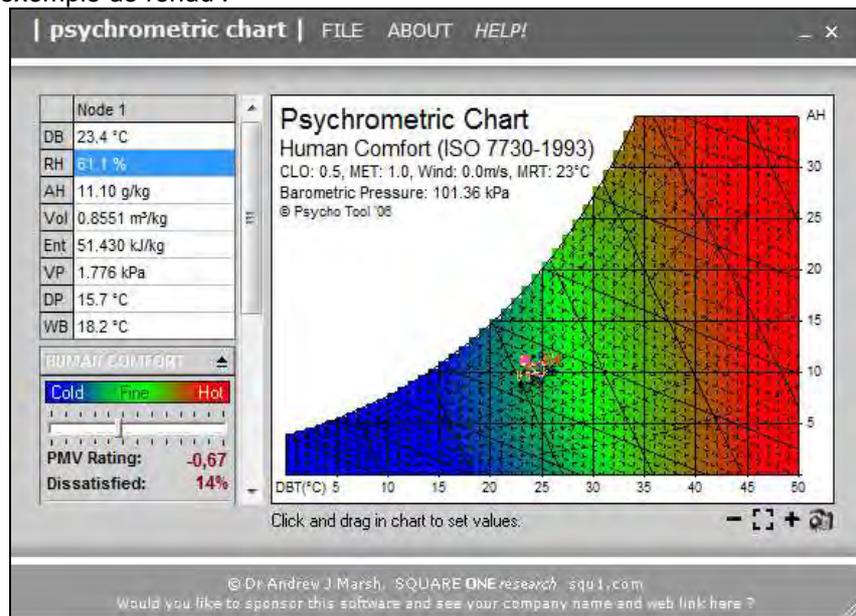
ANNEXES :

- Logiciel Psychotool :

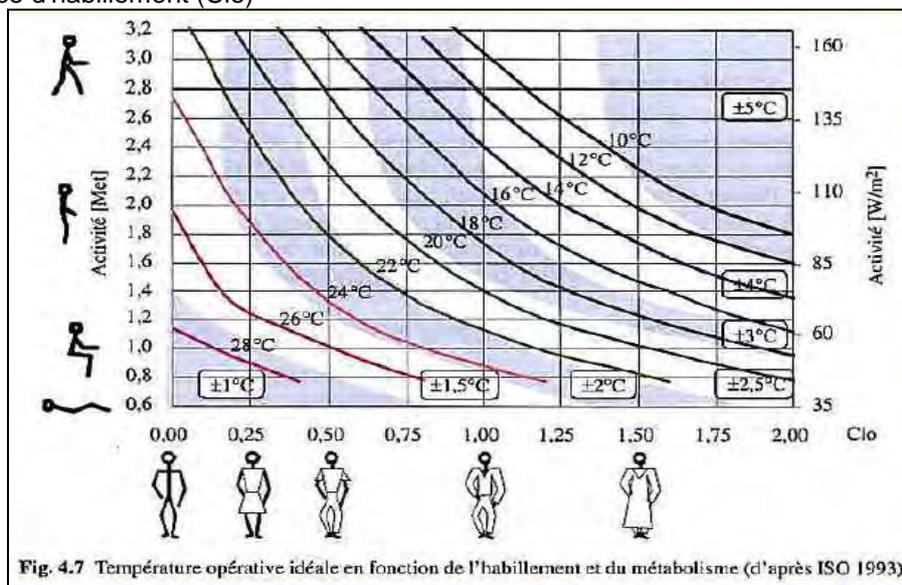
Le logiciel Psychotool permet de visualiser les zones de confort sur un diagramme de l'air humide, en faisant varier les données suivantes :

- température de l'air
- température de paroi (effet radiant)
- humidité
- indice d'habillement (clo)
- activité métabolique
- vitesse de l'air

Ci dessous un exemple de rendu :



- Le diagramme suivant fait apparaître les températures de confort en fonction de l'activité et de l'indice d'habillement (Clo)



Groupe expert composé de :



Avec le soutien financier de :



ANNEXE 2 : PROTOCOLE POUR LE PRE-DIAGNOSTIC DES BATIMENTS

Environnement extérieur

Conditions d'ambiance du jour des observations	<ul style="list-style-type: none"> • Météorologie • Autre
---	---

Influence de la pollution ambiante	
Taille d'agglomération*	<ul style="list-style-type: none"> • Classes de population
Type de bâti environnant*	<ul style="list-style-type: none"> • Bâti dense • bâti discontinu / lotissement • zone commerciale / d'activité • zone rurale
Présence d'un axe routier proche*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • oui, distance et TMJA
Présence d'une activité proche*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Garage, station service • pressing • site industriel, type d'activités • couloir aérien (phase de décollage / atterrissage) • élevage, type et taille • autre, préciser
Influence sur l'humidité	
Relief*	<ul style="list-style-type: none"> • Montagne • colline • plaine / plateau • fond de vallée
Géologie*	<ul style="list-style-type: none"> • Type de sol • Types d'affleurement
Présence de végétation proche*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • oui, pelouse / haies / arbustes • oui, arbres
Présence d'un cours d'eau proche*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • oui, distance et largeur • Eaux stagnantes
Présence d'un masque (ensoleillement)	<ul style="list-style-type: none"> • Non • oui, nombre d'heures d'ensoleillement par jour et plages horaires (hiver / été)

* Données issues de l'observation sur le terrain et du SIG

[Texte]

Bâtiment

Description générale	
Description du bâtiment	Photos, description : taille du bâtiment, taille des fenêtres, aspect neuf ou vieux...
Usage du bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> • Scolaire • Logement • Tertiaire
Date de construction du bâtiment	En particulier, par rapport à : 1994 (amiante) 2005 (renouvellement d'air, émissions de PM)
Date et nature de la dernière rénovation du bâtiment	En particulier, par rapport à : 1994 (amiante) 2005 (renouvellement d'air, émissions de PM) Nature des travaux
Orientation	<ul style="list-style-type: none"> • Nord Sud Est Ouest
Structure du bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> • Béton • Briques • Bois • Pierre • Autre, préciser
Garage/parking attenant au bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Oui : <ul style="list-style-type: none"> • conduit de ventilation commun • accès direct • stockage de produits
Toiture	<ul style="list-style-type: none"> • Toit terrasse • Tuiles • Autre, préciser
Terrasse / balcon	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Oui, en pente vers l'extérieur • Oui, en contrepente
Type d'isolant	<ul style="list-style-type: none"> • Isolant minéral (laine de verre, laine de roche) • Isolant synthétique (polystyrène) • Isolant végétal (chanvre, coton) • Autre, préciser • Pare vapeur
Type de chauffage principal	<ul style="list-style-type: none"> • Par points ou central • Électrique • Gaz • Fuel • Cheminée ouverte • Cheminée fermée / poêle (flamme verte ?) • Autre, préciser
Type de ventilation	<ul style="list-style-type: none"> • Naturelle (sans) • VMC • VMC double flux (avec échangeur thermique) • Autre, préciser

[Texte]

Description par pièce	
Ventilation - entrées d'air*	<ul style="list-style-type: none"> • Joints et Interstices • Bouches aménagées dans les huisseries • VMC
Ventilation - sorties d'air*	<ul style="list-style-type: none"> • Joints et interstices • VMC • Autre, préciser
Revêtement de sol*	<ul style="list-style-type: none"> • Carrelage • Béton • Linoléum • Revêtement plastique • Moquette • Parquet • Autre, préciser
Habillage intérieur des murs*	<ul style="list-style-type: none"> • Peinture (nature : solvant, eau, label ?) • Papier peint • Autre, préciser
Matériaux des huisseries*	<ul style="list-style-type: none"> • Bois • PVC • Aluminium • Fer
Type de vitrage*	<ul style="list-style-type: none"> • Simple • Double (ou plus) • Double + Argon • Triple
Présence de fissures*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Sol • Murs • Plafond
Mouvements différentiels*	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture de canalisation • Désaffleurements (définir)
Marques d'humidité*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Sol • Murs • Plafond
Présence de moisissures*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Localisation • Surface couverte (en m²)
Présence de salpêtre*	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Localisation • Surface couverte (en m²)
Présence d'insectes*	<ul style="list-style-type: none"> • Fourmis • Cafards/blattes • Autres, préciser
Éclairage*	<ul style="list-style-type: none"> • Naturel • Artificiel

*Information à indiquer par pièce (sur un plan)

[Texte]

Usage

Périodicité d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquentation • Programme d'utilisation
Nombre d'utilisateurs	Nombre
Nombre de fumeurs	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de fumeurs • Fume-t-on à l'intérieur de cette pièce ? <ul style="list-style-type: none"> • Oui • Non
Plantes d'intérieur	Nombre Type de plantes
Mode de lavage, et séchage	Détailler (fréquence...)
Produits d'entretien	Détailler
Entretien de la ventilation	Détailler (fréquence...)
Ventilation naturelle*	Fréquence et durée d'ouverture des fenêtres
Utilisation de produits émissifs*	<ul style="list-style-type: none"> • Colles (fréquence) • Vernis (fréquence) • Peintures (fréquence) • Solvants (fréquence) • Parfums d'intérieur (fréquence) • Traitement de charpente
Utilisation d'insecticides, pesticides*	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticides (fréquence) • Pesticides (fréquence, type)
Chauffage d'appoint*	<ul style="list-style-type: none"> • Absence • Electrique • Fuel • Autre, préciser
Mobilier*	<ul style="list-style-type: none"> • Date de dernier renouvellement du mobilier • Matériau (en particulier si aggloméré ou encollé)
Mode de cuisine (si pertinent)	<ul style="list-style-type: none"> • Vapeur • Autres
Hotte Aspirante (si pertinent)	<ul style="list-style-type: none"> • Absence • Utilisation occasionnelle • Utilisation systématique • Type : a filtre (nature du filtre), a extraction
Literie (si pertinent)*	<ul style="list-style-type: none"> • Age du matelas • Nature du matelas • Présence d'une housse anti-acariens • Fréquence de lavage des draps • Température de lavage
Séchage du linge (si pertinent)	<ul style="list-style-type: none"> • Intérieur (indiquer la pièce) • Extérieur
Animaux domestiques	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun • Chiens, nombre • Chats, nombre • Autre, description et nombre

* Information à indiquer par pièce (sur un plan)

[Texte]

Perception

Nuisances extérieures perçues	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit • Odeurs • Poussières • Température • Irritations (yeux, nez, gorge) • Allergies • Symptômes respiratoires • Symptômes oculaires • Autres, préciser • Date de début de la nuisance
Nuisances intérieures perçues*	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit • Odeurs • Poussières • Température • Irritations (yeux, nez, gorge) • Allergies • Symptômes respiratoires • Symptômes oculaires • Autres, préciser • Date de début de la nuisance
Taux d'absentéisme par zone*	Valeur

* Information à indiquer par pièce (sur un plan)

Jusqu'ou aller dans les questions « sanitaires » ?

En dehors des questions relatives à la perception du style « avez vs le nez qui coule, les yeux qui piquent, des démangeaisons cutanées, », demander simplement s'il y a une allergie déclarée sur le plan médical avec traitement associé (sans préciser le traitement.)

Classification de la (des) personne(s) interrogées dans le cadre de ce questionnaire :

CSP	Préciser
Revenus	Préciser
Diplôme	Préciser
Composition de la famille	Préciser

Cf. questionnaire bâtiment durable méditerranéen (sur Internet)

Cf. protocole Maison de l'Allergie et de l'Environnement

Documents utilisés pour construire ce questionnaire :

- Diagnostic sanitaire (B. Arditti)
- Questionnaire logement APPA (F. Grimaldi)

[Texte]

ANNEXE 3 : LISTE DES COV MESURES PAR CANISTER

41 composés organiques volatils ont été mesurés en laboratoire sur les échantillons d'air prélevés par canister. Les COV analysés sont les suivants :

1	éthane	22	1,2-dichloroéthane
2	éthène	23	1,1,1-trichloroéthane
3	propane	24	benzène
4	propène	25	tétrachlorométhane
5	iso-butane	26	trichloroéthylène
6	n-butane	27	iso-octane
7	acétylène	28	heptane
8	trans-2-butène	29	1,1,2-trichloroéthane
9	1-butène	30	toluène
10	cis-2-butène	31	octane
11	iso-pentane	32	tétrachloroéthylène
12	n-pentane	33	chlorobenzène
13	1,3-Butadiène	34	éthylbenzène
14	trans-2-pentène	35	m+p-xylène
15	1-pentène	36	styrène
16	cis-2-pentène	37	o-xylène
17	isoprène	38	1,3,5-triméthylbenzène
18	1,1-dichloroéthane	39	1,2,4-triméthylbenzène
19	1-hexène	40	1,4-dichlorobenzène
20	1,2-dichloroéthylène	41	1,2,3-triméthylbenzène
21	hexane		

ANNEXE 4 : NOTE D'INFORMATION SIEGE D'AGGLOMERATION D'AUBAGNE

SOMMAIRE

- p1 : analyse cartographique
- p2 : plan d'échantillonnage et principaux désordres rencontrés
- p3 : contexte, analyse et préconisations

Annexes jointes :

- protocole d'enquête
- tableaux de mesures
- paramètres de références

SIEGE AGGLOMERATION
932 Av. de la Fleuride ZI des Paluds

13400 AUBAGNE

GRUPE EXPERT QAI
13857 Aix en Provence

5 janvier 2011

Ech

Diagnostic
ANALYSE DU SITE

PLAN N° 01

Mis à jour le

DIAG 1005EC

ARDITTI JUMEL
Société d'architecture
04100 MANOSQUE



AXES & ENVIRONNEMENT NATUREL

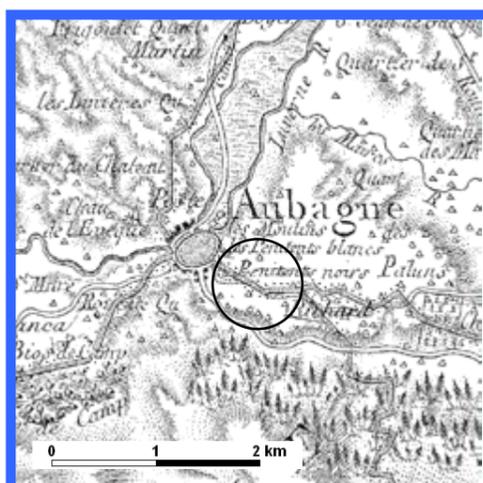
- zone d'activité
- orientation des façades Nord/sud
- axes routiers à fort trafic
- blanchisserie au nord (voisin immédiat)
- usine alimentaire au nord

DONNEES DU TERRAIN

- vallée sédimentaire
- alluvions

DONNEES GEOPHYSIQUES

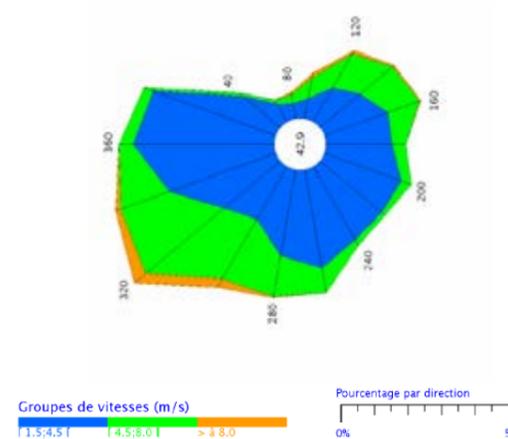
- vents dominants du sud-ouest



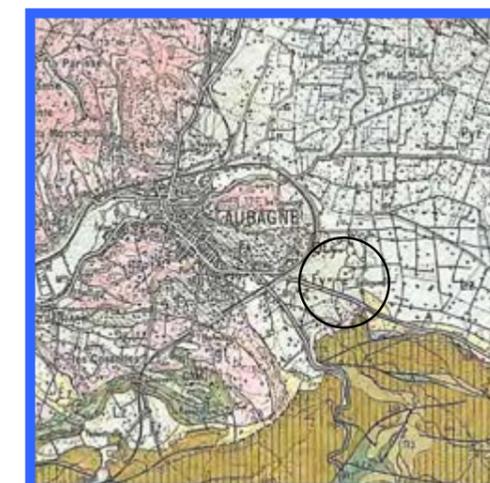
Carte de Cassini (18^e siècle)



Extrait cadastral



Rose des vents

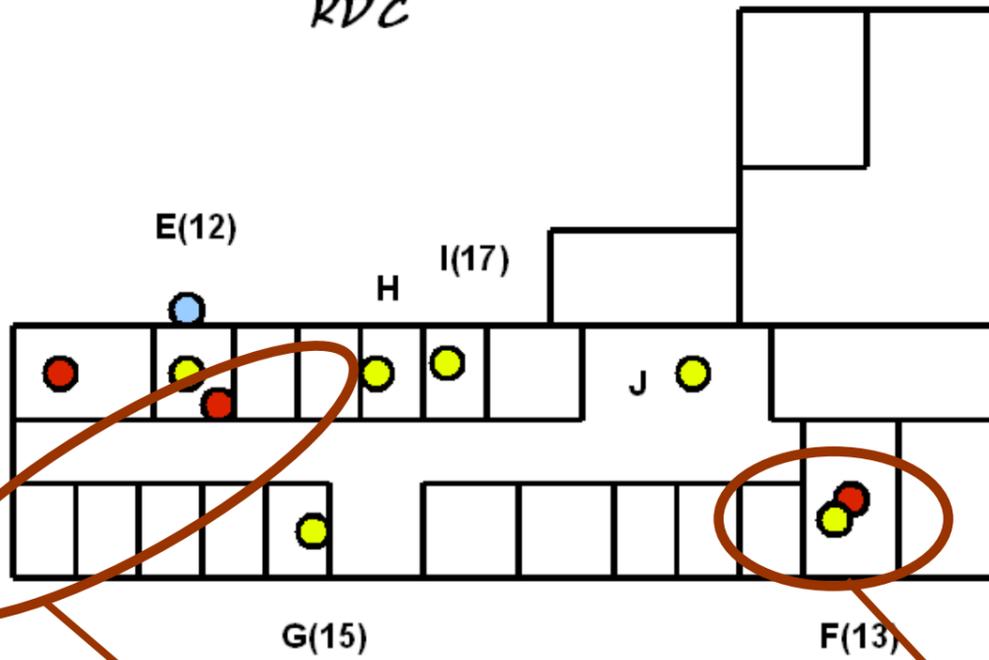


Carte géologique



Carte des argiles

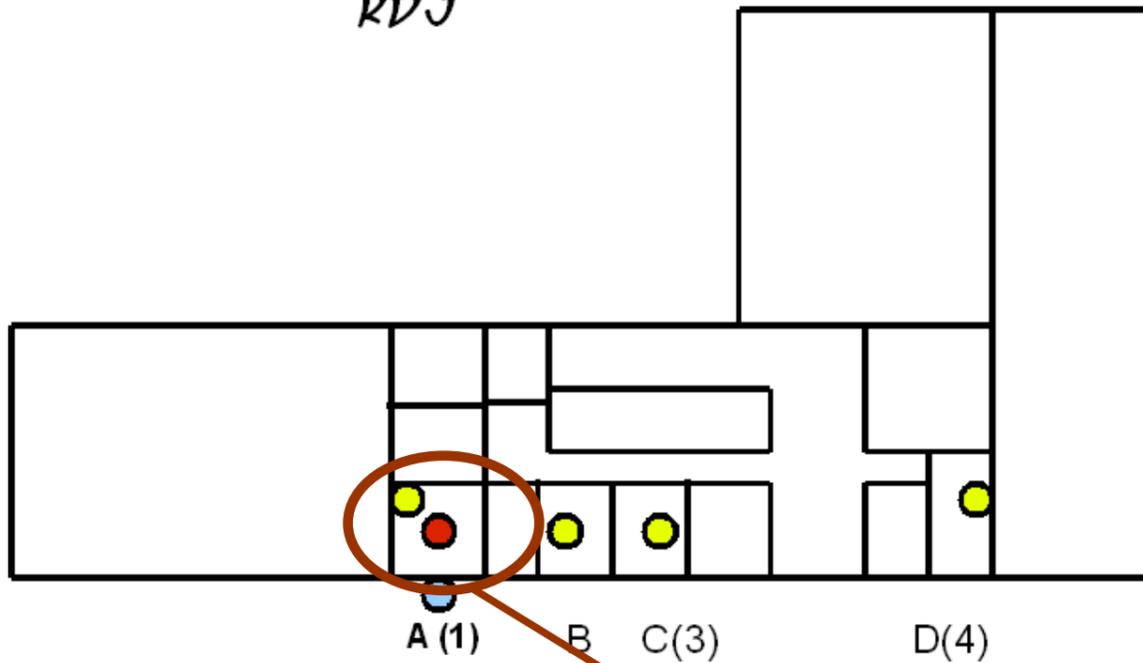
RDC



champs électromagnétiques à basse fréquence élevés

inconfort ressenti en été dû à la climatisation

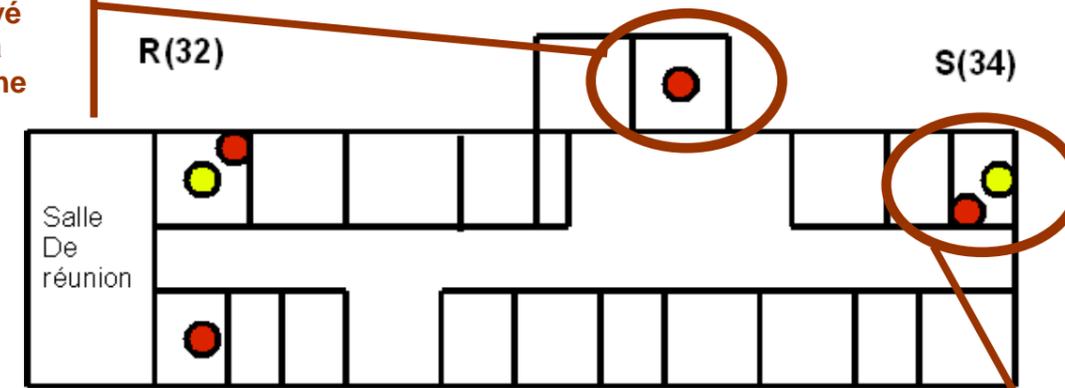
RDJ



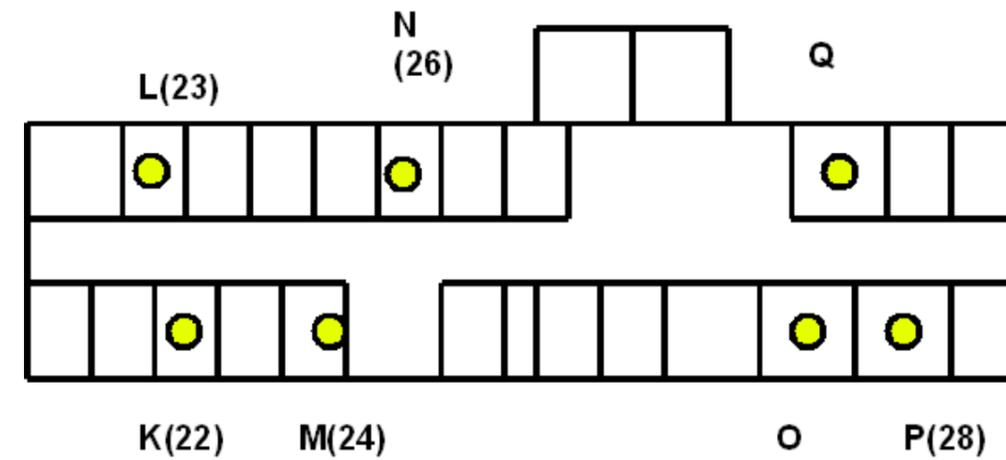
polluants chimiques (formaldéhydes, benzène, toluène etc.) en forte concentration

taux de CO2 élevé en fonction de la présence humaine

2^E ÉTAGE



1^{ER} ÉTAGE



inconfort d'été (températures élevées) - zone en surpression - rayonnement de chaleur depuis la toiture terrasse de couleur sombre - 3 façades exposées températures extérieures + rayonnement solaire sur toiture

- Echantillonnage « base » : BTEX, Aldéhydes, NO₂, PM2.5, T°, HR, moisissures
- Echantillonnage « extérieur » : BTEX, Aldéhydes, NO₂
- Questionnaire « perceptions »

Contexte

Bâtiment du siège de l'agglomération d'Aubagne

Ce bâtiment, construit dans les années 70, fait l'objet d'un projet de réhabilitation, dans une démarche globale de Développement Durable. L'objectif est d'aboutir à un bâtiment plus adapté aux besoins de l'agglomération et répondant aux critères de la démarche « Bâtiment Durable Méditerranéen » et du label Effinergie. Intégré dans le programme AGIR « 100 bâtiments exemplaires », ce projet s'inscrit dans les travaux du groupe expert en QAI pour y tester sa méthodologie d'intervention sur un bâtiment.

En dehors de la vétusté de certains équipements du bâtiment, celui-ci est potentiellement soumis à l'influence de la voie rapide proche, ainsi que de la blanchisserie industrielle voisine et de la fabrique de chips installée à proximité.

Le groupe expert en qualité de l'air intérieur

Financé dans le cadre du programme AGIR Prébat de la région PACA, il a comme objectif de :

- Développer et partager les savoirs et savoir-faire, les méthodes et les pratiques sur l'air intérieur, avec une approche pluridisciplinaire (bâtiment, santé, énergie...) et intégrant le double enjeu énergie-climat et air-santé
- Sensibiliser et accompagner les acteurs du bâtiment (maîtres d'ouvrages et gestionnaires, professionnels et utilisateurs) pour la mise en œuvre des bonnes pratiques de prévention de la pollution de l'air intérieur dans la construction et la réhabilitation
- Répondre à des incertitudes scientifiques spécifiques

Le premier travail de ce groupe est la construction d'une méthodologie commune d'intervention sur un bâtiment, mêlant les approches de tous les membres de ce groupe (liste des membres en bas de page). C'est dans ce cadre qu'il est intervenu sur le bâtiment de l'agglomération d'Aubagne.

Campagne d'analyse du bâtiment

La qualité de l'air intérieur peut subir des variations saisonnières ; ainsi le bâtiment a fait l'objet de deux campagnes d'analyse et de mesures, du 16 au 30 mars 2010 et du 10 au 24 août 2010, couvrant une période froide et une période chaude.

Lors de chaque intervention, les paramètres suivant ont été étudiés :

- Caractéristiques du bâtiment lui-même : matériaux, état, ventilation, chauffage, isolation...
- Paramètres physiques : température et humidité
- Confort et ressenti de ses occupants
- Concentrations en polluants chimiques, notamment particules, composés organiques volatils, dioxyde d'azote, dioxyde de carbone
- Présence de moisissures et champignons
- Présence d'allergènes
- Champs électromagnétiques

Résultats des analyses

Confinement / ventilation

Le bâtiment est globalement peu confiné malgré les problèmes de fonctionnement du système de ventilation. Le point noir semble être les salles de réunion, où les taux de CO₂ peuvent atteindre plus de 2000 ppm pendant les réunions à cause du grand nombre de personnes présentes (la valeur limite recommandée étant de 1000 ppm). L'ouverture des fenêtres, dans certains bureaux, ainsi que les défauts d'étanchéité, semblent compenser partiellement l'insuffisance de la ventilation. Attention cependant à tenir compte de ce facteur lors de la mise en étanchéité du bâtiment. Pour rappel, le confinement est un facteur d'inconfort (problèmes de concentration...) et un facteur aggravant dans le cas de la présence d'une source de pollution ou de présence de microbes.

Confort thermique

La situation semble assez disparate dans le bâtiment, notamment en fonction de l'exposition des bureaux. Globalement, l'enquête auprès des occupants révèle que les bureaux sud paraissent trop chauds l'été, tandis que les bureaux nord paraissent trop froids l'hiver, notamment au rez-de-jardin.

L'humidité légèrement supérieure au rez-de-jardin peut également être un facteur augmentant la sensation de froid (ainsi que la faible luminosité).

En mars, les températures mesurées ponctuellement, le matin, vont de 21°C minimum à 27°C (3 pièces à 25°C). Le report de ces données dans le diagramme psychotool permet de conforter le ressenti exprimé par les occupants – en effet le taux d'insatisfaction à ces niveaux de température et d'hygrométrie peut atteindre 90% si la température de paroi avoisine les 18°C (cas de la pièce 31) et chute à 5% pour la pièce 12 (Tparoi 25°C – Tintérieur 27°C et humidité 29%).

La rénovation du bâtiment devrait permettre de résoudre le ressenti de froid lié aux parois froides, aux défauts d'étanchéité à l'air, et ainsi permettre d'abaisser les consignes de températures autour de 21°C dans toutes les pièces pour un niveau de confort équivalent.

Certains utilisateurs se plaignent de la clim, trop puissante par moments.

Luminosité

Le ressenti est hétérogène. Certains bureaux sont trop lumineux d'autres trop sombres d'après les utilisateurs.

Globalement, les valeurs mesurées sont toutes supérieures à 200lux – le recours à l'éclairage artificiel est ainsi limité au profit de l'éclairage naturel.

Globalement la gestion des stores n'est pas homogène – les occultations en place manquent de praticité pour que l'utilisateur s'en préoccupe.

Bruit

Les nuisances sonores perçues viennent majoritairement de l'extérieur : circulation automobile au sud (niveau sonore extérieur mesuré 55 dBA) et blanchisserie au nord (niveau sonore extérieur mesuré 70dBA).

Quelques nuisances sonores à l'intérieur du bâtiment ont été signalées, mais aucune source ne ressort en particulier (passage dans les couloirs, portes, bruit des serveurs, micro de l'accueil...).

Les mesures ponctuelles intérieures avoisinent les 40 dBA fenêtres fermées.

Odeurs

Les problèmes d'odeurs ont été signalés provenant aussi bien de l'extérieur que de l'intérieur :

- Extérieur : la source signalée principalement est l'usine Sibell (odeur de chips, friture). On trouve également les odeurs de la blanchisserie et des odeurs de fuel liées à la chaudière.
- Intérieur : la première source d'inconfort vient de l'odeur des produits ménagers, décrits comme « insupportables » (ces produits ont été changés depuis). Viennent ensuite les odeurs de cuisine. Sont également citées les odeurs de moisissures et l'odeur de plastique lorsque le soleil frappe le revêtement de sol. Les Fiches de données de sécurité des produits utilisés pour le nettoyage ont été examinées – le 2D Desodor contient entre autre des Terpènes.

Composés organiques volatils au rez-de-jardin

Une pollution aux composés organiques volatils a été observée au rez-de-jardin, notamment pour des composés comme le benzène (moyenne de 5,8 µg/m³, pour une valeur limite pour la protection de la santé de 5 µg/m³), le toluène, les xylènes et plusieurs autres hydrocarbures. Les niveaux mesurés à l'extérieur étant nettement plus bas, la source est probablement située à l'intérieur du bâtiment. Les locaux techniques situés au rez-de-jardin seraient une hypothèse plausible.

La blanchisserie pourrait également participer à une partie de cette pollution, dans la mesure où des niveaux faibles de perchloroéthylène (détachant industriel) ont été mesurés en hiver. Cependant, les mesures complémentaires réalisées en été, en parallèle de mesures extérieures, n'ont pas pu confirmer ce fait.

Des mesures complémentaires pourraient être envisagées, notamment au niveau des bureaux voisins. .

Des niveaux modérés de formaldéhyde (27-36 µg/m³, pour une valeur repère de 30 µg/m³) ont également été mesurés dans deux autres pièces (salle info, salle de réunion). L'amélioration de la ventilation devrait permettre d'améliorer la situation, pour peu que les matériaux apportés par la réhabilitation n'émettent pas plus que les matériaux actuels.

Champ électromagnétique au rez-de-chaussée

Un champ électromagnétique significatif a été mesuré au rez-de-chaussée, à la verticale du local technique du rez-de-jardin où sont installés les onduleurs. Les niveaux observés dans le couloir sont 10 à 40 fois supérieurs à ce qui est mesuré dans le reste du bâtiment.

Allergènes

Les données ne sont pas encore disponibles pour ce paramètre.

Particules, NO₂

Ces polluants, principalement issus de la circulation automobile, restent à des niveaux relativement faibles. L'axe proche ne semble donc pas avoir un impact fort sur l'intérieur du bâtiment. Les pièces ayant les niveaux les plus élevés sont le réfectoire et le bureau mitoyen, probablement en raison de la proximité des véhicules passant par l'entrée du parking :

- NO₂ : concentrations à l'intérieur du bâtiment : 13-23 µg/m³ ; concentrations extérieures proches de la façade : 29-30 µg/m³ (valeur limite pour la protection de la santé : 40 µg/m³ en air ambiant)
- PM2.5 : concentrations à l'intérieur du bâtiment : 4-17 µg/m³ - moyenne hivernale uniquement, la moyenne sur l'année est inférieure (valeur cible annuelle : 20 µg/m³ ; valeur limite annuelle : 25 µg/m³ en air ambiant)

Moisissures

Les mesures de moisissures ne révèlent rien d'anormal : la charge et la diversité fongiques sont conformes à ce qu'on retrouve habituellement dans l'air ambiant. Cependant, une odeur de moisissures nous a été signalée par un des usagers du bâtiment.

Préconisations

VENTILATION

Malgré le fonctionnement effectif des CTA (Centrales de traitement d'air) confirmé par un technicien le jour de la visite en mars, aucun débit d'air n'alimentait les pièces du bâtiment. Les personnes interrogées ont des avis variables sur le fonctionnement de la ventilation et témoignent d'une méfiance quant à sa réelle efficacité. Il sera important de réaliser un guide d'entretien et d'utilisation des CTA et du système de ventilation à la livraison de celui-ci.

Vérifier que les débits d'air sont conformes à la réglementation (cf. document « Présentation des paramètres étudiés ») et à l'utilisation des locaux : par exemple la salle de réunion actuelle n'est pas suffisamment ventilée.

On fera particulièrement attention au placement des bouches d'entrée d'air neuf qui devront prendre en compte :

- l'usine de fabrication de chips (située au Nord) et ses odeurs rémanentes
- les vents dominants (sud-ouest)
- les sources de bruits : circulation au Sud et blanchisserie au Nord

CONFORT D'ETE ET CONFORT VISUEL

Le bâtiment est fortement inertiel – afin de favoriser le confort d'été, on fera attention à préserver cette inertie en privilégiant une isolation par l'extérieur. En période estivale, une surventilation nocturne (4 à 8 vol/h) permettrait un rafraichissement significatif et ainsi de limiter, voir d'éliminer, l'usage de la climatisation.

La mise en place d'occultations (extérieures) facilement manipulables, associée à une sensibilisation à leur utilité (en montrant les résultats d'une simulation thermique dynamique avec et sans occultation par exemple) devrait améliorer cette gestion solaire. Le confort d'été et le confort lumineux s'en trouveront nettement améliorés.

En raison de son usage (bureaux) et selon l'exposition des pièces, ce bâtiment est sensible aux apports lumineux trop intenses (éblouissement) – cet aspect devra être pris en compte pour chaque poste de travail.

MATERIAUX ET MAINTENANCE

Au vue des concentrations non négligeables de formaldéhyde et autres polluants présents dans les locaux, nous suspectons le revêtement de sol en PVC de générer ces polluants et plus particulièrement lorsque celui-ci est chauffé par les rayons du soleil. Par ailleurs, les produits détergents utilisés pour nettoyer ce sol contiendraient également des Composés organiques volatils.

Nous préconisons donc dans le cas d'une :

- rénovation légère : protéger les vitrages par des protections solaires afin que le sol ne reçoive pas de rayons de soleil. Utiliser des produits d'entretien sans solvant, sans terpène, sans ammoniac ni soude. Dans la mesure du possible privilégier ceux fabriqués à partir de produits naturels et émettant le moins de COV possible (ex savon noir, label Ecocert...etc...). Un examen des FDS ou FDES devra être effectué afin de permettre ce choix. Prévoir une zone de stockage ventilée et à l'abri de la lumière pour les produits d'entretien. La même remarque s'applique au choix des peintures (qui seront minérales de préférence) et aux mobiliers. Le label Ange Bleu, l'écolabel européen à minima permettent de faire une sélection de peintures émettant le moins de COV. Pour le mobilier la norme NF environnement Ameublement assure une émission réduite de COV ainsi qu'une limitation des impacts sur l'environnement (énergie de fabrication, optimisation de l'emballage et du transport, gestion des déchets, recyclage et durabilité).
- rénovation lourde : changer le revêtement de sol et en choisir un qui permette un lavage à la vapeur d'eau ou au savon noir.

ZONES PARTICULIERES

Nous avons remarqué que le bureau A(1), en rez-de-jardin Nord, présente un ensemble de pathologies

- teneur en benzène et autres polluants, supérieure à la normale
- peu de lumière
- absence de ventilation

Dans le cas d'une redistribution des espaces, il serait opportun de requalifier cette zone et d'y attribuer une fonction à usage non permanent.

La même remarque peut être étendue pour les zones (Nord Est du bâtiment) où des valeurs de champs électromagnétiques élevées ont été relevées.

ANNEXE 5 : NOTE D'INFORMATION CRECHE LA MAISONNETTE MARSEILLE

CRECHE LA MAISONNETTE

11 Rue de Lodi

13007 MARSEILLE

Mis à jour le 17 juillet 2011

GRUPE EXPERT QUALITE DE L'AIR INTERIEUR



AXES & ENVIRONNEMENT NATUREL

Milieu urbain,
Bâti fermé sur trois côtés à rez de chaussée,
Avec utilisation différente à l'étage.

DONNEES DU TERRAIN

Terrain homogène plat

DONNEES GEOPHYSIQUES

Zone ventée mais à l'abri du fait des immeubles environnants.



Carte de Cassini (18e siècle)

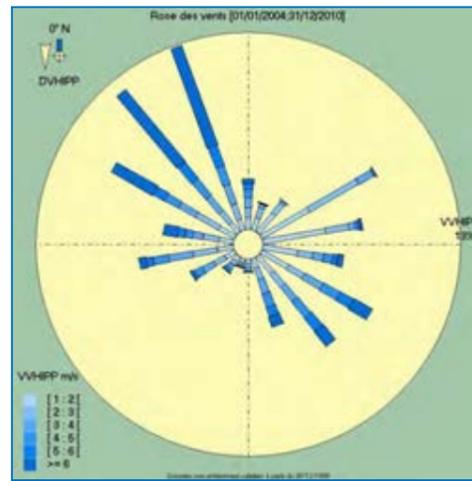
Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



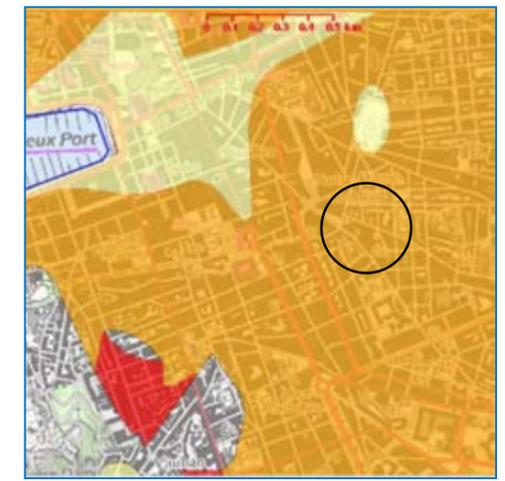
Extrait cadastral



Rose des vents



Carte géologique



Carte des argiles



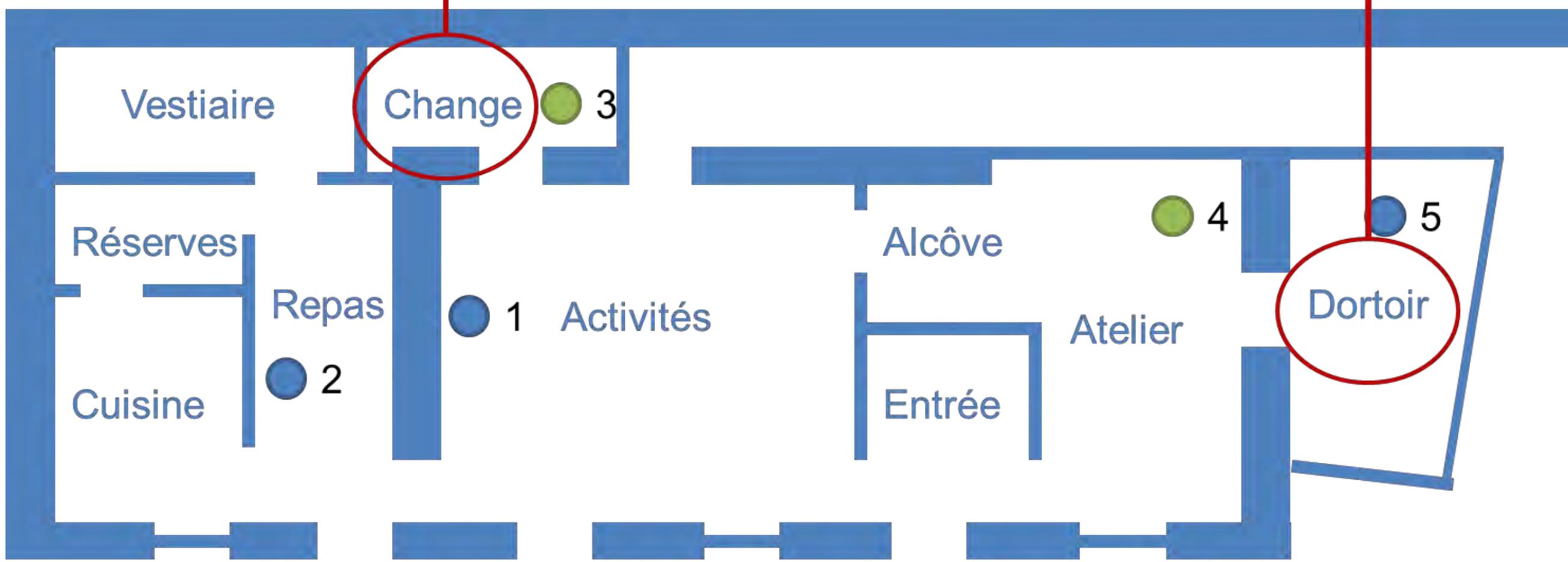
-  BTX, ALD, NO2, PDR2.5 (1 semaine), Qtrack
-  BTX, ALD, NO2, PDR2.5 (2 semaines), Qtrack
-  BTX, NO2

Formaldéhyde environ égal à l'objectif qualité (peut encore être amélioré)

Inconfort possible lié aux sensations de parois froides

Taux de CO2 élevé en fonction de la présence humaine

Absence d'éclairage naturel et de ventilation



 99



Contexte

Crèche La maisonnette de Marseille

- La crèche La Maisonnette, localisée à Marseille, a accepté l'intervention du groupe expert qualité de l'air intérieur en vue de servir de bâtiment exemplaire pour le projet AGIR Prebat. Le bâtiment a fait l'objet de rénovations en 1994 vis-à-vis d'une source d'amiante ainsi qu'en 2005 en raison d'une source de particules et d'un renouvellement d'air insuffisant. La maisonnette est une crèche associative ; elle ne dépend donc pas de la municipalité.

Le groupe expert qualité de l'air intérieur

Financé dans le cadre du programme AGIR Prébat de la région PACA, il a comme objectif de :

- Développer et partager les savoirs et savoir-faire, les méthodes et les pratiques sur l'air intérieur, avec une approche pluridisciplinaire (bâtiment, santé, énergie...) et intégrant le double enjeu énergie-climat et air-santé
- Sensibiliser et accompagner les acteurs du bâtiment (maîtres d'ouvrages et gestionnaires, professionnels et utilisateurs) pour la mise en œuvre des bonnes pratiques de prévention de la pollution de l'air intérieur dans la construction et la réhabilitation
- Répondre à des incertitudes scientifiques spécifiques

Le premier travail de ce groupe est la construction d'une méthodologie commune d'intervention sur un bâtiment, mêlant les approches de tous les membres de ce groupe (liste des membres en bas de page). C'est dans ce cadre qu'il est intervenu sur le bâtiment de la crèche La Maisonnette.

Campagne d'analyse du bâtiment

La qualité de l'air intérieur peut subir des variations saisonnières ; ainsi le bâtiment a fait l'objet de deux campagnes d'analyse et de mesures, du 27 septembre au 11 octobre 2010 et du 2 au 15 décembre 2010, couvrant une période froide et une période chaude.

Lors de chaque intervention, les paramètres suivant ont été étudiés :

- Caractéristiques du bâtiment lui-même : matériaux, état, ventilation, chauffage, isolation...
- Paramètres physiques : température et humidité
- Confort et ressenti de ses occupants
- Concentrations en polluants chimiques, notamment particules, composés organiques volatils, dioxyde d'azote,
- Indicateur de confinement (dioxyde de carbone)
- Présence de moisissures et champignons
- Présence d'allergènes
- Champs électromagnétiques

Résultats des analyses

Confinement / ventilation

Mesures Estivales :

- En été, les teneurs en CO₂ mesurées sont inférieures à 1300 ppm dans la zone de repas pour les 2 campagnes de mesures.
- Une seule mesure au-dessus de 1300 ppm est constatée dans la zone d'activité le 28/09/2011 à 10h (1542 ppm).
- Dans le dortoir et dans une moindre mesure dans l'atelier, les valeurs dépassent quasiment chaque jour les 1300 ppm de 12h à 14h et parfois depuis 9h le matin. La valeur maxi enregistrée est de 3005 ppm le 29/09/2011.

Mesures hivernales :

- En hiver toutes les pièces enregistrent des valeurs supérieures à 1300 ppm sur des plages horaires de 9h à 14h en général. Le dortoir reste la pièce la plus concernée. La valeur maximale enregistrée est de 3000 ppm le 14/12/2011.
- Seuls l'espace de change et la zone repas sont équipés d'une VMC reliée au fonctionnement de la hotte aspirante située en cuisine. Cette hotte est le plus souvent à l'arrêt en raison du bruit qu'elle génère. Le personnel présent méconnaît l'installation et en ignore le fonctionnement et l'utilité.
- La ventilation des autres pièces est naturelle : le personnel pratique l'ouverture régulière des fenêtres avant et après les siestes dans le dortoir. Les mesures de teneur en CO₂ montrent que ces pratiques sont insuffisantes particulièrement en hiver puisque contradictoires avec la nécessité de conserver la chaleur.

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



Confort thermique

Les températures en été comme en hiver ne montrent pas de fortes variations.

En hiver la moyenne des températures relevées est de 19.7°C dans le dortoir pour une moyenne d'humidité relative de 45%. Dans la zone de change la moyenne des températures relevées est de 22.9°C pour une moyenne d'humidité relative de 36%. Les autres pièces ont des moyennes de température d'environ 21°C pour une humidité relative autour de 40%. Ces valeurs correspondent aux valeurs dites de confort.

On note toutefois que la température des parois en particulier dans le dortoir et l'atelier (mur sud et sol) est autour de 15-16°C pour le mur sud et de 17°C pour le sol ce qui peut conduire à une sensation d'inconfort puisque la température ressentie est la résultante de la température des parois et de la température de l'air. Ces valeurs confirment l'absence d'isolation de ces parois. Les relevés permettent de repérer les périodes d'aération – ainsi le dortoir a été aéré les 3 -7 et 9 décembre le matin la température dans le dortoir pouvant alors descendre à 16.5 °C (il s'agit vraisemblablement d'une aération de courte durée). On constate que le dortoir n'est pas aéré tous les jours contrairement aux bonnes pratiques signalées ce qui correspond aux teneurs élevées en CO₂ mesurées en période hivernale.

Le 15/12/2011 toutes les pièces voient leur température chuter de 9h45 à 11h jusqu'à atteindre 8.5 °C dans le dortoir.

La nuit les températures avoisinent les 17°C ce qui révèle le maintien en température à un certain niveau du système de chauffage (chaudière à gaz) et montre les déperditions thermiques du bâtiment (-4 à -6°C).

En été, la température maximale enregistrée est de 25.75°C dans la zone d'activité le 8/10/2011 pour une humidité relative de 52%. Il faut toutefois relever que les mesures ont été effectuées en fin de saison estivale en dehors des périodes de chauffe les plus marquées. Des mesures complémentaires seraient nécessaires pour évaluer correctement le confort d'été.

Les valeurs d'humidité relatives sont supérieures à 70% dans le dortoir dans les périodes de sieste (12h à 14h).

Le report sur le diagramme Psychotool des valeurs ponctuelles relevées le 27/09/2011 révèle une sensation d'inconfort (sensation de froid) pour une absence d'activité (repos).

L'humidité est importante sur le mur de la porte d'entrée à 1.6m (probablement due à une remontée capillaire) ainsi que sur le mur du fond des WC (zone de change). Cela est probablement dû à une mauvaise étanchéité de la toiture (ou une mauvaise évacuation des eaux pluviales même si rien n'a été observé sur place qui confirme cette hypothèse).

Luminosité

L'éclairage est insuffisant en lumière naturelle et satisfaisant en lumière artificielle – on note toutefois la présence de luminaires hors service dans la zone de change.

Bruit

Absence de mesure en été.

Les valeurs mesurées en hiver peuvent atteindre 70dB en période de repas (bruit des couverts essentiellement, les enfants étant relativement silencieux).

Odeurs

Quelques odeurs dans la salle de change (VMC à l'arrêt).

Composés organiques volatils

Les taux de benzène sont inférieurs ou égaux à l'objectif de qualité qui est de 2 µg/m³. Les concentrations en aldéhydes, xylènes et éthylbenzène sont également faibles. Ces teneurs sont plus élevées en hiver, probablement en raison du plus grand confinement. Malgré ce déficit de ventilation, les niveaux de formaldéhyde restent inférieurs à la valeur repère de 30 µg/m³. Une étude des COV plus approfondie a été réalisée par canister durant la période estivale. Les concentrations mesurées étant également faibles, l'analyse n'a pas été renouvelée en hiver. Les émissions de composés organiques par les matériaux sont donc probablement faibles.

Champ électromagnétique

Les mesures des champs électromagnétiques sont conformes ainsi que celles de radioactivité. Cependant, un point particulier dans la zone dortoir montre des valeurs de champs électromagnétique supérieures mais qui restent inférieures aux valeurs seuils.

Allergènes

Les résultats de mesure des huit principaux allergènes montrent des de forts taux d'allergènes acariens et chat dans les matelas du dortoir.

Particules, NO₂

Les particules sont généralement issues de la pollution extérieure. Cependant des pics n'ayant aucune corrélation avec l'extérieur sont observables vers 21h en période hivernale, horaires correspondants à l'entretien des locaux. Une augmentation des concentrations est observable en été comme en hiver à 8h. Ceci est probablement dû à la remise en suspension des particules lors de l'ouverture de la crèche.

Les teneurs en NO₂ restent largement inférieures à la valeur limite de 40 µg/m³ (air ambiant). La source de NO₂ principale est la pollution extérieure, et l'abattement entre l'extérieur et l'intérieur est conforme à ce qui est habituellement observé.

Les valeurs en NO₂ et PM_{2.5} semblent majoritairement influencées par les teneurs extérieures, qui restent relativement basses.

Moisissures

La diversité et la quantité des moisissures mesurées correspondent à des résultats couramment rencontrés dans ce type de bâtiments.

Préconisations

VENTILATION

Dans un premier temps il serait souhaitable d'expliquer au personnel le rôle de la VMC existante, et l'importance de son fonctionnement. Une notice explicative de bon usage de l'installation pourrait être établie dans ce but.

L'aération naturelle du dortoir paraît insuffisante au regard des teneurs en CO₂ mesurées, une première action compensatoire pourrait être d'installer un appareil de mesure de CO₂ dans cette pièce ainsi que dans la zone d'activité afin que le personnel puisse connaître les teneurs en CO₂ et adapter ses pratiques d'ouverture de fenêtres (fréquence et durée) au plus juste.

Dans un second temps et si des travaux étaient envisagés, la pose d'un système de Ventilation Mécanique Contrôlée serait souhaitable dans ces zones.

Le Règlement Sanitaire Départemental Type impose un débit d'air neuf à introduire dans les salles de classe (maternelles et primaires, collèges) de 15 m³/h/occupant lorsque le bâtiment est équipé d'un système spécifique de ventilation (conduit à tirage naturel ou ventilation mécanique)

[Règlement Sanitaire Départemental, Titre III, article 64.1]

CONFORT

L'amélioration du confort thermique nécessiterait des travaux d'isolation (les menuiseries ont déjà un bon niveau de performance). Il faut noter toutefois que ces travaux seraient indissociables du traitement de la ventilation du bâtiment dans son ensemble. La présence d'humidité sur certaines parois nécessiterait une expertise plus approfondie avant toute isolation afin de ne pas aggraver la situation.

MATERIAUX ET MAINTENANCE

Dans le dortoir, les forts taux d'allergènes d'acariens sont typiques d'une hygrométrie élevée, confirmée par les mesures effectuées dans le dortoir. Une aération régulière et efficace de la pièce et un changement des matelas en y ajoutant des housses anti-acariens est vivement conseillé.

Globalement l'attention portée par le personnel dans le choix des meubles et des produits d'entretien porte ses fruits. En effet, malgré une ventilation globalement insuffisante les teneurs en formaldéhyde et COV sont satisfaisantes.

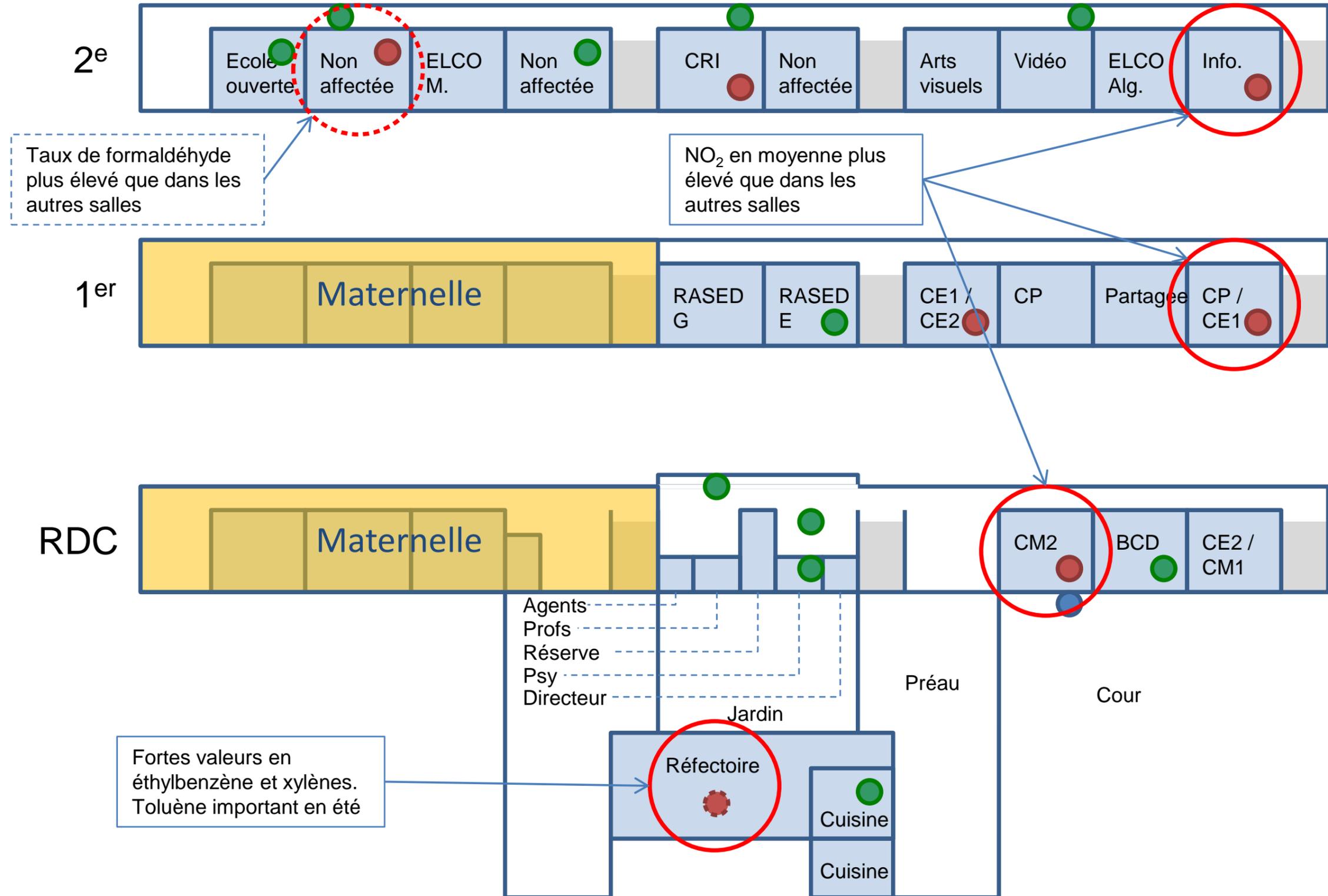
Le réseau de ventilation (actuel ou futur) devrait être entretenu régulièrement afin que le renouvellement d'air reste constant.

ZONES PARTICULIERES

Installer un chauffe eau thermodynamique branché sur la VMC de la crèche, pourrait être intéressante car l'installation d'une ventilation double flux risque d'être compliquée au vu de la hauteur sous plafond.

ANNEXE 6 : NOTE D'INFORMATION ECOLE SCHEPLER AVIGNON

- Echantillonnage « base » : BTEX, Aldéhydes, NO₂, PM2.5, T°, HR, moisissures
- Echantillonnage « extérieur » : BTEX, Aldéhydes, NO₂
- Echantillonnage « supplémentaire » : moisissures



Contexte

Ecole Scheppler d'Avignon

L'école Scheppler, localisée à Avignon dans un quartier résidentiel, a été mise à disposition du groupe expert en qualité de l'air afin de servir de bâtiment de référence pour le projet AGIR Prebat. Les locaux sont anciens et comportent des fuites d'air. Ils ont subi des modifications au niveau des fenêtres de certaines salles de classe (double vitrage). Des rénovations près du réfectoire ont également été réalisées durant la campagne de mesures hivernale.

Le groupe expert en qualité de l'air intérieur

Financé dans le cadre du programme AGIR Prébat de la région PACA, il a comme objectif de :

- Développer et partager les savoirs et savoir-faire, les méthodes et les pratiques sur l'air intérieur, avec une approche pluridisciplinaire (bâtiment, santé, énergie...) en intégrant le double enjeu énergie-climat et air-santé
- Sensibiliser et accompagner les acteurs du bâtiment (maîtres d'ouvrages et gestionnaires, professionnels et utilisateurs) pour la mise en œuvre des bonnes pratiques de prévention de la pollution de l'air intérieur dans la construction et la réhabilitation
- Répondre à des incertitudes scientifiques spécifiques

Le premier travail de ce groupe est la construction d'une méthodologie commune d'intervention sur un bâtiment, mêlant les approches de tous les membres de ce groupe (liste des membres en bas de page). C'est dans ce cadre qu'il est intervenu sur le bâtiment de l'école Scheppler

Campagne d'analyse du bâtiment

La qualité de l'air intérieur peut subir des variations saisonnières ; ainsi le bâtiment a fait l'objet de deux campagnes d'analyse et de mesures, du 8 au 22 septembre 2010 et du 17 novembre au 1er décembre 2010, couvrant une période froide et une période chaude.

Lors de chaque intervention, les paramètres suivant ont été étudiés :

- Caractéristiques du bâtiment lui-même : matériaux, état, ventilation, chauffage, isolation...
- Paramètres physiques : température et humidité
- Confort et ressenti de ses occupants (ambiance lumineuse et acoustique, odeurs)
- Concentrations en polluants chimiques, notamment particules, composés organiques volatils, dioxyde d'azote, dioxyde de carbone
- Présence de moisissures et champignons
- Présence d'allergènes
- Champs électromagnétiques

Résultats des analyses

Confinement / ventilation

Il n'y a pas de gestion de l'air particulière. Les éléments qui ressortent comme problématiques selon les occupants interrogés sont l'humidité en particulier lorsqu'il pleut, la poussière venue de l'extérieur pendant les jours de mistral qui recouvre les bureaux d'une pellicule si les fenêtres sont ouvertes et les odeurs des produits d'entretien.

Durant les deux périodes, des taux élevés en CO₂ ont été relevés lors de la présence humaine dans les locaux. Cela est notamment dû à l'activité de l'école. Les 1000 ppm sont dépassées plusieurs fois au cours des deux campagnes de mesures notamment dans le réfectoire (8 pics de CO₂) ainsi que dans la salle des CM1 (9 pics de CO₂). Le niveau de fond est relativement bas en raison du renouvellement d'air dû au manque d'étanchéité à l'air du bâtiment.

Confort thermique

Les échanges avec les occupants font état d'un confort thermique moyen (soit trop chaud soit trop froid). Il y a donc une instabilité du confort et des températures. Une institutrice qui se plaint de la chaleur dans sa salle de cours qui est plus importante qu'ailleurs, selon elle, à cause du préau qui renvoie la lumière.

Le bâtiment est sujet à des fuites d'air. Dans quelques salles de classes les fenêtres ont été changées pour du double vitrage PVC. Les autres salles ont gardé les fenêtres et dormants en aluminium sans rupture de ponts thermiques qui présentent donc une moins bonne isolation thermique.

Le bâtiment est très mal isolé thermiquement. Des pertes thermiques par les murs et le plafond ont été constatées.

Ce bâtiment présente 2 caractéristiques qui sont sources d'inconfort thermique en hiver :

- 1. La présence de parois froides : les murs en bétons ne sont pas isolés, ainsi les mesures de températures que nous avons relevées sur la paroi sud dans les salles de classes sont comprises entre 10 et 12°C. Une différence supérieure à 5°C entre la température de l'air (18 à 20°C) et la température des parois provoque une sensation d'inconfort- source Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). En ce qui concerne la paroi Nord (le couloir) la température relevée est très faible : 3,5°C ceci en partie dû au mistral qui soufflait ce jour-là.
- 2. les infiltrations d'air sont importantes (menuiseries essentiellement) et provoquent donc une sensation d'inconfort surtout par période de grand vent.

Par contre en été, les platanes protègent en grande partie la façade sud du rayonnement solaire et la forte inertie du bâtiment semble assurer un bon confort thermique d'été..

Luminosité

La luminosité est globalement satisfaisante. La présence de platanes protège les deux premiers étages du bâtiment d'une trop forte luminosité.

Bruit

Le fond sonore est généralement assez bas. Des travaux ont cependant été effectués à coté du bâtiment ce qui a provoqué une augmentation de celui-ci durant le chantier.

Odeurs

Une odeur intense de plastique se fait ressentir dans la salle non affectée au deuxième étage.

Composés organiques volatils

Les teneurs en benzène sont inférieures à l'objectif de qualité. Les valeurs en aldéhydes sont également faibles. Le taux de formaldéhyde est plus élevé dans la salle non affectée au 2^eme étage, sans toutefois dépasser la valeur repère de 30 µg/m³.

Des concentrations importantes en toluène, xylènes et éthylbenzène ont été relevées sur les deux périodes dans le réfectoire. Le toluène est quant à lui en concentration élevée seulement en hiver. Des travaux de rénovation dans le réfectoire ont été entrepris durant ces périodes et pourraient être à l'origine de cette pollution. Durant les deux périodes de mesures, les teneurs ont rapidement diminué entre les deux semaines de mesures : il est probable que les niveaux baissent rapidement dans les premiers jours suivant l'utilisation des produits émetteurs.

La salle non affectée du deuxième étage émettant de fortes odeurs de plastique, une analyse de certains COV, par canister a été effectuée durant la période estivale dans cette pièce et une pièce témoin. Les concentrations obtenues étant faibles l'analyse n'a pas été renouvelée en hiver.

Champ électromagnétique

Les champs sont conformes en champs hauts. Trois mesures de champs électriques sont au-dessus de 1.5 V/m.

Allergènes

Les résultats de présence d'allergènes sont satisfaisants dans cette école, aucun des huit principaux allergènes n'est présent en quantité significative.

Particules, NO₂

Les valeurs en PM_{2,5} sont inférieures à la valeur cible annuelle de 20 µg/m³. Les concentrations en PM_{2,5} sont plus élevées en période hivernale du fait de la stabilité atmosphérique. Un pic au réfectoire a pu être observé le 10/09/10 à 8h. Il n'y a aucune corrélation en celui-ci et la pollution extérieure mais peut être lié aux travaux effectués durant la campagne. Plusieurs pointes de moindre importance ont été enregistrées vers 11h du matin, probablement liées à l'activité du réfectoire (ménage, cuisine).Les valeurs en NO₂ sont plus de deux fois inférieures à la valeur limite.

Les valeurs en NO₂ et PM_{2,5} semblent majoritairement influencées par les teneurs extérieures, qui restent relativement basses.

Moisissures

La diversité et la quantité des moisissures mesurées correspondent à des résultats couramment rencontrés dans ce type de bâtiments.

Préconisations

Confort

L'absence d'isolation permet un renouvellement d'air et de ce fait engendre des pertes ou des apports de chaleur. Cela provoque ainsi une augmentation des coûts liés au chauffage l'hiver et une consommation d'énergie importante.

Même si les parois ne sont pas isolées, la paroi Nord, étant la plus froide, n'est pas directement dans les salles de classe, le couloir fait une zone tampon. La consommation d'énergie peut être importante, mais le confort relativement bon.

Pour aller plus loin et parler d'isolation il faudrait connaître la consommation réelle du bâtiment et calculer ainsi son étiquette énergie.

Le bâtiment possède une grosse inertie par sa structure béton ce qui favorise le confort d'été ainsi que le confort d'hiver pour un chauffage par rayonnement. Il est donc délicat de l'isoler par l'intérieur, surtout que les ponts thermiques ne seraient pas traités.

L'isolation par l'extérieur semble la solution la plus évidente pour améliorer le confort d'hiver, d'été et surtout la consommation d'énergie, mais la façade Sud présente des caractéristiques architecturales qui ne permettent sans doute pas de l'isoler par l'extérieur. Concernant les autres façades le discours n'est pas le même, elles devraient être étudiées plus en détail.

Une autre solution pourrait être de réaliser un enduit isolant à l'intérieur sur le mur de la paroi Sud afin de couper cette sensation de paroi froide, mais le coût associé à cette préconisation est important et peut difficilement se justifier. Un traitement différencié selon les façades paraît le plus judicieux.

Toute action d'isolation thermique augmentant l'étanchéité à l'air du bâtiment ne devra pas se faire sans installer un système de ventilation adapté.

Ventilation

De manière générale, la solution permettant d'obtenir de manière constante une qualité d'air suffisante pour un coût raisonnable est l'installation d'une ventilation simple flux par extraction. Les systèmes double flux, plus onéreux, sont également efficaces. Ils présentent l'avantage de ventiler le bâtiment pièce par pièce, de pouvoir mettre le bâtiment en surpression ou en dépression et d'être munis d'un échangeur thermique permettant de réaliser des économies d'énergie.

Etant donné l'exposition du bâtiment au vent dominant (Mistral), le positionnement des bouches d'entrées et sorties d'air devront tenir compte de cette exposition.

Matériaux et maintenance

Beaucoup de produits d'entretien différents sont utilisés et souvent plusieurs pour le même usage. Une réduction du nombre serait utile et la recherche d'un nettoyant respectueux de l'environnement mais également de la santé serait conseillée. L'utilisation de produits d'entretien comportant l'Ecolabel Européen limite ces impacts mais cela n'est pas suffisant. Il est également important de choisir des produits les moins odorants possible afin d'éviter l'émissions de polluants primaires et secondaires dus aux parfums. La zone de stockage de ces produits devra être ventilée. Elle doit également être sèche et à l'abri de la lumière. Certains produits ne doivent pas être stockés ensemble car ils peuvent réagir entre eux (acide / base).

Zones particulières

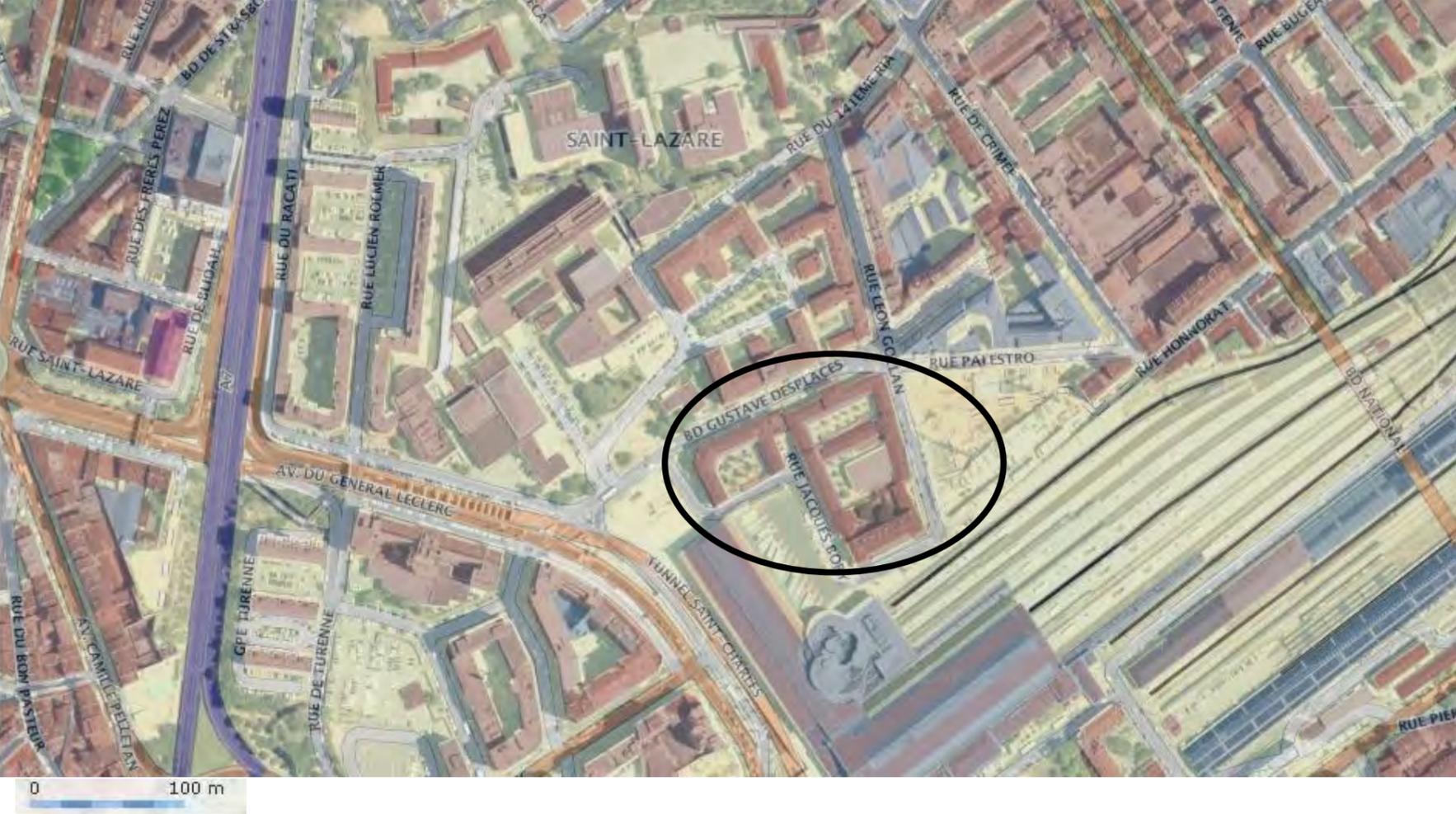
Salle non affectée au 2ème étage :

- Suite à la dernière réunion à ATMO PACA il a été envisagé de chercher d'autres polluants notamment les phtalates si le revêtement de sol souple est de type PVC
- Ne pas installer de la laine de verre sans protection derrière les radiateurs.

ANNEXE 7 : NOTE D'INFORMATION LYCEE VICTOR HUGO MARSEILLE



MESURES DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

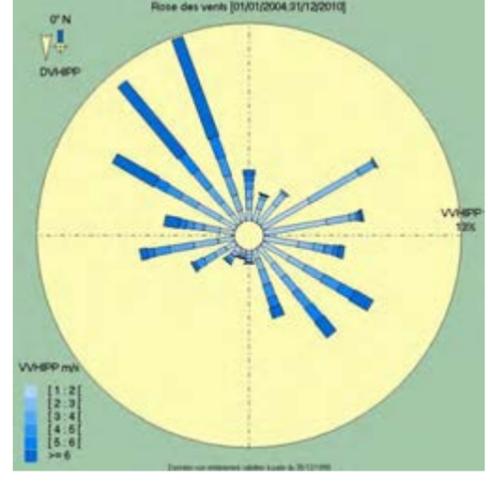
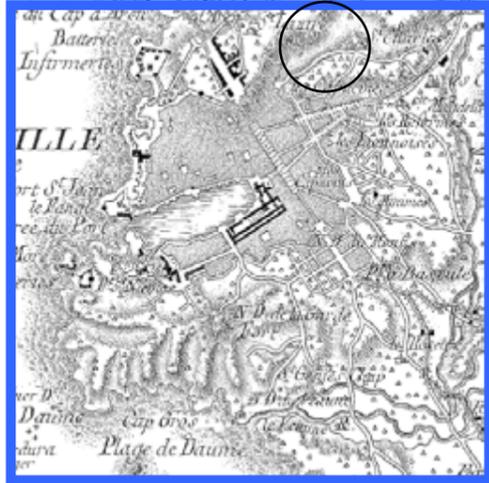


ANALYSE DU SITE
Mise à jour : 12/12/2012

- AXES & ENVIRONNEMENT NATUREL**
- centre-ville
 - axes routiers à fort trafic
 - gares routière et ferroviaire (voisin immédiat)

- DONNEES DU TERRAIN**
- aléa retrait-gonflement des argiles : moyen

- DONNEES GEOPHYSIQUES**
- vents dominants du nord / nord-ouest (Mistral)



Carte de Cassini (18^e siècle)

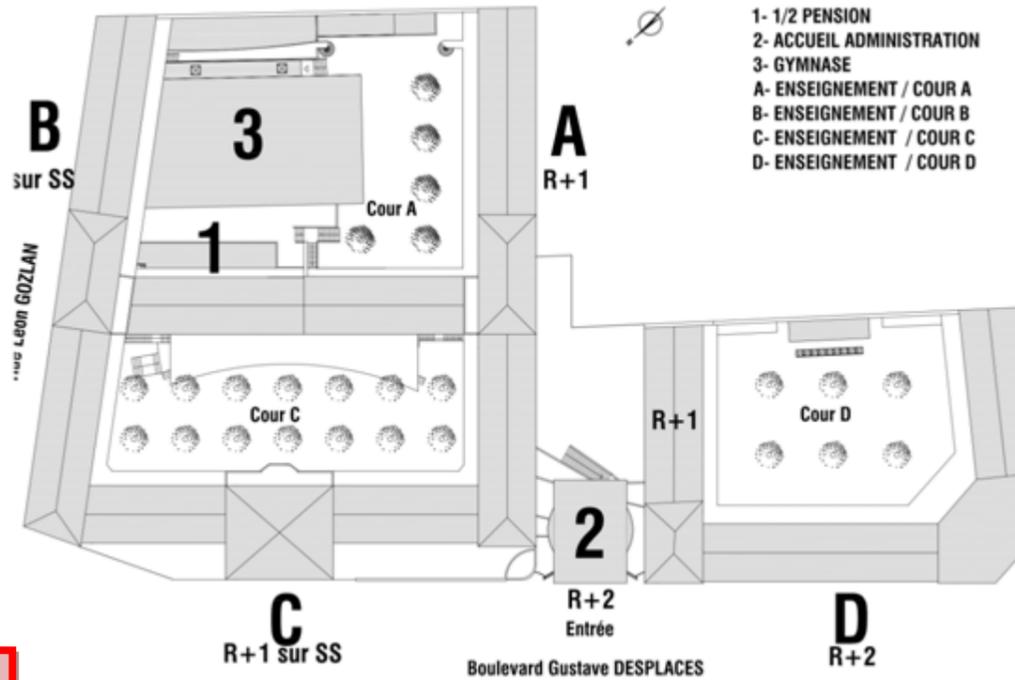
Extrait cadastral

Rose des vents

Carte géologique

Carte des argiles

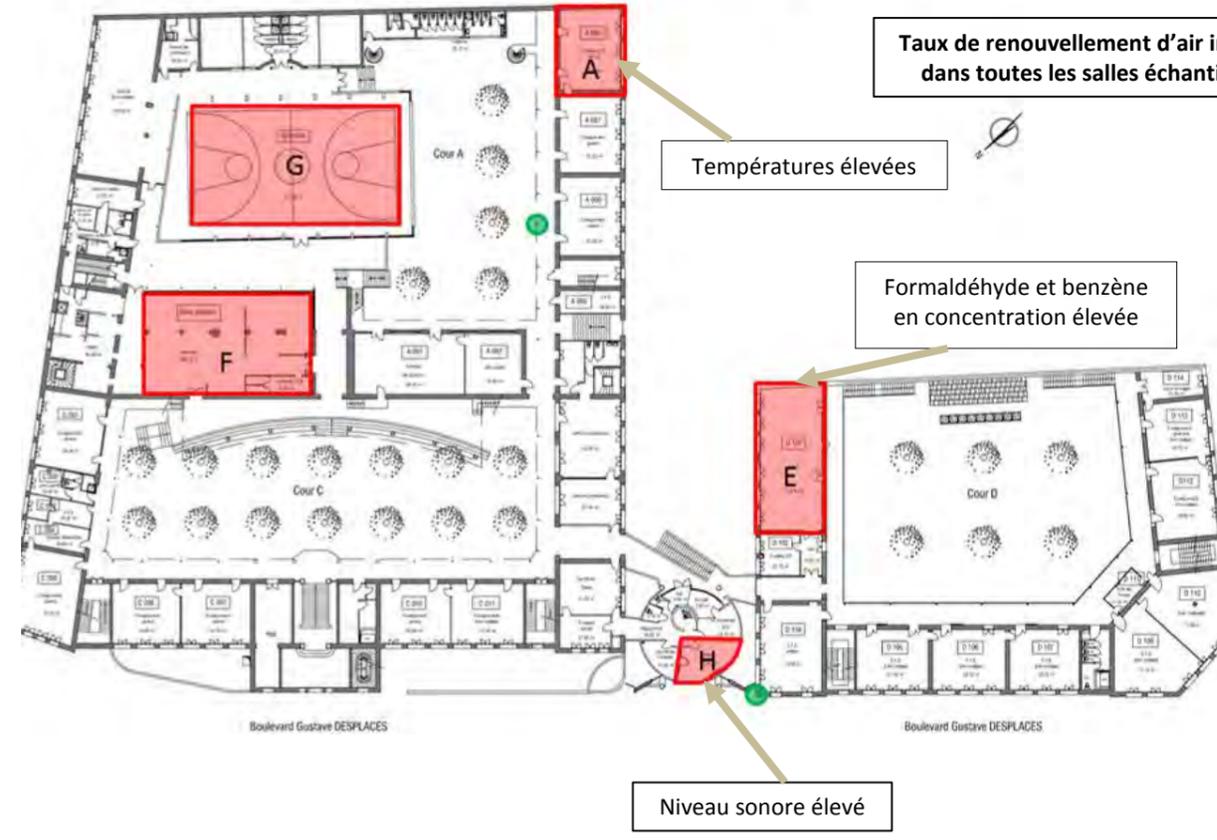
Sous-sol / Rez de chaussée



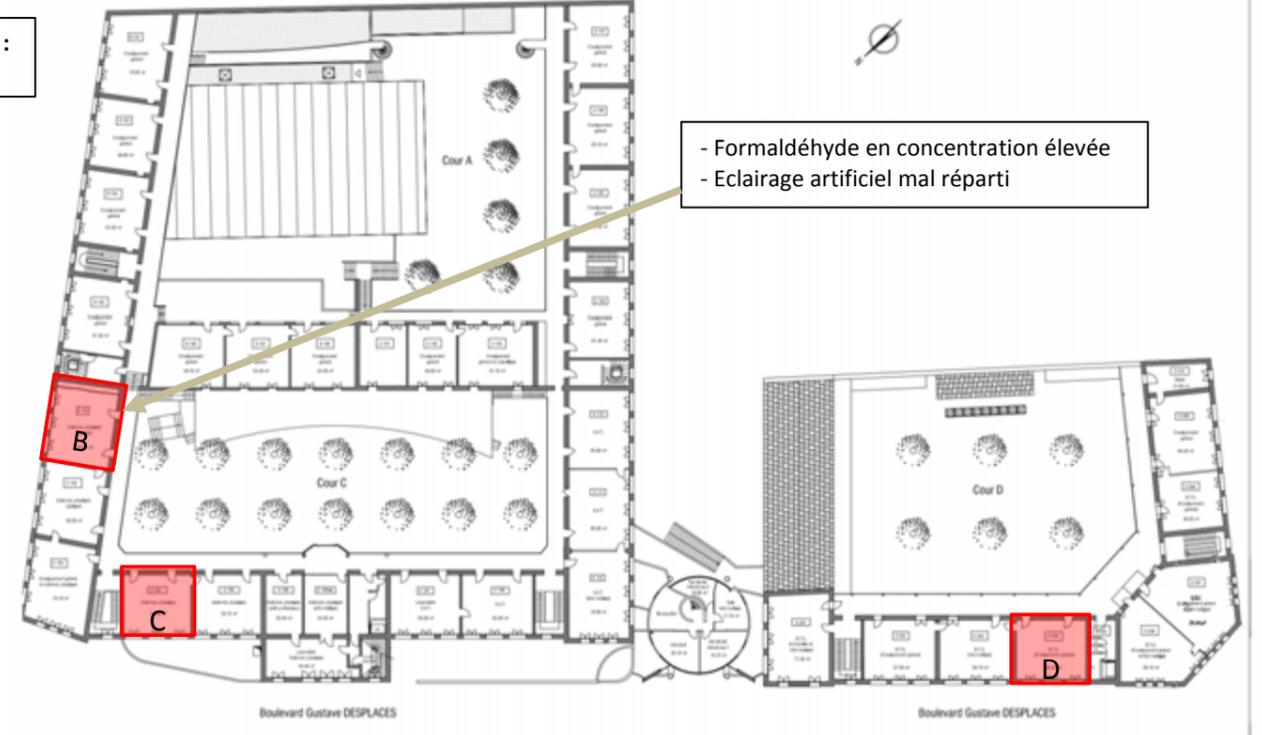
■ Salles échantillonnées

● Points extérieurs échantillonnés

Rez de chaussée / 1er étage



1er étage / 2ème étage



CONTEXTE

Lycée Victor Hugo à Marseille

Le lycée Victor Hugo est, de par son implantation, un établissement sensible à la qualité de l'air. Celui-ci est situé au centre-ville de Marseille, accolé à la gare routière et la gare ferroviaire Saint-Charles.

Le Conseil Régional PACA ainsi que le personnel encadrant du lycée sont donc particulièrement intéressés par l'intervention du réseau EQAIR.

Le Réseau EQAIR (Expert Qualité de l'Air Intérieur)

Financé dans le cadre du programme AGIR Prébat de la région PACA, le réseau EQAIR a comme objectif de :

- Développer et partager les savoirs et savoir-faire, les méthodes et les pratiques sur l'air intérieur, avec une approche pluridisciplinaire (bâtiment, santé, métrologie, sociologie, énergie...) et intégrant le double enjeu énergie-climat et air-santé,
- Sensibiliser et accompagner les acteurs du bâtiment (maîtres d'ouvrages et gestionnaires, professionnels et utilisateurs) pour la mise en œuvre des bonnes pratiques de prévention de la pollution de l'air intérieur dans la construction et la réhabilitation,
- Contribuer à l'amélioration des connaissances en air intérieur.

Le premier travail de ce groupe est la construction d'une méthodologie d'évaluation de la qualité sanitaire des bâtiments, mêlant les approches des différents membres de ce réseau (Air PACA, Envirobat, Faculté de Médecine, Faculté de pharmacie/APPA Paca, Laboratoire de Chimie Environnement, Laboratoire Population Environnement Développement). C'est dans ce cadre qu'il est intervenu sur le bâtiment du lycée Victor Hugo.

Campagne d'analyse du bâtiment

La qualité de l'air intérieur peut subir des variations saisonnières ; ainsi le bâtiment a fait l'objet de deux campagnes d'analyse et de mesures, du 12 au 26 septembre 2011 et du 30 novembre au 14 décembre 2011, couvrant ainsi une période chaude et une période froide.

Lors de chaque intervention, les paramètres suivant ont été étudiés :

- Caractéristiques du bâtiment lui-même : matériaux, état, ventilation, chauffage, isolation...
- Paramètres physiques : température et humidité
- Confort et ressenti de ses occupants
- Champs électromagnétiques
- Concentrations en polluants chimiques, notamment particules, composés organiques volatils, dioxyde d'azote
- Confinement (dioxyde de carbone)
- Présence de moisissures et champignons
- Présence d'allergènes

RESULTATS DES ANALYSES

Confinement / ventilation

Le principe de renouvellement d'air des salles de classe est la ventilation naturelle, avec des entrées d'air placées dans les menuiseries, et avec une ouverture des portes et fenêtres. Une salle est considérée comme non confinée lorsque les concentrations maximales en CO₂ sont inférieures à 1000 ppm (Norme Européenne NF EN 13 779)..

Mesures Estivales :

Les salles communes (CDI (E), Réfectoire (F), Gymnase (G)) ainsi que le bureau du proviseur (H) présentent les teneurs maximales en CO₂, de l'ordre de 800 ppm.

En revanche, les salles de classe échantillonnées (A008 (A), C101 (B), C104 (C) et D204 (D)) montrent des concentrations maximales en CO₂ supérieures à 1500 ppm avec un maximum de 2700 ppm pour la salle D. Ces pièces sont donc considérées comme confinées, leur renouvellement d'air n'est pas suffisant.

Mesures hivernales :

Le manque de renouvellement d'air est renforcé en hiver dans toutes les salles échantillonnées : salles communes, salles de cours et bureau du proviseur.

Le taux de CO₂ dépasse 1800 ppm dans les salles communes et 2000 ppm dans les salles de classe, avec un maximum de 3700 ppm dans la salle A (A008). Les fenêtres de cette dernière donnent sur la zone de stationnement des bus de la gare routière et semblent n'être ouvertes que très rarement.

L'établissement n'ayant pas de système de ventilation mécanique contrôlé, le système de ventilation naturelle et le renouvellement d'air par ouverture des fenêtres n'est pas suffisant et plus particulièrement dans les salles de classe. Ceci peut être expliqué par les causes suivantes :

- Les menuiseries sont performantes et assurent une étanchéité à l'air des salles,
- Le renouvellement d'air par ouverture des fenêtres est insuffisant ou non réalisé (malgré une typologie favorable : salles traversantes). L'environnement sonore extérieur explique peut-être ce manque d'ouverture des fenêtres.

Confort thermique

Période estivale :

Le 14 septembre, jour des mesures ponctuelles, la température a dépassé 28°C dans toutes les salles.

La température dans les salles communes oscille entre 25 et 30°C (semaine "chaude").

Parmi les salles de cours, la salle A008 est celle qui présente les températures intérieures les plus importantes. Sur la période de mesure, elle atteint tous les jours 30°C. Cela peut s'expliquer par son exposition sud-ouest, sans protection solaire extérieure et par un manque d'aération.

L'humidité moyenne est comprise entre 40 et 60 % dans les salles communes, et entre 30 et 50 % dans les salles de cours. Le bureau du proviseur présente un taux d'humidité relative à 70% d'humidité pendant 2 jours.

Période hivernale :

Dans l'ensemble de l'établissement en hiver, la température oscille entre 18 et 25°C.

Dans le gymnase, la température oscille entre 13 et 18°C (nuit et jour).

La salle A008 présente encore des pics de température de 29°C les 4 et 5 décembre. Cela confirme le confinement de cette salle.

L'humidité varie de 30 à 60, avec quelques pics à 70 % salles A008, D204 et TP-C104.

Le taux d'humidité dans les parois ne présente pas d'anomalies (moyenne entre 5 et 15 %). Seules les parois du réfectoire présentent un taux plus élevé allant de 20 à 24 %.

Luminosité

L'éclairage naturel varie en fonction des salles. Très satisfaisant : salles D (D-204), E (CDI), A (A008). Insuffisant : salles C (C-104), H (bureau du proviseur)

Dans la salle B (C-101), l'éclairage artificiel est mal réparti : 270 à 840 lux.

L'éclairage est satisfaisant dans les autres salles.

Bruit

Dans les salles communes, le niveau sonore peut atteindre 60 à 77 dBA (réfectoire et gymnase en activités).

Dans le bureau du proviseur, la valeur cible requise en qualité environnementale de 40 dBA n'est pas respectée (44 dBA).

Dans les salles de cours, les menuiseries atténuent bien les nuisances sonores de la circulation (rue passante et gare routière). Les valeurs sont inférieures à celles préconisées par l'OMS (<35 dBA).

Champ électromagnétique

Radioactivité : les valeurs ne dépassent pas 17 µrem/h, valeur inférieure à celle du niveau d'exposition recommandé : 57µrem/h en moyenne.

Le champ électromagnétique haute fréquence présente des valeurs satisfaisantes, entre 0,6 et 1 V/m.

Le champ électromagnétique basse fréquence présente également des valeurs satisfaisantes : 30 nT (valeur recommandée par les associations < 200 nT).

Les mesures des champs électromagnétiques ainsi que celles de radioactivité sont satisfaisantes.

Odeurs

Dans le gymnase : odeurs d'eau usées (vraisemblablement liées à un problème d'évacuation) et odeurs de renfermé pendant les activités physiques



Composés organiques volatils

Les taux annuels de benzène dans l'établissement sont inférieurs ou égaux à l'objectif de qualité qui est de 2 µg/m³ à l'exception de la salle B (C101) dépassant tout juste ce seuil.

Les concentrations en toluène sont faibles mis à part dans le CDI (salle E). Celles-ci peuvent s'expliquer par l'émission des colles utilisées pour les reliures des livres nombreux dans ce type de pièce et par la présence d'appareils de reprographie.

Les concentrations annuelles intérieures en formaldéhyde sont inférieures à la valeur repère du Haut conseil de santé publique de 30 µg/m³. Cependant deux salles présentent des taux de formaldéhyde supérieurs avec des valeurs proches de cette valeur repère :

- la salle de travaux pratique B (C101) : 27,4 µg/m³
- le CDI (salle E) : 28,8 µg/m³

Ces valeurs peuvent être expliquées par la présence des livres dans le CDI. Dans la salle B, cela peut être expliqué par des travaux de rénovation réalisés l'été précédant les mesures, et par l'utilisation de produits spécifiques aux travaux pratiques réalisés dans cette salle (hypothèse confortée par les mesures en continu de composés organiques volatils légers montrant de pics de pollution occasionnels).

Une mesure ponctuelle des COV plus approfondie a été réalisée par canister dans certaines salles (B (C101), C (C104), G (Gymnase), E (CDI)). Les concentrations mesurées sont globalement faibles, mis à part pour quelques polluants qui montrent des concentrations plus élevées qu'à l'accoutumée (propane, n-butane, isobutane pour le gymnase et heptane et chlorobenzène). Les concentrations obtenues restent néanmoins bien inférieures aux valeurs de référence internationales.

Particules, NO₂

Les particules sont généralement issues de la pollution extérieure. Cependant des pics n'ayant aucune corrélation avec l'extérieur sont observables dans certaines salles comme le réfectoire ou le gymnase. Certains pics correspondent à la remise en suspension des particules sédimentées au sol. Ce phénomène est d'autant plus visible dans les pièces occupées périodiquement. C'est le cas du réfectoire utilisé tous les jours entre 12h et 13h30 ce qui occasionne de forts pics de PM_{2,5} (Particules fines < 2.5 µm). Dans le gymnase, un pic très important a été mesuré le 14 septembre vraisemblablement dû au nettoyage du chantier des travaux réalisés à cette période (remise en suspension des particules occasionnées par les travaux et éventuelles émissions liées au nettoyage).

Les concentrations annuelles extérieures de NO₂ dépassent la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé de 40 µg/m³ mais les concentrations intérieures sont inférieures à ce seuil. L'abattement entre l'extérieur et l'intérieur est conforme à ce qui est habituellement observé.

Les concentrations intérieures en NO₂ et PM_{2.5} semblent majoritairement influencées par les teneurs extérieures et restent relativement basses.

Moisissures

La flore fongique des différentes pièces du Lycée Victor Hugo est stable pour les différentes salles de cours, en été comme en hiver. Le CDI, avec une faible charge fongique en hiver, montre un fort pic de champignons en été. Ceci est le reflet de l'ouverture des fenêtres en cette période. Le gymnase est lui aussi assez fortement chargé en spores fongiques, en été comme en hiver.

Aucune des espèces retrouvées dans les prélèvements ne présente de danger pour la santé des élèves. On notera cependant la présence régulière à de faibles concentrations de certaines espèces fongiques allergisantes.

Allergènes

Les concentrations en allergènes (exprimées en microgrammes d'allergènes par gramme de poussière aspirée sauf pour les allergènes de blattes) sont extrêmement variables d'une pièce à l'autre (de 1 à 300 µg/g de poussière). La pièce occupée de manière permanente (bureau du proviseur) est celle où les taux d'allergènes sont les plus élevés. Les salles de TP et le réfectoire sont les moins contaminées, probablement parce qu'ils sont nettoyés plus fréquemment.

La présence d'allergènes acariens est la plus forte dans le gymnase, probablement du fait que le ménage y est peu pratiqué et dans les bureaux personnels (bureau du proviseur) (on rappellera le seuil proposé de 2 microgrammes/gramme pour la sensibilisation et 10 microgrammes pour les réactions cliniques).

Les allergènes blattes sont retrouvés dans une classe, le bureau du proviseur et le gymnase (Taux de sensibilisation : 2UI/g).

La concentration des allergènes chat et chien est, d'une manière générale, très élevée, notamment pour l'allergène chat (seuil de sensibilisation : 1 microgramme/g, seuil de réaction clinique : 8 pour le chat, 10 pour le chien), très variable d'une pièce à l'autre probablement du fait de la présence de ces animaux au domicile des personnes concernées.

La présence de l'allergène de souris est fréquente, celle de rat beaucoup moins. Il n'y a pas, dans la littérature, de seuils publiés pour ces allergènes.

Sociologie

Dans certains cas, le confinement que l'on retrouve dans de nombreuses salles, peut être recherché par l'enseignant afin de retrouver une sérénité, un calme pendant le cours. En effet, l'ouverture des fenêtres peut être une source d'agitation pour les élèves.

PRECONISATIONS

Confinement / Ventilation

Le renouvellement d'air est insuffisant au sein de l'établissement, il est donc recommandé de l'améliorer par les moyens suivants :

- ventilation par ouverture des portes et fenêtres pendant les intercourts,
- nettoyer les quelques entrées d'air situées au-dessus des menuiseries,
- mise en place d'une ventilation mécanique pour forcer ce renouvellement d'air.

Pour la mise en place de meilleures habitudes d'aération, il serait opportun de réaliser une affiche, accompagnée d'une communication orale en amont, dans les salles de classe pour sensibiliser les professeurs et les élèves.

Confort thermique

Une meilleure aération des salles de classe et particulièrement la salle A008 permettrait d'évacuer le trop plein de chaleur en période estivale.

En été, une sur-ventilation nocturne permettrait de rafraîchir les salles. Les moyens pour y parvenir peuvent être :

- mise en place d'une fenêtre oscillo-battante sur chaque façade des salles,
- mise en place d'une grille permettant l'ouverture des fenêtres, sans risque d'intrusion,
- mise en place de protections solaires extérieures permettant de se protéger des apports solaires et de ventiler la nuit en laissant les fenêtres ouvertes, sans risque d'intrusion. Cette dernière solution serait la plus complète.

Matériaux et maintenance

Les taux de polluants chimiques mesurés dans la salle B (C-101) peuvent être provoqués par l'utilisation de produits chimiques mais également par l'émission des nouveaux matériaux mis en place au cours de la rénovation de cette salle réalisés, au cours de l'été 2011 (peinture, carrelage, faux-plafond).

En cas de rénovation d'autres salles de classe, il est préconisé que les travaux soient réalisés et terminés plusieurs semaines avant la rentrée des classes. Une bonne aération pendant et plusieurs semaines après les travaux réduit significativement les émissions chimiques des matériaux.

Il est également recommandé d'aérer après toute utilisation de produits solvantés généralement fortement émissifs (nettoyage du matériel d'optique ou entretien des locaux). Il est possible de ventiler naturellement par ouverture des fenêtres et de la porte d'entrée. Une autre solution consisterait en la réalisation du nettoyage des équipements, sous hotte aspirante.

Concernant les taux élevés d'allergènes, un entretien fréquent et humide est recommandé pour augmenter l'efficacité d'élimination des allergènes présents dans les poussières déposées au sol.

Certains établissements utilisent des blouses pour les utilisateurs afin de contenir au mieux les allergènes ramenés depuis leurs foyers.

Documents joints :

- Descriptif général de l'établissement et descriptif des salles échantillonnées
- Mesures réalisées
- Présentation des paramètres étudiés



ANNEXE 8 : NOTE D'INFORMATION ECOLE INTERNATIONALE DE MANOSQUE

MESURES DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR



ANALYSE DU SITE

04100 MANOSQUE

AXES & ENVIRONNEMENT NATUREL

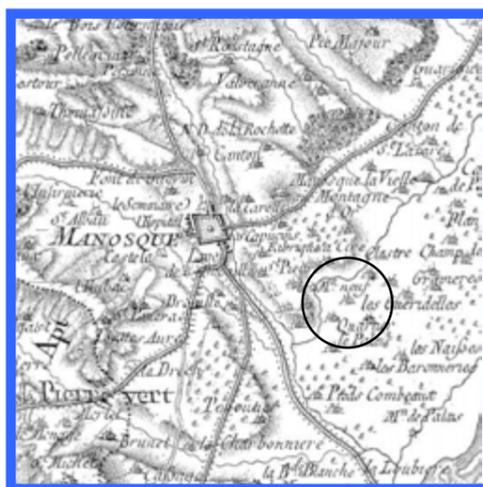
Vallée de la Durance, Nord Sud.
Mistral Nord/ nord Est

DONNEES DU TERRAIN

Sol du lit de la Durance, graviers.

DONNEES GEOPHYSIQUES

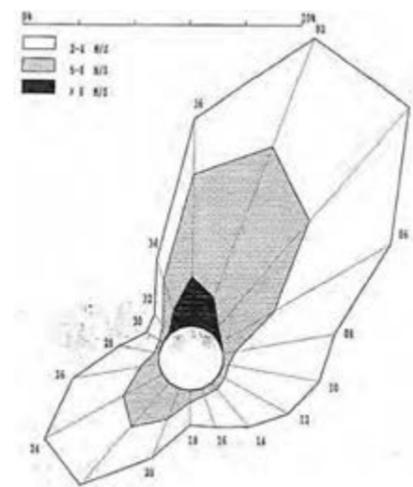
Faïlle de la Durance



Carte de Cassini (18^e siècle)



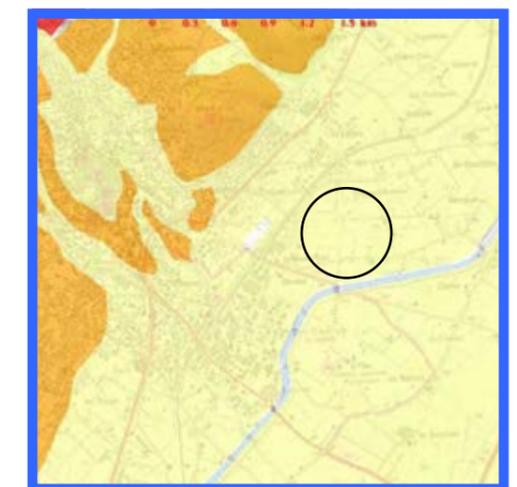
Extrait cadastral



Rose des vents



Carte géologique



Carte des argiles

PLAN ZONES CULTURELLE ET LYCEE

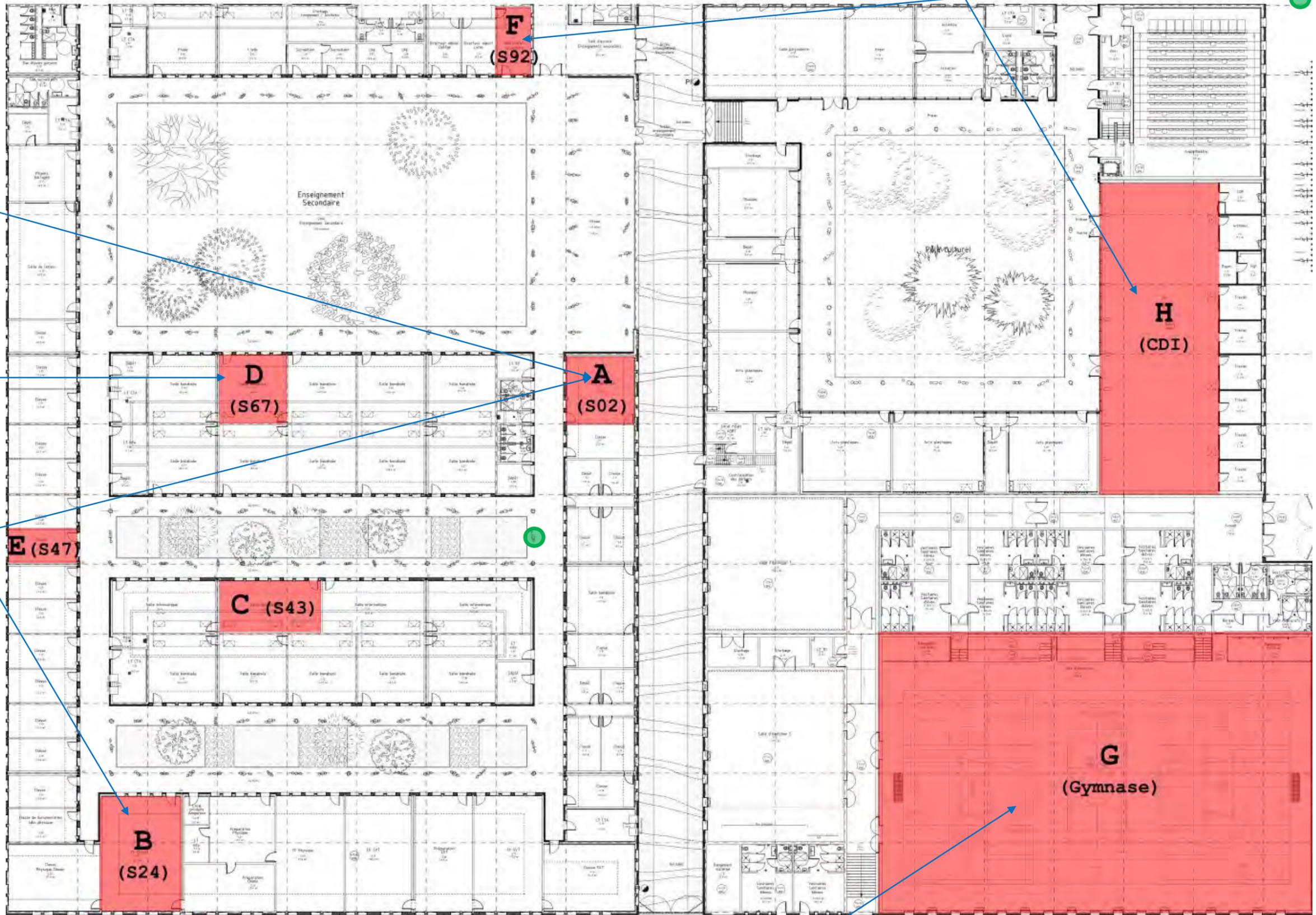
Champs électromagnétique 50 Hz

Confinement important

Températures hivernales basses

Présence laine de verre visible dans toutes les salles

Nombreux allergènes



Ethylbenzène, xylènes, fortes odeurs et allergène de souris

 Salles échantillonnées

 Points extérieurs échantillonnés

CONTEXTE

Ecole Internationale de Manosque

L'Ecole internationale de Manosque est un complexe éducatif regroupant une école maternelle, l'enseignement primaire et secondaire ainsi qu'un internat et un pôle culturel et sportif.

Le Réseau EQAIR (Expert Qualité de l'Air Intérieur)

Financé dans le cadre du programme AGIR Prébat de la région PACA, le réseau EQAIR a comme objectif de :

- Développer et partager les savoirs et savoir-faire, les méthodes et les pratiques sur l'air intérieur, avec une approche pluridisciplinaire (bâtiment, santé, métrologie, sociologie, énergie...) et intégrant le double enjeu énergie-climat et air-santé
- Sensibiliser et accompagner les acteurs du bâtiment (maîtres d'ouvrages et gestionnaires, professionnels et utilisateurs) pour la mise en œuvre des bonnes pratiques de prévention de la pollution de l'air intérieur dans la construction et la réhabilitation
- Contribuer à l'amélioration des connaissances en air intérieur

Le premier travail de ce groupe est la construction d'une méthodologie d'évaluation de la qualité sanitaire des bâtiments, mêlant les approches des différents membres de ce réseau (Air Paca, Envirobot, Faculté de Médecine, Faculté de pharmacie/APPA Paca, Laboratoire de Chimie Environnement, Laboratoire Population Environnement Développement). C'est dans ce cadre qu'il est intervenu sur le bâtiment de l'Ecole internationale de Manosque..

Campagne d'analyse du bâtiment

La qualité de l'air intérieur peut subir des variations saisonnières ; ainsi le bâtiment a fait l'objet de deux campagnes d'analyse et de mesures, du 8 au 22 février 2012 et du 23 mai au 13 juin 2012, couvrant ainsi une période froide et une période chaude.

Lors de chaque intervention, les paramètres suivants ont été étudiés :

- Caractéristiques du bâtiment lui-même : matériaux, état, ventilation, chauffage, isolation...
- Paramètres physiques : température et humidité
- Confort et ressenti de ses occupants
- Champs électromagnétiques
- Concentrations en polluants chimiques, notamment particules, composés organiques volatils, dioxyde d'azote
- Confinement (dioxyde de carbone)
- Présence de moisissures et champignons
- Présence d'allergènes

RESULTATS DES ANALYSES

Confinement / ventilation

Les concentrations intérieures en dioxyde de carbone (CO₂) correspondent à l'indice de confinement d'une pièce. A l'exception de la salle informatique S43, les concentrations hivernales et estivales sont homogènes. Le confinement des salles échantillonnées est cependant différent d'une salle à l'autre. Certaines salles sont faiblement confinées (S47, S92, CDI et gymnase). Les autres salles (S2, S24, S43, S67) dépassent occasionnellement le seuil de 1300 ppm fixé par le règlement sanitaire départemental type pouvant provoquer des phénomènes de somnolence. Parmi elles, une salle de classe (S67) présente des taux de CO₂ plus importants atteignant des pics à 2500 ppm. Les pics de concentration peuvent témoigner d'un taux de renouvellement d'air inférieur du système de ventilation ou d'une occupation plus importante que dans les autres salles.

Humidité Relative de l'air

Les mesures ponctuelles d'humidité relative de l'air (HR) n'ont pas permis de relever d'anomalies particulières. Il faut cependant noter que les salles chauffées en hiver ne dépassent pas les 30% d'humidité relative alors que le seuil de confort se situe entre 30 et 60%.

Confort thermique

En hiver :

Le chauffage au sol présente une solution thermique très confortable lorsqu'elle est bien réglée ce qui semble le cas dans la plupart des salles visitées.

La température des salles de classe au matin est d'approximativement 20°C puis elle augmente progressivement au cours de la journée pour atteindre son maximum vers 17 - 18h, ce qui correspond à la période d'occupation des salles. Après cela, la température diminue progressivement pendant la nuit mais sans descendre en dessous de 20°C. Cela amène à penser qu'il n'y a pas de régulation thermique des locaux.

Le gymnase, qui n'a pas de chauffage au sol, présente une température moyenne de 13°C avec un maximum à 16°C pour la période de mesure du 15 au 22 février 2012. Lors des mesures ponctuelles nous avons relevé une température de l'air de 14,5°C et la température des parois oscille entre 9,8°C (au sud) et 12,8°C (au plafond) ce qui accentue la sensation de fraîcheur du local.

Les salles S02 et S24 montrent des températures intérieures assez faibles pour un réel confort thermique, respectivement 16 et 17°C de moyenne. Elles sont inférieures à celles des autres salles échantillonnées (entre 19 et 22°C).

En été :

Durant la période de mesures (du 6 au 13 juin 2012), les salles instrumentées ne présentent pas de température supérieure à 26°C, et les moyennes oscillent autour de 20 à 25°C en fonction des salles, ce qui assure un bon confort thermique d'été. Par ailleurs, lors des mesures ponctuelles de température des parois (cf. tableau des mesures ponctuelles), nous avons pu constater que la température de toutes les surfaces (sol, murs et plafond) ont des températures inférieures de 3 à 6°C par rapport à la température de l'air ce qui améliore fortement la sensation de fraîcheur dans ces salles. L'avantage d'avoir un bâtiment à forte inertie.

Luminosité

Dans notre Région la luminosité est très forte et présente souvent des problèmes d'éblouissement dans les salles de classe.

Lors de la visite du 30 mai 2012 la luminosité extérieure était forte, 72 000 lux à 17h. Nous avons donc pu constater que les salles visitées ne présentent pas d'éblouissement. Par contre la majorité des salles, sauf le CDI et la salle informatique, présentent une faiblesse au niveau de l'éclairage naturel, (< 200 lux). En effet, le seuil d'un bâtiment à qualité environnementale se situe autour de 250 à 300 lux, avec un niveau de 400 lux pour un bureau selon le code du travail.

Le gymnase n'échappe pas à ce manque de luminosité naturelle avec une mesure à 70 lux lors de la visite du mois de mai.

Nous pouvons donc constater que l'architecte a bien pris en compte cette problématique de l'éblouissement au détriment de l'apport en éclairage naturel. Cependant, l'éclairage artificiel permet d'avoir au moins 300 lux dans les salles, et souvent plus.

Par ailleurs, dans de nombreuses salles, les fenêtres orientées au Nord avaient leurs brises soleil descendu ce qui diminue bien entendu la luminosité.

De manière générale, les utilisateurs trouvent les salles trop sombres.

Bruit

Lors des visites ponctuelles qui se sont déroulées le mercredi après-midi, sans les élèves donc, nous n'avons pas relevé de gêne extérieure concernant le bruit.

Il n'y a pas de problème exprimé sur la réverbération dans la salle de classe lors des cours ou entre 2 salles.

Champ électromagnétique

Si on considère la recommandation européenne 12/07/1999, transcrite en France par le décret du 3 mai 2002, les mesures ponctuelles restent très largement inférieures au seuil de 100 μ Tesla (expo résidentielle 24h/24).

Par contre, un niveau beaucoup plus important que le reste des salles échantillonnées à l'angle nord-ouest de la pièce S2 a été constaté. Dans cet angle le niveau est de 1 μ Tesla alors que dans cette salle il varie entre 0,1 et 0,25 μ Tesla.

Ce champ électromagnétique provient du local technique attenant à la salle S2 dans lequel on trouve un gros tableau électrique. (cf. photo). *Après vérification par le personnel du lycée, il apparaît la présence de tableaux électriques et de deux centrales de traitement d'air.*

Il est à noter qu'en Suède, le code environnemental de 1998 impose un seuil d'exposition pour les nouvelles écoles et maisons < 0,2 μ Tesla.

Odeurs

De fortes odeurs synthétiques ont été détectées dans le complexe sportif et particulièrement le grand gymnase. Ces odeurs sont typiques des revêtements de sol souples sportifs.

Les utilisateurs ressentent des nuisances olfactives dans toutes les salles. Des désodorisants ont été utilisés mais arrêtés rapidement car le résultat était pire.

Composés organiques volatils

Les taux annuels de benzène dans l'établissement sont inférieurs ou égaux à l'objectif de qualité qui est de 2 μ g/m³. Des épisodes de concentrations supérieures à ce seuil sont cependant observables en hiver et semblent avoir une origine extérieure. Toutes les pièces échantillonnées montrent des concentrations intérieures en formaldéhyde inférieures à la valeur repère du Haut conseil de santé publique de 30 μ g/m³. La plupart des pièces présentent même des niveaux inférieurs à la valeur guide de protection de la santé de 10 μ g/m³.

Tous les autres composés organiques volatils sont présents en faible quantité mis à part pour le gymnase qui montre des valeurs en éthylbenzène, et xylènes supérieures aux valeurs habituellement rencontrées. Ces polluants peuvent être émis par les peintures, les vernis, les colles, les cires et les insecticides.

Particules, NO₂

Les particules sont généralement issues de la pollution extérieure. Cependant des pics n'ayant aucune corrélation avec l'extérieur sont observables dans certaines salles comme le gymnase. Les pics correspondent en général à la remise en suspension des particules sédimentées au sol. Ce phénomène est d'autant plus visible dans les pièces occupées périodiquement. Les concentrations annuelles en PM_{2,5} (particules inférieures à 2,5 μ m) sont tout juste supérieures à la valeur guide de l'ANSES (Agence nationale de sécurité nationale) de 10 μ g/m³. Une différence significative a été observée entre les mesures hivernales et estivales. Cette différence peut s'expliquer par des travaux environnants.

Les concentrations de NO₂ mesurées sont inférieures à la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé de 40 μ g/m³.

Allergènes

Le secrétariat (salle S92), occupé en permanence, et le CDI sont les pièces où les taux d'allergènes sont les plus élevés. Les salles de TP (salle S24) et le réfectoire sont les moins contaminées, probablement parce qu'ils sont nettoyés plus fréquemment.

La présence d'allergènes acariens est la plus forte dans le secrétariat où la présence humaine est permanente et dans le gymnase, probablement du fait que le ménage y est peu pratiqué (pour rappel le seuil est de 2 microgrammes/gramme pour la sensibilisation et 10 microgrammes/gramme pour les réactions cliniques).

Les allergènes blattes sont retrouvés dans le réfectoire et dans le secrétariat, probablement en raison de la présence de résidus alimentaires dans ces locaux (Taux de sensibilisation : 2UI/g)

La concentration des allergènes chat et chien est, d'une manière générale, très élevée, notamment pour l'allergène chat (seuil de sensibilisation : 1 microgramme/g, seuil de réaction clinique : 8 pour le chat, 10 pour le chien), très variable d'une pièce à l'autre probablement du fait de la présence de ces animaux au domicile des personnes concernées (dans la pièce elle-même ?)

La présence de l'allergène de souris est fréquente, celle de rat beaucoup moins. Le taux extrêmement élevé d'allergènes souris dans le gymnase correspond probablement à la présence de l'animal dans ce local. Il n'y a pas, dans la littérature, de seuils publiés pour ces allergènes.

Les utilisateurs signalent une problématique des allergènes au printemps qui serait due à la présence des toits végétalisés.

Moisissures

La diversité et la quantité des moisissures mesurées correspondent à des résultats couramment rencontrés dans ce type de bâtiments. La diversité est comparable entre l'été et l'hiver mais le nombre de champignons est un peu plus important en été, surtout pour les genres Alternaria et Cladosporium ce qui est commun à cette période.

PRECONISATIONS

VENTILATION

Le système de ventilation semble efficace pour évacuer les polluants puisque les concentrations intérieures sont globalement faibles malgré tous les matériaux récents présents dans l'établissement. Ceci est confirmé par les mesures en temps réel dans la salle E (S 47) qui permettent de mettre en évidence la chute des concentrations en Composés organiques légers (COVL) et totaux (COVT) lorsque le système de ventilation se met en route. Cependant, il est conseillé d'aérer la salle S67 en période d'occupation afin de minimiser les pics de concentration en CO₂.

CONFORT

Luminosité : ne pas hésiter à relever les brises soleil qui sont électriques, surtout ceux orientés au Nord afin d'améliorer la luminosité des salles de classe.

Humidité relative : un humidificateur d'air adiabatique pourrait être ajouté à la centrale de traitement de l'air.

ENERGIE

Lors des visites ponctuelles, le mercredi après-midi dans le lycée inoccupé la majorité des ordinateurs restent en veille en permanence (salle informatique, salle de chimie, CDI...). Si ces ordinateurs ne sont pas allumés pour des raisons de mises à jour, il est judicieux pour des raisons éducatives et d'économie d'énergie d'éteindre réellement tous ces ordinateurs après chaque utilisation.

Il aurait été intéressant de calculer l'étiquette énergie du bâtiment à partir des factures mais elles ne nous ont pas été transmises. Ce bâtiment récent, bien isolé et avec un émetteur performant tel que le plancher chauffant basse température, ne doit pas consommer

beaucoup. Cependant, il semble que l'installation pourrait être optimisée afin de ne pas atteindre des températures de l'ordre de 22°C en fin de journée. Une régulation pourrait en effet optimiser ce mode de chauffage en diminuant la température dès 15-16h et encore d'avantage pendant la nuit.

MATERIAUX ET MAINTENANCE

Lors des visites ponctuelles, il a été observé la présence de laine de verre un peu partout dans les salles. Nous pouvons distinguer sa présence de 2 manières différentes :

- à travers le pare vapeur, entre les lattes de bois, ceci provient de la mise en œuvre (cf. photo)
- apparente au-dessus de la structure permettant la ventilation des salles, ceci provient de la conception (cf. photo).

Les utilisateurs expriment une perception de présence de particules fines de laine de verre particulièrement élevée.

Les appareils de mesure du Réseau EQAIR ne permettent pas de mesurer la quantité de fibres présentes dans l'air. Il a cependant pu être constaté visuellement la présence de fibres dans certains endroits comme sur la fenêtre du secrétariat.

Il serait pertinent de faire réaliser des mesures de fibres minérales artificielles en suspension dans l'air. Pour ce faire, il est possible de faire appel à des bureaux d'études possédant le matériel adapté. Le type de fibre étant connu, les mesures de fibres en suspension peuvent être réalisées selon la norme XP 43-269 (Air des lieux de travail - Détermination de la concentration en nombre de fibres par microscopie optique en contraste de phase). Le résultat est exprimé en nombre de fibres/cm³. La seule valeur de référence existante est une valeur d'exposition professionnelle à ne pas dépasser : 1 fibre/cm³. Pour information, lors de la pose de matériaux compactés comme les panneaux de fibre de verre visibles dans l'établissement, les concentrations sont généralement inférieures à 0,5 fibres/cm³.

La laine de verre n'est pas considérée comme cancérigène (groupe 3 par le Centre International de Recherche sur le Cancer : ne peut être classé quant à sa cancérogénicité), mais elle peut provoquer des irritations mécaniques respiratoires ou cutanées.

Les insecticides peuvent expliquer les concentrations intérieures de certains polluants dans le gymnase, il est donc conseillé de les utiliser modérément, de bien ventiler après utilisation et de choisir des produits les moins nocifs possibles.

Le réseau de ventilation doit être entretenu régulièrement afin qu'il reste efficace et qu'il ne diffuse pas à l'intérieur des microorganismes qui se développent avec le temps dans les gaines.

ZONES PARTICULIERES

Le tableau électrique du local technique S63 présente un champ électromagnétique élevé qui est détectable dans les deux salles de classe attenantes. Des investigations plus poussées mériteraient d'être menées.

SOCIOLOGIE

L'École Internationale de Manosque est un établissement atypique sur plusieurs points. Tout d'abord, par les conditions d'enseignement et d'accueil très favorables qu'elle propose. Les élèves jouissent notamment de classes de petits effectifs. A titre d'exemple, un lycéen rencontré suit une 1ère scientifique composée de dix élèves. Cette situation permet une certaine flexibilité avec les élèves qui peuvent librement se lever et ouvrir, ou fermer, les fenêtres en fonction des températures.

Des problèmes liés à la gestion de la ventilation naturelle n'ont donc pas du tout été évoqués.

Les conditions d'accueil et d'enseignement influencent très certainement le rapport au confort et à l'établissement des élèves qui disent apprécier le calme, la présence de végétaux. Néanmoins, si la végétation est appréciée pour ses qualités esthétiques, elle pose d'autres problèmes. En effet, les toits sont végétalisés par de la flore spontanée dont certaines graminées. Plusieurs parents d'élèves ont signalé, auprès de l'établissement, des cas d'allergies aux graminées. Il aurait été demandé au Conseil Régional de supprimer ces plantes. Une lycéenne explique, par ailleurs, avoir vu son allergie aux graminées aggravée à son arrivée dans l'École. Elle prend, depuis, des histaminiques.

Une autre caractéristique qui rend l'École particulière est l'effacement des frontières entre intérieur et extérieur. Les couloirs permettant l'accès d'une salle à une autre sont, de sorte, ouverts. Ce qui peut expliquer les soucis provoqués par les graminées. L'ouverture sur l'extérieur de ces couloirs revient dans les entretiens comme accentuant les sensations de froid en hiver, au moment de changer de cours. De même, l'obscurité de certaines salles a été systématiquement notée. En hiver, les lycéens rencontrés disent devoir laisser les lumières allumées en pleine journée.*

PHOTOS D'ILLUSTRATIONS



Figure 1 : Luminosité, brise soleil côté nord à relever entièrement



Figure 2 : Ordinateur en veille – Salle de Chimie



Figure 3 : Tableau électrique émetteur de champ électromagnétique



Figure 4 : Laine de verre apparente dans toutes les salles en imposte au dessus du système de ventilation



Figure 5 : Laine de verre apparente Salle S92 Secrétariat



Figure 7 : Laine de verre apparente S47

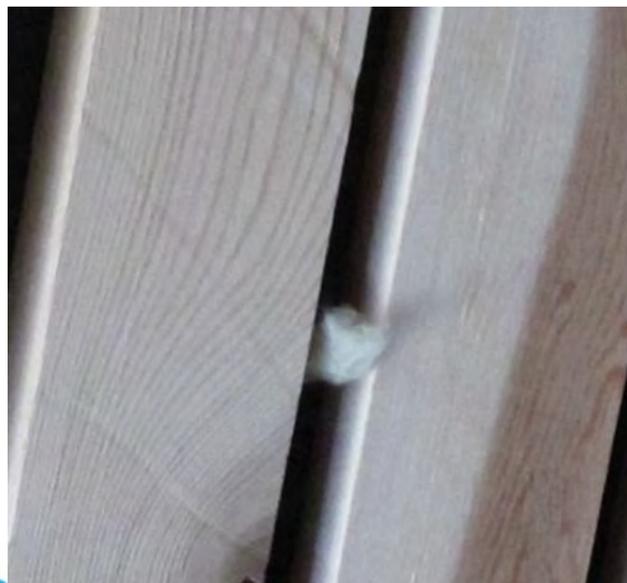


Figure : 6 Laine de verre apparente S67

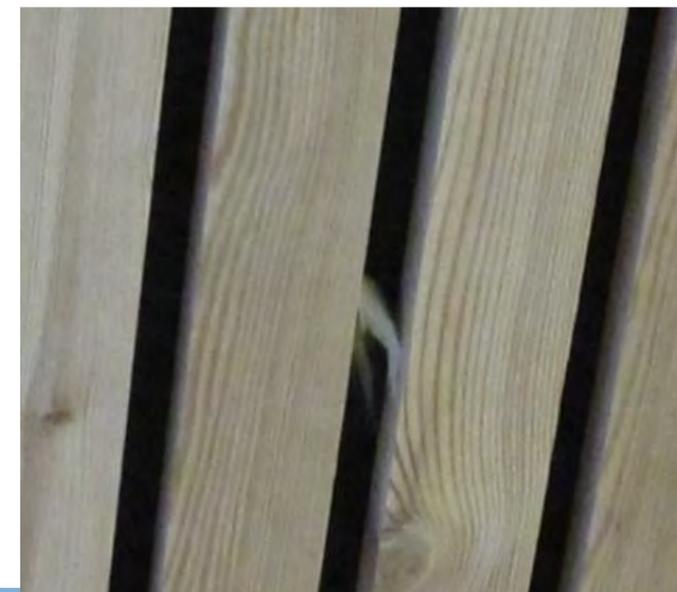
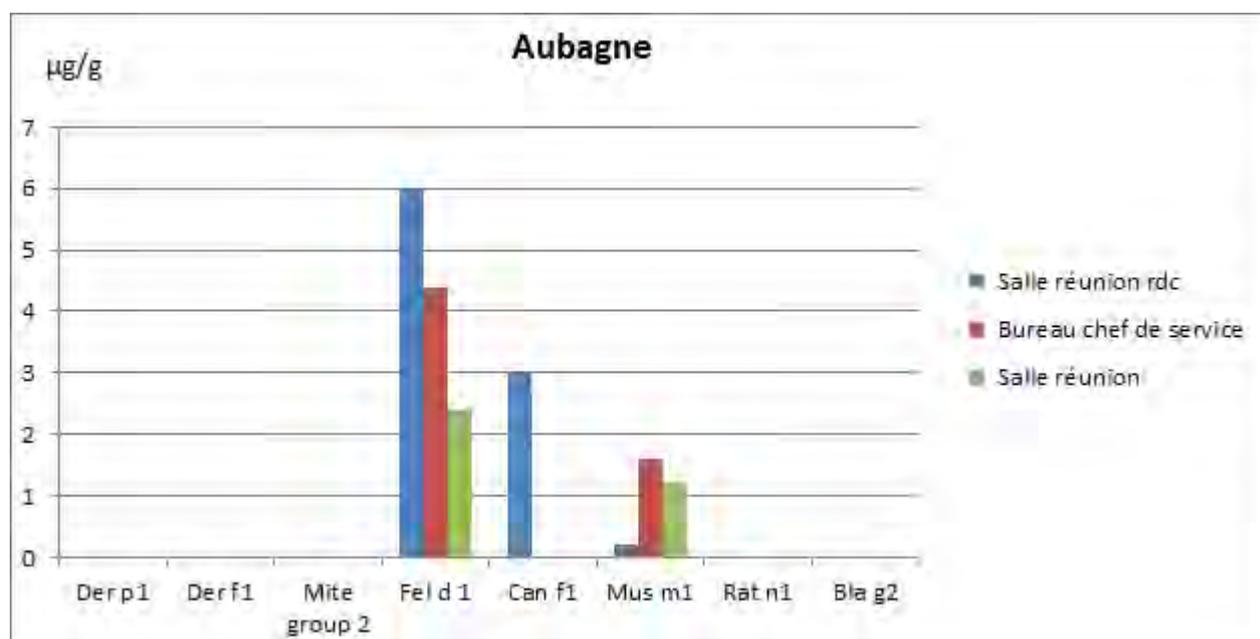


Figure 8 : Laine de verre apparente S24 - Salle de Chimie

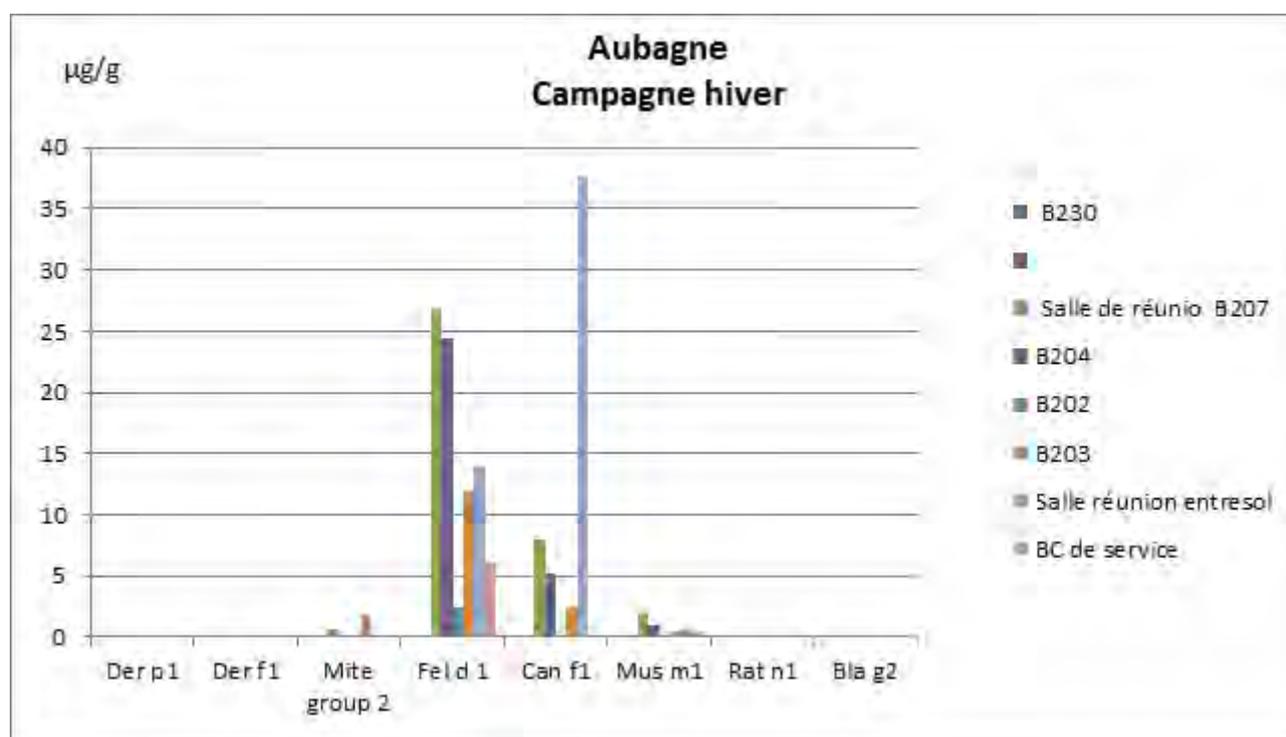
ANNEXE 9 : DETAIL DES RESULTATS DES CONCENTRATIONS EN ALLERGENES

1.1.1. SIEGE D'AGGLOMERATION D'AUBAGNE

Campagne estivale

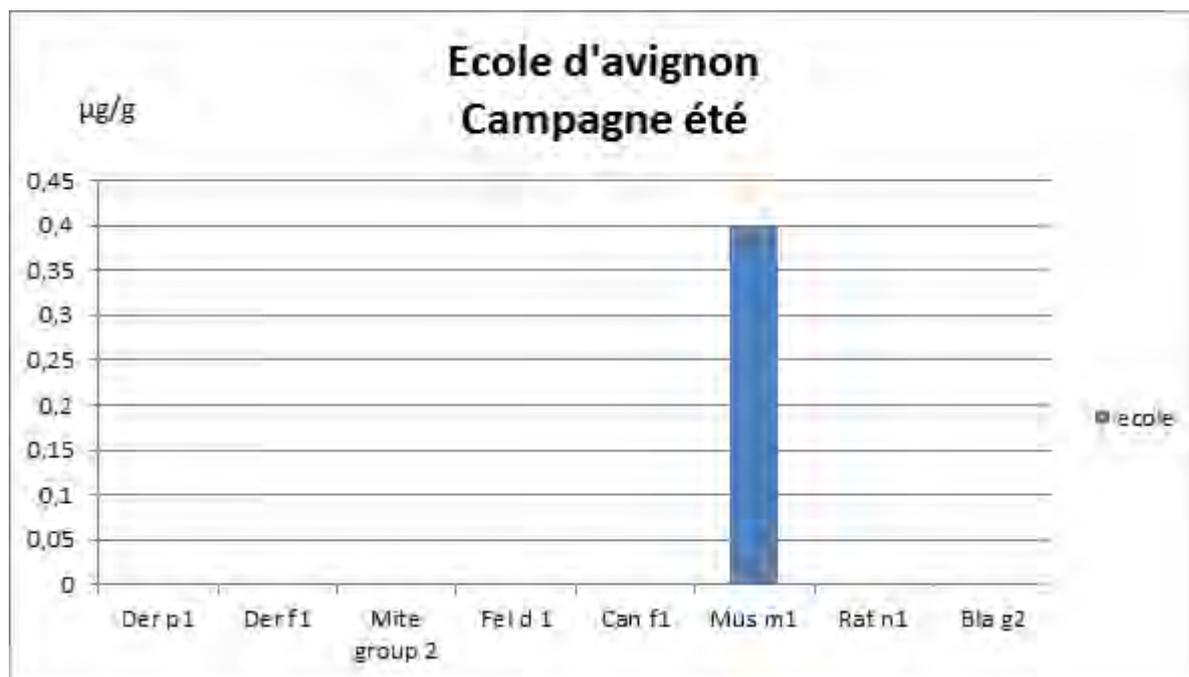


Campagne hivernale

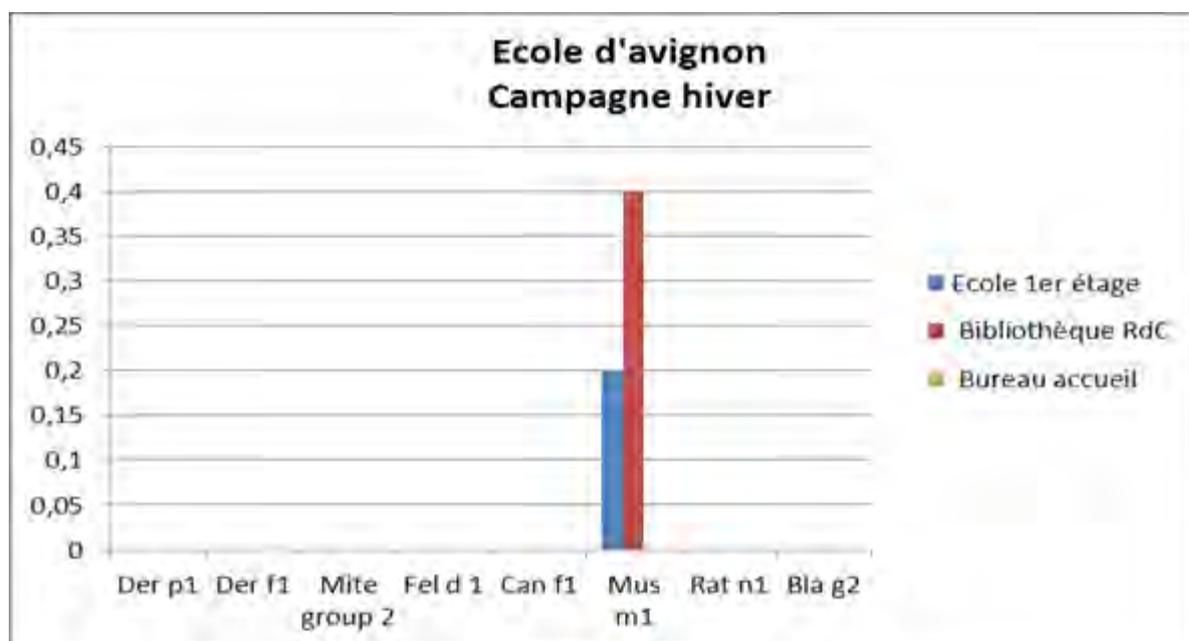


1.1.2. ECOLE SCHEPPLER

Campagne estivale

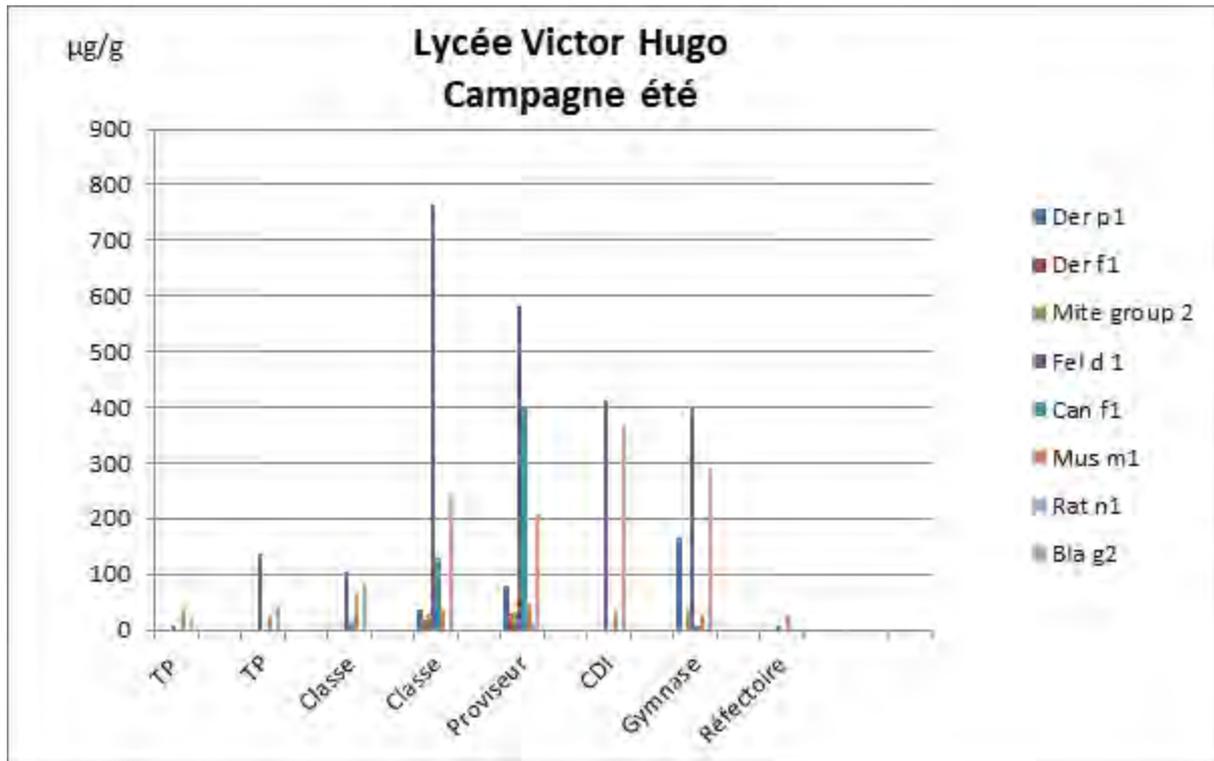


Campagne hivernale

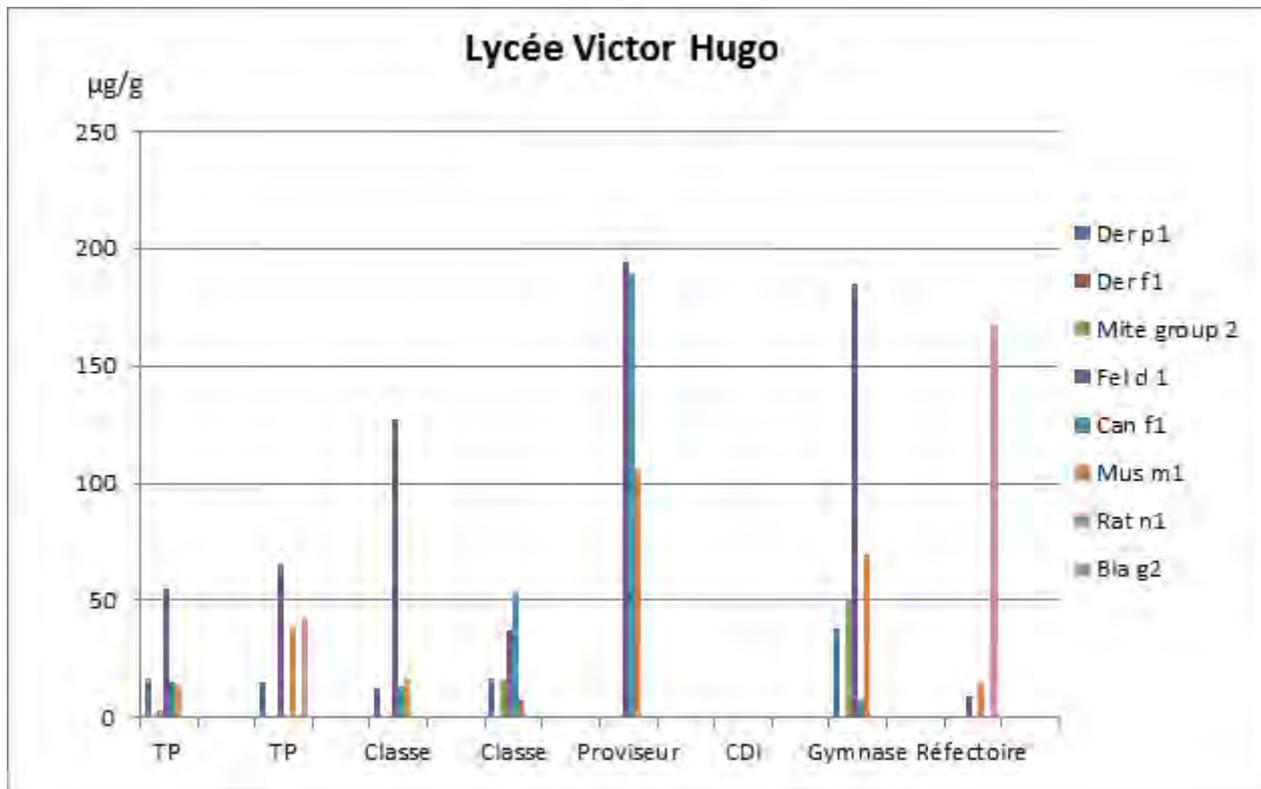


1.1.3. LYCEE VICTOR HUGO

Campagne estivale

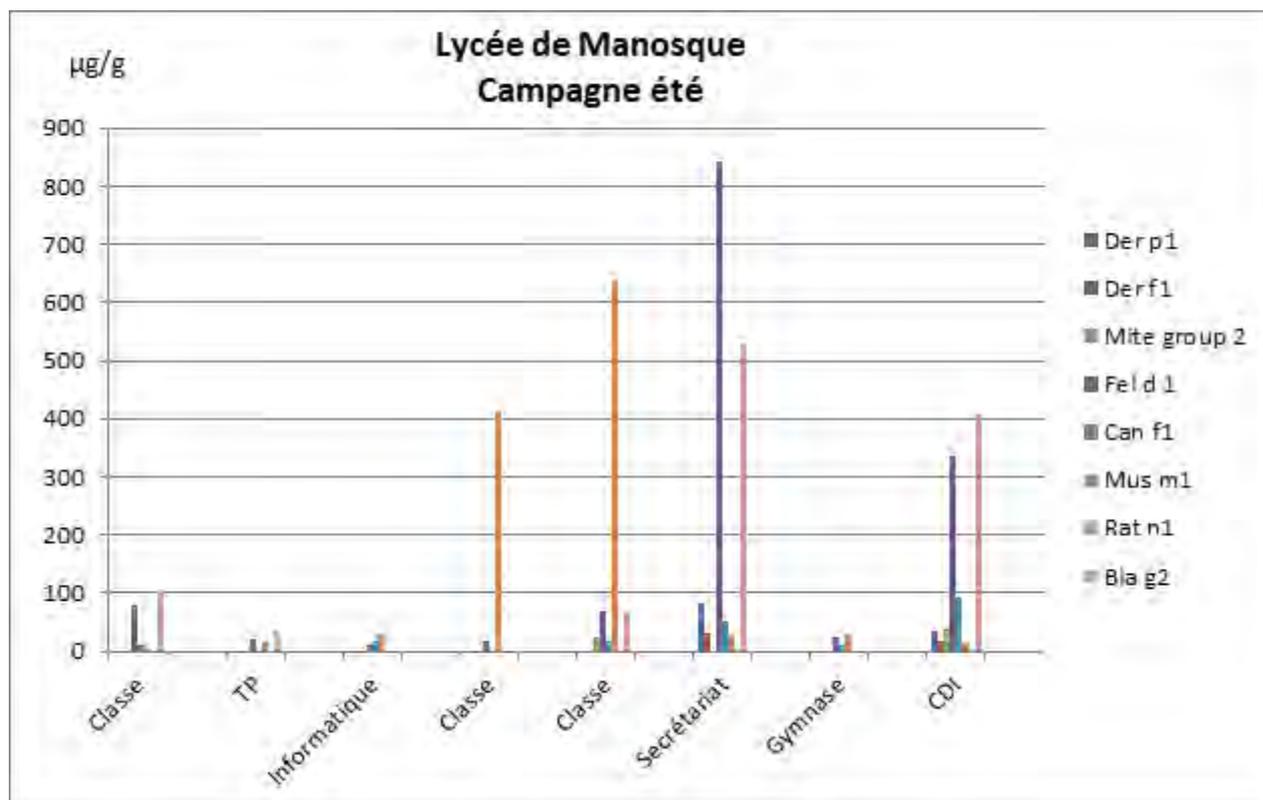


Campagne hivernale

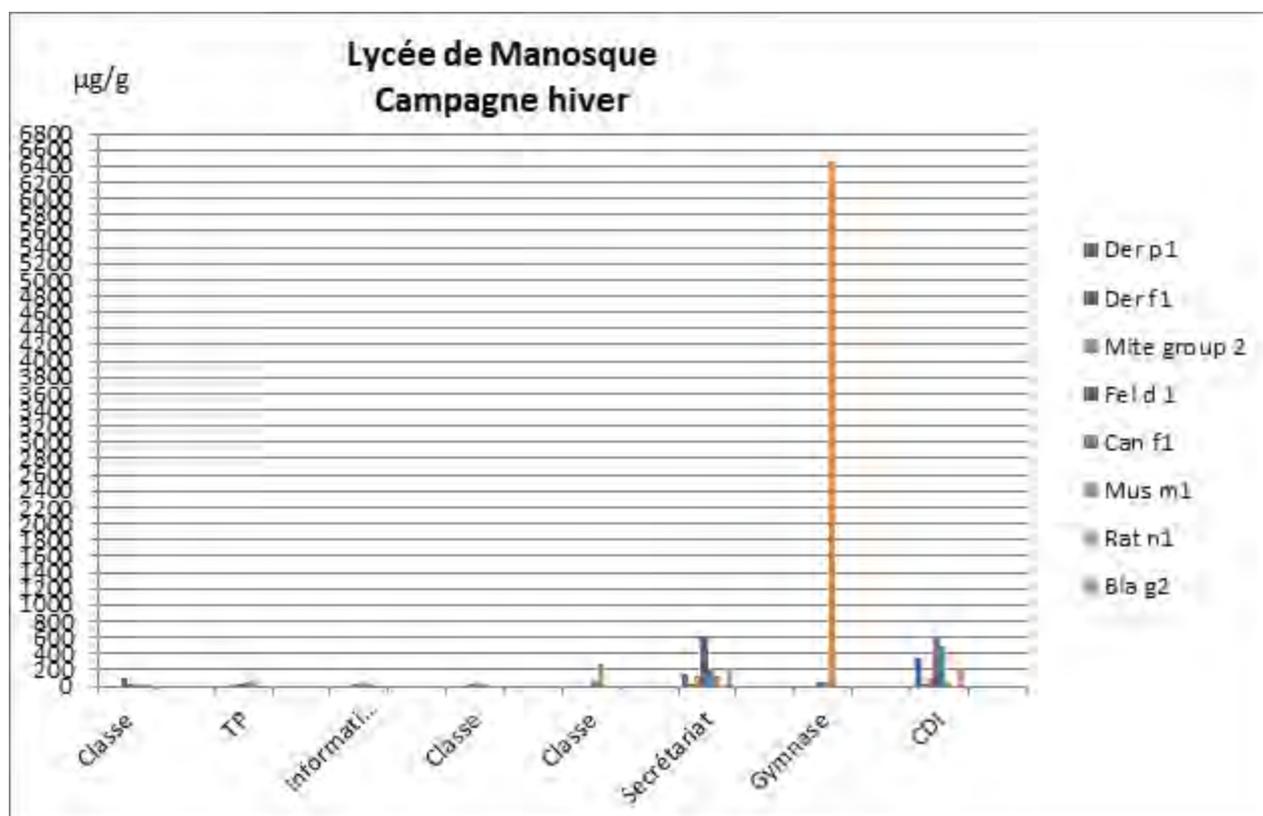


1.1.4. ECOLE INTERNATIONALE DE MANOSQUE

Campagne estivale

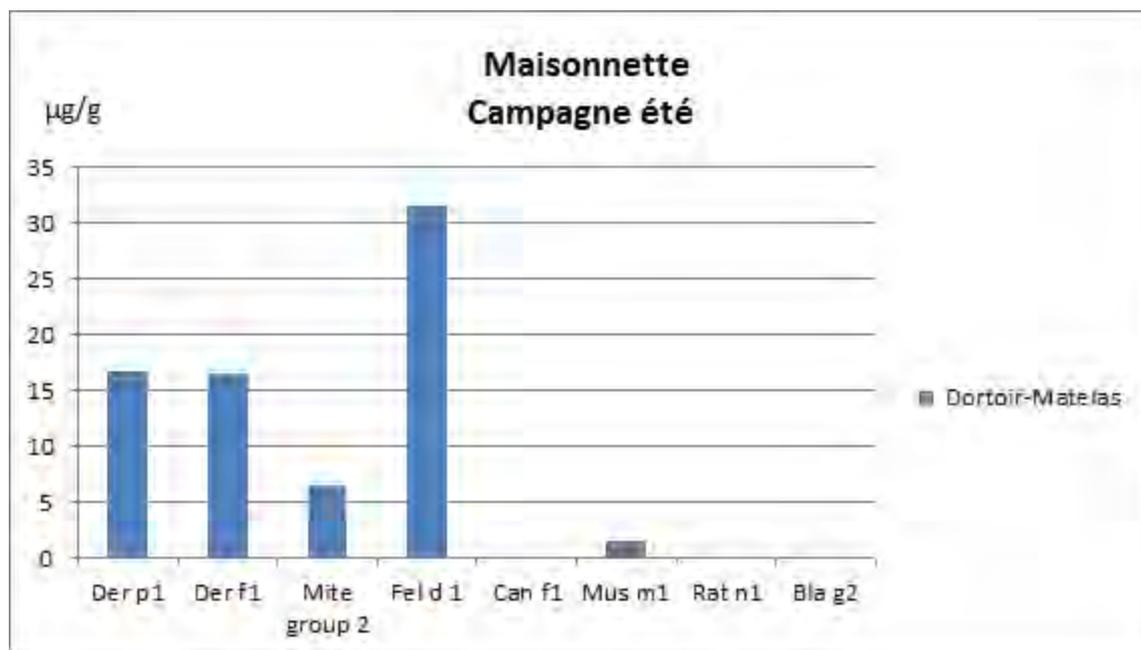


Campagne hivernale



1.1.5. CRECHE LA MAISONNETTE

Campagne estivale





Réseau EQAIR

Expert en qualité de l'air intérieur

Le réseau EQAIR regroupe en région PACA l'expertise de différentes disciplines intervenant sur l'air intérieur : bâtiment, chercheur, médecin, métrologue, sociologue...

Les membres du réseau sont :

- Envirobat Méditerranée, professionnels du bâtiment,
- Faculté de Médecine, Laboratoire de parasitologie, Conseil habitat santé,
- Faculté de Pharmacie / Association pour la prévention de la pollution atmosphérique,
- Université de Provence, Laboratoire Population Environnement Développement
- Laboratoire de Chimie Environnement.

EQAIR a pour objectif de développer une méthodologie d'évaluation la plus large possible de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment et de la tester sur des bâtiments de la région PACA (siège de l'agglomération d'Aubagne, crèche la Maissonnette de Marseille, école Scheppler d'Avignon, lycée Victor Hugo de Marseille et école internationale de Manosque).

Les expérimentations sur les bâtiments sont constituées de prédiagnostic, de mesures de paramètres physico-chimiques et d'une analyse sociologique. L'analyse croisée de ces 3 éléments permettent de fournir des préconisations au gestionnaire de bâtiments ainsi qu'aux usagers. Le protocole actuel de mesures déployé par le réseau pourrait être allégé afin de pouvoir être mis en œuvre sur de nombreux bâtiments.

En parallèle de l'évaluation de la qualité de l'air intérieur, le réseau EQAIR informe et sensibilise tous types de public par le biais de son site internet : airinterieurpaca.org, de séminaires, de support d'information...

EQAIR continue à développer et partager ses savoirs et savoir-faire, ses méthodes et ses pratiques sur l'air intérieur, avec une approche pluridisciplinaire.



Responsable de publication : Mathieu Izard - Publication : 11/2013

Photos : Archives Air PACA



AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR
www.airpaca.org

Siège social

146, rue Paradis
« Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex 06
Tél. 04 91 32 38 00
Télécopie 04 91 32 38 29

Établissement de Martigues

Route de la Vierge
13500 Martigues
Tél. 04 42 13 01 20
Télécopie 04 42 13 01 29

Établissement de Nice

333, Promenade des Anglais
06200 Nice
Tél. 04 93 18 88 00
Télécopie 04 93 18 83 06

