RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

PRISE EN COMPTE GLOBALE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR PAR LES COLLECTIVITES

Aérez, Respirez ! L'exemple de la communauté d'agglomération d'Epinal

RAPPORT FINAL

juin 2021

EXPERTISES

COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION ÉPINAL
AtMO GRAND EST
acd AVOCATS
alec

REMERCIEMENTS

Isabelle Augeven-Bour (ADEME)
Souad Bouallala-Selmi (ADEME)
Bérénice Jenneson (ATMO Grand Est)
Laurence Georgeon (ALEC Epinal Centre Vosges)

CITATION DE CE RAPPORT

MAIRE Florence, Communauté d'Agglomération d'Epinal, JENNESON Bérénice, ATMO Grand Est. 2021. Prise en compte globale de la qualité de l'air intérieur par les collectivités – Aérez, respirez ; l'exemple de la Communauté d'Agglomération d'Epinal. Rapport. 84 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne https://librairie.ademe.fr/

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01
Numéro de contrat : 1862C0006

Étude réalisée par Communauté d'Agglomération d'Epinal et ATMO Grand Est pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Florence MAIRE
Appel à projet de recherche : AACT'AIR 2017

Coordination technique - ADEME : AUGEVEN-BOUR Isabelle
Direction Villes et Territoires Durables - Service Qualité de l'air

SOMMAIRE

RÉSUMÉ 6

1. CONTEXTE DU PROJET 7

1.1. Historique du projet 7
1.2. Raisons d'être du projet 7
1.3. Positionnement du projet 8
1.3.1. Antériorité 8
1.3.2. Positionnement géographique 9
1.3.3. Objectifs 10
1.3.4. Séquençage 10

2. METHODOLOGIE 12

2.1. La volonté d'un projet innovant et exemplaire 12
2.1.1. L'expérimentation 12
2.1.2. Le réseau de partenaires déjà en place 12

2.2. Management du projet 13
2.2.1. Comité de pilotage 13
2.2.2. Comités techniques 13

2.3. Stratégie opérationnelle 13

3. ETAT DES LIEUX DES OUTILS DE SENSIBILISATION 14

3.1. Contexte et rappel des objectifs 14
3.2. Inventaire des outils disponibles sur le territoire 14
3.2.1. Analyse de l'outil ABC d'air 15
3.2.2. Le site de l'ADEME (www.ademe.fr) 22

3.3. Synthèse 22

4. LE MILIEU SCOLAIRE (AXE 1) 23

4.1. Phase d'expérimentation : Mise en place d'ateliers spécifiques de sensibilisation dans un échantillon d'écoles 23
4.1.1. Déroulement des ateliers de sensibilisation à destination des enfants 23
4.1.2. Exploitation des résultats 24

4.2. Déploiement de la sensibilisation dans les écoles (panel large) et suivi de la pérennité des actions 25
4.3. Contribution sociologique 26
4.4. Les résultats 29
4.4.1. Les campagnes de mesures 29
4.4.2. Analyse des questionnaires remplis par les élèves ultérieurement à l'atelier de sensibilisation 33
4.4.3. Mise en place d'un dispositif et des modalités pour mener une campagne de sensibilisation 34
4.4.3.3. Outils et matériel 35

4.5. Recommandations 35

5. LES COLLECTIVITES (AXE 2) 37

5.1. Contexte et rappel des objectifs 37
5.2. Chantier pilote 37
5.2.1. Descriptif du bâtiment 37
5.2.2. Paramètres suivis lors des campagnes de mesure 38
5.2.3. Techniques de mesures 39
5.2.4. Stratégie d'échantillonnage 41
5.2.5. Stratégie de comparaison aux valeurs de référence 42
5.2.6. Données comparatives 44
5.2.7. Résultats des mesures réalisées sur le chantier pilote 47

5.3. Proposition d'une démarche de gestion intégrée 55
5.4. Proposition d'un plan d'information en cas de travaux 55
5.4.1. Situation concernée 55
5.4.2. Plan d'information proposé 56

5.5. Proposition d'une procédure de « gestion de crise » 56
5.5.1. Premières démarches 56
5.5.2. Support d'information permanente (affiche apposée dans l'établissement) 57
5.5.3. Procédure proposée 57
5.5.4. Et ensuite ? 60

5.6. Élaboration d'un guide à l'usage des maîtres d'ouvrage 60
5.6.1. Méthodologie 60
5.6.2. Pour qui ? 64

5.7. Recommandations 64
5.7.1. Le nécessaire dialogue entre usagers et propriétaires des lieux 64
5.7.2. Les marchés publics 65

6. AXE 3 : LE GRAND PUBLIC 65

6.1. Contexte 65
6.2. L'expérimentation 66
6.2.1. Déroulement 66
6.2.2. Résultat des enregistrements 68
6.2.3. Impact de l'indication du taux de CO2 68

6.3. Bilan de l'expérimentation grand public 69
6.3.1. Rappel des objectifs 69
6.3.2. Biais identifiés a posteriori 69
6.3.3. Constats 70

6.4. Poursuite 70
6.5. Apport sociologique 70
6.5.1. Rappel des objectifs 70
6.5.2. Analyse et préconisations 70

6.6. Proposition d'une démarche générale pour la sensibilisation du grand public 73
6.6.1. Rappel des objectifs 73
6.6.2. Modes de diffusion 74

6.7. Schéma de sensibilisation élaboré à destination du grand public 74
6.7.1. Principes d'animation 75
6.7.2. Outils et matériel 75
6.7.3. Les apprentissages sur l'expérimentation 75
6.7.4. Les conseils issus de la concertation avec les ménages 76

7. CONCLUSION / PERSPECTIVES 77

7.1. Des facilitateurs 77
7.2. Des difficultés 77
7.3. Les perspectives 77

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 79

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES 80

SIGLES ET ACRONYMES 82

RÉSUMÉ

La Communauté d'Agglomération d'Épinal compte 78 communes. Or la plupart sont de petites municipalités de moins de 1 000 habitants qui, sans ingénierie en interne, doivent s'approprier de nombreuses compétences. La Qualité de l'air intérieur étant une thématique complexe et souvent le parent pauvre des postes de travaux, l'Agglomération a souhaité en faciliter l'appréhension.

Aussi, elle a décidé de proposer des outils pour intégrer la qualité de l'air intérieur de façon transversale dans les différentes actions réalisées par les collectivités. ATMO Grand Est a été le partenaire technique expert pendant tout le déroulement du projet.

Trois publics cibles ont été visés dans le cadre du programme afin d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics du territoire :

(1) Le public scolaire ;

(2) Les agents des collectivités et les élus du territoire ne disposant pas de services techniques ;

(3) Le grand public.

Concernant le public scolaire : Un atelier de sensibilisation sur la qualité de l'air intérieur a été créé à destination des élèves, puis testé dans trois écoles du territoire. L'objectif était de sensibiliser aux bonnes pratiques d'aération des salles de classe et de valider le format ainsi que son caractère reproductible.

Une phase préalable a permis de vérifier l'existence de supports en nombre et qualité suffisants. Un schéma de sensibilisation contenant un support a été créé et mis à disposition par ATMO Grand Est, ainsi que les modalités de mise en œuvre d'une action, ponctuelle ou insérée à un projet éducatif. Par ailleurs, l'utilisation de boitiers de sensibilisation (mesure du CO_2) au cours de ces ateliers a permis une amélioration du renouvellement d'air dans la majorité des salles de classe, par la mise en œuvre de pratiques d'aération adaptées.

Pour les agents des collectivités et les élus du territoire qui ne disposent pas de services techniques : une campagne de mesures de plusieurs paramètres et polluants sur un chantier pilote a été élaboré et réalisé. Dans l'école primaire considérée, faisant l'objet d'une réhabilitation lourde, les résultats ont mis en évidence un problème de renouvellement d'air dans une salle de classe ainsi qu'un faible impact des travaux réalisés. Les valeurs limites ont été largement respectées pour le formaldéhyde et le benzène. Le choix des produits (peinture, mobilier, etc.) ayant été réalisé à partir du guide élaboré au cours du présent projet. La concertation avec les usagers pendant la campagne a permis de créer plusieurs outils pratiques, dont :

- Un guide proposant des clauses validées par un juriste pour plusieurs postes de travaux récurrents facilitant l'intégration de la qualité de l'air intérieur dans les marchés publics ;
- Une procédure permettant de mieux gérer les signalements éventuels dans les bâtiments publics. Elle comprend une affiche permanente et une fiche navette entre l'ERP et le maître d'ouvrage ainsi qu'un schéma de gestion du signalement.

Pour le grand public : L'objectif est de proposer des techniques de sensibilisation du grand public (supports, modalités, etc.). Ainsi, afin de recueillir au plus près les besoins des ménages, il a été mené, sur une année, le suivi instrumenté de huit habitations aux typologies différentes. A l'issue, un world café a été réalisé afin de connaître le ressenti des ménages au cours de cette expérimentation et de connaître les besoins en information. Il n'a pas été possible d'identifier un mode de communication reproductible pour ce public, particulièrement diversifié et restant peu concerné par l'air intérieur. Malgré cette difficulté, des pistes et modalités de mise en œuvre sont proposées pour intégrer la qualité de l'air intérieur à des manifestations plus générales.

1. Contexte du projet

1.1. Historique du projet

En 2015, la Communauté d'Agglomération d'Épinal est lauréate de l'appel à projets Territoires à Energie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV). Action phare, la future Maison de l'Habitat se devra d'être exemplaire, tant en termes énergétiques que sanitaires.

Le 11 octobre 2016, l'avenant à la convention initiale inscrit des actions supplémentaires :

- Un programme d'aides à la rénovation énergétique de l'habitat privé, complémentaire à Habiter Mieux,
- Le Défi Ecoles à Energie Positive pour sensibiliser les élèves du cycle 3 aux économies d'énergie,
- Cinq programmes communaux de réhabilitation énergétique de bâtiments publics.

De ce fait, la préoccupation de l'Agglomération vis-à-vis de la qualité de l'air se tourne également vers l'air intérieur, dont la qualité reste encore trop souvent négligée dans les différents programmes de travaux, qu'ils soient privés ou publics.

Dans le cadre de l'action 6 de TEPCV - Mise en œuvre de la transition énergétique au sein des communes, l'Agglomération équipe plusieurs écoles et la totalité de ses crèches en kits fournis par le Ministère pour mesurer les indicateurs formaldéhyde et benzène et fait l'acquisition de la balise de mesures Fireflies® permettant le suivi de différents paramètres, dont les composés organiques volatils totaux.

Dans la continuité de cette campagne de mesures, la Communauté d'Agglomération d'Épinal a proposé à ses partenaires de travailler conjointement à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur sur le territoire, notamment aux travers d'une prise en compte des différents lieux d'exposition (ERP, habitat...). Les partenaires du projet sont :

- ATMO Grand Est : association à but non lucratif agréée par le Ministère chargé de l'environnement, est en charge de la surveillance de la qualité de l'air dans la région Grand Est. Bérénice Jenneson, ingénieure d'études, a été l'interlocutrice principale pour la coordination du projet,
- Agence Locale de l'Energie et du Climat Epinal-Centre Vosges : l'ALEC est une association assurant un service public ouvert aux particuliers, aux collectivités locales et aux entreprises privées. C'est un lieu d'information et d'accompagnement des porteurs de projet et de sensibilisation aux économies d'énergie. Laurence Georgeon, directrice de l'ALEC a été l'interlocutrice pour la réalisation du projet,
- Cabinet ACD : cabinet d'avocats d'affaires. Thibaut Cuny a collaboré à l'ensemble de la rédaction du guide à l'usage des maîtres d'ouvrage,
- Perrine Moulinié Conseils : Perrine Moulinié est ingénieure SHS et a apporté un apport sociologique important au projet,

Le projet est lauréat de l'appel à projets AACT'AIR 2017 de l'ADEME.

1.2. Raisons d'être du projet

Dans les collectivités, la qualité de l'air intérieur est abordée de façon sectorisée, en différenciant les acteurs (personnel d'entretien, services techniques, etc..), sans interaction réelle entre eux. Par ailleurs, la prise en compte de la thématique est généralement réalisée uniquement du point de vue des établissements recevant du public du fait de la mise en place de la réglementation relative à la surveillance obligatoire. Or, l'exposition des populations au travers de l'habitat constitue également un facteur d'exposition important sur lequel la collectivité souhaite agir.

Il apparait par ailleurs, dans différentes études, une méconnaissance des enjeux de la qualité de l'air intérieur par le grand public et les acteurs relais reposant sur un constat : « l'occupant joue un rôle clé sur son exposition à la pollution atmosphérique »[1]. Bien que chacun d'entre nous passe en moyenne 70 à 90 % de son temps dans des espaces clos, nous percevons généralement moins les risques liés à l'inhalation d'un air intérieur pollué que ceux auxquels nous nous exposons à l'extérieur. Or, des études prouvent que

[1] Guide thématique de l'Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace L'air c'est mon affaire. Mieux connaître son exposition quotidienne

cette pollution intérieure est réelle et que **l'occupant peut influencer, par son comportement**, son exposition aux risques sanitaires qu'elle engendre. Les conclusions de la campagne nationale[2] pilotée par le ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement en 2009-2011 mettent notamment en évidence les **bonnes pratiques d'aération** comme un facteur avéré d'abaissement du niveau de pollution constaté.

Par ailleurs, de nombreux organismes tels que l'Agence Qualité Construction (AQC)[3] mettent en évidence les défauts de prise en compte de la qualité de l'air intérieur dans les **opérations de construction et de rénovation des bâtiments**. En effet, tel que l'indique le plan d'actions sur la qualité de l'air intérieur : « dans le contexte de vastes chantiers de rénovation énergétique des bâtiments existants et de construction BBC, il est indispensable de prendre en compte, lors de la réhabilitation ou la conception, les enjeux de qualité de l'air intérieur ».

Afin de répondre à ces différentes problématiques, l'Agglomération d'Épinal et ses partenaires ont souhaité mener sur le territoire de l'agglomération un **projet d'études visant à mettre en œuvre un dispositif global d'amélioration de la qualité de l'air intérieur à destination de l'ensemble des habitants du territoire.**

1.3. Positionnement du projet

1.3.1. Antériorité

Plusieurs démarches avaient préalablement été initiées au sein de la communauté d'agglomération d'Épinal.

Afin de valider les protocoles et modalités de la surveillance réglementaire des établissements recevant du public et, dans un premier temps, les écoles maternelles et les crèches, une campagne nationale pilote, financée par le ministère en charge de l'Environnement et en partenariat avec celui de la Santé, a été menée sur 310 écoles et crèches en 2009-2011. Pour la Lorraine, 13 établissements ont fait l'objet de mesures de la qualité de l'air intérieur par ATMO Grand Est. Parmi eux, on retrouve le pôle Petite Enfance de la ville d'Épinal. Ces mesures ont concerné le benzène, le formaldéhyde et le dioxyde de carbone (CO_2), polluants qui seront suivis dans le cadre de la présente étude. Les résultats ont mis en évidence des niveaux satisfaisants pour le formaldéhyde et le CO_2 témoignant d'un bon renouvellement d'air. En ce qui concerne la concentration moyenne en benzène de l'établissement, cette dernière apparait comme l'une des plus fortes concentrations observées au niveau lorrain (ce qui peut s'expliquer par l'impact de l'air extérieur, le bâtiment étant à proximité d'un axe à fort trafic routier) mais reste cependant inférieure aux seuils réglementaires en vigueur.

En 2014 et 2015, une commune de la Communauté d'Agglomération d'Épinal a souhaité effectuer un pré-diagnostic de la qualité de l'air intérieur dans son école maternelle suite à une restructuration. Ces mesures effectuées par ATMO Grand Est ont mis en évidence des niveaux en composés organiques volatils totaux parfois élevés notamment dans les pièces les moins bien ventilées.

La Communauté d'Agglomération d'Épinal a bénéficié de l'opération « 1000 kits pour les écoles et crèches des territoires à énergie positive pour la croissance verte » du Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Dans ce cadre, des mesures de formaldéhyde et de benzène ont été effectuées fin 2016 et début 2017 dans 6 crèches et 7 écoles de l'Agglomération.

Le présent projet s'est inspiré des préconisations du plan d'actions[4] sur la qualité de l'air intérieur lancé en 2013 par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et le ministère des Affaires sociales et de la santé. Il s'insère également dans une problématique globale de conciliation d'enjeux de performance énergétique du bâti et de préservation de la qualité de l'air intérieur, en lien avec les objectifs poursuivis par le Plan de Rénovation Énergétique de l'Habitat (PREH). Il est primordial pour l'Agglomération que les opérations menées au titre de ce projet soient compatibles avec les objectifs poursuivis par son Plan Climat Energie Territorial (PCET), révisé en Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET). Lancé en 2009, le Plan Climat de la Communauté d'Agglomération d'Épinal vise une réduction des émissions de gaz à effet de serre, largement cohérente avec les objectifs de préservation

[2] Campagne pilote nationale de la surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches conduite sur la période 2009-2011 au sein de 310 établissements

[3] AQC, Retours d'expériences (REx) Bâtiments performants et risques-version3, publication du 01/10/2014

[4] Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du Ministère des Affaires sociales et de la santé (2013)

d'une meilleure qualité de l'air. L'un des principaux enjeux de cette compatibilité réside dans la promotion et l'amélioration constante de la performance énergétique des bâtiments sans nuire à leur qualité de l'air intérieur.

1.3.2. Positionnement géographique

Le territoire du projet est la **Communauté d'Agglomération d'Épinal** qui compte depuis le 1er janvier 2018, suite à la fusion de quatre EPCI et le rapprochement de communes isolées, 78 communes et quelque 116 000 habitants. Aux compétences obligatoires de la Communauté d'Agglomération, que sont transport et déplacements, habitat, développement économique, aménagement de l'espace communautaire, politique de la ville, s'ajoute la compétence optionnelle liée à la protection et la mise en valeur de l'environnement et du cadre de vie parmi laquelle figure la dimension de « lutte contre les pollutions de l'air ». L'Agglomération, au titre de cette compétence, mène des actions visant l'amélioration de la qualité de l'air et la diminution de l'exposition de la population aux pollutions.

Certains projets structurants de l'Agglomération tels que le Plan Climat Énergie Territorial (initié en 2009 et dont la révision en Plan Climat Air Energie Territorial est actuellement en cours d'approbation), le Plan de Déplacements Urbains (en cours de révision) et le Programme Local de l'Habitat (2020-2025) intègrent d'ores et déjà des enjeux de préservation de la qualité de l'air extérieur et intérieur.

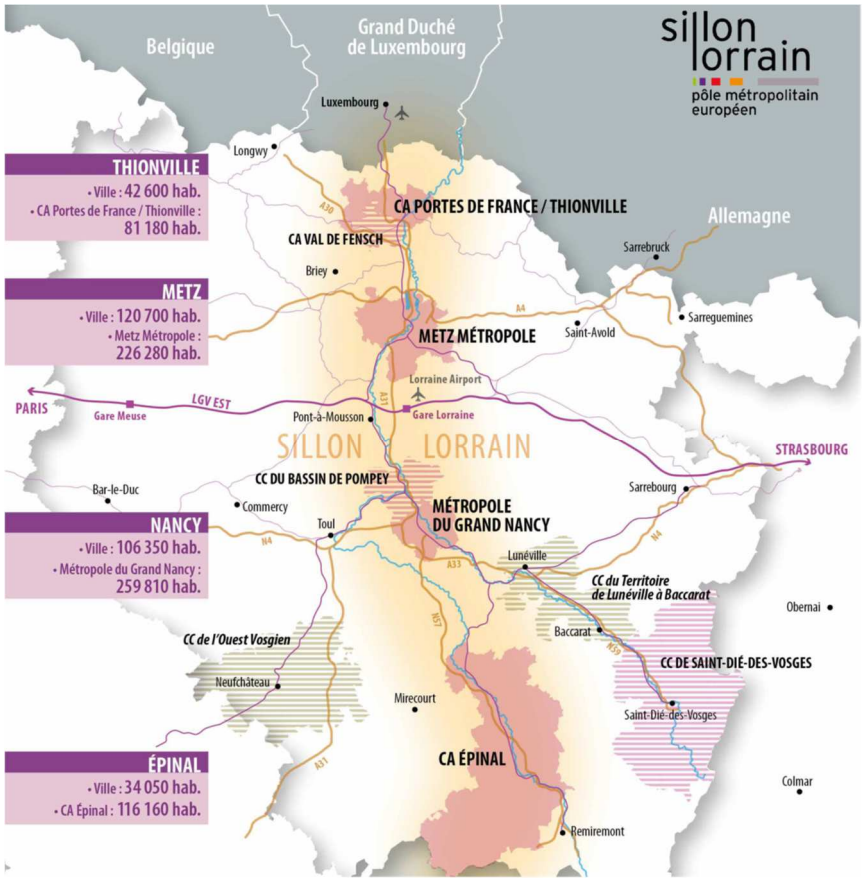

Figure 1 : Positionnement de la Communauté d'Agglomération dans le sillon lorrain

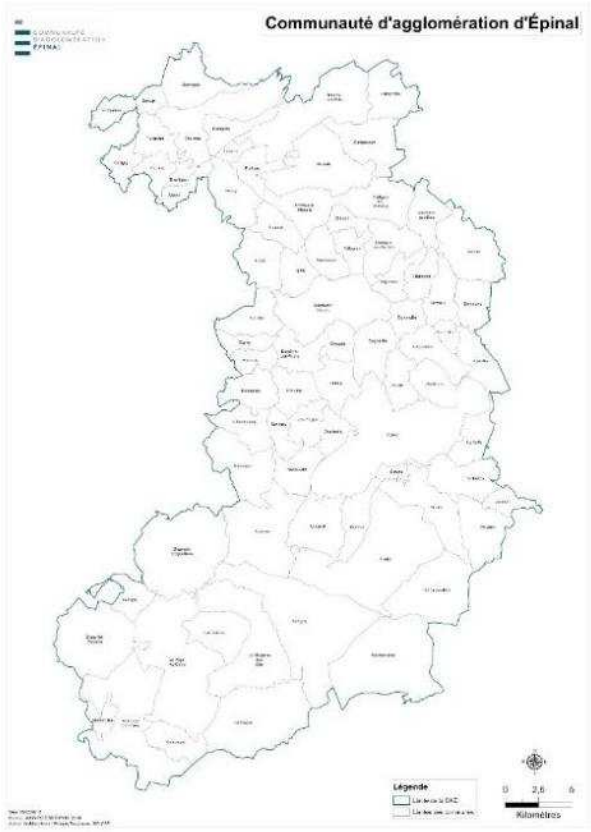

Figure 2 : Carte de la Communauté d'Agglomération d'Épinal

1.3.3. Objectifs

Les objectifs transversaux poursuivis consistent à travailler à plusieurs niveaux pour optimiser la prise en compte de la qualité de l'air intérieur au sein des collectivités du territoire.

Il s'agit notamment de :

- Agir sur les pratiques des usagers aussi bien sur le choix des produits et/ou matériaux que sur les bonnes pratiques d'aération,
- Favoriser la prise en compte globale de cette thématique,
- Sensibiliser largement les usagers à l'échelle du territoire.

1.3.4. Séquençage

Ces objectifs sont déclinés au travers de trois grands axes de travail, basés sur les cibles visées, à savoir :

- Le milieu scolaire (élèves, et leurs familles par ricochet, enseignants, personnel d'entretien…) par la mise en place et la généralisation d'actions d'améliorations (aération, sources d'émissions de polluants) sous forme d'ateliers pratiques et expérimentaux à destination des écoles du territoire, en s'appuyant notamment sur le Défi Ecoles à Energie Positive mis en place depuis la rentrée de septembre 2016.
- Axe 2 : Les collectivités (les communes du territoire et les services de l'Agglomération) par la prise en compte de la qualité de l'air intérieur dans les opérations de construction et de rénovation via un exemple concret de rénovation d'un bâtiment pilote et par un travail spécifique de gestion concertée de la qualité de l'air intérieur dans la collectivité. Il s'est en effet avéré nécessaire de proposer des outils pratiques aux collectivités permettant une meilleure coordination des informations liées aux travaux menés dans des bâtiments occupés : signalement de problématique, information en amont des travaux, choix des matériaux et/ou équipements, etc. Outre deux procédures de communication usagers-maitre d'ouvrage, un guide permettant d'intégrer de façon simple la qualité de l'air intérieur dans les marchés publics a été élaboré.
- Axe 3 : Le grand public (les habitants du territoire), et notamment les habitants susceptibles d'engager des travaux de réhabilitation énergétique, par la mise en place d'outils et/ou d'actions

de sensibilisation particulièrement en ce qui concerne la rénovation de l'habitat dans l'objectif d'une meilleure compréhension des enjeux de la qualité de l'air intérieur. Lorsqu'il s'intéresse à la thématique de façon volontaire, le grand public croit, à tort, maîtriser les bases. Malheureusement, des a priori subsistent et il est souvent difficile, d'une part de les intéresser à la problématique, d'autre part de les convaincre de l'intérêt des pratiques d'aération et de ventilation. C'est pourquoi l'axe 3 s'est attaché à identifier autant que faire se peut les leviers pour améliorer cette situation et faciliter le travail de conviction des conseillers FAIRE au contact des ménages.

2. Méthodologie

2.1. La volonté d'un projet innovant et exemplaire

2.1.1. L'expérimentation

L'aspect novateur du présent projet est qu'il se base sur des phases d'expérimentation et d'implication des publics visés. En effet, les blocages à la mise en œuvre d'une politique efficace de gestion de la qualité de l'air intérieur sont un manque d'information et d'appropriation de la thématique. Ce constat est le même pour tous les types de publics. C'est pourquoi la réalisation de l'ensemble des outils déployés dans le cadre de ce projet s'est majoritairement effectuée avec le public visé. Le déploiement des outils a également fait l'objet d'expérimentation par ces mêmes publics.

En ce qui concerne plus particulièrement les agents des collectivités, ces derniers sont confrontés à de nombreuses réglementations et contraintes qu'ils subissent sans nécessairement se les approprier. C'est pourquoi un suivi de la qualité de l'air intérieur a été expérimenté au cours des différentes phases d'un chantier de rénovation. Cela a permis une concrétisation de l'action, et nécessité l'implication des agents de la collectivité qui en deviennent ainsi partie prenante et participent à l'élaboration du cahier des charges type.

Afin de faciliter la diffusion des conseils en matière d'intégration de clauses spécifiques dans les marchés publics, un guide a été élaboré, proposant des clauses-types à insérer dans les consultations de travaux.

Le guide est disponible sur le site de la CAE : https://www.agglo-epinal.fr/publications (descendre jusqu'à la rubrique « Prise en compte de la qualité de l'air intérieur »).

A l'issue du projet, ce guide sera diffusé au sein des 78 communes de la Communauté d'Agglomération d'Épinal (CAE) et pourra facilement être communiqué à d'autres collectivités. La diffusion de ce guide constituera également un support pour rappeler aux communes l'obligation de la surveillance réglementaire dans les établissements recevant du public.

2.1.2. Le réseau de partenaires déjà en place

Le projet a été élaboré et porté par la Communauté d'Agglomération et ATMO Grand Est :

- La CAE a assuré la coordination du projet, le relais auprès des communes, la mise en place de la méthodologie de travail, l'animation du groupe de travail, la réalisation des différents outils et documents de communication et de sensibilisation, l'intégration des préconisations dans les cahiers des charges de la collectivité, la transversalité interne en appui de la Maison de l'Environnement : Pôle Habitat & Transition énergétique, Services techniques en charge des travaux de réhabilitation et de maintenance des bâtiments, service Marchés Publics de la CAE, SCOT des Vosges Centrales, etc.
- ATMO Grand Est a apporté son expertise sur la qualité de l'air intérieur, réalisé l'analyse de l'outil ABCd'air, contribué à la mise en place d'outils de sensibilisation et géré la définition et la mise en œuvre du protocole de suivi de la qualité de l'air intérieur du chantier pilote.

Différentes structures nécessaires à la réussite du projet ont été identifiées et associées :

- L'Agence locale de l'Énergie et du Climat au travers de la plateforme de rénovation énergétique ; les conseillers FAIRE ont été mobilisés pour identifier la façon dont les ménages abordent la qualité de l'air intérieur et au cours de différentes actions d'animation.
- Des prestataires externes ont apporté l'accompagnement sociologique et juridique nécessaires à la réalisation du projet :
    - La structure Perrine Moulinié Conseils a été mandatée pour apporter une contribution sociologique aux travaux menés. En effet, les constats et/ou conclusions issues des différents travaux menés nécessitaient une approche particulière pour identifier les modes et supports de sensibilisation et les actions qui pouvaient en découler. Son expérience a permis de définir des messages adaptés aux différentes cibles visées en termes d'actions.
    - De la même façon, afin d'intégrer les préconisations relatives à la qualité de l'air intérieur dans les cahiers des charges de la collectivité, l'aide d'un juriste a été

nécessaire. Le cabinet ACD, représenté par Thibaut Cuny, a été mandaté pour déterminer le cadre réglementaire dans lequel il était possible de se positionner, aider au choix des critères retenus et vérifier la conformité des clauses proposées pour la rédaction des marchés publics afin d'éviter tout recours éventuel par des candidats évincés.

D'autres partenaires ont été associés à la réalisation du projet :

- La Ville d'Épinal : en tant que maître d'ouvrage du chantier de réhabilitation énergétique du groupe scolaire retenu comme chantier pilote, la Ville a suivi attentivement les campagnes de mesure réalisées pendant la durée des travaux et a été l'interlocuteur entre les partenaires du projet et les usagers du bâtiment. La Ville a apporté une information spécifique auprès des enseignants et des personnels utilisant les locaux (agents de restauration, d'entretien, de garderie…) ;
- La Maison de l'Environnement et du Développement Durable d'Épinal : a été sollicitée pour l'inventaire des outils de sensibilisation à destination des publics scolaires, la mise en place d'ateliers de création et d'expérimentation des outils de sensibilisation.

2.2. Management du projet

2.2.1. Comité de pilotage

Un comité de pilotage a été créé afin d'effectuer le suivi général du projet en fonction de ses orientations et de la méthode de travail retenue. Il intégrait initialement l'ensemble des partenaires du projet ainsi que l'ADEME.

Réuni pour la première fois en juin 2018, les évolutions de gouvernance au sein de l'Agglomération et les conditions sanitaires de 2020 ont quelque peu modifié les échéances prévues initialement. Pour exemple, les COPIL se sont tenus en comité restreint en 2020 et par visioconférence pour pallier les difficultés de tenir des assemblées en présentiel. Le COPIL final s'est déroulé en janvier 2021, par visioconférence également.

2.2.2. Comités techniques

De nombreux comités techniques se sont tenus tout au long du projet, intégrant les partenaires concernés.

Dans un premier temps, la Communauté d'Agglomération a mis en place des Comités techniques permettant de faire le point d'avancement sur les projets en cours et faciliter la transversalité des actions menées. Regroupant les techniciens de l'Agglomération, de la Maison de l'Environnement et du Développement Durable d'Épinal, de l'ALEC Épinal Centre Vosges et du SCoT des Vosges Centrales, ces COTEC hebdomadaires ont permis de démarrer le projet en 2017 et 2018, en amont du lancement officiel du projet.

Dans un second temps, dès lors que la convention a été signée, les comités techniques se sont tenus par axe de travail, réunissant :

- Pour l'Axe 1 : ATMO Grand Est, le Pôle Habitat et Transition Energétique de la CAE, la Maison de l'Environnement et du Développement durable, la sociologue
- Pour l'Axe 2 : ATMO Grand Est, la CAE (Pôle Habitat et Transition Energétique, Services Techniques, Pôle Marchés Publics, Centrale d'achats), la Ville d'Epinal (Services Techniques et Affaires scolaires), le juriste et la sociologue.
- Pour l'Axe 3 : ATMO Grand Est, la CAE (Pôle Habitat et Transition Energétique), l'ALEC, la sociologue.

Enfin, des points d'avancement régulier réunissaient ATMO Grand Est et le Pôle Habitat et Transition Energétique de la CAE.

2.3. Stratégie opérationnelle

Pour chaque axe d'action, et quel que soit le public ciblé, la méthodologie appliquée a été similaire :

- Analyse de l'existant (outils et/ou acteurs),
- Détermination des besoins,
- Création d'outils (supports, moyens…),
- Expérimentation,

- Analyse de l'expérimentation,
- Proposition d'actions et/ou recommandations.

La suite du rapport présente les actions menées, par axe de travail. L'état des lieux des outils existants a été mené en tant que phase préalable.

3. Etat des lieux des outils de sensibilisation

3.1. Contexte et rappel des objectifs

Cette partie concerne majoritairement deux axes du projet :

Axe 1 : Le milieu scolaire

D'après l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)[5], 41 % des écoles en France ont au moins une classe dont le taux de confinement est important (ICONE 4 ou 5). Les écoles situées sur le territoire de la Communauté d'Agglomération d'Epinal n'échappent pas à la règle : 68 classes réparties sur 19 écoles du territoire ont bénéficié d'un suivi de la qualité de l'air intérieur (via la balise Fireflies® d'Azimut). Le constat est quasi systématique quant au confinement lié à un manque de ventilation et/ou d'aération.

Parce qu'ils sont particulièrement concernés et parce qu'ils sont les ambassadeurs des bonnes pratiques, les élèves sont directement ciblés par les actions de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur.

Axe 3 : Les habitants

L'Agglomération d'Épinal a mis en place le dispositif Rénover Mieux de janvier 2017 au 30 juin 2019, dans le cadre du programme d'action TEPCV[6]. Ce dispositif, similaire à Habiter Mieux mais s'adressant aux ménages dont les ressources sont supérieures aux plafonds fixés par l'ANAH, a permis de faire plusieurs constats relatifs à la qualité de l'air intérieur :

- Le peu d'attention portée à la qualité de l'air intérieur par les ménages envisageant des travaux : en effet, ce poste de travaux reste anecdotique dans leurs préoccupations et l'ALEC, en charge du suivi et de l'instruction des dossiers, a rencontré beaucoup de difficulté à convaincre de la nécessité du poste de ventilation. Seuls 20 % des dossiers ont comporté au final un poste ventilation dans les travaux engagés.
- La méconnaissance de l'importance de la ventilation en termes aussi bien de santé des occupants que de pérennité du bâti,
- La méconnaissance des bonnes pratiques (on relève dans les échanges beaucoup d'a priori et de mauvaises habitudes),
- Alors même qu'on ne peut que constater une forte sensibilité à la qualité de l'air extérieur et ses impacts sur la santé.

De façon générale, le grand public pense connaître les bases en matière de qualité de l'air intérieur et les bonnes pratiques à adopter, alors qu'en fait, il ignore souvent les bons gestes et l'impact des mauvaises habitudes.

Les recherches ont été menées dans le même temps afin de pouvoir poser les bases de l'existant, et sont étroitement liées : les deux états des lieux sont présentés conjointement.

Remarque : les collectivités étant surtout concernées par l'application des textes réglementaires et les agents résidant majoritairement sur le territoire de l'Agglomération (et donc concernés par les actions grand public de par leur statut d'habitant), le choix a été fait de se concentrer sur les axes 1 et 3 pour cette étape préalable

3.2. Inventaire des outils disponibles sur le territoire

L'objectif est d'effectuer une recherche bibliographique sur les outils existants et d'estimer, grâce au retour d'expérience des partenaires réunis, l'efficacité de leur déploiement. La rencontre entre les partenaires est également l'occasion de faire le point sur les outils utilisés sur le territoire.

[5] Campagne nationale de mesure, menée par l'OQAI, permettant d'avoir une vision globale de l'environnement intérieur des écoles en France, statistiquement représentative du parc national métropolitain de salles de classe d'écoles maternelles et élémentaires et portant sur de nombreux polluants et paramètres de confort

[6] TEPCV : Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte. La Communauté d'Agglomération a été lauréate de cet appel à projets en 2015.

L'état des lieux cible principalement les enfants mais également les enseignants par le biais de leur implication ainsi que le grand public.

L'inventaire des outils existants est réalisé en trois temps :

- Analyse de l'outil ABC d'air ;
- Réunion partenariale afin de recenser les outils utilisés sur le territoire ;
- Vérification des outils présents sur le site de l'ADEME et accessibles au grand public.

3.2.1. Analyse de l'outil ABC d'air

ATMO Grand Est a analysé le site *abc-dair.org* afin d'identifier les outils les plus pertinents en fonction du public ciblé.

Ce site éducatif sur la qualité de l'air est porté par ATMO France, le réseau des Associations Agréées de la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), dans l'objectif de mettre des outils de sensibilisation sur la pollution de l'air à la disposition de tous.

ABC d'air a la volonté d'être une plate-forme éducative regroupant les ressources pédagogiques et périscolaires des AASQA mais également les outils proposés par les pouvoirs publics et par les associations d'éducation à l'environnement partenaires des AASQA sur les thématiques de l'air, du climat, de l'énergie et de la santé.

Comment utiliser le site http://www.abc-dair.org

- Accéder à la page d'ABC d'air,
- Cibler le public en fonction de l'âge des personnes ciblées :
  - à partir de 3 ans jusqu'au lycée pour le public scolaire
- Choisir le support que l'on souhaite :
  - Affiche/panneau d'exposition
  - Animation flash
  - Application smartphone
  - Bande dessinée
  - Cahier de vacances
  - Diaporama
  - Fiche
  - Formation interactive
  - Infographie
  - Jeux de société
  - Jeux interactif
  - Livret
  - Mallette pédagogique
  - Plaquette
  - Quizz
  - Site interactif
  - Vidéo éducative
  - Vidéo expérience
- Choisir le thème : En l'occurrence, dans notre cas, « pollution de l'air intérieur »,
- Valider

Figure 3 : Etapes d'une recherche sur le site abc-dair.org

A travers différents outils ludiques (vidéos, jeux, supports pédagogiques, site web, dépliant, affiche…), l'internaute de 6 à 99 ans peut :

- S'informer sur les différentes sources de pollution de l'air intérieur et extérieur ;
- Trouver des conseils et des bonnes pratiques pour lutter contre la pollution de l'air ;
- Améliorer la qualité de l'air pour protéger sa santé et l'environnement.

Ce site s'adresse à un public scolaire, en différenciant les différents cycles, mais également au grand public et même au public d'initiés.

Plusieurs outils sont particulièrement adaptés aux enfants :

Itiner'air de vacances : Ce cahier de vacances, en conjuguant les enjeux liés à la pollution de l'air avec les matières scolaires, comme le français, les mathématiques et la science, permet de développer un certain

nombre de connaissances sur l'air et la pollution. A travers des activités et des jeux ludiques, il aborde une diversité de thèmes, de la santé à l'air intérieur ou encore la météo et les transports.

L'air et moi : pollution de l'air intérieur : diaporama sur la pollution de l'air intérieur, il existe également un guide pédagogique, un cahier de coloriage pour les plus petits.

Guide pédagogique « la qualité de l'air intérieur et ma santé » : il s'agit d'une fiche et d'une mallette pédagogique qui abordent la découverte de l'air et la pollution de l'air intérieur ; ce guide s'adresse aux élèves de 6 à 9 ans et à leurs enseignants.

Ce livret pédagogique souhaite donner des pistes aux enseignants de cycle 2 et 3 pour contribuer à sensibiliser les enfants à la promotion de la santé et aux risques liés à la pollution de l'environnement. Tout en aidant les enfants à découvrir les différents polluants de l'air, ce livret donne des moyens d'agir pour réduire leurs impacts sur la santé et l'environnement tant scolaire que familial.

Jeu interactif « halte à la pollution de l'air intérieur » : ce jeu interactif aborde les thèmes de la pollution de l'air intérieur, les bonnes pratiques et les solutions contre la pollution. Il s'adresse aux élèves de 6 à 14 ans et plus ainsi qu'aux enseignants, éducateurs et animateurs.

Dans ce jeu interactif, le joueur est invité à explorer une maison virtuelle et à chercher les sources de pollution de l'air dans chaque pièce. A chaque source identifiée, une « fiche conseil » est proposée afin d'éviter ou réduire la pollution. Ce jeu permet donc de découvrir, de façon pédagogique, interactive et ludique, les polluants de l'air à l'intérieur du logement ainsi que de mieux connaitre les gestes contribuant à réduire cette pollution au quotidien et limiter ainsi les risques sanitaires.

Plaquette « Le guide des bonnes mani'air » : cette plaquette aborde les thèmes suivants : pollution de l'air intérieur, conséquences et effets sur la santé, solutions contre la pollution, les sources de la pollution. Elle est adaptée aux élèves de 6 ans à 14 ans et plus, ainsi qu'aux enseignants, éducateurs et animateurs.

Le « Guide des bonnes maniAIR » regroupe les bons gestes pour améliorer la qualité de l'air extérieur comme intérieur et propose de nombreux conseils et gestes simples pour lutter contre la pollution de l'air.

Plaquette « A la maison aussi, je protège mon air ! » : cette plaquette aborde la pollution de l'air intérieur et les bons gestes à mettre en œuvre. Elle se présente sous la forme d'une bande dessinée et s'adresse aux élèves de 6 ans à 14 ans et plus ainsi qu'aux enseignants, éducateurs et animateurs.

Vidéo éducative : « C'est moi, l'air » : cette vidéo éducative de 4 minutes permet de découvrir l'air, les différentes sources de pollution de l'air intérieur et extérieur ainsi que présenter les bons gestes pour préserver et améliorer la qualité de l'air.

Elle peut être projetée à des élèves de 6 à 11 ans et plus, et s'adresse également aux enseignants, éducateurs et animateurs.

Mallette pédagogique « L'air malin » permet de mener un travail éducatif adapté avec des enfants partir de 8 ans sur l'importance de la qualité de l'air intérieur, en adoptant une approche globale et positive de la santé.

Mallette pédagogique « Justin peu d'air » : c'est un outil pédagogique et ludique, accessible à partir de 8 ans et utilisable par différents secteurs professionnels : santé, éducation, animation, environnement.

Il poursuit trois objectifs et doit permettre de :

- Identifier les sources d'allergènes et de pollution,
- Trouver les solutions pour supprimer et limiter ces sources,
- Favoriser l'adoption de gestes favorables à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Mallette pédagogique Maison Playmobil® : il s'agit d'un outil pédagogique et ludique, accessible dès 6 ans et utilisable par différents secteurs professionnels : santé, éducation, animation, environnement.

Comme l'outil précédent, il a pour triple objectif de permettre :

- D'identifier les sources d'allergènes et de pollution,
- De trouver les solutions pour supprimer et limiter ces sources,
- De favoriser l'adoption de gestes favorables à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Figure 4 : Photos de la mallette Maison Playmobil®

3.2.1. Réunion de travail partenariale pour le recensement des autres outils

Elle s'est tenue en octobre 2018 à la Communauté d'Agglomération d'Épinal et a réuni les acteurs de terrain (la Communauté d'Agglomération, l'ALEC Épinal Centre Vosges, ATMO Grand Est, la Maison de l'Environnement et du Développement Durable et le réseau départemental Ter'O[7] dont les Petits Débrouillards, association active auprès du public scolaire et du grand public). Cette réunion a permis le recensement d'outils complémentaires utilisés localement,

3.2.1.1. Outils d'ATMO Grand Est

La montgolfière ATMO permet de visualiser le volume d'air respiré par une personne en 24 heures (Figure 5).

Figure 5 : Montgolfière ATMO

La maquette Justin Peu d'Air, nouvelle édition, avec des pièces Playmobil permettant aux enfants de manipuler (Figure 6).

[7] Réseau Ter'O : **C'est un espace d'échanges** entre les acteurs de l'éducation à l'environnement et au développement durable (EEDD) dans les Vosges. Mise en place depuis 2001, cette plateforme regroupe une cinquantaine de membres associatifs, institutionnels, pédagogues ou financeurs. https://plateforme-tero.fr/

Figure 6 : Logo et Maquette Justin Peu d'Air

La mallette Kézadom® : dispositif pédagogique pour sensibiliser les familles à bien vivre chez elles. Elle comporte une partie Qualité de l'air qui peut être utilisée en milieu scolaire (Figure 7).

Figure 7 : Photos de la mallette Kézadom®

L'Escape Game sur la qualité de l'air intérieur : prévu pour des adultes, le concept plait beaucoup aux enfants et il est finalement tout à fait adapté au cycle 3. Il contient 3 énigmes : les émissions des produits utilisés couramment à la maison, les transports et les sources d'émissions dans un logement (Figure 8).

Figure 8 : Vues de l'intérieur de l'Escape game

3.2.1.2. Outils de la Maison de l'Environnement et du Développement Durable

Dans le cadre de ses expositions, la Maison de l'Environnement utilise majoritairement :

Le jeu de plateau « L'air malin » permet de mener un travail éducatif adapté avec des enfants à partir de 8 ans et des adultes sur l'importance de l'air intérieur, en adoptant une approche globale et positive de la santé des personnes (Figure 9).

Grâce à son aspect ludique, ce coffret pédagogique peut également être une porte d'entrée pour aborder avec le public d'autres sujets que l'air intérieur.

Par exemple :

- L'hygiène de son logement et de sa personne,
- Le tabagisme, actif ou passif,
- Les accidents domestiques,
- Les allergies...

Figure 9 : L'air Malin ; source : natura-dis.com

Les panneaux d'exposition d'ATMO permettent d'attirer l'attention des visiteurs d'un salon tel que Planète et énergies[8] sur la qualité de l'air intérieur (Figure 10).

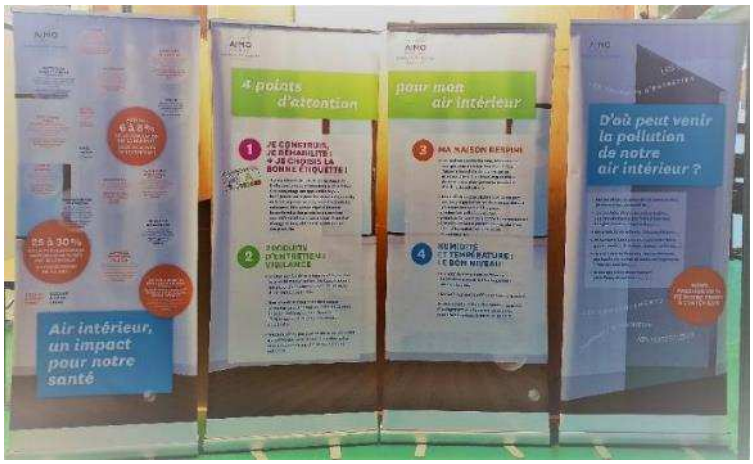

Figure 10 : Panneaux d'exposition ATMO

3.2.1.3. Outils de l'Agence Locale de l'Energie et du Climat :

Les conseillers FAIRE utilisent la mallette Kezadom® pour mener des animations lors d'évènements tels que la Fête de l'Energie ou des animations en milieu scolaire.

[8] Salon spinalien ayant lieu en début d'année et dont la thématique principale est la réhabilitation de l'habitat privé

3.2.1.4. Outils de la Communauté d'Agglomération d'Épinal :

Les services de l'Agglomération proposent **aux écoles du Défi Ecoles à Energie positive : le cahier de l'énergie** et **le cahier du professeur**, majoritairement liés à la consommation d'énergie, diffusés par la Région Wallonne (Belgique). Ces cahiers abordent majoritairement les économies d'énergie mais traitent également de la qualité de l'air intérieur via la ventilation des locaux.

3.2.1.5. Outils de l'Association Les petits débrouillards (réseau départemental Ter'0)

L'association a développé différents parcours pédagogiques tels que :

Le parcours « Origine et enjeux de la pollution atmosphérique » : ce parcours se penche sur les différentes origines de la pollution atmosphérique afin d'identifier ce qui pollue l'air extérieur (trafic routier, émissions industrielles, pollutions agricoles) et l'air intérieur :

- Les pollutions chimiques (plomb, composés organiques volatiles, etc.) ;
- Les pollutions physiques (amiante, radon, etc.) ;
- Les pollutions biologiques (animaux, perturbateurs endocriniens, plantes, etc.).

Ces pollutions sont ensuite quantifiées et le public est amené à trouver et tester des alternatives moins polluantes :

- Changements de comportements : calcul de l'impact en équivalent carbone de différents moyens de transport, etc ;
- Absorption naturelle de la pollution atmosphérique avec par exemple des expériences sur la phyto-épuration.

Le parcours « Conséquences de la pollution de l'air » : Après avoir identifié les sources de pollutions de l'air intérieur au sein d'une maison, le public est amené à découvrir le fonctionnement de l'appareil respiratoire ; il teste ensuite différents airs plus ou moins pollués en particules fines et observent les conséquences sur le mécanisme.

Il est intéressant de découvrir que nous ne sommes pas les seuls à respirer : des expériences permettent de visualiser l'impact de l'air pollué sur la respiration des plantes, afin de mieux appréhender les impacts des particules fines en suspension dans notre environnement.

Le parcours « Observation et qualité de l'air » : Ce parcours permet de comprendre que la qualité de l'air repose sur des facteurs, et donc des mesures, multiples :

- La mesure de la qualité de l'air avec d'abord les sens, puis par observation directe avec des indicateurs dans l'environnement (végétaux…) ;
- La mesure de la qualité de l'air avec la « Captobox[9] » dans différents environnements (zone urbaine, parc, zone piétonne, intérieur de maisons, etc.) pour comparer les relevés des différentes mesures.

Durant ce parcours, les enfants ou jeunes réalisent leur propre Captobox, font des mesures, les relient à des espaces en ligne et croisent les données.

L'association utilise également des outils issus de différentes mallettes pédagogiques telles que :

- **Le parcours « Assainir son habitation »** incluant « l'air de chez moi », « un drôle d'air dans mes poumons », « l'air à la loupe » de la malle pédagogique Transitions écologiques et sociales ;
- **La malle pédagogique « L'air de rien »** développée en partenariat avec la ville de Charleville-Mézières (08) : air & environnement (conséquence des pollutions sur les océans, l'effet de serre, etc.), air et santé (sensibiliser à l'importance de la qualité de l'air pour notre santé) ;
- **L'exposition interactive « Transitions écologique et sociales »** dont certaines des seize activités sont dédiées à la qualité de l'air ;
- **L'exposition interactive « En tête à tête avec la terre »** dont certaines activités sont liées à l'air : « ça gaze », « un coup de chaud », « une couverture gazeuse ».

Le livret de l'association détaille ces différents outils en annexe 1.

[9] Capteur de particules fines

Ressources / Public cible	Collectivités	Scolaires	Grand public
Ecol'air : Les outils pour une bonne gestion de la qualité de l'air dans les écoles Un établissement qui respire, c'est bon pour l'avenir ! , NOLEY P., BARLES P., ALPHEEIS, PBC, 2018, (Guide technique, méthodologique)	X	X	X
Qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : Effets, causes, prévention et gestion des pollutions (Recueil des résumés des travaux de recherche menés dans le cadre du programme PRIMEQUAL)	X		
Quelles fournitures scolaires pour une meilleure qualité de l'air intérieur ? TROUSS'AIR : Aide au choix de fournitures scolaires pour améliorer la qualité de l'air intérieur – cas des écoles de la ville de Grenoble DEOUX S, COEUDEVEZ C-S, MAUPETIT F, NICOLAS M, 2021, 158 p (Etude, rapport)	X	X	X
Choisir des fournitures scolaires sans risque pour la santé DEOUX S, COEUDEVEZ C-S, MAUPETIT F, NICOLAS M, 2021 (Guide grand public)		X	X
Une maison plus écologique pour protéger sa santé et préserver l'environnement ADEME, août 2019 (Guide grand public)		X	X
La pollution de l'air en 10 questions Comment respirer un air de meilleure qualité ? ADEME, septembre 2020 (Guide grand public)		X	X
Un air sain chez soi Des solutions et des pratiques pour améliorer la qualité de l'air intérieur ADEME, septembre 2019 (Guide grand public)			X
La ventilation indispensable pour un logement confortable et sain ADEME, mai 2019 (Guide grand public)			X
Qualité de l'air intérieur : nouveaux bâtiments et matériaux, expositions multiples, agents biologiques Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, ADEME, INERIS, octobre 2016 (Synthèse des résultats de recherche)	X		
Améliorer la qualité de l'air dans les crèches, les maternelles et les écoles élémentaires de La Rochelle LEGENDRE A-L., CORMERAIS B., CAÏNI F., NAVEL V., DURAND E., VIVION G., TROQUET C., FAUVEl G., 2016. 156 p. (Rapport)	X		
Impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur NICOLAS M, KARR G, REAL E, MAUPETIT F, ADEME, CSTB, INERIS, avril 2019, 162 p (Etude)	X		X
Représentations sociales de la qualité de l'air intérieur et évolution des comportements MARCHAND D, BONNEFOY B, DURAND F, ZHOURI B, HEIMER A., ROBERT J, ADEME, UNIVERSITE PARIS X-NANTERRE, UNIVERSITE AIX-MARSEILLE, CSTB, Mai 2018, 62 p (Etude)	X		

Tableau 1 : Outils sur le site ademe.fr

3.2.1.1. Outils du réseau Graine Champagne Ardenne – Lorr'een :

Les Centres Permanents d'Initiative pour l'Environnement œuvrent pour une sensibilisation et une éducation à l'environnement de tous les publics. Le CPIE de Nancy Champenoux (54) propose une activité sur les lichens pour le cycle 3 permettant de repérer les signes de la pollution.

Le réseau Graine Champagne Ardenne a créé la collection des cahiers d'Ariena pour le cycle 3, proposant un cahier par élève et un guide de l'enseignant. Le **cahier n°6 « Les secrets du bon air »** propose une approche sensible et scientifique de l'air. Le lecteur est progressivement amené à prendre conscience des menaces qui pèsent sur la qualité de l'air. Il peut alors réfléchir à l'influence de ses propres comportements sur l'avenir de notre atmosphère.

3.2.2. Le site de l'ADEME (www.ademe.fr)

Même s'ils sont accessibles via ABC d'air, il est utile de vérifier quels outils sont disponibles sur le site de l'ADEME car il s'agit d'une référence connue des agents des collectivités, des enseignants et des particuliers (Tableau 1).

3.3. Synthèse

Le site ABC d'air s'avère être la ressource la plus conséquente en termes **d'outils de sensibilisation** de la qualité de l'air intérieur. Le site de l'ADEME, en proposant des outils de portée scientifique, est la ressource pour approfondir les connaissances et mieux comprendre les enjeux pour le public qui le souhaite et notamment les services des collectivités.

De multiples supports de sensibilisation existent et sont répertoriés au niveau local comme national. Il n'apparait donc pas nécessaire de créer un nouvel outil, mais plutôt d'adapter le support au public et au but visé ainsi que de combiner les outils existants pour mieux mobiliser sur la thématique.

4. Le milieu scolaire (Axe 1)

4.1. Phase d'expérimentation : Mise en place d'ateliers spécifiques de sensibilisation dans un échantillon d'écoles

4.1.1. Déroulement des ateliers de sensibilisation à destination des enfants

Un échantillon de trois écoles volontaires a été défini à partir du volontariat au sein des écoles du deuxième Défi Ecoles A Energie Positive (2018-2019) et de celles ayant bénéficié de campagnes de mesures auparavant et au cours desquelles des valeurs de polluants trop élevées avaient été relevées.

L'école 1 est située en milieu rural. Le bâtiment a été isolé il y a plusieurs années et il est équipé d'une VMC (extraction dans les sanitaires, entrées d'air dans les salles de classe). Deux classes de cette école ont participé au premier Défi Ecoles A Energie Positive et ont fait l'objet d'un suivi de la qualité d'air intérieur (via la balise Azimut®) précédemment ; ce suivi avait mis en évidence un indice de confinement élevé pendant les périodes d'occupation et de concentrations élevées en composés organiques volatiles (COV) totaux.

L'école 2 est située en milieu urbain. Le bâtiment est de type bâti ancien et n'est pas équipé d'une VMC. L'école s'est portée volontaire pour bénéficier d'une campagne de sensibilisation.

L'école 3 est située en milieu urbain, à proximité d'un axe routier à fort passage. Le bâtiment est de type bâti ancien et n'est pas équipé d'une VMC (uniquement des entrées d'air sur les menuiseries). Deux classes de cette école ont participé à deux Défis Ecole à Energie Positive.

L'atelier test a été déployé dans les trois écoles, sous la forme d'une intervention menée dans deux classes différentes de chacune des écoles sélectionnées selon le format prédéfini.

En amont de la mise en place de l'atelier test, des boitiers de mesures (de type Class'Air), permettant l'enregistrement du niveau de CO_2, ont été placés dans les trois écoles sur une durée de trois fois une semaine en période d'occupation (Figure 11). Le niveau de CO_2 mesuré par ces boitiers a permis de calculer un indice de confinement[10] dans chaque salle de classe et ainsi déterminer si l'aération y est suffisante.

Figure 11 : Boitier de mesure du CO_2 dans les classes

Pour cette phase préalable, la fonction sensibilisation des boitiers (c'est-à-dire l'affichage du taux de CO_2 via des diodes lumineuses) a été désactivée afin de ne pas influencer les pratiques d'aération et de pouvoir réaliser un **état initial du confinement** dans les salles de classe dans les conditions réelles.

Lors de l'atelier, les boitiers de sensibilisation pour la mesure du CO_2 ont été présentés aux écoliers et aux enseignants. La fonction « sensibilisation » des boitiers a alors été activée dans une des deux classes de chaque école. Cela consiste à activer les voyants lumineux qui changent de couleur en fonction du taux de CO_2 dans la pièce : verte lorsque le taux de CO_2 est correct, la diode devient orange si le taux dépasse 1000 ppm puis rouge si le taux dépasse 1700 ppm. L'objectif est d'inciter les usagers à ouvrir les fenêtres lorsque le niveau de CO_2 et donc le confinement est trop important.

[10] L'indice est compris entre 0 et 5, la note 0 correspondant à l'absence de confinement (situation la plus favorable), et la note 5 à un confinement extrême (situation la plus défavorable).

Ces boitiers ont ensuite été placés dans les salles de classe des trois écoles sélectionnées à la suite des ateliers pour une durée de deux fois une semaine en période d'occupation.

L'enregistrement du niveau de CO_2 a permis de calculer l'indice de confinement de chaque salle de classe après l'atelier et de le comparer aux mesures précédentes afin de vérifier l'efficacité de la mise en place des boitiers et de l'atelier de sensibilisation (annexe 6).

A la suite de l'atelier, un questionnaire d'évaluation a été remis aux enseignants pour que les élèves répondent aux questions portant sur les points évoqués pendant l'atelier, ceci afin de vérifier si ces derniers s'appropriaient correctement les informations et si les connaissances ainsi acquises l'étaient de façon pérenne.

En résumé, sur l'année 2019 :

- **Enregistrement du taux de CO_2** pendant trois ou quatre semaines d'occupation dans chacune des 6 classes volontaires :
  - Du 3 au 29 mars à l'école 1
  - Du 4 au 29 mars à l'école 2
  - Du 11 au 29 mars à l'école 3

- **Réalisation** de **l'atelier de sensibilisation test** :
  - Le 10 mai à l'école 3
  - Le 10 mai à l'école 1
  - Le 16 mai à l'école 2

- **Nouvel enregistrement du taux de CO_2** pendant deux semaines pour vérifier l'impact de l'atelier en termes de bonnes pratiques :
  - Du 13 au 24 mai à l'école 1
  - Du 13 au 24 mai à l'école 2
  - Du 13 au 24 mai à l'école 3

- Réponse au **questionnaire élèves** pour vérifier l'acquisition des bonnes pratiques théoriques à des délais différents :
  - A S+1 et S+6 pour les 2 classes de l'école 3
  - A S+3 ou S+4 pour les classes de l'école 1
  - A S+5 ou S+6 pour les classes de l'école 2

Semaine	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Ecole 2																X	X
Ecole 1													X	X			
Ecole 3 (à 2 échéances pour chaque classe)											X					X	

Atelier sensibilisation

Enregistrement CO_2

X : questionnaire soumis aux élèves

Tableau 2 : Planning de l'expérimentation en milieu scolaire

4.1.2. Exploitation des résultats

Le bilan a comporté la comparaison des enregistrements avant/après réalisation des ateliers de sensibilisation et l'analyse des questionnaires remplis par les élèves.

4.1.2.1. Les enregistrements

Les données ont été exploitées par ATMO Grand Est pour étudier l'impact de l'atelier de sensibilisation sur le comportement des occupants.

4.1.2.2. Les questionnaires

Le questionnaire présenté Figure 12 a été remis à toutes les classes pour que les élèves le remplissent, de façon individuelle et sans aide de l'enseignant(e).

Les réponses ont été exploitées et transcrites en termes de :

- Pourcentage de réponse correcte pour les 5 premiers items,
- Nombre moyen de sources correctes citées par élève,
- Nombre moyen de bonnes pratiques citées par élève ayant répondu.

Ecole : ..... Classe : ..... Date : ...../...../.....

ES-TU UN BON AMBASSADEUR DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR ?

Vérifions cela avec quelques questions :

Quel est le plus pollué ? : ☐ l'air extérieur ☐ l'air intérieur

En règle générale, tu passes plus de temps : ☐ dans des bâtiments ☐ dehors

Quel gaz peut être dégagé par une chaudière en mauvais état ?.....

La pollution de l'air intérieur se transfère-t-elle d'une pièce à l'autre ?

☐ OUI ☐ NON

La pollution de l'air extérieur peut-elle se retrouver dans les bâtiments ?

☐ OUI ☐ NON

Peux-tu citer 5 sources de pollution dans ta salle de classe ?

.....

.....

.....

.....

.....

Comment peux-tu améliorer la qualité de l'air intérieur ?

.....

.....

.....

.....

Etais-tu présent lors de l'atelier Qualité de l'air intérieur à l'école ?

☐ OUI ☐ NON

Figure 12 : Questionnaire remis aux élèves

4.2. Déploiement de la sensibilisation dans les écoles (panel large) et suivi de la pérennité des actions

Le programme prévoyait initialement de proposer la même démarche (mesure du taux de confinement à l'état initial, sensibilisation, nouvelle mesure du taux de confinement) **à l'ensemble des écoles de la**

collectivité. Dans les écoles où l'indice de confinement mesuré après l'atelier de sensibilisation dépasserait la valeur de 3 sur 5, un renforcement du dispositif de sensibilisation serait réalisé.

- Au vu des observations pendant la période d'expérimentation, il est envisagé de procéder de la façon suivante :
- Vu le nombre important d'écoles présentes sur le territoire, procéder par commune sur la base du volontariat pourrait être envisagé,
- La procédure serait ainsi proposée aux écoles, en lien avec les communes, pour permettre une meilleure appréhension de cette thématique,
- Une visite des bâtiments permettrait de constater la présence ou l'absence de ventilation et les pratiques d'aération,
- Les ateliers seraient réalisés sur la période octobre à décembre,
- Les appareils de mesure devront être positionnés de façon à être visibles par l'enseignant(e) de façon quasi permanente,
- Vu l'analyse des questionnaires montrant l'efficacité de l'atelier de sensibilisation, le format de l'atelier est adopté et pourra être conservé,
- Le succès de l'Escape Game d'ATMO sur la qualité de l'air suggère de proposer par territoire des animations de ce type pour faciliter l'intérêt des élèves pour la thématique et faciliter l'apprentissage des bonnes pratiques.

Comme envisagé dans le programme, ces adaptations (et d'autres) ont été étudiées avec la sociologue pour définir le format définitif de l'atelier, son descriptif et rédiger un questionnaire « enseignants ».

4.3. Contribution sociologique

4.3.1. Objectifs

La contribution à ce projet sur le plan sociologique consiste en une étude-conseil sur la stratégie et le contenu de communication spécifique au projet ; elle vise à optimiser les messages selon les publics cibles.

Il s'agit de proposer un **accompagnement de la collectivité lors de la définition des messages et des modalités de diffusion** afin que la qualité de l'air soit mieux prise en compte et ce, à différentes étapes lors des usages auprès du public scolaire : élèves, enseignants, personnel d'entretien, etc.

Cette démarche s'inscrit dans une stratégie de « **design de service** », laquelle peut être ainsi définie : « *concevoir un service par le design, c'est concevoir la forme d'un travail, en cherchant à évacuer sa partie ingrate et laborieuse, en développant sa part noble et stimulante, celle qui grandit l'usager* »[11].

Elle repose sur la **méthode *ad hoc*** suivante :

1. Formulation d'une question portée par des pratiques d'usage, en l'occurrence : peut-on améliorer la qualité de l'air intérieur dans des bâtiments (inter)communaux et chez des particuliers de la Communauté d'Agglomération d'Épinal (CAE) ?
2. Réponse à cet enjeu d'usage par la création d'un service, initié par la CAE, regroupant des procédures et des outils.
3. Détermination d'un scenario d'usage reposant sur les principes du service proposé.
4. Conception des outils et préconisations de leur inscription dans des interfaces et/ou dispositifs.
5. Processus de va-et-vient entre les différents acteurs du projet selon ses opportunités et ses contraintes, l'idée étant de préserver le scenario initial tout en incorporant les changements nécessaires.
6. Définition de la forme définitive des interfaces.

Dans cette action, les cibles correspondent à l'ensemble des acteurs impliqués : élèves, enseignants et agents des établissements scolaires.

4.3.2. Analyse et préconisations

Cette analyse-conseil concerne les actions à mettre en œuvre par l'Agglomération d'Épinal avec des parties prenantes de la qualité de l'air intérieur dans le cadre du présent projet. Elle a été co-construite par PMC, sociologue spécialisée en qualité d'usage et par la cheffe de projets Habitat & Transition Énergétique à la Communauté d'Agglomération d'Épinal.

[11] Cette définition est issue de l'ouvrage de (1) Cyril AFSA, Design de service : pourquoi les serviteurs sont-ils devenus des fast-food et des applications numériques ? , Saint-Étienne : Cité du design, 2013.

De manière globale, il s'agit **d'appréhender la qualité de l'air intérieur comme une composante essentielle de la qualité d'usage du bâtiment.** Ainsi cette prestation relève d'une d**émarche d'accompagnement des usagers** dont la pertinence est avérée au fur et à mesure des évolutions qui se sont opérées dans le monde du bâtiment depuis une dizaine d'années.

En l'occurrence, il s'agit ici de faire connaître la qualité de l'air intérieur et ses enjeux ainsi que de favoriser une connaissance objective du phénomène,

Une difficulté propre à la problématique de la qualité de l'air est son caractère imperceptible outre des phénomènes sensibles et visibles (par exemple : moisissures, odeurs). La **perception de la qualité de l'air** étant *a priori* **plus subjective qu'objective**, il est essentiel, dans le cadre de la mise en œuvre d'actions de sensibilisation et d'accompagnement de publics, **d'axer les stratégies d'apprentissage sur une approche simultanée** :

- De la **qualité de l'air objective**,
- De la **qualité de l'air perçue**,
- Du **lien entre la qualité de l'air et l'usage du bâtiment** au quotidien.

Sur le plan pédagogique, cette complexité nécessite d'être assumée et explicitée ; elle doit systématiquement prendre en compte:

- Les sources de pollution et leurs conséquences,
- Ce qui relève du perceptible et non perceptible,
- Le lien avec l'usage d'équipements (de ventilation par exemple), des activités et des pratiques (par exemple : tabagie, aération des espaces).

Un autre point est à souligner : **moins connue que l'énergie** par exemple, elle est longtemps restée une problématique peu investiguée, y compris dans le monde du bâtiment lui-même. E**lle résulte de mécanismes complexes** qui restent aujourd'hui en partie méconnus. C'est donc un domaine de savoir en construction.

Pour cette raison, il est judicieux de proposer une approche graduelle permettant de tenir compte :

- De l'intérêt que chaque acteur porte à la **qualité de l'air intérieur** *a priori* parmi d'autres thématiques (environnementales ou non),
- Des contextes dans lesquelles elle est en jeu et des possibilités d'actions.

4.3.3. Construction d'un schéma de sensibilisation en milieu scolaire

L'axe 1 propose un chemin de fer (schéma pour construire une action de sensibilisation) pour mener des actions de sensibilisation dans les écoles du territoire afin d'agir sur le renouvellement d'air et les sources d'émissions liées aux activités scolaires. Dans ce cadre, l'apport sociologique a pour but :

- D'accompagner la collectivité dans la définition des format et contenu définitifs de l'atelier type,
- De concevoir un questionnaire auprès des enseignants.

<u>Déroulement :</u>

- Un atelier test de sensibilisation sur la qualité de l'air intérieur (sources de pollution et bonnes pratiques) a été testé dans deux classes au sein de trois écoles du territoire. L'atelier a été animé par ATMO Grand Est, partenaire du projet ; d'une durée approximative d'1 h, il a été réalisé sous forme d'une présentation (support visuel conçu à partir d'une compilation d'outils regroupés au sein de la plateforme « ABC d'air ») ponctué d'échanges entre l'animateur, l'enseignant et les élèves. La Communauté d'Agglomération était présente en tant qu'observateur. Ces ateliers ont été perçus de manière positive voire très positive par les enseignant.e.s.
- Un **questionnaire d'évaluation** a permis de vérifier si les élèves s'appropriaient correctement les informations et si les connaissances étaient acquises de façon pérenne.
- En parallèle, **un état initial du taux de confinement** dans les classes du panel a été réalisé *via* des boîtiers de mesure de CO_2 permettant de déterminer si l'aération dans les salles de classe était suffisante en amont de l'atelier de sensibilisation. Ces boîtiers ont ensuite été présentés aux écoliers et aux enseignants puis placés dans les salles de classe à la suite des ateliers et ce, pour une durée de deux fois une semaine, en période d'occupation. La fonction « sensibilisation » des boîtiers a été activée dans une des deux classes de chaque école afin de mesurer l'impact du retour d'information sur le degré de confinement sur la pratique d'ouverture des fenêtres (le voyant LED changeait de couleur selon le taux de confinement).

Les mesures ont permis de définir l'indice de confinement de chaque salle de classe et de le comparer aux mesures précédentes afin de vérifier l'efficacité de la mise en place des boîtiers et de l'atelier de sensibilisation.

Analyse et préconisations :

Sur le plan cognitif, **l'appropriation et la rétention d'une information sont variables**. Elles dépendent en grande partie de la manière dont la cible est sollicitée et sont d'autant plus importantes (en termes de quantité d'information) et solides (pérennes) que l'individu, cible de l'apprentissage, est actif.

La représentation de la thématique (connue ou méconnue ?) et **l'attitude individuelle** (degré d'intérêt par rapport à d'autres thèmes, opinion positive ou négative, etc.) vis-à-vis de celle-ci entrent notamment en jeu.

Parmi les indicateurs du « degré d'activité » de la cible, ceux qui peuvent être mobilisés de manière pertinente dans le cadre d'un atelier pédagogique sont les suivants :

- Le degré de participation et d'appropriation de la cible à la tâche ;
- La qualité de la dynamique de groupe ;
- La temporalité selon laquelle la thématique est abordée (récurrence au cours de l'année scolaire par exemple, intensité) ;
- Le degré de cohérence des différentes informations dans le cadre de l'atelier,
- Le type de tâche proposée (en termes pédagogiques, selon la dominante sensorielle mobilisée : visuelle, auditive, etc.) et la possibilité de contextualiser et de mettre en pratique les savoirs :
  - Au sein de la thématique elle-même *via* la mobilisation d'exemples,
  - Lien avec d'autres thématiques d'entrée (comme l'énergie, l'écologie, etc.) ou domaines d'apprentissages (français, sciences, etc.).

La fréquence à laquelle la cible est confrontée à l'information est un élément important. Le fait d'associer un support à l'activité (fiche résumée, autocollant, badge, affiche, etc.) peut permettre de rafraîchir en mémoire les informations quant à la thématique abordée. Par exemple, le souvenir de l'activité (en l'occurrence d'un atelier sur la qualité de l'air intérieur) et de son contenu pourra être réactivé en réutilisant le support associé en amont.

Les éléments à prendre en compte concrètement sont:

- La durée de la séquence d'apprentissage (rythmée et limitée dans le temps) ;
- La disposition spatiale des acteurs (favoriser une disposition des lieux conviviale plutôt que scolaire) ;
- La possibilité d'interagir verbalement avec l'animateur et/ou l'enseignant d'une part, entre pairs d'autre part ;
- Le degré de contribution des acteurs dans l'appropriation des connaissances visées :
  - Le degré de sollicitation de l'enseignant dans la conception de l'activité ;
  - Le modèle de communication (ascendant - descendant) ;
- La récurrence de la (des) séquence(s) est à favoriser : proposer une activité comme faisant partie d'un programme (lien avec d'autres thématiques et/ou domaines d'apprentissage) plutôt que ponctuelle ;
- Le repérage des cohérences et incohérences éventuelles, en termes de savoirs :
  - Théoriques : quels sont les liens avec d'autres domaines de savoirs comme les sciences, l'écologie, l'énergie, etc *;*
  - Pratiques : en partant des « bons » gestes à adopter de manière générale, qu'est-ce qui est susceptible de moduler ces recommandations, selon les caractéristiques de l'environnement immédiat, par exemple la présence d'un axe routier susceptible d'influencer la qualité de l'air extérieur, la saison et la température extérieure, ttc. ?

4.4. Les résultats

4.4.1. Les campagnes de mesures

Les résultats sont présentés et commentés dans les pages suivantes, regroupés par école.

4.4.1.1. École primaire 1

État initial

Avant l'atelier de sensibilisation, les valeurs relevées dans l'école 1 sont reportées dans le Tableau 3 :

Ecole primaire 1	Valeur ICONE	Nature du confinement	Informations
Classe de CM2			
Du 4/3 au 8/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 11/3 au 15/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 18/3 au 22/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 25/3 au 29/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Classe de CM1			
Du 4/3 au 8/3/2019	3	élevé	néant
Du 11/3 au 15/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 18/3 au 22/3/2019	5	extrême	sensibilisation
Du 25/3 au 29/3/2019	4	très élevé	sensibilisation

Tableau 3 : Mesures confinement avant atelier à l'école 1

Les deux salles de classe de l'école présentent un mauvais renouvellement d'air. Un indice de 5 a été observé pour la salle de classe de CM1 ce qui correspond à un niveau de confinement extrême. Les Leds, dont la couleur varie selon le taux de confinement, ont été activées pour la salle de CM2 lors des ateliers de sensibilisation.

Après réalisation des ateliers de sensibilisation (Tableau 4)

Ecole primaire 1	Valeur ICONE	Nature du confinement	Informations
Classe de CM2			
Du 13/5 au 17/5/2019	3	élevé	néant
Du 20/5 au 24/5/2019	2	moyen	néant
Classe de CM1			
Du 13/5 au 17/5/2019	3	élevé	néant
Du 20/5 au 24/5/2019	2	moyen	néant

Tableau 4 : Mesures après atelier à l'école 1

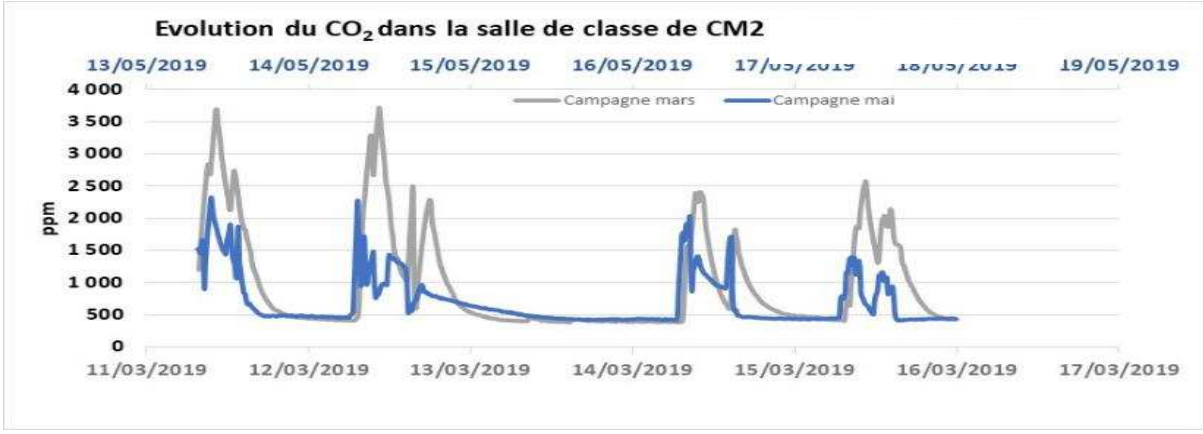

Figure 13 : Evolution du CO_2 à l'école 1

L'activation ou non des Leds (l'indication du taux de confinement) **ne semble pas avoir d'impact** sur le renouvellement de l'air de l'école 1, puisque l'amélioration est significative pour les deux salles de classe. Si l'on compare l'évolution du **CO_2 avant et après la réalisation de la sensibilisation (**Figure 13**), on observe une différence** au niveau de l'intensité et de la durée des pics. En mai, l'ouverture des fenêtres permet de limiter l'augmentation du taux de CO_2.

4.4.1.2. École Primaire 2

État initial

Avant l'atelier de sensibilisation, les valeurs suivantes ont été relevées dans l'école :

École primaire 2	Valeur ICONE	nature du confinement	informations
Classe de CM2			
Du 4/3 au 8/3/2019	2	moyen	néant
Du 11/3 au 15/3/2019	2	moyen	néant
Du 18/3 au 22/3/2019	3	élevé	néant
Du 25/3 au 29/3/2019	3	élevé	néant
Classe de CM2-CM1			
Du 4/3 au 8/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 11/3 au 15/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 18/3 au 22/3/2019	3	élevé	néant
Du 25/3 au 29/3/2019	2	moyen	néant

Tableau 5 : Mesures avant atelier à l'école 2

Le renouvellement d'air est satisfaisant dans la salle de classe de CM2 qui est régulièrement aérée. Pour celle de CM2/CM1, l'indice de confinement est de 4 sur 5 pour deux semaines sur quatre. Les Leds ont été activées pour cette salle lors de l'atelier.

Après réalisation des ateliers de sensibilisation

École primaire 2	Valeur ICONE	Nature du confinement	Informations
Classe de CM2			
Du 13/5 au 17/5/2019	3	élevé	néant
Du 20/5 au 24/5/2019	2	moyen	néant
Classe de CM2-CM1			
Du 13/5 au 17/5/2019	3	élevé	néant

Du 20/5 au 24/5/2019	2	moyen	néant

Tableau 6 : Mesures après atelier à l'école 2

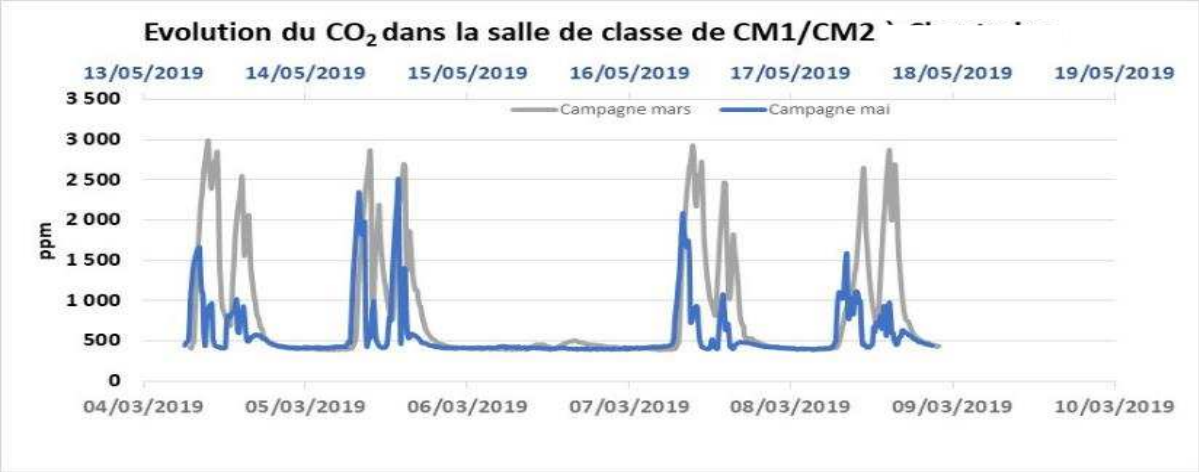

Figure 14 : Evolution du CO_2 à l'école 2

Pour cette école, les ateliers de sensibilisation se sont déroulés le 16 mai 2019. L'ouverture plus fréquente des fenêtres a été mise en place en amont dans la salle de classe de CM2-CM1 en lien avec la présence du boitier dont les Leds étaient activées. Les valeurs de CO_2 sont moins élevées et diminuent rapidement en mai alors que les valeurs sont plus fortes pour les mesures de mars (Figure 14).

4.4.1.3. École Primaire 3

<u>État initial</u>

Avant l'atelier de sensibilisation, les valeurs relevées dans l'école 3 sont reportées dans le Tableau 7 :

Ecole primaire 3	Valeur ICONE	Nature du confinement	Informations
Classe de CM1			
Du 11/3 au 15/3/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 18/3 au 22/3/2019	3	élevé	néant
Du 25/3 au 29/3/2019	3	élevé	néant
Classe de CE1			
Du 18/3 au 22/3/2019	2	moyen	néant
Du 25/3 au 29/3/2019	2	moyen	néant

Tableau 7 : Mesures avant atelier à l'école 3

Pour l'école 3, la classe de CM1 présente un indice de 4 pour la première semaine de mesures puis est ensuite qualifié d'élevé (indice de 3). Le renouvellement d'air est satisfaisant pour la salle de CE1. A noter que cette école a fait l'objet de campagnes de mesure courant 2018 qui ont déjà mis en évidence des problèmes de confinement dans la salle de CM1 (PROJ-EN-294). Pour la salle de CE1, un indice de 3 avait été observé en octobre 2018. La salle de CM1 a été équipée d'un capteur dont les Leds ont été activées lors de la réalisation d'ateliers.

Après réalisation des ateliers de sensibilisation

École primaire 3	Valeur ICONE	Nature du confinement	Informations
Classe de CM1			
Du 13/5 au 17/5/2019	4	très élevé	sensibilisation
Du 20/5 au 24/5/2019	4	très élevé	sensibilisation
Classe de CE1			
Du 13/5 au 17/5/2019	2	moyen	néant
Du 20/5 au 24/5/2019	3	élevé	néant

Tableau 8 : Mesures après atelier à l'école 3

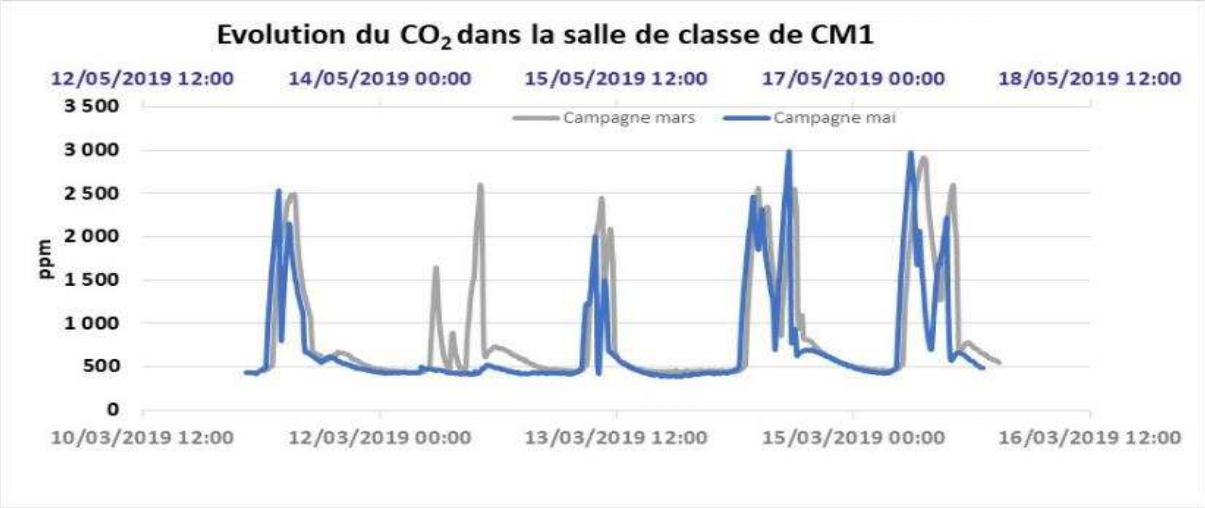

Figure 15 : Evolution du CO_2 à l'école 3

La **mise en place du boitier avec les Leds** (indication du taux de confinement en temps réel) **ne semble pas avoir d'impact** sur les pratiques d'ouverture des fenêtres à l'école 3. Concernant cette école, il conviendra d'étudier plus précisément les freins à un meilleur renouvellement d'air. Dans les salles de classe, les fenêtres sont ouvertes en oscillo-battant pendant une quinzaine de minutes lors de la récréation ce qui est insuffisant pour la salle de classe de CM1 : la concentration en CO_2 diminue, mais pas suffisamment.

4.4.1.4. Conclusions sur les mesures

Les résultats sont reportés dans le Tableau 9.

		Avant sensibilisation, boîtiers et leds				Après sensibilisation	
		Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 1	Semaine 2
Ecole 1	CM2	4	4	4	4	***3***	***2***
	CM1	3	4	5	4	3	2
Ecole	CM2	2	2	3	3	3	2
	CM2-CM1	4	4	3	2	***2***	***2***
Ecole	CM1	-	4	3	3	***4***	***4***
	CE1	-	-	2	2	2	3

Leds ac

Tableau 9 : Récapitulatif des mesures dans les écoles 1, 2 et 3

En conclusion :

- Il sera nécessaire de vérifier la pérennité de l'impact positif des actions à l'école 1 et l'école 2, notamment en conditions plus hivernales.
- Pour l'école 3, aucune amélioration n'a été observée : la salle de CM1 présente des problèmes de renouvellement d'air. Le taux de confinement reste élevé, même avec des périodes d'aération régulières. L'ouverture des fenêtres ne permet pas de faire baisser le taux de dioxyde de carbone de façon suffisante.

Le fait de ne pouvoir ouvrir les menuiseries qu'en oscillo-battant peut être une raison, mais cela ne suffit pas à expliquer la situation, car toutes les salles de classe sont aérées en oscillo-battant. Aussi, un travail est engagé, en concertation avec les services techniques de la ville, sur la stratégie d'aération à mettre en œuvre. Il est à préciser qu'il n'y a pas d'extraction d'air vicié dans cette école, uniquement des entrées d'air dans les menuiseries. La mise en place d'une VMC répartie est en réflexion afin de résoudre ce problème.

4.4.2. Analyse des questionnaires remplis par les élèves ultérieurement à l'atelier de sensibilisation

Les réponses ont été exploitées et transcrites en termes de :

- Pourcentage de réponse correcte pour les cinq premiers items,
- Nombre moyen de sources correctes citées par élève,
- Nombre moyen de bonnes pratiques citées par élève ayant répondu.

Questions posées aux élèves	Ecole 3				Ecole 2		Ecole 1	
	CM1	CM1	CM2	CM2	CM1	CM2	CM1	CM2
	17/05/2019	20/06/2019	17/05/2019	19/06/2019	28/05/2019	07/06/2019	21/06/2019	24/06/20
Quel est l'air le plus pollué : extérieur/intérieur	71 %	64 %	50 %	58 %	77 %	86 %	95 %	93 %
Où passe-t-on le plus de temps : dehors/dedans ?	74 %	82 %	100 %	87 %	86 %	88 %	100 %	97 %
Quel gaz peut être dégagé par une chaudière mal entretenue ?	7 %	15 %	93 %	50 %	30 %	44 %	89 %	7 %
Possibilité de transfert de la pollution d'une pièce à l'autre	100 %	92 %	88 %	96 %	91 %	97 %	100 %	93 %
Pollution de l'air extérieur vers l'intérieur ?	88 %	84 %	88 %	83 %	95 %	97 %	100 %	97 %
Citer 5 sources de pollution dans la classe	3,60	4,64	4,76	3,96	4,55	4,44	4,89	2,84
Comment améliorer la QAI ?	1,36	0,88	0,62	0,75	0,91	1,11	1,26	0,80
Présence lors de l'atelier QAI par ATMO ?	92 %	92 %	96 %	96 %	100 %	100 %	95 %	93 %

Tableau 10 : Analyse des réponses au questionnaire

Conclusions sur les réponses au questionnaire :

Les classes ont répondu au questionnaire à différents délais après l'atelier de sensibilisation : la semaine même de l'atelier jusqu'à S+6. Deux classes ont même répondu à deux reprises au questionnaire, avec un délai d'un mois entre les deux.

En comparant les résultats, il s'avère que les réponses sont toujours correctes après plusieurs semaines, voire meilleures. On **ne peut conclure à une perte d'informations** dans le temps : les élèves conservent longtemps les informations en mémoire. Il ne semble donc pas utile de renouveler l'atelier plusieurs fois pendant l'année scolaire

En revanche, on peut signaler que dans cinq des six classes, tous les élèves n'ont pas été en mesure de citer une action susceptible d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans la classe alors que l'ensemble des enseignements de l'atelier est bien retenu par les élèves. C'est visiblement la mise en pratique qui se révèle délicate. Les **pratiques d'aération doivent être retravaillées** de façon plus insistante. Il est à noter que dans les classes où il existe des habitudes d'aération à **l'initiative de l'enseignant.e**, un plus grand nombre d'élèves a retenu au moins une consigne.

Le **bilan effectué suite à la mise en place des ateliers de sensibilisation et des boitiers avant/après ateliers,** en termes de taux de confinement et d'exploitation des questionnaires relatifs aux pratiques d'aération, ne permet pas d'identifier réellement les éventuels freins à l'aération des salles de classe.

La visite des trois établissements en amont et pendant l'expérimentation est riche d'enseignements. On peut ainsi signaler :

- **L'absence, totale ou partielle, de VMC** dans ces établissements scolaires. La présence d'entrée d'air n'est pas suffisante en l'absence de bouches d'extraction d'air vicié judicieusement positionnées pour permettre une ventilation régulière et permanente des bâtiments ;
- La **pratique par l'enseignant(e) de l'aération** des salles de classe de façon régulière a un impact positif sur les élèves qui retiennent l'intérêt de la pratique ;
- Le **positionnement du mobilier ou de matériel** devant les ouvrants fait souvent obstacle à de bonnes pratiques malgré le souhait de l'enseignant(e) ;
- La **mise à disposition des capteurs de CO_2** avec indication en temps réel n'est utile qu'à l'enseignant. Ce matériel est certes utile pour illustrer les bonnes pratiques aux élèves de façon ponctuelle mais il n'a d'impact que si l'enseignant surveille régulièrement cet indicateur. Or, il est souvent mis en hauteur pour éviter que les élèves ne passent leur temps à surveiller (et commenter) la couleur des diodes lumineuses… et est de ce fait invisible pour l'enseignant. Du matériel avec indication sonore pourrait être utilisé avec le risque de perturbation des cours ;
- Les élèves sont, de façon générale, réceptifs à l'atelier et l'enseignement des bonnes pratiques qu'il dispense. Renouveler l'atelier en cours d'année ne semble pas nécessaire. En revanche, il pourrait être judicieux de le proposer de façon plus systématique en début d'année scolaire, pour que les bonnes pratiques se mettent en place avant l'hiver, période où les ouvertures de fenêtres se font plus rares pour raison de températures extérieures basses. **Le moment le plus favorable semble être la rentrée des vacances de la Toussaint** : remise en service du chauffage et période suffisamment éloignée de la rentrée scolaire.

4.4.3. Mise en place d'un dispositif et des modalités pour mener une campagne de sensibilisation

Cette **procédure**, destinée aux enseignants et aux acteurs partenaires (ALEC, Maison de l'Environnement, etc.) est un **outil d'accompagnement proposé par le projet** afin de faciliter la réalisation d'une action de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur « clé en main » (atelier) à destination d'un public scolaire selon un certain format.

L'objectif est de faciliter les comportements d'usage jouant sur le renouvellement d'air et sur les sources d'émissions liées aux activités dans les écoles. La démarche est basée sur la possibilité de s'impliquer de manière graduelle grâce à des variantes.

Ci-dessous figurent les informations permettant d'identifier :

- Les adaptations nécessaires, dans la conception de l'atelier, à partir des conclusions des phases test menées en amont ;

- Des recommandations et points de vigilance qui sont proposés à titre indicatif afin de faciliter la réalisation de l'action.

4.4.3.1. Principes

La méthodologie proposée repose sur le fait qu'il est important, pour que l'action de sensibilisation soit efficace et pérenne, de :

- Instaurer un échange sur la qualité de l'air intérieur, en distribuant la parole à tou.te.s (et notamment de donner la parole aux personnes en retrait) ;
- Amener chacun.e à participer activement ;
- Proposer des séquences variées pour éviter la lassitude et le désintéressement : rythme dynamique, chronométrage.

L'(les) animateur(s) a (ont) ainsi pour rôle :

- De gérer le temps (d'après le chemin de fer) ;
- De définir clairement et de faire valider collectivement :
  - Les savoirs et les problématiques liées à la qualité de l'air intérieur ;
  - La traduction en termes de pratiques d'usage (selon le contexte : écueils, leviers).

La présence d'un observateur peut être pertinente dans l'objectif d'un éventuel débriefing (permet d'en améliorer l'efficacité et la richesse).

4.4.3.2. Règles du jeu

Partant du principe que l'aspect ludique est important, il est nécessaire d'établir les « règles du jeu ». L'objectif est de faciliter les échanges en instaurant un schéma de communication circulaire. Les règles peuvent se résumer ainsi :

- Respecter autrui (et notamment les autres élèves) afin de faciliter l'ambiance d'échange (expression / écoute),
- Préciser qu'il n'y a pas de « bonne » ou de « mauvaise » réponse (pas de jugement de valeur),
- Être intelligible (choix de mots simples) et s'assurer régulièrement d'avoir été compris,
- Mettre en œuvre une dynamique collaborative pour faciliter l'implication des participants,
- Définir un espace-temps : préparation et séquençage.

4.4.3.3. Outils et matériel

Il est proposé d'utiliser les outils et matériels suivants :

- Présentation visuelle (élaborée à partir de l'outil *ABC d'air*)
- Chemin de fer
- Règles du jeu
- Chronomètre
- Vidéoprojecteur
- Bâton de parole
- Post-it + tableau
- Questionnaire d'évaluation élèves

4.5. Recommandations

Le caractère imperceptible de la qualité de l'air rend complexe l'accès à cette thématique par un public jeune. Il est donc indispensable de sortir du seul champ scolaire (acquisition de connaissances) pour rendre cette problématique accessible. Le jeu est un moyen efficace, ainsi que l'implication directe (créer une nouvelle famille dans le jeu, réaliser une affiche). Par ailleurs, on constate que plus l'enseignant référent est sensibilisé à la qualité de l'air intérieur, en appliquant notamment les bonnes pratiques d'aération, et mieux les élèves retiennent les informations pratiques.

Contrairement à l'*a priori* de départ, les élèves conservent en mémoire les pratiques transmises pendant de longues semaines, et sont de ce fait de bons ambassadeurs au sein de leur famille.

Le chemin de fer est présenté en annexe 2 au travers des six fiches actions qui rythment le déroulement de l'action de sensibilisation.

Le questionnaire à destination des enseignants

Ce questionnaire constitue une **étape d'une démarche de sensibilisation globale** portée par l'Agglomération d'Épinal. Il peut être mobilisé en amont d'une intervention sur la qualité de l'air intérieur.

Il sert à guider les échanges entre la Communauté d'Agglomération d'Épinal (ou un de ses partenaires) et le personnel enseignant.

Le but est plus précisément d'évaluer l'attitude de l'enseignant vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur et les possibilités de travailler sur ses enjeux au cours de l'année scolaire.

Il s'agit de prendre en compte l'intérêt pour la question et les possibilités d'action sur une année scolaire. Le but visé est d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans la salle de classe et de promouvoir des gestes pertinents pour ce faire.

Les questions à poser de manière systématique sont présentées dans le questionnaire proposé en annexes 3, 4 & 5.

Remarque : la valorisation des actions dédiées à la qualité de l'air intérieur menées au sein d'écoles sont autant d'opportunités de sensibiliser des parents !

En résumé, le déroulement recommandé est le suivant :

- Mesures de la QAI dans la classe
- Questionnaire auprès de l'enseignant.e
- Préparation de l'atelier
- Jeu des 7 familles
- Présentation des résultats de la première campagne de mesures
- Présentation avec support
- Pause
- 8ème famille du jeu et/ou affiche
- 2ème campagne de mesures

Le déroulement de l'atelier proposé en milieu scolaire lors de l'expérimentation s'inspire des différents outils disponibles et a été mis en œuvre par ATMO Grand Est.

5. Les collectivités (Axe 2)

5.1. Contexte et rappel des objectifs

Cette action a pour objectif de favoriser la prise en compte globale de la qualité de l'air intérieur au sein de la collectivité afin de :

- Mobiliser les agents de la collectivité et permettre une interaction entre les différents services : il ne s'agit pas de la seule préoccupation du service en charge de l'environnement mais également des services techniques en charge de la construction, de la rénovation et de l'entretien des bâtiments publics, des services juridiques tels que les Marchés publics, voire des affaires scolaires dans les plus grosses collectivités,
- Permettre une intégration des critères relatifs à la qualité de l'air intérieur dans les cahiers des charges utilisés par la collectivité concernant les travaux de second œuvre ainsi que les choix et usages des produits d'entretien en proposant un guide aux maîtres d'ouvrage du territoire (également applicable par d'autres collectivités) ; cela s'adresse aussi bien aux services techniques des collectivités que les élus des petites communes qui, ne disposant pas d'ingénierie en interne, se chargent directement de la consultation des entreprises pour mener à bien les travaux dans les bâtiments communaux,
- Mesurer les impacts de ces critères grâce à un chantier pilote faisant l'objet de campagnes de mesures successives et ainsi utiliser les résultats des mesures comme arguments pour convaincre les maîtres d'ouvrage,
- Obtenir une gestion intégrée de la qualité de l'air intérieur au sein des opérations de rénovation et de construction par le suivi et la mise en application au sein d'un chantier pilote.

Afin de répondre aux objectifs de cet axe de travail, l'Agglomération d'Épinal propose des outils visant à mettre en œuvre un dispositif global d'amélioration de la qualité de l'air intérieur à destination des agents de collectivités (ou des élus pour les petites communes). Cela se traduit par

- La rédaction d'un guide permettant de respecter des critères de qualité de l'air intérieur dans les marchés publics et/ou consultations directes. Ce guide propose des clauses-types rédigées pour plusieurs postes de travaux récurrents, notamment les travaux ayant lieu dans les écoles pendant la période estivale.
- L'élaboration d'une procédure de « gestion de crise » faisant suite à un signalement de défaut de la qualité de l'air intérieur
- La rédaction d'une procédure d'information des usagers d'un bâtiment public préalablement à la réalisation de travaux.

5.2. Chantier pilote

5.2.1. Descriptif du bâtiment

Le bâtiment retenu comme site pilote est un groupe scolaire situé à Épinal, regroupant maternelle et primaire, faisant l'objet d'une réhabilitation lourde sur plusieurs phases.

5.2.1.1. Situation géographique

Les deux écoles primaire et maternelle sont contiguës et situées à moins de 50 mètres d'une route à fort trafic. Différentes activités de type garage étaient présentes sur le site avant la construction des écoles.

5.2.1.2. Caractéristiques du bâtiment

L'école primaire en pierre date de 1886. Différents travaux de rénovation ont été effectués au fil des années. L'isolation du bâtiment a été réalisée par l'intérieur. Aucun système de ventilation n'est présent dans le bâtiment.

L'école maternelle en béton a été construite en 1996. Une isolation extérieure avec bardage bois a été mise en place au cours de l'été 2017. La maternelle est équipée d'une VMC simple flux (extraction de l'air vicié dans les sanitaires, entrées d'air sur les menuiseries des classes).

Les écoles sont chauffées par le biais du réseau urbain (chauffage bois).

Des travaux de rénovation importants ont été réalisés et sont prévus de 2017 à 2019. Les travaux de 2017 ont principalement concerné la façade de l'école primaire, l'isolation par l'extérieur de l'école maternelle

et la mise en accessibilité. Pour l'été 2018, il s'agissait de la transformation du bloc sanitaire situé au niveau du primaire en garderie. L'ancienne garderie a été transformée quant à elle en coin repas et une extension de l'ancienne restauration a été effectuée. Pour l'été 2019, différentes salles de classe doivent également faire l'objet d'une rénovation (réfection des peintures et remplacement des revêtements de sol).

Les salles de classe comportent initialement un sol plastique, de la peinture ou du papier de verre peint au mur et un faux-plafond. Les salles de l'étage de la partie primaire présentent une hauteur de plafond importante.

Figure 16 : photos des salles de classes

5.2.2. Paramètres suivis lors des campagnes de mesure

Deux campagnes ont été menées : la première en juillet 2018 avant travaux, la seconde en octobre 2018 après une phase lourde de travaux (création d'un bloc sanitaire au rez-de-chaussée, extension et réaménagement du restaurant scolaire et de la garderie, modification de la chaufferie, réfection des cours et remplacement d'une partie de la toiture).

Plusieurs paramètres et polluants ont été mesurés dans le cadre de cette étude.

- Les paramètres de confort à l'intérieur (température, humidité relative et teneur en **dioxyde de carbone)** ainsi que la température et l'humidité relative à l'extérieur ;
- Les aldéhydes, les composés organiques volatils majoritaires et les composés organiques volatils légers et totaux ont été mesurés au moyen de tubes à diffusion passive ;
- Le dioxyde d'azote a été mesuré via des tubes de type « Gradko » ;
- Le radon a été mesuré à l'aide de dosimètres radon.

De nombreuses études sur la qualité de l'air intérieur ont déjà été menées, et ceci dans différents lieux de vie : habitats, écoles, bureaux, etc. Elles ont toutes mis en évidence une **spécificité de la pollution de l'air intérieur**. Il s'avère que les composés présents sont principalement des **Composés Organiques Volatils (COV),** famille de substances chimiques généralement présentes sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Les COV sont notamment émis par les matériaux de construction, colles, vernis, peintures, revêtements des sols et des murs, mobilier, produits d'entretien, Etc. Sont ainsi décelés dans les ambiances intérieures de manière significative certains aldéhydes (dont le formaldéhyde majoritairement et de manière quasi-systématique retrouvé), certains hydrocarbures aromatiques dont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes (communément appelés BTEX), mais également des COV appartenant aux familles des terpènes, cétones, alcools, éthers de glycol, esters, Etc.

Parmi les COV, deux composés suscitent un intérêt particulier au regard de leurs effets sur la santé : **le formaldéhyde et le benzène**. Ils sont classés **cancérogènes avérés par le CIRC (groupe 1)**. Les études épidémiologiques ont permis à l'ANSES d'établir des seuils sanitaires à ne pas dépasser sur le long terme pour prévenir des effets néfastes sur la santé. Ces seuils ont été repris par décret dans le cadre de la surveillance réglementaire de certains ERP (décret 2015-1000 ayant modifié le décret 2011-1728).

Un **indicateur du confinement est la mesure du taux de dioxyde de carbone (CO2).** En effet, émis par la respiration des personnes présentes, son accumulation au sein de locaux traduit le manque de renouvellement de l'air. Bien que le CO_2 ne présente pas d'effet notable sur la santé aux niveaux rencontrés, il peut être le signe d'un confinement élevé pouvant engendrer une accumulation de substances polluantes que les auteurs d'une étude[1] lient à une prévalence de symptômes respiratoires tels que des inflammations, infections respiratoires, asthme… et dans une salle de classe il peut diminuer la concentration des enfants/élèves[1].

Les **oxydes d'azote** (NO_x = $NO+NO_2$) proviennent essentiellement de la combustion de combustibles fossiles (essence, gazole, fioul, charbon). Ils sont en particulier émis par le **transport routier**.

5.2.3. Techniques de mesures

5.2.3.1. Mesure de température et d'humidité relative

*La **température et l'humidité relative** ont été suivies en continu par des **sondes Ebro EBI 20-T-Ex** déployées dans les sites intérieurs et extérieurs.*

Figure 17 : Sonde EBRO/EBI

5.2.3.2. Mesure du dioxyde de carbone

*Les teneurs en **dioxyde de carbone** ont été mesurées avec un analyseur **Q-Trak** (sonde infrarouge non-dispersive 980), toutes les 10 minutes.*

Figure 18 : Q-trak sonde 980

5.2.3.3. Mesure des COV, aldéhydes et NO_2

Le suivi des concentrations dans l'air a été effectué au moyen de tubes à diffusion passive pour les polluants gazeux suivants :

- Les composés organiques volatils
- Les aldéhydes.
- Le NO_2

Les tubes passifs de type « Radiello » permettant la mesure du benzène sont constitués de deux tubes cylindriques concentriques (Figure 19 : Tubes passifs Radiello (a) et Tubes passifs Gradko (b)a) : un tube externe, le corps diffusif, fait office de filtre en arrêtant les poussières et un tube interne, la cartouche, contient le réactif spécifique au composé à absorber.

Pour le NO_2, les tubes de type « Gradko » comprennent un seul élément cylindrique bouché à son extrémité (Figure 19 : Tubes passifs Radiello (a) et Tubes passifs Gradko (b)b).

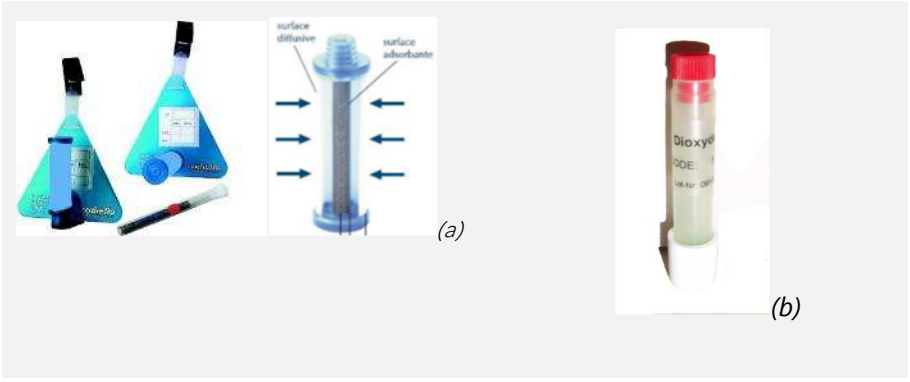

Figure 19 : Tubes passifs Radiello (a) et Tubes passifs Gradko (b)

La quantité de molécules d'un composant piégées dans la cartouche est proportionnelle à sa concentration moyenne dans l'environnement durant l'exposition du tube.

Dans la pièce à investiguer, le tube passif est suspendu à l'horizontal pour une durée de 4,5 jours. Pendant le prélèvement, les polluants gazeux traversent le corps diffusif jusqu'à la zone de piégeage formée par la cartouche absorbante.

Après exposition, la cartouche est placée dans un tube en verre et envoyée à un laboratoire d'analyse. Les concentrations moyennes des polluants présents dans l'air, sur l'ensemble de la période d'exposition, seront déterminées (en µg/m³) par analyse différée des échantillons en laboratoire :

- Le Laboratoire Interrégional de Chimie 'SYNAIRGIE' situé à Schiltigheim accrédité par le COFRAC (n° 1-2092) par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection par absorption pour les aldéhydes.
- Le laboratoire Tera Environnement pour la recherche des COV majoritaires.

- **Le laboratoire de chimie Atmo Grand Est** à Metz pour l'analyse du NO_2 par dosage colorimétrique selon la norme NF X 43-009.

5.2.3.4. Enregistrement dynamique des paramètres

La station Fireflies®Q.E.I commercialisée par Azimut Monitoring est un boitier multi-capteurs de mesure en continu. Les mesures effectuées par cette balise ne correspondent pas à une méthode de mesure normalisée, précise et spécifique, mais permettent de visualiser la dynamique des concentrations intérieures au cours d'une journée ou d'une semaine. Ceci permet la mise en évidence de liens éventuels entre les paramètres mesurés (non visibles avec les mesures habituelles) et par conséquent une meilleure gestion de la qualité de l'air en apportant des préconisations adaptées à la situation.

Figure 20 : Balise Fireflies®

5.2.3.5. Mesure du radon

La mesure du radon est effectuée par le biais de dosimètres radon analysés par le laboratoire Pearl.

5.2.4. Stratégie d'échantillonnage

5.2.4.1. Stratégie spatiale d'échantillonnage

Le choix des pièces a été effectué en prenant en compte des rénovations effectuées au cours de l'été 2018 qui concernaient plus particulièrement le bâtiment accueillant les primaires. Quatre salles ont fait l'objet de mesures pour les paramètres de confort, le confinement, les aldéhydes, les COV majoritaires et le NO_2 :

- Deux salles (CM1/CM2 et CE2/CE1) situées au rez-de-chaussée de l'école primaire au même niveau que le bloc sanitaire,
- Une salle située dans l'école primaire au-dessus du bloc sanitaire (CP-CE1)
- Une salle de l'école maternelle (petite section)

Les badges radon ont été mis en place dans les salles de CP/CE1 et CM1/CM2 et la balise Azimut permettant le suivi des composés totaux et légers dans la salle CE2/CE1.

5.2.4.2. Stratégie d'échantillonnage temporelle

Deux campagnes de mesures ont été organisées :

- Du 2 au 7 juillet 2018. A noter que peu d'enfants étaient présents à cette période en raison des fortes chaleurs et de la proximité avec les grandes vacances.
- Du 8 au 10 octobre 2018.

Les résultats des tubes passifs présentés dans cette étude permettent d'établir un état des lieux de la qualité de l'air sur l'année, afin d'effectuer des comparaisons avec les valeurs guides long-terme.

Pour pouvoir se référer à des valeurs guides long terme, il est recommandé d'effectuer deux séries de prélèvements, chacune dans des conditions climatiques contrastées, et en période d'occupation normale (exposition réelle des personnes). La moyenne des deux séries de prélèvements permet d'approcher un état annuel de la qualité de l'air prenant en compte les variabilités saisonnières des concentrations de polluants dans l'air.

5.2.5. Stratégie de comparaison aux valeurs de référence

5.2.5.1. Les paramètres de confort

Au niveau du **confort hygrothermique** (température et humidité relative), bien qu'il soit subjectif et dépendant d'autres paramètres (vitesse de l'air, habillement…), il est possible de définir des **plages jugées acceptables**. Par exemple, le **diagramme de Fauconnier**[12] suggère pour un confort optimal les plages de températures et d'humidité relative associées. Une **humidité trop faible (<30 %) peut donner une sensation de sécheresse gênante sur le plan respiratoire, cutanée et oculaire. Une humidité relative trop importante (>70 %) peut favoriser le développement de moisissures.** Par ailleurs, l'ADEME préconise un taux optimal d'humidité relative dans l'air entre 40 et 60 %, pour une température s'élevant entre 18 et 22°C[13].

5.2.5.2. Le dioxyde de carbone

Le règlement sanitaire départemental indique de ne pas dépasser dans un espace clos 1 000 parties par million (ppm) de CO_2 avec une tolérance jusqu'à 1 300 ppm. On considère que le confinement est élevé à partir de 1700 ppm.

Un **indice de confinement**, appelé **ICONE** (Indice de CONfinement d'air dans les Ecoles), a été développé en 2008 par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)[14]. Celui-ci est calculé à partir de la **fréquence et de l'intensité des niveaux de CO_2 autour des valeurs seuils de 1000 et 1700 ppm** (en **période d'occupation** normale de la salle par les enfants).

Le niveau de confinement de la pièce est alors exprimé par une note sur une échelle de 0 à 5. La note 0 correspond au confinement nul (niveau de CO_2 toujours inférieur à 1000 ppm), c'est la situation la plus favorable. La note 5 correspond au confinement extrême, c'est la situation la plus défavorable (niveau de CO_2 toujours supérieur à 1700 ppm pendant l'occupation).

Le dioxyde de carbone fait partie des substances à suivre lors de la phase hivernale des campagnes de surveillance dans les ERP. Les modalités de calcul précédemment énoncées figurent dans le décret 2012-14 modifié par le décret 2015-1926 du 30 décembre 2015.

5.2.5.3. Le benzène et le formaldéhyde

Parmi l'ensemble des polluants évoqués ci-avant, le benzène, le formaldéhyde ainsi que le confinement sont réglementés par le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 et le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011[15]. Les autres polluants mesurés dans le cadre de cette étude ne disposent pas de valeurs réglementaires.

Pour le benzène et le formaldéhyde, la réglementation fixe les valeurs limites à ne pas dépasser dans un espace clos ainsi que les différentes valeurs guides d'exposition à long terme qui rentrent progressivement en vigueur depuis de 2013 (tableau 10).

---

[12] R. Fauconnier, Diagramme des plages de confort température-humidité - article « L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires » - numéro 10/1992 de la revue Chauffage Ventilation Conditionnement – 1992.
[13] L'Habitat « Un air sain chez soi » ADEME, Edition : mai 2015.
[14] CSTB (2012) - Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs.
[15] Décret n° 2011-1727 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.

La **valeur guide** pour l'air intérieur désigne un niveau de concentration de polluants de l'air intérieur, déterminé pour un espace donné à atteindre à long terme pour protéger la santé des personnes.

La **valeur limite** désigne la valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées afin d'identifier et de neutraliser les sources dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère.

	Valeur guide pour une exposition à long terme		Valeur limite
Formaldéhyde	**10 µg/m³** à compter du 1er janvier 2023	**30 µg/m³** Depuis le 1er janvier 2015	**100 µg/m³**
Benzène	**2 µg/m³** Depuis le 1er janvier 2016		**10 µg/m³**

Tableau 11 : Valeurs réglementaires relatives au benzène et au formaldéhyde

Dans l'air extérieur, le benzène fait l'objet d'un seuil à ne pas dépasser, fixé par le code de l'environnement (article R221-1) : cette valeur limite annuelle est de 5 µg/m³ depuis 2010.

5.2.5.4. Les autres composés organiques volatils

Pour les polluants ne disposant pas de valeurs réglementaires, des valeurs dites de référence seront utilisées. Les composés organiques volatils, pour lesquels aucune valeur n'est recensée, ne figurent pas dans le Tableau 12 et l'interprétation est réalisée de façon quantitative.

Des valeurs guides indicatives ont été proposées pour le toluène, le styrène et les xylènes dans une étude de Koistinen et al[16]. Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a également proposé des valeurs guides indicatives pour le trichloroéthylène[17] et le tétrachloroéthylène[18].

L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (Anses) a également établi une valeur guide long terme pour l'acétaldéhyde[19].

Polluants	Valeurs indicatives
acétaldéhyde	*ANSES : 160 µg/m³ (2014)*
toluène	*INDEX : 300 µg/m³ (2005)*
(m+p)-xylènes et o-xylène	*INDEX : 200 µg/m³ (2005)*
styrène	*INDEX : 250 µg/m³ (2005)*
tétrachloroéthylène	*HCSP : 250 µg/m³ (2010)* *Action rapide : 1250 µg/m³*
trichloroéthylène	*HCSP : 2 µg/m³ (2012)*

Tableau 12 : Valeurs indicatives pour les autres COV

5.2.5.5. Le NO_2

En France, les valeurs guides (VGAI) sont établies par l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). A défaut, les VGAI établies par l'OMS en 2010[20] ou reconnues à l'échelle européenne peuvent être utilisées.

[16] Koistinen K, Kotzias D, Kephalopoulos S et al. (2008). The INDEX project : executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. Allergy, 63:810-819.

[17] HCSP (2012) – Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l'air des espaces clos, 6 juillet 2012, 3.

[18] HCSP (2010) – Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l'air des espaces clos, 16 juin 2010,

[19] Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur L'acétaldéhyde, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, avril 2014, Edition scientifique

[20] *OMS 2010 WHO Guidelines for indoor air quality : selected pollutants, World Health Organization*

Il existe également des valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le HCSP (Haut conseil de la santé publique) propose, à partir des VGAI de l'Anses, des valeurs dites de « gestion » avec un calendrier d'application associé. En outre, le HCSP propose des outils d'aide à la gestion en formulant des valeurs au-dessus desquelles des actions sont à entreprendre pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

L'Anses a établi une valeur guide long terme pour le NO_2[21] établie à 20 ?g/m³.

5.2.5.6. Le radon

Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle, issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents naturellement dans le sol et les roches. Cependant, sur la base des recommandations de l'Organisation mondiale de la santé, la Commission européenne a retenu la valeur de 300 Bq/m³ en moyenne annuelle comme valeur de référence en dessous de laquelle il convient de se situer. Lorsque les résultats de mesure dépassent 300 Bq/m³, il est ainsi nécessaire de réduire les concentrations en radon[22].

5.2.5.7. Autres références

En ce qui concerne les $COV_{légers}$ et les COV_{totaux}, la société Azimut monitoring a défini des seuils auxquels il convient de comparer les teneurs moyennes journalières sur la période d'exposition. Le seuil n°3 correspond au seuil d'inconfort et d'irritabilité (tableau 12).

Ces seuils ont été définis suite à la réalisation de nombreuses études de terrain et à l'analyse statistique des résultats obtenus. Pour les $COV_{légers}$, les seuils ont été établis en prenant en compte la valeur guide de 30 µg/m³ applicable au 1er janvier 2015 pour le formaldéhyde. Pour les COV_{totaux}, les seuils sont proposés par Azimut monitoring selon les informations disponibles dans la littérature sur l'impact sanitaire potentiel des COV_{totaux} dans l'air intérieur. Les seuils sont présentés dans le Tableau 13 uniquement à titre indicatif.

Composés	Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3 d'inconfort et d'irritabilité
COV légers	20 µg/m³	40 µg/m³	60 µg/m³
COV totaux	700 µg/m³	1500 µg/m³	3000 µg/m³

Tableau 13 : Seuils définis pour les COV Légers et les COV totaux

5.2.6. Données comparatives

Des mesures ont été réalisées au niveau national dans des ERP de type écoles (2013-2017 – multi-paramètres) et écoles et crèches (2009-2011 – uniquement formaldéhyde, benzène et confinement).

5.2.6.1.Campagne nationale écoles de l'OQAI (2013-2017)

L'OQAI a engagé en 2013 une campagne nationale de mesure d'un grand nombre d'indicateurs de qualité de l'air et de confort (cf Tableau 14) dans un échantillon représentatif des écoles maternelles et élémentaires en France (301 écoles enquêtées). Son objectif était de faire un état des lieux de la pollution dans l'air et des poussières des salles de classe ainsi que de décrire les conditions de confort. Deux salles de classe tirées au sort par école ont été instrumentées pendant une semaine de cours, du lundi au vendredi. Des prélèvements d'air et de poussière déposée au sol ont été effectués pour mesurer des substances émises notamment par le mobilier scolaire, les revêtements, les produits d'activités, les produits d'entretien ou provenant de l'environnement extérieur. Les résultats sont présentés dans la Figure 21 .

[21] (2) Anses (2013) Propositions de Valeurs Guides de qualité d'Air intérieur, Dioxyde d'azote (NO_2). Février 2013. Avis et rapport, 143 p
[22] http://www.irsn.fr

Pollution de l'air	Contamination des poussières au sol	Confort et ambiance	Questionnaires
64 polluants recherchés dans l'air : 13 composés organiques volatils (COV) 3 aldéhydes 46 composés organiques semi-volatils (COSV) le dioxyde d'azote (NO_2) les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2,5).	53 polluants recherchés dans la poussière déposée au sol 7 métaux dont le plomb 46 composés organiques semi-volatils (COSV) + Plomb dans les peintures des salles de classe	Température, humidité relative et concentration en dioxyde de carbone (CO2) enregistrées en continu dans les salles de classe pendant la semaine. Bruit, éclairement et champs électromagnétiques.	Des questionnaires ont été complétés par les enquêteurs, les gestionnaires des bâtiments et les enseignants, afin de décrire les caractéristiques des bâtiments, les activités en classe et la perception du confort par les occupants.

Tableau 14: Paramètres recherchés durant la campagne écoles 2013-2017

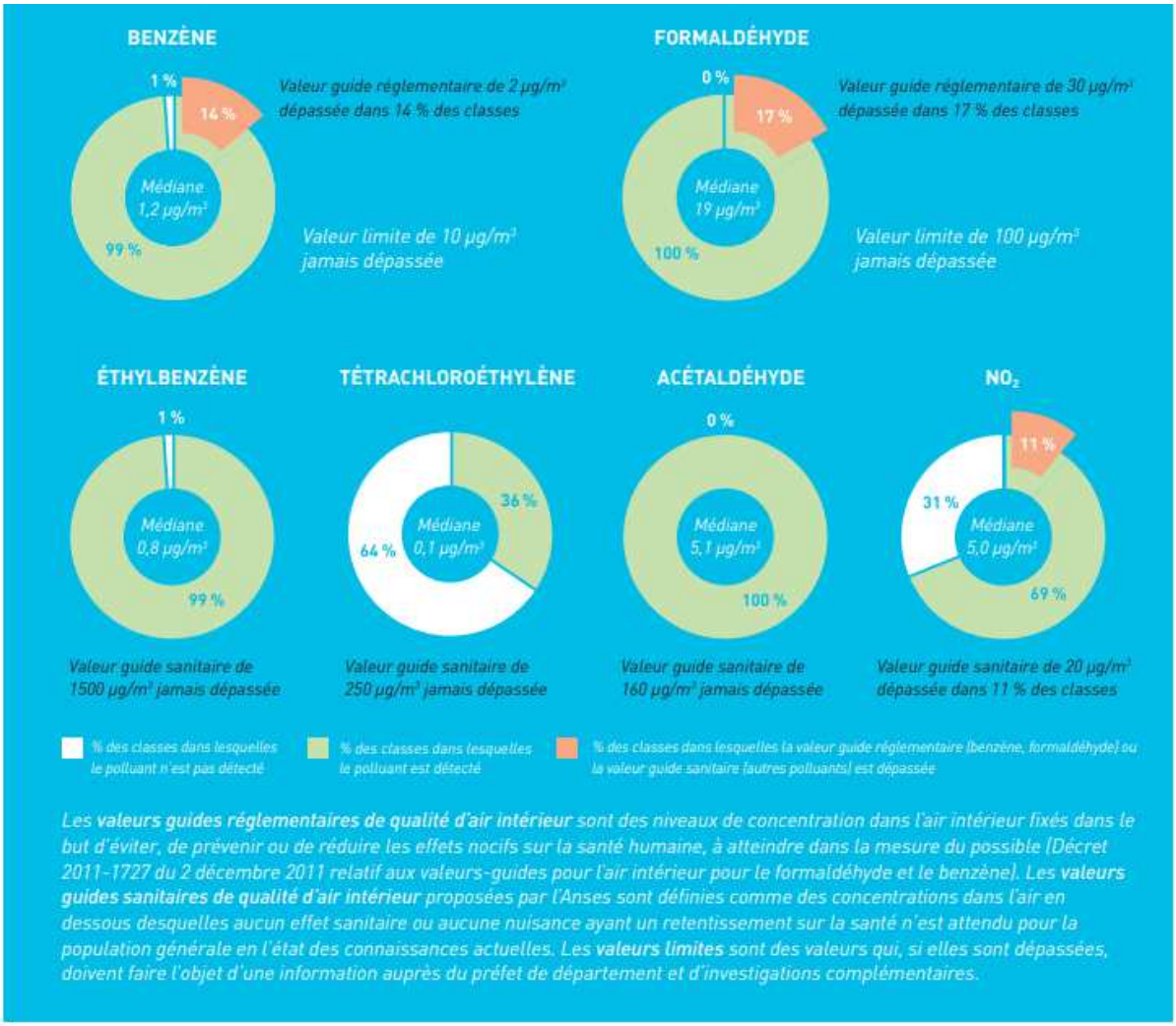

Figure 21 : Fréquence de détection et pourcentages de dépassement des valeurs de référence pour les polluants qui en disposent[23]

[23] Résultats de la campagne nationale de mesure de la qualité de l'air et du confort menée dans 301 écoles maternelles et élémentaires en France par l'OQAI de juin 2013 à juin 2017

Au cours de la même campagne de mesure menée par l'OQAI, 5 % des écoles ont au moins une salle de classe présentant un confinement extrême, à savoir un indice ICONE de 5, valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées selon la réglementation en vigueur. 36 % des écoles ont au moins une salle de classe présentant un confinement très élevé. Les proportions selon le type d'écoles sont présentées sur la figure 23.

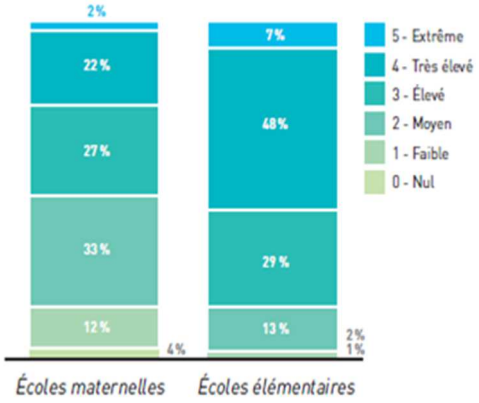

Figure 22 : Valeur de l'indice ICONE la plus élevée par établissement

5.2.6.2. État des lieux de la qualité de l'air dans des écoles (maternelles/élémentaires) et crèches (2009-2011)

Une campagne pilote nationale de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et les crèches françaises a été lancée en 2009 par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) sur une période de 2 ans. Au total, 320 établissements répartis sur l'ensemble du territoire ont été concernés par une première phase, durant une semaine d'enseignement, à raison de deux saisons (été et hiver).

Données nationales FORMALDEHYDE (FA) :

	Répartition des **MOYENNES** annuelles		Répartition des **MOYENNES** annuelles	
FA (µg/m³)	à l'échelle de l'**ETABLISSEMENT**		à l'échelle de chaque **PIECE**	
0 à ≤ 10	18,4%	**89,4%**	19,6%	**87,8%**
10 à ≤ 30	71,0%		68,2%	
30 à ≤ 50	9,0%	**10,6%**	10,3%	**12,2%**
50 à ≤ 100	1,6%		1,9%	
> 100	0,0%	**0,0%**	0,0%	**0,0%**

Données nationales BENZENE (BE) :

	Répartition des **MOYENNES** annuelles		Répartition des **MOYENNES** annuelles	
BE (µg/m³)	à l'échelle de l'**ETABLISSEMENT**		à l'échelle de chaque **PIECE**	
0 à ≤ 2	42,6%	**42,6%**	35,7%	**35,7%**
2 à ≤ 5	56,1%	**57,4%**	63,3%	**64,2%**
5 à ≤ 10	1,3%		0,9%	
> 10	0,0%	**0,0%**	0,1%	**0,1%**

Figure 23 : Répartition des concentrations en formaldéhyde et en benzène par classes de concentrations en moyennes annuelles tous établissements confondus lors de la campagne nationale

	CONFINEMENT AU NIVEAU DES PIECES							
	GLOBAL		CRECHES		MATERNELLES		ELEMENTAIRES	
Icone	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
0	124	13.8%	46	24.6%	37	16.8%	41	8.4%
1	141	15.7%	57	30.5%	51	23.2%	33	6.7%
2	195	21.8%	42	22.5%	67	30.5%	86	17.6%
3	237	26.5%	32	17.1%	43	19.5%	162	33.1%
4	179	20.0%	5	2.7%	20	9.1%	154	31.5%
5	8	0.9%	1	0.5%	0	0.0%	7	1.4%
INV*	12	1.3%	4	2.1%	2	0.9%	6	1.2%
TOTAL	896	100%	187	100%	220	100%	489	100%

INV : données invalides ou indisponibles ne permettant pas le calcul du confinement.

Figure 24 : Répartition de l'indice de confinement à l'échelle des pièces – campagne nationale

Lors de cette campagne, deux polluants prioritaires ont été mesurés : le formaldéhyde et le benzène. En complément, des mesures sur le confinement, déterminé notamment à partir du taux de concentration en CO_2, ont été réalisées. Des audits techniques des bâtiments ont complété ce suivi des indicateurs de qualité de l'air intérieur.

Pour le formaldéhyde et le benzène, seules les moyennes annuelles tous établissements confondus sont disponibles sur l'ensemble de l'échantillon. **Pour l'indice de confinement, une distinction par type d'établissement a été effectuée**.

5.2.7. Résultats des mesures réalisées sur le chantier pilote

5.2.7.1. Paramètres de confort et de confinement

5.2.7.1.1. Température et humidité relative :

Les températures et humidités relatives observées en période d'occupation pour les deux campagnes de mesures sont présentées dans le Tableau 15.

Pour la campagne estivale, les températures mesurées sont élevées et supérieures aux recommandations de l'ADEME. La salle de classe de maternelle présente notamment les plus fortes valeurs. Cela s'explique par des conditions chaudes et ensoleillées à l'extérieur. Deux salles de classe (CM1-CM2 et CE2-CE1) présentent des taux moyens d'humidité supérieurs à 60%.

Sites	Température en °C			Humidité relative en %		
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
Campagne juillet 2018						
Maternelle	24	29,6	**26,8**	44,9	65,2	**54,5**
CM1-CM2	23,6	29	**26,6**	48,3	71,7	**63**
CE2-CE1	18,8	28,2	**24,2**	45,2	82	**61,9**
CP-CE1	23	28,6	**25,9**	45,7	70,1	**57,9**
Extérieur	17,9	39,4	**25,5**	25,3	60,3	**45,7**
Campagne octobre 2018						
Maternelle	20,9	25	**23,2**	45	62,4	**55**
CM1-CM2	19,1	22,2	**24,7**	51,3	71	**62,2**
CE2-CE1	20	24,2	**22,8**	41,4	62,2	**55,3**
CP-CE1	20,8	27,1	**23**	46,1	64,9	**57,6**
Extérieur	5,6	24,6	**16,7**	44,7	94,6	**72,6**

Tableau 15: Statistiques sur la température et l'humidité relative

En comparaison, les taux d'humidité sont globalement plus faibles en octobre qu'en juillet mais la salle de CM1-CM2 présente toujours un taux moyen d'humidité supérieur à 60%. Les températures présentent des

valeurs plus modérées qu'en été mais les quatre salles de classe présentent tout de même une moyenne supérieure à 22°C.

Les données obtenues ont été reportées sur le diagramme de Fauconnier (

).

En raison des températures élevées observées en juillet, aucune des pièces ne se situe dans la plage 4 qui correspond à un bon confort hygrothermique. Certaines pièces se rapprochent même des zones 3 et 4 à éviter en raison des développements potentiels d'acariens et de microchampignons. Pour la campagne d'octobre, trois des pièces se positionnent à l'extrémité de la zone 4. Ce n'est cependant pas le cas de la salle CM1-CM2 en raison des taux d'humidité observés.

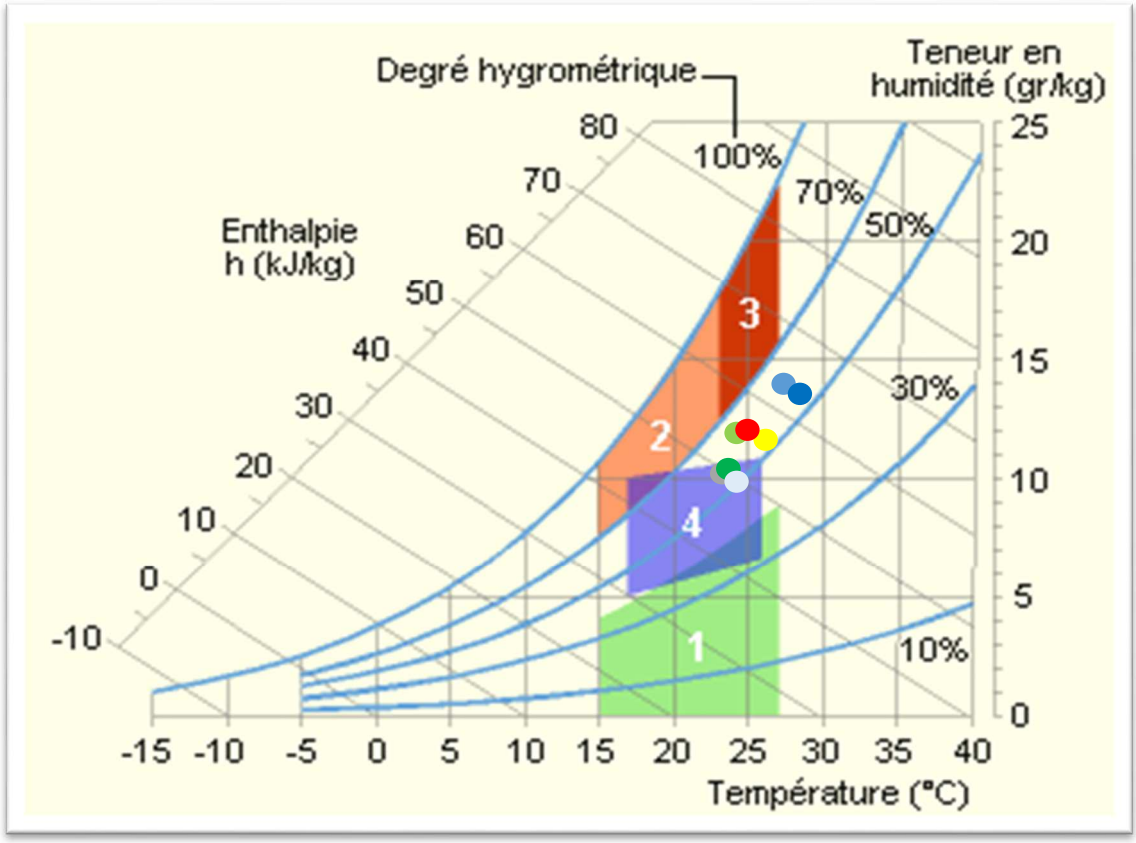

Diagramme de Fauconnier :		
1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.	Maternelle-juillet 2018	
	CM1-CM2-juillet 2018	
2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.	CE2-CE1-juillet 2018	
	CP-CE1-juillet 2018	
3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.	Maternelle-octobre 2018	
	CM1-CM2-octobre 2018	
4 : Plage de confort hygrothermique	CE2-CE1-octobre 2018	
	CP-CE1-octobre 2018	

Figure 25 : Représentation des moyennes de température et humidité relative dans le diagramme de Fauconnier.

5.2.7.1.2. Taux de confinement :

Le Tableau 16 présente les indices de confinement obtenus à partir des mesures de dioxyde de carbone dans les pièces en période d'occupation.

Pour juillet 2018, le renouvellement d'air est satisfaisant dans l'ensemble des pièces hormis pour la salle de CM1-CM2 qui présente un indice de 3. A noter que les salles de classe étaient assez peu occupées et fréquemment ouvertes pendant la campagne de mesure en raison de la chaleur, ce qui a favorisé le renouvellement d'air.

Pour la campagne d'octobre, le confinement reste faible dans la salle maternelle. Cela s'explique par le fait que cette salle accueille peu d'enfants. La salle de CP-CE1 présente comme pour juillet un renouvellement d'air satisfaisant favorisé par le volume important de la pièce (hauteur de plafond élevée). **Le renouvellement d'air le plus dégradé est observé dans la salle CM1-CM2 qui présente un indice de 4 sur 5 puis dans la salle de CE2-CE1 avec indice de 3 sur 5.** Il convient pour un indice de 4 « d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant les périodes d'occupation ».

La Figure 26 présente l'évolution des concentrations en dioxyde de carbone dans la salle de CM1-CM2 pendant la campagne de mesure.

En fonction des journées et de l'aération de la pièce, les niveaux de CO_2 dépassent très rapidement le seuil de 1700 ppm et ce, quasiment dès l'arrivée des élèves. Des niveaux parfois très élevés sont atteints comme par exemple pour la journée du vendredi 12 octobre. Il est donc nécessaire d'améliorer l'aération de cette pièce. Un travail de sensibilisation sur le renouvellement d'air dans les écoles est prévu dans le cadre du projet AACT-AIR. A noter que l'humidité étant souvent corrélée au confinement, le mauvais renouvellement de l'air peut très probablement expliquer les niveaux parfois élevés observés pour ce paramètre dans cette pièce.

Sites	Indice de confinement	Nature du confinement
Campagne juillet 2018		
Maternelle	1	Faible
CM1-CM2	3	Elevé
CE2-CE1	2	Moyen
CP-CE1	1	Faible
Campagne octobre 2018		
Maternelle	1	Faible
CM1-CM2	**4**	**Très élevé**
CE2-CE1	3	Elevé
CP-CE1	2	Moyen

Tableau 16: Valeurs obtenues pour l'indice de confinement

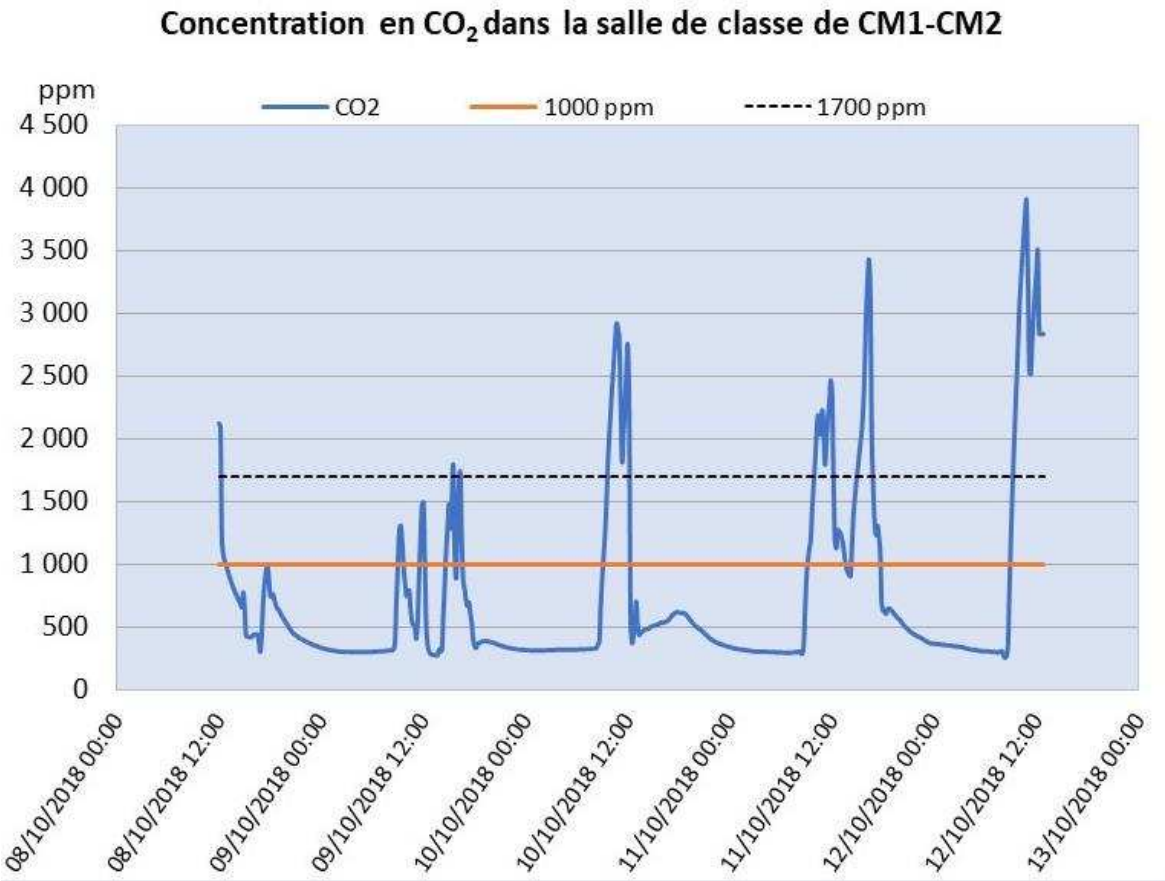

Figure 26 : Evolution de la concentration en CO_2 dans la salle de CM1-CM2.

5.2.7.2. Pour les aldéhydes

5.2.7.2.1. Le formaldéhyde

La Figure 27 présente les concentrations obtenues pour le formaldéhyde dans les salles de classe.

Les valeurs mesurées sont modérées dans l'ensemble des classes. Les niveaux les plus faibles sont observés dans la maternelle. De façon globale, sauf en ce qui concerne la maternelle, les concentrations observées sont plus fortes lors de la campagne de juillet 2018. Cela s'explique par la présence de températures élevées dans les classes qui peuvent favoriser la **formation du formaldéhyde par photochimie**. Pour pouvoir se référer à des valeurs guides long terme, il est recommandé d'effectuer deux séries de prélèvements dans des conditions climatiques contrastées. Cela n'est pas le cas ici (puisqu'il s'agissait de campagnes avant et après rénovation), c'est pourquoi la moyenne sur les deux campagnes n'a pas été effectuée sur le graphique. Cependant, à titre indicatif, la valeur guide de 30 µg/m^3 serait dépassée dans la salle de CP/CE1 qui présente les valeurs les plus fortes (36 µg/m^3 en juillet 2018 et 32,4 µg/m^3 en octobre). A titre de comparaison lors de la campagne nationale OQAI de 2013-2017, cette valeur de 30 µg/m^3 a été dépassée dans 17 % des salles de classe investiguées. **Les valeurs observées dans la salle de classe restent cependant modérées et inférieures à la valeur limite de 100 µg/m³ pour laquelle des actions doivent être entreprises.**

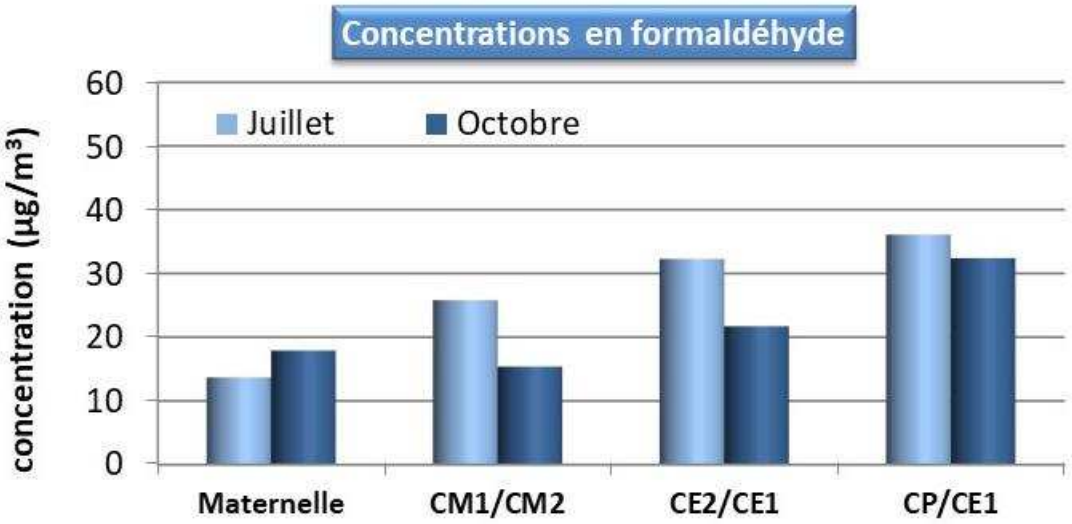

Figure 27 : Concentrations en formaldéhyde obtenues dans les salles de classe.

5.2.7.2.2. Les autres aldéhydes

Le Tableau 17 présente les concentrations obtenues sur les deux périodes pour les différents aldéhydes mesurés :

Sites	Concentration en µg/m³					
	Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Propionaldéhyde	Butyraldéhyde	Benzaldéhyde	Valéraldéhyde
Campagne juillet 2018						
Maternelle	3,2	5,3	2,1	5,3	0,6	0,9
CM1-CM2	7,8	14	3,8	11,1	0,7	2,7
CE2-CE1	6,7	19	3,8	10,5	0,7	2,7
CP-CE1	9,5	13,8	4,9	10,9	2	2,7
Campagne octobre 2018						
Maternelle	4,8	6,5	3,2	6,5	0,9	1,1
CM1-CM2	5,7	7,3	3,3	6,2	0,5	1,3
CE2-CE1	3,8	9,4	3,7	5,8	0,6	1,3
CP-CE1	10,1	12,4	5,1	9,4	1,7	2,6

Tableau 17: Valeurs obtenues pour l'indice de confinement

Les valeurs mesurées pour les aldéhydes sont faibles dans les salles de classe. Les concentrations les plus élevées sont observées pour l'hexaldéhyde, mais elles restent modérées.

5.2.7.2.3. Le benzène

La figure 29 présente les concentrations obtenues pour le benzène dans les différentes pièces ainsi qu'à l'extérieur :

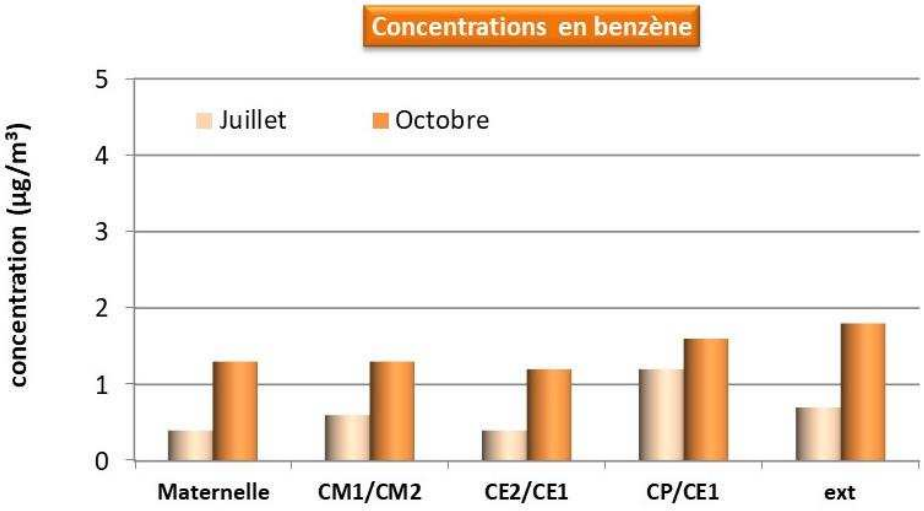

Figure 28 : Concentrations en benzène obtenues dans les salles de classe

Les valeurs mesurées pour le benzène sont faibles. Pour pouvoir se référer à des valeurs guides sur le long terme, il est recommandé d'effectuer deux séries de prélèvements, chacune dans des conditions climatiques contrastées. Cela n'est pas le cas ici, c'est pourquoi la moyenne sur les deux campagnes n'a pas été effectuée sur le graphique. **A titre indicatif, les concentrations moyennes seraient, pour leur ensemble, inférieures à la valeur guide de 2 µg/m³.** Les valeurs à l'extérieur sont sensiblement plus élevées que dans les salles de classe.

5.2.7.2.4. Les autres composés organiques volatils

L'analyse effectuée par le laboratoire a permis de déterminer les composés organiques volatils majoritaires présents dans les écoles pour chaque campagne de mesure. Les résultats sont présentés dans le tableau 17.

Sites	Concentration en µg/m³							
	Acide acétique	**Acétate de n-butyl**	**3-méthyl-hexane**	**Heptane**	**Phenol**	**1-butanol**	**1-meth-oxy-2-propanol**	**Hexaméthyl-cyclotrisiloxane**
Campagne juillet 2018								
Maternelle	**20,2**	0,6	0,1	0,2	1	0,7	-	0,1
CM1-CM2	**30,9**	8	**14,6**	**20,9**	6	**12,2**	-	0,3
CE2-CE1	**35,1**	1,7	0,5	1	1,6	2,5	-	0,4
CP-CE1	**52,7**	1,6	1,2	**10,9**	**15,5**	5,6	-	**20,4**
Campagne octobre 2018								
Maternelle	**20,9**	1,2	0,9	0,3	0,8	1,3	0,1	-
CM1-CM2	**31,1**	1,8	0,8	0,2	1,3	1	0,1	-
CE2-CE1	**26,8**	**16,5**	0,8	0,3	0,9	2,4	6,3	-
CP-CE1	**87,5**	**26**	1,2	0,5	4	8,4	**27,3**	-

Tableau 18: Valeurs obtenues pour les composés organiques volatils majoritaires[24]

[24] Afin de faire ressortir les concentrations les plus fortes, les concentrations supérieures à 10 µg/m3 sont affichées en gras

Les composés organiques volatils présentent globalement des concentrations faibles à modérées.

Le composé présentant les valeurs les plus élevées dans l'ensemble des salles de classe et ce, pour les deux périodes, est **l'acide acétique**. Il est probablement lié à l'utilisation des produits d'entretien. La salle de CP-CE1 présente la concentration la plus élevée (87,5 µg/m³) lors de la campagne de juillet.

Lors de la campagne de juillet, une salle de classe présente des concentrations plus élevées que les autres pour le 3-méthylhexane et l'heptane (qui appartiennent à la famille des alcanes) ainsi que pour le 1-butanol (famille des alcools). Les alcanes sont généralement présents dans les solvants pour colle, les encres, les caoutchoucs et les matières plastiques. Le butanol est un solvant industriel utilisé dans les peintures, les vernis, encres et résine et les solvants de nettoyage. L'accumulation de ces composés peut être liée au mauvais renouvellement d'air dans cette salle de classe et aux fortes chaleurs favorables au relargage des composés présents dans les matériaux. Deux autres composés, le phénol (famille des alcools) et l'hexaméthyl-cyclotrisiloxane, ont quant à eux été retrouvés spécifiquement dans une salle. Le phénol pourrait provenir du sol plastique présent dans la salle, mais il s'agit également d'un composé contenu dans les huiles essentielles présentes dans de nombreux produits d'entretien. L'hexaméthyl-cyclotrisiloxane est utilisée dans les produits d'hygiène et dans certains produits d'entretien (désodorisants d'ambiance, des garnitures pour l'eau de rinçage des toilettes ou pour des billes ou sphères pour toilettes).

Lors de la campagne d'octobre, du **1-methoxy-2-propanol a été mesuré à une concentration de 27 µg/m³** dans une salle de classe. Ses sources en air intérieur sont les peintures, les vernis, les laques, les cosmétiques. Sa source la plus probable dans la pièce concernée serait liée à la réalisation de travaux de rénovation effectués au niveau de l'ancien bloc sanitaire se trouvant juste en-dessous de cette salle de classe.

5.2.7.2.5. Suivi dynamique des COV

Le suivi dynamique des COV a été réalisé par l'intermédiaire d'une balise Fireflies (valeurs indicatives) dans la salle de classe de CE1/CE2. Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des COVlégers et des COVtotaux pour les deux campagnes de mesure.

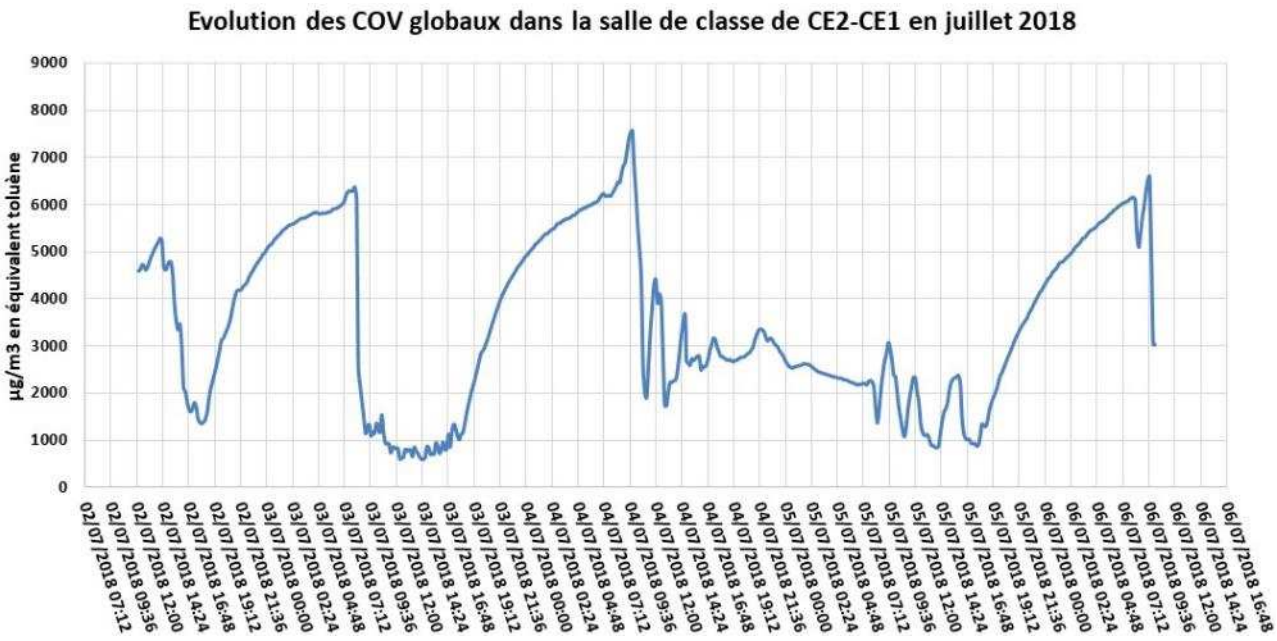

Figure 29 : Evolution des concentrations en COV globaux en juillet 2018

A plusieurs reprises au cours de la semaine de juillet, une augmentation des concentrations en composés organiques volatils est observée au cours de la nuit. Dès la fermeture des fenêtres et à la suite des activités ménagères après les cours, une augmentation en composés organiques volatils est observée jusqu'à atteindre des niveaux parfois importants et largement supérieurs au seuil d'irritabilité défini par le constructeur de la balise Fireflies (Azimut Monitoring). Selon le constructeur, ce seuil a été établi selon les informations disponibles dans la littérature, la comparaison est donc effectuée à titre indicatif. Pour les $COV_{légers}$, les niveaux mesurés sont faibles et évoluent peu au cours de la journée.

L'augmentation des concentrations en composés organiques volatils pendant la nuit suite aux activités ménagères est également observée en octobre 2018. Cependant, contrairement à juillet 2018, les fenêtres ne sont pas systématiquement ouvertes le matin, ce qui ne permet pas toujours de faire baisser les concentrations. Par ailleurs, certaines activités dans la salle de classe provoquent également une augmentation des niveaux qui s'ajoutent à ceux déjà présents. De ce fait, les valeurs dans la salle de classe sont le plus souvent élevées et supérieures aux seuils définis. Pour les $COV_{légers}$, les valeurs mesurées sont plus faibles et évoluent peu au cours de la journée.

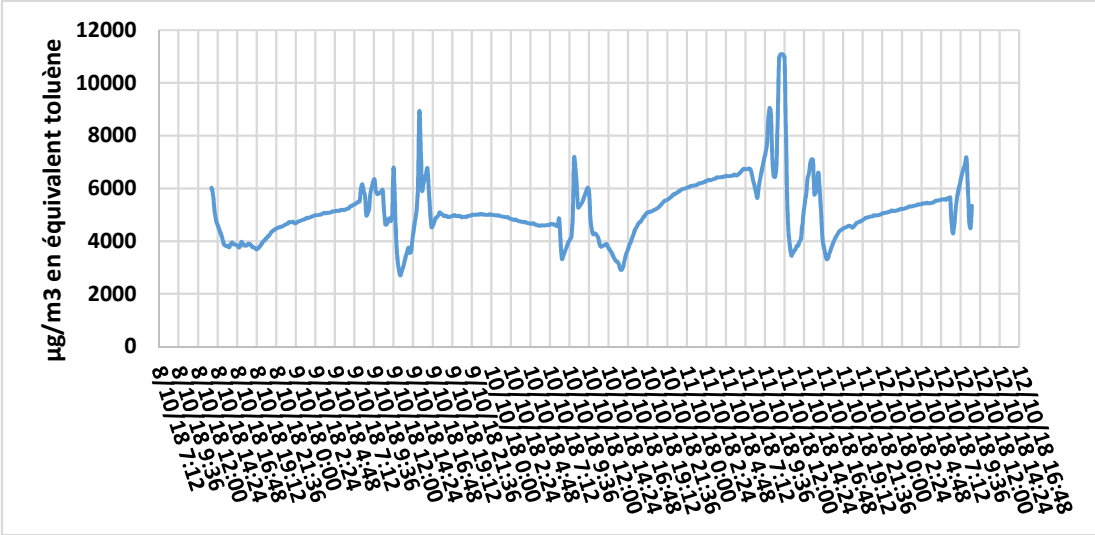

Figure 30 : Evolution des concentrations en COV globaux en octobre 2018

L'augmentation des concentrations en composés organiques volatils pendant la nuit suite aux activités ménagères est également observée en octobre 2018. Cependant, contrairement à juillet 2018, les fenêtres ne sont pas toujours ouvertes le matin ce qui ne permet pas toujours de faire baisser les concentrations. Par ailleurs, certaines activités dans la salle de classe provoquent également une augmentation des niveaux qui s'accumulent à ceux déjà présents. De ce fait, les valeurs dans la salle de classe sont le plus souvent élevées et supérieurs aux seuils définis. Pour les COV légers (non représentés sur le graphique ci-dessus), les valeurs mesurées sont plus faibles.

5.2.7.3. Le dioxyde d'azote

La Figure 31 présente les concentrations obtenues pour le dioxyde d'azote dans les différentes pièces ainsi qu'à l'extérieur :

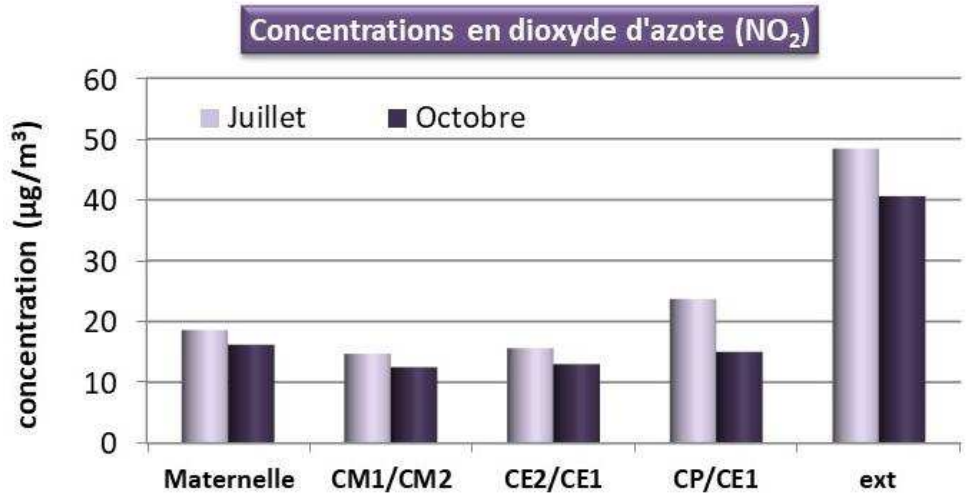

Figure 31 : Concentrations obtenues pour le dioxyde d'azote

Les concentrations dans les salles de classe restent modérées et à titre indicatif, les moyennes sur les deux campagnes ces dernières seraient inférieures à la valeur guide de 20 µg/m^3. Les valeurs obtenues à l'extérieur sont beaucoup plus élevées en lien avec le trafic routier. Le transfert du polluant vers les salles de classe est donc limité. Au vu des niveaux observés, une vigilance est cependant à avoir en ce qui concerne les heures d'ouverture des fenêtres qui sont à dissocier des heures de trafic routier.

5.2.7.4. Le radon

Le potentiel radon sur la commune d'Épinal est de catégorie 3. A ce titre, l'école est concernée par la réglementation radon dans les ERP. A noter que les mesures effectuées dans l'école sont indicatives et ne substituent pas à cette réglementation qui doit faire l'objet d'un suivi spécifique. L'activité volumétrique s'élève respectivement à 55 Bq/m^3 pour la salle de classe de CM1/CM2 et 34 Bq/m^3 pour la salle de CE1/CP. Ces valeurs sont largement en deçà du seuil de 300 Bq/m^3.

5.3. Proposition d'une démarche de gestion intégrée

Le suivi du chantier et les rencontres successives avec les usagers pendant les campagnes de mesures ont confirmé la nécessité de mettre en œuvre une gestion intégrée de la qualité de l'air intérieur lors des opérations de rénovation et de travaux récurrents dans les bâtiments publics, notamment dans les écoles. Plusieurs outils ont ainsi été élaborés, afin de faciliter d'une part les échanges entre usagers et propriétaires, d'autre part d'éclairer le choix des collectivités lors de la consultation des entreprises effectuant les travaux. Ces trois outils sont les suivants :

- Procédure d'information des usagers avant travaux pour anticiper les impacts des travaux,
- Procédure de gestion d'une situation de défaut de qualité de l'air intérieur pour éviter qu'une situation ne prenne trop d'ampleur,
- Intégrer la qualité de l'air intérieur dans les marchés publics via des clauses spécifiques.

Les deux premiers items (les procédures) relèvent des relations entre propriétaire et usagers d'un bâtiment public ; les deux consistent à instaurer un climat de confiance par le dialogue (et l'écoute) entre usagers d'un bâtiment et propriétaire(s). Les deux procédures sont différenciées ci-après selon qu'il s'agit de :

- Prévenir de travaux à venir (dans l'école) : « Plan d'information en cas de travaux »
- Gérer un signalement de nuisances (olfactives, allergique, respiratoires…): « Procédure de signalement ».

Il est important, en parallèle ou complément de ces procédures :

- De communiquer sur leur mise en place ;
- De mettre éventuellement en place une démarche de concertation avec les parties prenantes (notamment en cas d'impossibilité de résoudre le problème signalé) ;
- De considérer que chaque situation représente une opportunité de valoriser le rôle des agents techniques.

Le dernier item relève de la commande publique : un guide destiné aux maîtres d'ouvrage publics a été élaboré, proposant des clauses simples à insérer dans les marchés publics en vue d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics, spécifiquement dans les écoles.

5.4. Proposition d'un plan d'information en cas de travaux

Ce plan d'information est destiné aux maîtres d'ouvrage ; il est proposé dans une école par la Communauté d'Agglomération d'Épinal (CAE) comme outil d'appui afin de faciliter le processus de communication.

5.4.1. Situation concernée

Ce plan d'information est destiné aux maîtres d'ouvrage publics, majoritairement les communes ; il est proposé comme outil d'appui afin de faciliter le processus de communication entre propriétaires (effectuant les travaux) et les usagers du bâtiment.

La situation concernée est celle où la commune (maître d'ouvrage)) a programmé des travaux dans une école. Ces travaux auront forcément un impact, plus ou moins fort, sur les usagers (enseignants, élèves, agents d'entretien…), avant, pendant et/ou après la phase travaux, aussi bien en termes de qualité de l'air

intérieur (risques de poussières, d'odeurs, etc.) que d'usage du bâtiment (cartons à préparer, mobilier à couvrir, etc.).

Plus l'information sera partagée en amont et mieux les éventuelles gênes occasionnées seront acceptées par les usagers. La possible baisse de la qualité de l'air intérieur liée aux travaux sera ainsi mieux supportée.

En effet, l'Institut de veille sanitaire indique dans son guide de 2010[25] qu' « une situation de crise engendre un stress important dans la population et les acteurs directement impliqués. De ce fait, la capacité du public à comprendre et retenir les messages est diminuée de 80 % ». Autant fournir en amont le maximum d'informations utiles pour éviter qu'une situation de gêne ne dégénère.

Aussi, il est proposé aux communes qui envisagent de réaliser des travaux dans les écoles de mettre en place un processus d'information continue dès l'amont : prévenir du démarrage pour pouvoir anticiper (mise en cartons, notamment), informer au fur et à mesure de l'avancement (et des éventuels retards), indiquer que les travaux sont terminés et rester attentif après les travaux afin de détecter une éventuelle gêne.

Le temps nécessaire à la préparation et à l'envoi de ces informations peut être rébarbatif. Il faut se souvenir *qu'a contrario*, c'est du temps gagné en évitant des difficultés pendant et/ou après travaux, à un moment où cela n'est plus prévu dans charge du service, et où cela est d'autant plus difficile à gérer.

5.4.2. Plan d'information proposé

Il est issu d'un outil qualité : la **méthode du questionnement QQOQCCP** (Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi). C'est un outil d'aide à la résolution de problèmes basé sur une liste quasi exhaustive d'informations sur la situation. Il permet ainsi de contrôler que toutes les informations utiles soient transmises à l'ensemble des acteurs concernés. Il doit être communiqué en amont de la réalisation des travaux.

Les informations à faire figurer dans un document (type fiche), présentées en annexe 7, qui pourrait être intitulé « Plan d'information en cas de travaux » et pourra être réitéré pour tout ou partie après la réalisation des travaux. Les recommandations qui y figurent sont proposées à titre indicatif et incitatif.

5.5. Proposition d'une procédure de « gestion de crise »

5.5.1. Premières démarches

Cette procédure, destinée aux élus, est un outil proposé par la CAE afin de prévenir une éventuelle « situation de crise » liée à une mauvaise qualité de l'intérieur dans des bâtiments gérés par la collectivité (Commune, Communauté d'Agglomération, …) et d'en faciliter la gestion. Les nuisances peuvent être les suivantes : irritations, nuisances olfactives, réactions allergiques, sensation d'oppression, etc.

Il s'agit d'améliorer la qualité du dialogue entre les acteurs face à une situation potentiellement problématique et source de conflit, en prenant soin de favoriser le dialogue avec les usagers et d'informer de la réponse apportée. Le but *in fine* est de **rassurer quant à la bonne prise en compte du signalement et aux actions mises en œuvre pour résoudre le problème le cas échéant**.

La démarche consiste à :

- Anticiper pour prévenir une situation de crise en attendant la plainte ;
- Diagnostiquer l'origine de la problématique (par exemple : visite sur site, pose d'appareils de mesure, …) ;
- Répondre à la demande (par exemple : retour d'information, explications pratiques et rationnelles de l'origine de la nuisance, actions correctives éventuelles, etc.).

La démarche proposée consiste à éviter la confusion créée par le ressenti des usagers face à un défaut de qualité d'air intérieur et à faire exprimer de la façon la plus pragmatique possible la plainte de l'usager,

[25] Kermarec F, Heyman C, Dor F. Guide pour le diagnostic et la prise en charge des syndromes collectifs inexpliqués. Saint-Maurice. Institut de veille sanitaire, août 2010, 102 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr

telle qu'exprimée dans le Guide Diagnostic et prise en charge des syndromes collectifs inexpliqués de l'InVS[26] :

« Appel, plainte et demande

Une demande claire est généralement l'aboutissement d'un processus qui a démarré par la formulation d'un appel, puis par l'expression d'une plainte. Un appel n'est pas forcément formulé par la parole (« au secours », « à moi »). La plainte, elle, est formulée mais reste indéfinie (« je ne vais pas bien mais je ne sais pas pourquoi », « ça ne sent pas bon »). De plus, la plainte du gestionnaire qui sollicite les autorités sanitaires (demande institutionnelle) peut être différente de l'appel des patients qui souffrent (demande subjective). Cette différence peut être particulièrement marquée dans les contextes professionnels, dans lesquels il existe un lien de subordination entre le patient et le gestionnaire. »

L'objectif est de proposer une fiche navette permettant de formaliser la difficulté, qu'elle relève de l'appel, de la plainte ou de la demande, c'est-à-dire quel que soit l'état d'avancement dans l'identification de la « souffrance ».

Le paragraphe 5.5.2 présente les informations à faire figurer :

- Dans un document (type fiche) affiché en permanence et qui pourrait être intitulé « Procédure en cas de signalement » ;
- Dans un document spécifique (en cas de signalement) qui pourra être réitéré à mesure qu'une solution est recherchée et/ou trouvée.

Des recommandations sont proposées à titre indicatif afin de faciliter la résolution du problème.

Situation concernée :

La procédure proposée concerne les situations où des enseignants, directeurs, élèves, agents d'entretien, ressentent un malaise à l'intérieur des locaux de l'école (allant de l'odeur désagréable ou persistante aux manifestations plus handicapantes), qu'il y ait eu réalisation antérieure ou non de travaux. L'objectif de donner les moyens de remonter l'information de la façon la plus factuelle et constructive possible afin que le propriétaire puisse en avoir rapidement et efficacement connaissance en vue de proposer des solutions.

5.5.2. Support d'information permanente (affiche apposée dans l'établissement)

Il est important que l'information générique soit visible du plus grand nombre au sein de l'établissement pour signaler à qui s'adresser et de quel moyen. Ainsi, une affiche peut être le format adapté, à condition qu'elle soit apposée de façon visible par les usagers du bâtiment.

Cette affiche gagnera à être actualisée à chaque rentrée scolaire. ☞ cf. affiche proposée en annexe 8

5.5.3. Procédure proposée

Lorsqu'une « plainte » pour défaut de qualité d'air intérieur est adressée au maître d'ouvrage, il s'agit de la traiter. La procédure (Tableau 19) détaille les différentes étapes proposées chronologiquement pour informer l'usager que sa souffrance est entendue et que des moyens vont être déployés pour y remédier autant que faire se peut.

[26] InVS : Institut de Veille Sanitaire ; agence sanitaire française ayant existé entre 1998 et 2016, date à laquelle l'institut est remplacé par l'agence nationale de santé publique. Il s'agit d'un établissement public français rattaché au ministère de la Santé, reposant sur un ensemble de structures permettant la surveillance, l'information et la prévention en cas de risques sanitaires.

Phase	Description	Conséquence / action engagée	Conditions de bon fonctionnement
1. Identification	Éléments permettant d'identifier la problématique dans le cadre de l'usage d'un lieu	Signalement avec descriptif si possible exhaustif, à partir de la fiche navette	La fiche navette (vierge) doit être remise aux établissements scolaires. Elle doit être actualisée à chaque fois que la personne référente dans la collectivité change afin de transmettre les bonnes coordonnées, notamment son mail
2. Réception	Prise en compte du phénomène identifié et signalé (en phase 1)	Accusé de réception avec indication de délai de réponse prévisionnel et identification de la personne référente [contact + coordonnées]	Le délai annoncé doit être suffisamment court pour rassurer, mais être cohérent avec les possibilités du service qui reçoit la fiche navette : o Un accusé de réception dans les 72 h o Premier contact téléphonique dans les 8 jours suivants l'AR
		Entretien téléphonique	D'une part, pour vérifier les informations fournies lors du signalement D'autre part, pour consigner les informations relatives au signalement et recueillir les informations relatives au contexte dans lequel le signalement émerge : o Combien de cas ? o Quels symptômes ? o Depuis combien de temps ? o Où ?
		Demande éventuelle d'éléments complémentaires	Recueillir les informations relatives au contexte : o Historique de la situation o Hypothèses ayant cours (rumeurs) o Ambiance sociale et générale o Quelles instances ont éventuellement été sollicitées
		Identifier à quelle question il va falloir répondre : o Que peut-on faire pour stopper les phénomènes observés ? o Comment peut-on les expliquer ?	
3. Diagnostic & actions correctives	Explications des causes possibles Actions correctives envisagées et délai attenants	Visite sur site	La visite peut être faite selon 2 modalités : o Dans un délai très rapide (selon les recommandations de l'InVS) (1) dans le cas de manifestations sérieuses et/ou nombreuses o Dans un délai moins urgent, après avoir compilé les informations relatives au site (plans, travaux éventuels, historique des campagnes de mesures déjà réalisées…) et fait un premier point téléphonique avec le responsable du site si les manifestations signalées ne sont pas inquiétantes et/ou nombreuses
		Installation d'outils diagnostics	Deux possibilités sont envisageables : o Vérification préalable de la situation qualité de l'air intérieur du bâtiment via les appareils à disposition (CAE) o Mesures COFRAC
		Réunion d'échange, voire processus de concertation des parties prenantes	o Reformuler la demande liée au signalement o Restituer les premiers constats o Identifier les leviers possibles o Présenter la poursuite
4. Résolution du problème	Restitution	o Diagnostic o Moyens mis en œuvre o Réponse(s) technique(s) mise(s) en œuvre	

Tableau 19 : Phases de prise en compte de la plainte d'un usager

(1) Le guide Diagnostic et prise en charge des syndromes collectifs inexpliqués de Santé Publique France conseille que « la visite des locaux [soit] réalisée dans les meilleurs délais, si possible dans les deux jours suivant le signal sanitaire, pour des raisons à la fois technique et psychosocial » et poursuit :« […] aller sur le terrain rend explicite le fait que la situation signalée est prise au sérieux par les autorités et que la demande d'appui ou d'expertise a bien été prise en compte, dans un contexte qui peut être anxiogène aussi bien pour les personnes présentant des symptômes que pour celles qui s'estiment exposées à un risque sanitaire. En effet, au-delà de l'expertise technique, la visite du site a aussi un impact psychologique. Elle sert à éliminer les diagnostics différentiels mais aussi à rassurer. »

☞ cf. Fiche navette de signalement proposée en annexe 9

5.5.3.1. Premier entretien et visite sur site

Le premier entretien, qu'il soit physique ou téléphonique, permet de collecter les informations contextuelles : éléments physiques, temporalité, éventuelles modifications dans les usages et l'environnement du bâtiment. Il est en effet indispensable que la personne à l'origine du signalement ne ressente pas l'obligation de communiquer la totalité des éléments dès la première étape pour éviter que le signalement ne soit trop chronophage et fastidieux. Le fait de remplir la fiche navette doit au contraire être un acte de soulagement et non une tâche supplémentaire.

La visite sur site est l'occasion de s'assurer du bon fonctionnement des moyens de ventilation et d'aération des locaux.

Le guide diagnostic simplifié des installations de ventilation dans les écoles proposé dans le guide Ecol'air est un support utile.

☞ cf. Check-list du maître d'ouvrage proposée en annexe 10
☞ cf. Guide diagnostic simplifié des installations de ventilation dans les écoles, Ecol'air

5.5.3.2. Moyens techniques pouvant être mobilisés

La Communauté d'Agglomération dispose des instruments de mesure suivants, pouvant être mis à disposition des communes du territoire qui en font la demande à la suite d'un signalement. Ces appareils ne remplacent pas des mesures COFRAC mais permettent d'obtenir des indications, par l'analyse des enregistrements, sur la présence de pollution intérieure et de tenter d'expliciter les causes.

- Une balise Fireflies® permettant d'enregistrer toutes les 10 minutes les paramètres suivants :
  - Température,
  - Humidité relative
  - Bruit émis (dBA)
  - Taux de CO_2
  - $COV_{légers}$
  - COV_{totaux}
  - Particules fines

- Un épurateur d'air City S connect de Camfil, pouvant être piloté à partir d'un RAMOOOX[27] permettant de filtrer l'air intérieur et d'abaisser la teneur en polluants le temps d'identifier une solution. Cet appareil filtre l'air ambiant (filtre moléculaire H13). Il a été testé en milieu scolaire, combiné à un RAM000X, dans une classe dont le taux de COV_{totaux} était trop élevé de façon permanente. Son usage a permis d'abaisser de façon efficace le taux de COV_{totaux}, le temps d'identifier la source de pollution (stockage de colles et peintures dans la pièce adjacente, non ventilée) et de vérifier les entrées d'air (dont le débit était insuffisant). Il a permis de rassurer les enseignants pendant le temps nécessaire aux investigations.

- Des indicateurs de taux de CO_2 avec affichage continu et alerte en cas de dépassement permettant d'améliorer le renouvellement d'air par aération.

[27] RAM000X : appareil similaire à la balise Fireflies® permettant l'enregistrement de paramètres toutes les 15 minutes (température, humidité relative, COVtotaux, particules fines).

5.5.4. Et ensuite ?

Le constat fait sur le territoire depuis plusieurs années est qu'une fois le signalement « entendu » et les premières investigations menées (visite du bâtiment, recherche de l'historique, pose d'appareils de mesures), les manifestations s'amoindrissent, voire disparaissent. Il est cependant nécessaire de ne pas ignorer la situation, sous prétexte que les souffrances ont, au moins partiellement, disparu et de chercher à résoudre le problème.

Dans la majorité des cas, des solutions simples sont mises en place :

- L'amélioration de pratiques d'aération adaptées aux locaux ET de l'usage qui en est fait ;
- L'éloignement de la zone de stockage des produits d'entretien ou de matériel scolaire (peintures, colles…) ;
- La modification (agrandissement) des entrées d'air frais sur les menuiseries voire la création d'entrées d'air ;
- Le détalonnage des menuiseries intérieures.

Plus rarement, il est nécessaire de recourir à :

- La pose d'une VMC ;
- La dépose d'un équipement polluant.

Dans la majorité des cas, il n'est pas utile de réitérer les phases de concertation avec les usagers. Prévoir une période de vérification dans les mois suivants suffit.

En revanche, certaines situations nécessitent des investigations plus poussées telles que :

- Prise en charge médicale individuelle avec des investigations cliniques (analyse des conditions d'occupation des locaux, métrologie des expositions, épidémiologie) ;
- Investigation épidémiologique ;
- Investigations psychosociales.

Et/ou l'intervention d'experts.

5.6. Élaboration d'un guide à l'usage des maîtres d'ouvrage

Nous avons présenté une procédure de gestion en cas de problématique de qualité de l'air intérieur. L'idéal pour une collectivité est bien évidemment de ne pas avoir à gérer ce type de difficulté. Si l'usager a toute sa place dans la gestion de la qualité de l'air, le maître d'ouvrage peut également agir en amont, en choisissant les produits et/ou équipements qui permettent le respect de la qualité de l'air intérieur.

Or, les collectivités sont souvent démunies face au recours de clauses environnementales dans les marchés publics. Afin de leur faciliter l'intégration de la qualité de l'air intérieur dans les marchés, la Communauté d'Agglomération d'Épinal, en partenariat avec ATMO Grand Est et le cabinet juridique ACD, propose un guide permettant d'insérer des clauses en vue de favoriser une qualité d'air intérieur optimale.

Ce guide comprend des clauses types pouvant être insérées dans les marchés pour permettre une meilleure qualité d'air dans les bâtiments lors de commandes publiques relatives aux :

- Travaux récurrents réalisés dans les écoles tels que réfection de peinture, revêtements de sols, etc. ;
- Achats de mobilier, fournitures scolaires, produits d'entretien.

5.6.1. Méthodologie

5.6.1.1. Définition du cadre juridique

L'article L221-10 du Code de l'Environnement (créé par la LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement) dispose que « *Les produits de construction et d'ameublement ainsi que les revêtements muraux et de sol, les peintures et vernis qui émettent des substances dans l'air ambiant sont soumis à* ***une obligation d'étiquetage*** *des polluants volatils à partir du 1er janvier 2012 ».*

L'Annexe I D de l'Arrêté du 19 avril 2011 -NOR: DEVL1104875A) prévoit un étiquetage selon des seuils limites des concentrations d'exposition (en µg.m³) et classes correspondantes (

Tableau 20).

CLASSES	C	B	A	A+
Formaldéhyde	> 120	< 120	< 60	< 10
Acétaldéhyde	> 400	< 400	< 300	< 200
Toluène	> 600	< 600	< 450	< 300
Tétrachloroéthylène	> 500	< 500	< 350	< 250
Xylène	> 400	< 400	< 300	< 200
1,2,4-Triméthylbenzène	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
1,4-Dichlorobenzène	> 120	< 120	< 90	< 60
Ethylbenzène	> 1500	< 1500	< 1000	< 750
2-Butoxyéthanol	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
Styrène	> 500	< 500	< 350	< 250
COVT	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000

Tableau 20 : Classes de l'étiquetage

L'étiquetage correspondant est graphiquement défini par l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquette apposée sur les produits (Figure 32).

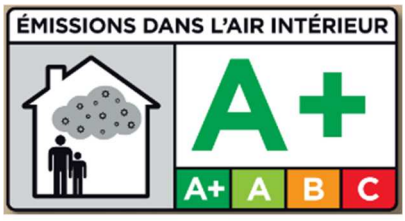

Figure 32 : Étiquette apposée sur les produits concernés (exemple de l'étiquette A+)

Il s'agit du référentiel réglementaire français.

En parallèle de cet étiquetage réglementaire, il existe des labels volontaires créés par des opérateurs publics ou privés, qui permettent de renseigner les utilisateurs sur d'autres impacts environnementaux des produits (Tableau 23).

Le Code de la commande publique permet aux acheteurs d'imposer, dans les spécifications techniques, les critères d'attribution ou les conditions d'exécution d'un marché, à l'opérateur économique qu'il détienne un label particulier si ce dernier remplit certaines conditions (R2111-14 et suivants).

Label et logo	Principaux produits concernés	Quelques polluants mesurés	Durée au bout de laquelle l'émission est évaluée
Natureplus	Revêtements de sols, Peintures, Vernis.	Les émissions de Composés Organiques Volatils (COV), Semi Volatils (COSV) et de certaines substances dangereuses particulières (formaldéhyde par exemple) ne doivent pas excéder des valeurs maximales.	28 j
Ecolabel européen	Peintures, vernis	La concentration en composés organiques volatils (COV) et semi-volatils (COSV) dans le produit fini est limitée (entre 10 et 80 g/l en fonction du type de peinture)	
Ecolabel européen	Revêtements de sols,	COVT COSVT (semi-volatil) formaldéhyde **Uniquement pour les revêtements sol bois**	28 j
EMICODE EC 2 Faibles émissions EC 1 Très faibles émissions EC 1 PLUS Très faibles émissions PLUS	Produits de pose pour revêtements de sols (colles, mortiers, enduits..), vernis de parquet	COVT formaldéhyde acétaldéhyde Composés cancérigènes	3 j + 28j
GUT	Revêtement de sols textiles	COVT COSVT formaldéhyde, Acétaldéhyde, toluène, styrène, éthylbenzène, 1,4-dichlorobenzène, tétrachloroéthylène	3j + 28j
NF Environnement Peintures	Peintures, vernis et produits connexes	La concentration en composés organiques volatils (COV) dans le produit fini est limitée (entre 30 et 200g/l en fonction du type de peinture).	
Indoor Air comfort (standard et GOLD)	MULTI PRODUITS : revêtements de sols, produits d'isolation, peintures, vernis, colles, adhésifs, mastics…	COVT Formaldéhyde, Acétaldéhyde, Composés cancérigènes	28 j

Tableau 21 : Principaux labels de qualité

D'une part, le label utilisé doit présenter les caractéristiques suivantes :

- Il est établi au terme d'une procédure ouverte et transparente ;
- Il repose sur des critères objectivement vérifiables et non-discriminatoires ;
- Ses conditions d'obtention sont fixées par un tiers sur lequel l'opérateur économique qui demande son obtention ne peut exercer d'influence décisive et sont accessibles à toute personne intéressée.

D'autre part, les caractéristiques certifiées par ce label doivent :

- Présenter un lien avec l'objet du marché ;
- Permettre de définir les travaux, fournitures ou services qui font l'objet du marché.

Dans le cadre d'un marché public, l'acheteur qui exige un label particulier doit accepter tous les produits portant un label ayant les mêmes caractéristiques que celles exigées dans le cadre du marché (en indiquant la mention « nom du label ou équivalent »).

Le Tableau 21 recense, de manière non exhaustive, les principaux labels liés à la qualité de l'air intérieur pour les matériaux de construction sur le marché français.

5.6.1.2. Définition des possibilités techniques et juridiques

C'est au moment de la consultation que la qualité de l'air intérieur doit être prise en compte. Conformément aux articles R2111-4 et suivants du Code de la Commande publique, l'acheteur peut, selon le niveau de qualité environnementale qu'il désire, intégrer **dans son CCTP**[28] un certain nombre de clauses en rapport avec les aspects du développement durable qui sont à intégrer dans un paragraphe spécifique intitulé "spécificité(s) technique(s) en matière de développement durable".

Il existe deux moyens pour intégrer des critères spécifiques à la qualité de l'air intérieur dans les marchés publics : inciter ou imposer.

Inciter : En demandant à ce que les matériaux aient le moins d'impact possible sur la qualité de l'air intérieur ; c'est au moment de l'analyse des offres que des points supplémentaires pourront être attribués aux soumissionnaires qui proposent dans le mémoire technique d'utiliser des produits répondant à certains critères supplémentaires.

Ces critères doivent être signalés dans la consultation.

Exemple : Pour réduire les émissions liées à la peinture posée, des points supplémentaires seront attribués aux soumissionnaires utilisant des peintures certifiées Ecolabel européen (si la collectivité souhaite ajouter des critères environnementaux, par exemple) Des exemples de critères de notation sont proposés au § 9.

Imposer : En imposant que les produits utilisés répondent à l'étiquette A+ apposée sur les produits et/ ou à des labels de qualité. Soit les produits sont conformes, soit ils ne le sont pas. Dans ce dernier cas, l'offre est écartée.

Exemple : Le soumissionnaire devra proposer des références étiquetées A+ et labélisées Nature Plus « ou équivalent [29]».

Dans le cas d'une nouvelle construction, ou d'une réhabilitation, il existe ECRAINS®[30] (Engagement pour construire pour un air intérieur sain), une démarche de qualité destinée à satisfaire une approche préventive de la santé dans le bâtiment. Elle vise à limiter durablement les émissions de polluants à la source et à pérenniser la qualité des ambiances intérieures.

5.6.1.3. Choix

Il est bien sûr préférable d'être exigeant en termes d'émissions de polluants, à plus forte raison dans des bâtiments accueillant des enfants (crèches, écoles…).

[28] CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

[29] Article R2111-7 CCP : *Les spécifications techniques ne peuvent pas faire mention d'un mode ou procédé de fabrication particulier ou d'une provenance ou origine déterminée, ni faire référence à une marque, à un brevet ou à un type lorsqu'une telle mention ou référence est susceptible de favoriser ou d'éliminer certains opérateurs économiques ou certains produits. Toutefois, une telle mention ou référence est possible si elle est justifiée par l'objet du marché ou, à titre exceptionnel, dans le cas où une description suffisamment précise et intelligible de l'objet du marché n'est pas possible sans elle et à la condition qu'elle soit accompagnée des termes* ***" ou équivalent ".***

[30] ECRAINS https://www.ademe.fr/placer-sante-coeur-lacte-construire

Si le premier réflexe est de vouloir imposer des normes strictes, il faut se souvenir qu'il s'agira ensuite de gérer ces contraintes.

Aussi, nous conseillons de retenir le meilleur compromis entre la qualité de l'air intérieur et les contraintes que les critères vont imposer, aussi bien aux entreprises qu'au maître d'ouvrage.

Ainsi, imposer des valeurs d'émissions et/ou un label pour les produits utilisés permet de limiter fortement les émissions après réception. Il sera nécessaire en revanche d'être présent sur le chantier avant et pendant la mise en œuvre pour vérifier la conformité des produits annoncés (vérification de l'étiquette A+, du label Ange Bleu…) ou de mettre en œuvre des procédures complexes et onéreuses de mesures après réception pour s'assurer que la mise en œuvre et les produits sont conformes.

Le mieux étant l'ennemi du bien, une solution raisonnable est de limiter, autant que faire se peut, l'exposition des usagers aux polluants potentiels sans pour autant transformer le moindre chantier travaux en opération d'envergure.

Par ailleurs, il est vivement conseillé de s'assurer de la cohérence des critères imposés avec l'état de l'offre sur le marché actuel, au risque de voir le marché devenir infructueux.

C'est pourquoi il est proposé dans les fiches proposées deux scenarii :

Le premier répond à la grande majorité des situations de travaux récurrents dans les écoles ; il consiste à imposer le niveau A+. Toute autre étiquette fera considérer le produit proposé comme non conforme. Cela permet un niveau d'exigence tout à fait correct, avec un travail d'analyse et de suivi de chantier supportable.

Le second répond à des exigences plus fortes et s'adapte plutôt à de gros chantiers et/ou souhaités exemplaires. Il intègre une notation sur critères supplémentaires en fonction de la performance des produits proposés.

5.6.1.4. Expérimentation

Les Services Techniques et les Marchés Publics ont activement participé à l'élaboration et à l'amélioration du guide, pour qu'il soit le plus pratique possible et qu'il corresponde aux besoins des collectivités. Il a été conçu pour que la démarche ne soit pas chronophage pour les équipes en charge de la rédaction des marchés et/ou de l'analyse des offres.

5.6.2. Pour qui ?

Ce guide s'adresse aux maîtres d'ouvrage publics (services techniques ou service Marchés publics) qui lancent un marché type second œuvre (remplacement de revêtement muraux ou de sols, petit mobilier,…) ou un marché de produits d'entretien et qui souhaitent prendre en compte la qualité de l'air intérieur dans ces marchés. Il a été conçu spécifiquement pour les écoles mais convient pour tout ERP.

Il propose des clauses types, prêtes à être insérées dans les marchés publics et qui sont validées par un juriste en l'état actuel de la réglementation.

Le guide est téléchargeable sur le site de l'Agglo d'Epinal : https://www.agglo-epinal.fr/publications (descendre jusqu'à la rubrique « Prise en compte de la qualité de l'air intérieur »).

5.7. Recommandations

5.7.1. Le nécessaire dialogue entre usagers et propriétaires des lieux

Le constat général est qu'entre usagers et propriétaires d'un bâtiment public (tel qu'une école), le dialogue n'est pas parfait. Par exemple, les enseignants ne savent pas forcément à qui s'adresser pour signaler une difficulté relative à l'usage du bâtiment. Aussi, deux procédures ont été proposées pour faciliter les échanges d'information et rendre plus aisée la gestion de la qualité de l'air intérieur au quotidien :

- Information envers les usagers par le maitre d'ouvrage des travaux à venir et des précautions à suivre,
- Signalement d'un défaut probable de la qualité de l'air intérieur dans le bâtiment par l'usager et gestion du signalement par le maitre d'ouvrage.

Plus la communication sera efficace entre les deux acteurs, plus les difficultés pourront être aplanies.

5.7.2. Les marchés publics

Intégrer la qualité de l'air intérieur dans les marchés publics est complexe pour les agents des collectivités et/ou les élus en charge des travaux. C'est pourquoi il a été conçu dans le cadre de ce projet un guide permettant de gérer la qualité de l'air intérieur au cours de la majorité des travaux récurrents dans les établissements accueillant du public, et notamment les écoles.

Recommander de retenir l'étiquette A+ comme critère d'exigence pour les produits utilisés lors des travaux de second œuvre peut sembler peu exigent. Cependant, si tous les travaux effectués sur le territoire respectent ce niveau d'exigence, la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics sera bien meilleure.

6. Axe 3 : le grand public

6.1. Contexte

L'Agglomération d'Épinal a mis en place le dispositif Rénover Mieux du 1er janvier 2017 au 30 juin 2019, dans le cadre du programme d'action TEPCV31. Ce dispositif, similaire à Habiter Mieux mais s'adressant aux ménages dont les ressources sont supérieures aux plafonds établis par l'Anah, apportait une aide technique et financière aux ménages qui souhaitaient réaliser des travaux de rénovation énergétique dans leur habitation. Le suivi de ce dispositif a permis de faire plusieurs constats relatifs à la qualité de l'air intérieur :

- On note le peu d'attention portée à la qualité de l'air intérieur par les ménages envisageant des travaux. En effet, ce poste de travaux reste anecdotique parmi leurs préoccupations et les conseillers de l'ALEC, qui instruisaient les dossiers, ont eu des difficultés à faire adopter ce poste de travaux, malgré toute leur force de conviction. Seuls 20 % des dossiers ont comporté finalement un poste ventilation dans les travaux engagés.
- On constate également une méconnaissance de l'importance de la ventilation en termes aussi bien de santé des occupants que de pérennité du bâti,
- Il est à signaler que les bonnes pratiques restent méconnues (on relève dans les échanges beaucoup d'a priori et de mauvaises habitudes),
- Alors même qu'on ne peut que constater, d'une façon générale, une forte sensibilité à la qualité de l'air extérieur et ses impacts sur la santé.

Dans la majorité des cas, le grand public pense connaître les bonnes pratiques à adopter pour obtenir une bonne qualité d'air intérieur. Lors des animations réalisées par l'Agglomération, il s'avère qu'il ignore souvent les bons gestes et l'impact des mauvaises habitudes.

Lors du salon Planète et énergies en janvier 2019, une animation a été proposée par l'Agglomération d'Épinal, basée sur l'*escape game* relatif à la qualité de l'air intérieur mis à disposition par ATMO Grand Est : prévu pour des adultes, le concept plait beaucoup aux enfants et il est tout à fait adapté aux familles. Il contient trois énigmes : les émissions des produits utilisés couramment à la maison, les émissions de polluants liés aux transports et les sources d'émissions dans un logement.

[31] TEPCV : Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte. La Communauté d'Agglomération a été lauréate de cet appel à projets en 2015.

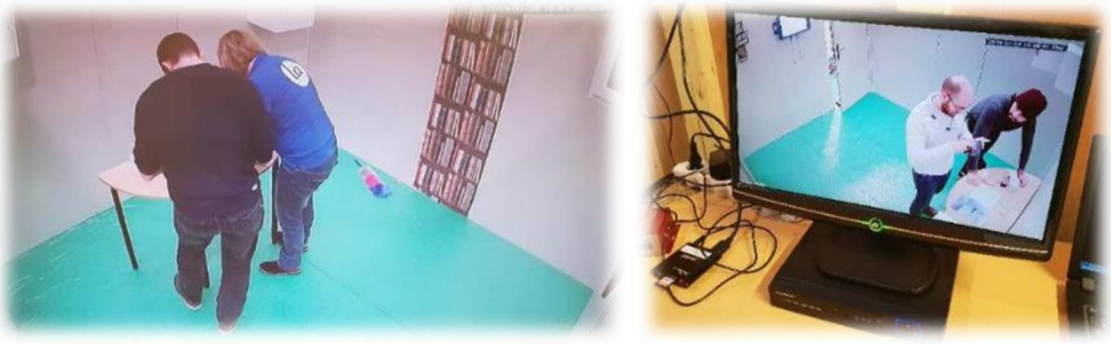

Figure 33 : Vues de l'intérieur de l'escape game

L'*escape game* est l'occasion de rappeler les bonnes pratiques et a permis de « recruter » 8 ménages pour la partie expérimentale.

6.2. L'expérimentation

6.2.1. Déroulement

6.2.1.1. Recrutement des ménages

Le recrutement des ménages a été effectué au salon Planète et énergies de janvier 2019 grâce à l'*escape game* qui a connu un vrai succès. Tous les créneaux disponibles ont été utilisés. A l'issue de chaque session de jeu, il est constaté que les ménages pensent maîtriser le sujet et que, de ce fait, ils ne se renseignent pas assez. **L'aspect ludique semble donc bien le seul moyen d'accroche pour les actions de sensibilisation. Une attention particulière sera portée par la sociologue sur le moyen d'atteindre les ménages.**

Il a été proposé à huit ménages d'équiper leur habitat (dont différentes typologies étaient représentées) d'un microcapteur[32] pendant une année pour leur permettre de comprendre l'impact de certaines actions de leur quotidien sur la qualité de l'air intérieur de leur habitation. En parallèle, un afficheur de température, humidité relative et taux de CO_2 (ppm) avec alerte visuelle a été posée chez cinq des huit ménages.

6.2.1.2. Matériel utilisé

De mars 2019 à mars 2020, le logement des huit ménages volontaires est équipé d'un microcapteur (matériel RAMOOOX distribué par Hager, Figure 34) qui capitalise toutes les 15 minutes des valeurs indicatives concernant :

- La température,
- L'humidité relative
- Le taux de CO_2
- La concentration en COV[33]totaux
- Le nombre de particules fines (0,3 µm - 1µm)

L'objectif des mesures est double : il s'agit de vérifier si ces mesures affectent le comportement des ménages mais également de les sensibiliser sur l'impact de leurs activités quotidiennes sur la qualité de l'air intérieur.

Il s'agit d'une station connectée de mesures, proche d'une station Fireflies® avec cependant un coût d'achat et un encombrement moindres. La récupération des enregistrements se fait à distance (signal GPRS), ce qui facilite l'exploitation des résultats.

Ces appareils ont montré un dysfonctionnement sur les mesures de COV_{totaux} : après quelques mois, les valeurs sont très basses (de l'ordre de quelques dizaines de µg/m^3) et ne sont plus exploitables. Il s'agit

[32] Enregistreur RAM000X de Hager permettant l'enregistrement toutes les quinze minutes de la température, l'humidité relative, les COV_{totaux} et les particules fines
[33] Composés Organiques Volatils

d'un défaut confirmé par le fabricant. Les autres paramètres mesurés restent cohérents tout au long de l'année.

Après avoir fait le tour du logement, cet appareil a été oublié après quelques semaines. Le risque d'effet Hawthorne[34] est donc écarté dans notre panel.

Figure 34 : Vues du RAM000X

Figure 35 : Vues de l'afficheur

6.2.1.3. Durée de la campagne de mesures

La période de mesures est d'une année, de mars 2019 à mars 2020. Deux ménages ont rendu l'appareil avant la fin de la campagne (décembre pour l'une, janvier pour l'autre).

En termes de météorologie, la période de suivi s'échelonne suffisamment pour couvrir plusieurs saisons :

- Printemps 2019 assez doux,
- Canicule de l'été 2019 (pic de 29.3°C à Épinal en juillet)
- Premiers froids (baisse de la température extérieure à partir du 2 octobre)
- L'hiver 2019-2020 a été relativement doux (hiver le plus chaud jamais enregistré en France depuis le début des mesures, soit depuis les années 1900).

[34] Effet Hawthorne ou expérience Hawthorne, décrit la situation dans laquelle les résultats d'une expérience ne sont pas dus aux facteurs expérimentaux mais au fait que les sujets ont conscience de participer à une expérience dans laquelle ils sont testés, ce qui se traduit généralement par une plus grande motivation ; également connu sous le nom d'effet Mayo, du nom d'un chercheur ayant exploité ces études.

6.2.1.4. Typologie des maisons suivies

Le panel est composé de huit logements représentant différentes typologies :

- 1 maison individuelle neuve, de type R+1, en béton avec ITE (fibres minérales) et toiture terrasse, équipée d'une VMC Simple Flux hygro B,
- 1 maison individuelle en brique, de type R+1, datant de 2017, isolée, disposant d'une VMC Simple flux,
- 1 maison individuelle en moellons, de type R+2, isolée (sauf les murs), sans VMC,
- 1 maison individuelle en agglo, de type R+1, isolée, équipée d'une VMC simple flux, dans laquelle des travaux ont été effectués,
- 1 appartement d'une copropriété dans un immeuble traditionnel (d'avant 1948), au 1er étage, isolé, sans VMC,
- 1 maison individuelle en moellons, de type R+2, isolée (partiellement pour les murs) sans VMC (présence d'entrées d'air mais pas d'extraction)
- 1 maison individuelle en agglo datant de 1982, à 5 demi-niveaux, isolée, équipée d'une VMC Simple flux,
- 1 maison individuelle, mixte bâti ancien-agglo, de type R+2, isolée (sauf plancher bas) sans VMC.

6.2.2. Résultat des enregistrements

Un exemple de fiche de synthèse des enregistrements est présenté en annexe 11.

Il ressort les constats suivants :

- Les **températures** sont majoritairement maitrisées dans les habitations ; cinq d'entre elles sont sensibles à la canicule estivale, dont une fortement impactée (maison en agglo, à 5 demi-niveaux, difficile à ventiler). Il s'avère qu'il s'agit de la maison présentant un taux de confinement élevé.
- Cinq maisons présentent un **taux d'humidité relative** un peu élevé, même celle équipée d'une VMC hygro ; cependant, l'enregistreur est majoritairement installé dans la pièce de vie, généralement ouverte sur la cuisine. Une de ces 5 maisons présente un taux d'humidité élevé, en quasi permanence, visiblement indépendant du taux extérieur. Cette maison, en bâti traditionnel, dispose d'entrées d'air mais pas d'extraction permanente et compte 6 occupants.
- Le **taux de CO_2** est relativement bas dans les maisons observées, sauf une qui présente un taux élevé sur de longues périodes. Cette maison souffre également de surchauffe en été pendant la canicule et alors qu'elle ne présente pas un taux d'humidité particulièrement élevé, elle présente des moisissures à divers endroits. La ventilation est visiblement à revoir dans cette maison.
- Cinq maisons présentent **des taux de COVT** élevés à première vue. Il s'avère que pour deux d'entre elles, il s'agit de pics réguliers mais très rapides, avec un bruit de fond sous 3000 µg/m^3 éq. Toluène. En revanche, trois sont réellement concernées[35], dont l'une, située à l'étage d'une copropriété : ce dernier, de type bâti ancien, ne bénéficie pas de VMC, et présente un bruit de fond au-delà des 3000 µg/m^3 éq. Toluène préconisés. Cet indicateur est à prendre avec précaution, car les capteurs ont rapidement montré des dysfonctionnements. Dans cette même habitation en copropriété, la balise Fireflies® a été posée en même temps et si les valeurs sont majoritairement identiques sur les deux appareils, le taux de COV semblait déjà sous-estimé par le RAMOOOX après quelques mois de fonctionnement.
- Cinq habitations présentent des pics de **PM**, importants mais rapides (dont 4 pour lesquelles les pics sont concomitants aux pics de COV).

6.2.3. Impact de l'indication du taux de CO2

L'objectif est de vérifier l'impact sur les habitudes d'un ménage de l'indication du taux de CO_2, c'est-à-dire de vérifier si disposer de l'indication du taux de CO_2 motive les habitants à aérer et le cas échéant de vérifier la pérennité de cet impact.

[35] Analyse sur la période pendant laquelle les enregistreurs ne présentent pas de dysfonctionnement des mesures de COV

Il s'avère que l'appareil est très observé en début de campagne, est positionné dans toutes les pièces de la maison (ou presque), mais finit par être oublié. Rapidement, il n'a donc plus d'impact sur les pratiques d'aération.

Les courbes de CO_2 en début de campagne n'indiquent pas de variations pouvant être liées à l'indication du taux de CO_2 dans six situations. Pour deux cas, le doute existe. Cependant, l'une des habitations ne disposant pas d'indication, il peut s'agir d'une coïncidence ou d'un effet Hawthorne très limité dans le temps (1 semaine après la pause du capteur).

6.3. Bilan de l'expérimentation grand public

6.3.1. Rappel des objectifs

L'objectif initial est de vérifier si les mesures pouvaient faciliter la sensibilisation des ménages aux bonnes pratiques d'aération et/ou de ventilation, aussi bien en termes de fonds que de forme.

Il s'agit également de tenir compte d'un éventuel effet Hawthorne.

Dans la pratique, la campagne de mesures a duré une année, ce qui a permis d'éliminer les risques d'effet Hawthorne.

La taille du panel ne permet bien sûr pas d'établir de règle générale à partir des enregistrements obtenus.

6.3.2. Biais identifiés a posteriori

6.3.2.1. Biais lié à l'intérêt des ménages

Les ménages du panel étaient dès le départ intéressés par la qualité de l'air intérieur de leur habitat. Ils ont participé à l'escape game principalement pour son aspect ludique, mais ils ont été immédiatement interpellés par leurs lacunes éventuelles ou leurs *a priori*. Il est possible que la qualité de leur air intérieur, relativement correcte, soit liée à leur sensibilisation initiale. On peut donc s'attendre à des résultats très différents dans des ménages qui ne prêtent pas attention à cette thématique.

Il aurait été intéressant de pouvoir mener la même campagne avec des ménages peu concernés par la qualité d'air intérieur pour comparer. Cependant, il est à signaler que deux ménages, intéressés pour vérifier la qualité d'air de leur habitation, ne sont pas farouchement attachés à cette thématique.

6.3.2.2. Biais lié à l'aménagement intérieur des logements

Les RAMOOOX ont été positionnés dans la pièce de vie. Or, dans 6 logements sur 8, cette pièce de vie est de volume assez important et est ouverte sur la cuisine. Cela peut impacter les enregistrements, en « diluant » le taux de CO2 et/ou de COV. Cependant, chaque habitation présente un indicateur d'alerte. Si le volume de la pièce fait sous-estimer les valeurs absolues, il semble que la situation réelle est plutôt bien représentée par les enregistrements.

6.3.2.3. Biais lié à position géographique des logements

Les logements sont majoritairement à distance des axes routiers pouvant engendrer une pollution intérieure par transfert entre l'extérieur et l'intérieur. Les consignes d'aération selon le trafic à proximité ne peuvent pas être basées sur la lecture des courbes.

6.3.3. Constats

Le constat principal porte sur la problématique de la VMC. Soit elle est inexistante (notamment dans le bâti ancien mais dont la situation n'est pas la plus préoccupante), soit elle est inefficace et ce, pour plusieurs raisons :

- Mauvais positionnement des bouches d'extraction,
- Balayage visiblement insuffisant de l'air au sein de l'habitation,
- Débit visiblement insuffisant (pas de mesures au cône pour l'instant),
- Entrées d'air insuffisamment dimensionnées,
- Manque d'entretien au niveau des bouches d'extraction et/ou d'entrée d'air.

6.4. Poursuite

Cette campagne de mesures montre que même lorsque le ménage est sensible à la qualité de l'air de son habitat, la qualité de ce dernier n'est pas parfaite. De même, l'importance d'une VMC n'est pas systématiquement reconnue. Or, ce point devient primordial dès lors que l'on engage des travaux de réhabilitation énergétique conséquents afin d'éviter de vivre dans un air vicié.

Des consignes ont été communiquées à la moitié des ménages au cours de l'année en précisant quel indicateur était mauvais et comment il était possible d'y remédier. Visiblement, l'effet a été a peu efficace. Il reste à vérifier si la remise « officielle » des courbes d'enregistrement peut avoir un impact. Cette étape a été préparée avec la sociologue pour identifier le message le plus efficace (par exemple : met-on en avant les points positifs ou les points négatifs ?)

Il était nécessaire désormais de définir à quel moment et par quel moyen il est possible d'intéresser les ménages à cette thématique (travail sur support et mode de sensibilisation). Associer des ménages à cette étape doit permettre d'être au plus près de leurs préoccupations.

6.5. Apport sociologique

6.5.1. Rappel des objectifs

- Objectif : Faciliter la démarche de sensibilisation & d'accompagnement des ménages aux bonnes pratiques d'aération et/ou de ventilation, et par des préconisations d'ordre général et spécifiques, tant sur le fond que sur la forme de(des) action(s) engagée(s)
- Besoin : Accompagnement à la définition du format et du contenu définitif de l'atelier type selon les conclusions des phases tests et plus précisément quant à :
  - À la formulation des bonnes pratiques,
  - À la définition des modes de diffusion,
  - Aux choix des modes d'animation permettant d'attirer le grand public à des actions de sensibilisation.
- Description :

  Un suivi instrumenté à moyen terme a été réalisé dans des foyers volontaires pour vérifier la pérennité des actions à partir d'un panel équipé d'appareils de mesure et d'un panel témoin, non équipé mais sensibilisé, afin de vérifier la nécessité des mesures et la durée idoine.

Dans le cadre de l'étude-conseil sociologique menée dans le cadre du présent projet, les actions suivantes ont été réalisées pour finaliser la démarche :

- Analyse d'une fiche de synthèse destinée aux particuliers suite aux mesures de qualité de l'air intérieur effectuées chez eux
- Accompagnement lors de l'évènement de restitution prévu auprès des huit foyers participants.

6.5.2. Analyse et préconisations

L'apport sociologique devait permettre l'analyse d'une note de synthèse standard et la remise des préconisations afin de définir un document type pour l'évènement de restitution.

L'objectif est que chacun-e s'approprie les « bons » gestes non pas *a priori* mais de manière appropriée, à savoir selon le contexte qu'il connaît et dans lequel il évolue au quotidien. Cet objectif sera traité lors de l'évènement de restitution de manière : confidentielle (lors de la restitution faite à chaque ménage) et collaborative (dans le cadre d'un atelier *ad hoc,* type world-café).

6.5.2.1. Note de synthèse type

L'un des documents de synthèse prévu pour la remise aux ménages est analysé par la sociologue pour révision avant rédaction définitive et remise aux habitants.

6.5.2.2. Accompagnement lors de l'évènement de restitution

La restitution de la campagne de mesure auprès des huit foyers participants est réalisée sur invitation personnalisée le 19 septembre 2020, lors du salon Habitat & Bois qui s'est tenu à Épinal du 17 au 21-09-2020. Il était proposé un RDV de restitution personnalisée (30 min) suivi d'un atelier collaboratif (1h15). Pour précision, deux invitations gratuites ont été remises à chacun des ménages pour leur permettre d'accéder au salon.

Cinq foyers parmi les huit ont effectivement pris rendez-vous et quatre ont participé à l'atelier. Il est à remarquer que deux personnes n'ayant pas participé à l'expérimentation mais en ayant eu connaissance par le bouche à oreille ont souhaité participer à l'atelier participatif.

Concernant les foyers qui n'ont pas été présents, il est à noter que :

- Un avait souhaité arrêter l'expérience en amont de ce RDV ;
- Un n'était pas disponible et un n'avait pas de solution de garde d'enfants.

La restitution personnalisée a été effectuée par la cheffe du projet AACT'AIR, interlocutrice privilégiée durant toute l'expérience. Ce RDV s'est déroulé au sein du stand dédié à l'accompagnement des particuliers en matière d'habitat et de transition énergétique et où différentes structures compétentes étaient présentes (CAE, réseau FAIRE, SOLIHA opérateur ANAH).

L'entretien était conduit par Florence MAIRE sur la base de la note de synthèse conçue au préalable et remise en main propre à l'issue du RDV.

Les ménages absents à la restitution ont été destinataires de la note de synthèse quelques jours plus tard et ont eu une explication de vive voix.

6.5.2.3. Synthèse d'observation des restitutions personnalisées

La restitution a logiquement consisté à passer progressivement en revue des éléments interdépendants :

- Les différents paramètres investigués, leur définition et leur mesure (particulièrement les variations) ;
- Les causes de variation selon les caractéristiques de l'habitat en l'état ;
- Les pratiques d'usage potentielles.

Les foyers ayant pris rendez-vous sont de toute évidence les plus motivés à participer. Il en résulte que ce RDV reflète nettement la motivation générale à parler de « chez soi » : c'est l'occasion, pour les particuliers, de manifester l'appropriation globale de leur habitat avec la qualité de l'air intérieur en filigrane.

L'explicitation des graphes est particulièrement récurrente et sensible, l'attention se focalisant sur « les pics » qui évoquent naturellement « un problème ». Aussi, l'échange est susceptible de se focaliser sur la température de l'air extérieure/intérieure mesurée, par effet de dialogue et du fait que ce soit un élément commun participant au confort. Il serait pertinent mais trop ambitieux d'ajouter un niveau de complexité supplémentaire en glissant sur la notion de température opérative.

Ce type de restitution (personnalisée) est aussi vertueuse et impliquante que complexe. Il s'agit en effet d'un exercice « d'hyperfeedback » nécessaire mais périlleux. Vu la complexité de la qualité de l'air intérieur dans l'habitat, la variabilité des situations et les différents degrés de connaissances du public, il est essentiel qu'elle soit réalisée par un acteur à compétences multiples : non seulement d'expertise mais aussi pédagogiques et relationnelles.

En observation, ce type de restitution évoque une consultation médicale de check-up à bien des égards. Il semble donc évident de souligner que ce type d'exercice repose sur la capacité et les savoirs suivants des acteurs du projet :

- Savoir hiérarchiser la réalité de chaque paramètre mesuré et pouvoir ainsi relativiser l'importance de chaque paramètre ;

- Savoir vérifier la fiabilité du matériel de mesure, le cas échéant reconnaître les aberrations métrologiques qui en résultent ;
- Savoir faire le lien hypothétique avec les caractéristiques de l'habitat et les pratiques d'usage.

Sur ce dernier point, la réalisation d'une visite diagnostique (et/ou la connaissance du bâti) en amont ainsi que l'utilisation d'un carnet d'usage (annexes 13 & 14) pendant la campagne de mesure sont les deux leviers essentiels de facilitation de l'exercice.

6.5.2.4. Synthèse d'animation de l'atelier collaboratif

Il est à noter que le déroulement de cet atelier n'a pas pu être optimal en termes de techniques de facilitation de l'intelligence collaborative et de convivialité en raison des contraintes imposées la crise sanitaire du COVID-19. Les modalités prévues (world-café) ont dû être adaptées selon ce contexte : les participants ont été installés en ligne autour d'une table disposée en U et ont échangé en binôme avant de partager leur échange avec l'ensemble du groupe, ce qui a donné lieu à des échanges dynamiques.

Lors de cet atelier, en plus des quatre représentants de foyers participants, deux personnes intéressées par un accompagnement similaire et deux conseillers du réseau FAIRE ont participé.

Perrine MOULINIÉ, sociologue-experte a conduit et animé l'atelier.

Florence MAIRE a stimulé les échanges et répondu aux questions nécessitant une expertise quant à la qualité de l'air intérieur et/ou au projet AACT'AIR.

L'atelier s'est déroulé autour de 3 thèmes :

- La motivation perçue pour participer à l'expérience ;
- Le vécu du projet (sentiment de confiance et d'écoute, émotions et ressentis, résistance et points négatifs, etc.) ;
- La /les manière.s de sensibiliser d'autres personnes à la qualité de l'air intérieur.

Les éléments restitués ci-dessous se veulent exhaustifs et/ou font l'objet d'un quasi consensus.

6.5.2.4.1. Motivation perçue à participer

Les échanges lors de l'atelier ont permis de percevoir comme **motivations à participer** à cette expérimentation :

- Un intérêt personnel et/ou professionnel pour la qualité de l'air intérieur ;
- Un intérêt pour le projet (dont un ménage après avoir participé au défi « Familles à Énergie Positive ») ;
- A la suite d'une animation (escape game), donc sur proposition d'un tiers ;
- Après un achat immobilier (appropriation du « chez-soi »).

6.5.2.4.2. Vécu du projet

L'atelier collaboratif a permis de faire exprimer les habitants sur leur ressenti au cours de cette expérimentation.

L'intérêt de l'affichage s'avère limité : la plupart des participants déclare avoir vite oublié la présence de l'indicateur de CO_2. Dans deux foyers, les occupants se sont pris au jeu de changer l'appareil de pièce pour observer d'éventuelles variations. Il est à noter que la présence de l'afficheur a influencé les pratiques d'usage pour un foyer parmi les quatre (les trois autres ont déclaré n'avoir pas tenu compte de l'affichage et l'ont complètement oublié).

En revanche, il existe un intérêt manifeste à pouvoir connaître des phénomènes difficilement perceptibles sans mesure objective de paramètres physico-chimiques : l'enregistrement des paramètres et l'analyse des courbes intéressent les participants.

Un retour plus rapide sur le lien action-impact est souhaitable : les bilans intermédiaires sont réalisés au cours de contact téléphonique avec les ménages en cas de mesures évoquant un problème de qualité d'air intérieur. Le but de cette démarche diagnostic est d'identifier les causes possibles. Sur ce point, les foyers auraient apprécié de pouvoir bénéficier de bilan(s) intermédiaire(s) plus fréquents pour mieux apprécier l'impact de leurs actions.

De manière générale, l'enjeu affirmé est de pouvoir faire le lien entre les mesures et les leviers d'amélioration en termes de travaux et/ou de pratiques d'usage.

6.5.2.4.3. Comment sensibiliser les particuliers à la qualité de l'air intérieur ?

Il est pertinent de solliciter les participants en tant qu'experts de leur propre expérience. En l'occurrence, les idées proposées sont organisées selon qu'elles relèvent :

- De la manière de sensibiliser voire de convaincre de participer à une démarche similaire (couleur noire) ;
- Des moments opportuns pour ce faire (couleur verte) ;
- De ce qui est à éviter ou présente des risques (couleur rouge).

Les idées évoquées faisant consensus parmi les participants sont les suivantes :

- Faire des **interventions dans les écoles** en associant l'ensemble des « parties-prenantes » (démarche en réseau d'acteurs) : élèves, enseignants, parents, personnel de service, techniciens…
  - Selon une approche étalée dans le temps plutôt que ponctuelle ;
  - En étant conscient du risque de sur-solliciter l'enfant dans un rôle de prescripteur (phénomène non systématique mais récurrent dans le domaine de l'Éducation à l'Environnement)
- Réaliser une **action de communication** en invitant à se questionner quant à la qualité de l'air intérieur (par exemple :« *Est-ce que votre air intérieur est de bonne qualité ?* ») lors d'une opération de **« street-marketing »** puis éventuellement proposer une démarche similaire au projet AACT'AIR
- Proposer des conférences thématiques
- Proposer des **ateliers collaboratifs** et une approche en **réseau d'acteurs** autour du **partage d'expérience** (sur une démarche inspirée du défi « Familles à Énergie Positive »)
  - Lors de **moments propices à la réalisation de travaux** dans l'habitat : naissance d'un enfant (potentiellement plus de temps disponible et un intérêt accru pour la qualité sanitaire de l'habitat), achat immobilier ;
  - Dans le cadre d'un **programme sanitaire :** un des participants s'est intéressé à la qualité de l'air à la suite d'une participation à un programme anti-tabac au cours duquel l'analyse de son air expiré montrait des polluants malgré l'arrêt effectif du tabac (usage d'encens et de parfums de synthèse dans l'habitat ;
  - En évitant de solliciter les personnes à leur insu, à un moment qu'elles n'ont pas choisi ; ce point relève du degré de liberté perçue à participer (en d'autres termes, de la liberté de choisir ou non de participer à une action). Pour exemple, il a été clairement exprimé que le ménage est très peu réceptif au moment où il fait ses courses. Les supermarchés seront donc des lieux à éviter, notamment.

En résumé, les éléments pertinents à retenir sont :

- La nécessité de susciter l'intérêt des cibles et de respecter leur sentiment de liberté ;
- Le fait de donner du sens à la démarche : opportunité de percevoir des paramètres physico-chimiques imperceptibles a priori et d'en tenir compte dans ses décisions (travaux d'amélioration du bâti) et dans ses pratiques d'usages (aération, choix des matériaux, etc.) ; ce point implique de s'appuyer sur des acteurs aux compétences multiples (d'expertise, pédagogiques et relationnelles) ;
- Le fait de s'appuyer sur le besoin de lien social et sur la responsabilité partagée en privilégiant la démarche en réseau d'acteurs (favoriser la dynamique de groupe).

6.6. Proposition d'une démarche générale pour la sensibilisation du grand public

La démarche proposée ci-après est issue à la fois de l'apport sociologique et des constats faits lors de l'expérimentation présentée au paragraphe précédent.

6.6.1. Rappel des objectifs

L'objectif visé est de faciliter la démarche de sensibilisation et d'accompagnement des ménages aux bonnes pratiques d'aération et/ou de ventilation, par des préconisations d'ordres général et spécifique, tant sur le fond que sur la forme des actions engagées.

Le besoin exprimé par la CAE auprès de la sociologue est un accompagnement à la définition des format et contenu définitifs d'un atelier type selon les conclusions des phases tests et plus précisément quant :

- À la formulation des bonnes pratiques ;
- À la définition des modes de diffusion ;
- Aux choix des modes d'animation permettant d'attirer le grand public à des actions de sensibilisation.

6.6.2. Modes de diffusion

Si la pertinence d'impliquer des usagers dans une action fait consensus, la manière de le faire l'est moins.

Il est essentiel d'inscrire la démarche dans une posture de médiation, laquelle repose sur les stratégies de communication en amont et au-delà des évènements organisés. Pour ce faire, il est essentiel de varier les modes de diffusion :

- Tracts, affiches ;
- Au sein des **documents d'information et de communication de la collectivité** (par exemple, le bulletin communal et/ou intercommunal) ;
- Réseaux sociaux, éventuellement créer un **réseau social spécifique** autour de la qualité de l'air chez les particuliers ;
- Réseau DÉCLIC[36] ;
- Communication directe :
  - Échanges spontanés dans le cadre d'un stand prévu à l'occasion d'autres évènements programmés par la collectivité ;
  - Aller à la rencontre des particuliers lors d'activités de territoires (commission de quartier, réunions, etc.) ;
  - Échanges cadrés lors d'ateliers.

Point de vigilance quant à la formulation des bonnes pratiques

L'objectif est que chacun.e s'approprie les « bons » gestes non pas a priori, mais de manière appropriée, à savoir selon le contexte qu'il connaît et dans lequel il évolue au quotidien. Cet objectif peut donner lieu à un mini-atelier (type world-café) réalisé *ad hoc.*

6.7. Schéma de sensibilisation élaboré à destination du grand public

La volonté du projet était de définir des format et contenu définitifs d'un atelier type selon les conclusions des phases tests et plus précisément quant :

- À la formulation des bonnes pratiques ;
- À la définition des modes de diffusion ;
- Aux choix des modes d'animation permettant d'attirer le grand public à des actions de sensibilisation.

Il n'a pas été possible d'identifier précisément les animations à mener. Des pistes ont été évoquées et sont intégrées à la fiche conseil n°4 (Annexe 12) : le principe est de sensibiliser les ménages à la qualité de l'air intérieur au travers d'actions plus larges (les salons spinaliens qui drainent beaucoup de visiteurs, par exemple) ou lors d'animations existantes au cours desquelles la thématique sera plus spécifiquement abordée (Marche gourmande de l'énergie, etc.).

Il est essentiel d'inscrire la démarche dans une posture de médiation, laquelle repose sur les stratégies de communication en amont et au-delà des évènements organisés. Pour ce faire, il est essentiel de varier les modes de diffusion. La démarche proposée est issue à la fois de l'apport sociologique et des constats faits lors de l'expérimentation présentée au paragraphe précédent.

Afin d'accompagner la mise en œuvre de différents modes de diffusion, quatre fiches sont proposées en annexe 12 :

- Fiche 1 : Préconisations pour la conception d'une note de synthèse type, proposée dans le cadre d'une expérimentation instrumentée au sein des logements ;
- Fiche 2 : Préconisations générales présentant quatre clés nécessaires au choix des enjeux et activités proposées ;

[36] DEfis Citoyens Locaux d'Implication pour le Climat et la Sobriété : programme proposant un ensemble de défis pour agir concrètement et de façon ludique pour le climat

- Fiche 3 : Stratégie Qualité de l'air intérieur embarquée, proposant des thématiques (et donc des évènements) auxquelles associer la qualité de l'air intérieur qui, isolée, reste difficile à appréhender ;
- Fiche 4 : Accompagnement de particuliers, proposant un schéma type de sensibilisation détaillant la préparation et l'animation d'une action de sensibilisation.

Deux moments-clé dans la vie des habitants ont été identifiés par le groupe comme favorables à une sensibilisation :

- L'achat d'un nouveau logement et le souhait d'en vérifier les caractéristiques sanitaires a été signalé comme déclencheur ;
- La présence (ou l'arrivée) d'enfants au foyer est également une raison de vérifier la qualité d'air intérieur du logement pour leur garantir de bonnes conditions.

Un consensus confirme que le mode ludique fonctionne plutôt bien pour interpeler sur la thématique.

En revanche, les actions quotidiennes (faire ses courses, etc.) ne représentent pas le moment opportun pour sensibiliser les habitants.

6.7.1. Principes d'animation

Il s'agit ici d'exposer les principes d'animation à mettre en œuvre pour toute action de sensibilisation, indépendamment du support et des modalités retenues. Il sera ainsi nécessaire de :

- Instaurer un échange sur la qualité de l'air intérieur, en veillant à la répartition des prises de parole (distribuer la parole à tou.te.s, en étant particulièrement attentif aux personnes en retrait) ;
- Favoriser la participation active de chacun.e ;
- Prévoir des actions avec des variations de séquences (rythme dynamique, chronométrage).

L'(les) animateur(s) a(ont) ainsi pour rôle de :

- Gérer le temps (d'après le chemin de fer proposé, fiche n°4) ;
- Définir clairement et de faire valider collectivement :
  - Les savoirs et les problématiques liées à la qualité de l'air intérieur ;
  - La traduction en termes de pratiques d'usage (selon le contexte : écueils, leviers).

La présence d'un observateur peut être pertinente dans l'objectif d'un éventuel débriefing (permet d'améliorer l'efficacité et la richesse).

L'instauration d'un schéma de communication circulaire permet de faciliter les échanges ; il repose sur les règles suivantes (à rappeler de manière systématique)

- Respect d'autrui : facilite l'ambiance d'échange (expression / écoute) ;
- Pas de « bonne » ou de « mauvaise » réponse ? pas de jugement de valeur ;
- Être intelligible (choix de mots simples), s'assurer d'avoir été compris ;
- Dynamique collaborative : faciliter l'implication des participants ;
- Espace-temps défini : préparation & séquençage.

6.7.2. Outils et matériel

Il est proposé d'utiliser les outils et matériels suivants :

- Kakémono sur la qualité de l'air intérieur ;
- Note de synthèse (audit) ;
- Chemin de fer d'animation ;
- Règles du jeu ;
- Chronomètre ;
- Vidéoprojecteur ;
- Bâton de parole ;
- Post-it + tableau ;
- Option : accès à l'outil(s) *ABCd'air.*

6.7.3. Les apprentissages sur l'expérimentation

Il ressort clairement que l'instrumentation seule ne permet pas d'inverser les habitudes prises par les ménages. Si le débriefing interpelle, malgré tout, il reste difficile de faire changer les vieilles pratiques. En revanche, l'indication semble être plus judicieuse, car elle permet une action potentielle. Malheureusement, l'affichage de l'appareil proposé pendant l'expérimentation restait très limitée (taux de CO_2 seul, avec une certaine inertie d'affichage).

Il semble néanmoins que l'instrumentation couplée à un affichage **direct et immédiat** soit une solution plus adaptée.

Par ailleurs, la remarque a été faite par plusieurs ménages qu'un contact plus régulier avec le Pôle Habitat et Transition Energétique aurait été apprécié ; selon les ménages, cela aurait peut-être permis de modifier les pratiques. Si l'action devait être renouvelée, les modalités seraient à adapter :

- Durée moindre (un an n'est pas forcément nécessaire pour être efficace) ;
- Affichage permanent des valeurs permettant une action immédiate (voire alerte sonore et/ou visuelle) ;
- Des échanges réguliers avec l'équipe en charge de l'expérimentation pour renforcer la mise en œuvre des bonnes pratiques ;
- Proposer un carnet d'usage pendant la campagne de mesures renforcerait les échanges et l'impact des actions correctives proposées.

6.7.4. Les conseils issus de la concertation avec les ménages

Le world café (en version adaptée covid) a permis d'aborder trois points essentiels :

- La motivation des ménages à participer à l'expérimentation ;
- Le vécu du projet ;
- Les moyens de sensibiliser d'autres personnes à la qualité de l'air intérieur.

Les points qui ressortent :

- La participation tient à l'intérêt personnel ou professionnel pour la qualité de l'air intérieur et à l'enjeu de pouvoir faire le lien entre les mesures et les actions correctrices potentielles ;
- L'achat d'un nouveau logement et le souhait d'en vérifier les caractéristiques sanitaires a également été signalé comme déclencheur ;
- La présence d'enfants au foyer est également une raison de vérifier la qualité d'air intérieur du logement pour leur garantir de bonnes conditions ;
  - ⇨ L'arrivée d'un enfant dans la famille est un bon moment pour sensibiliser à la qualité de l'air intérieur (informations dans le kit naissance, par exemple) ;
  - ⇨ Les actions quotidiennes (faire ses courses, etc.) ne représentent pas le moment opportun pour sensibiliser les habitants ;
  - ⇨ Le mode ludique fonctionne plutôt bien pour interpeler sur la thématique.

7. Conclusion / Perspectives

7.1. Des facilitateurs

La cohésion entre les partenaires, préexistante au programme, a facilité la gestion du projet. Il n'aurait pas été facile de mener à bien le projet sur une durée aussi étendue sans confiance réciproque. La mise en commun d'expertises diversifiées (compétence technique d'ATMO Grand Est, double expérience environnement-sociologie de PM Conseil et maîtrise juridique d'ACD) a été un atout considérable pour finaliser ce projet,

La crise sanitaire liée à la COVID-19 que l'on a connue en fin de projet a accéléré la prise de conscience de la nécessité de respirer un air intérieur de bonne qualité. Le caractère invisible du virus a alerté les habitants sur l'impact que peut avoir « l'invisible » sur notre santé. L'appareil d'affichage du taux de CO_2 a ainsi été conservé par les ménages qui en avaient bénéficié et a été sollicité par ceux qui ne l'avaient pas testé.

Les évènements récurrents connus sont des supports de sensibilisation facilitateurs : les salons spinaliens « Planète et énergies » et « Habitat et bois » ont permis de faciliter le contact avec les particuliers du territoire ; fréquentant ces salons pour améliorer leur habitat, ils sont plus réceptifs à des conseils sur la qualité de l'air intérieur.

De la même façon, le Défi Ecoles à Energie Positive, créé en 2016, a créé une certaine dynamique avec le milieu scolaire primaire et a permis de travailler plus efficacement les bonnes pratiques d'aération dans les classes.

7.2. Des difficultés

L'échelle d'intervention (intercommunale) facilite la diffusion de l'information ; cependant le programme a été lancé au moment de la fusion de quatre EPCI, nécessitant une réorganisation interne. Le programme a, de ce fait, pris du retard par rapport au calendrier prévisionnel. La crise sanitaire a encore accentué cette difficulté, en retardant ou complexifiant les réunions. Ainsi, la mise en place d'un comité de pilotage dédié au projet a été rendue complexe par la crise sanitaire en 2020.

Il reste désormais à diffuser sur l'ensemble du territoire de la Communauté d'Agglomération les outils conçus pendant le programme, aussi bien au sein des services qu'auprès des communes.

Les outils seront mis en ligne sur le site internet www.agglo-epinal.fr

7.3. Les perspectives

Les différentes perspectives de mise en œuvre des outils ont été évoquées par les partenaires principaux du projet (CAE, ATMO Grand Est, ALEC et PM Conseils) en présence de la vice-présidente en charge du Développement Durable et de la Transition Energétique et Ecologique.

- Vers le public scolaire, l'Agglomération engage le défi Watty pour 15 écoles du territoire. Le chemin de fer élaboré dans le cadre du présent projet sera proposé pour optimiser le message auprès des écoles concernées.

- Vers les collectivités, les outils réalisés seront dans un premier temps présentés en Commission Développement Durable et Transition Energétique et Ecologique afin d'informer les élus communautaires en charge de la thématique.
  - Par la suite, une présentation générale est programmée au sein de la Conférence des Maires (cette conférence réunit les 78 communes du territoire et elle est le lieu d'informations privilégié pour l'Agglomération) : il s'agit de présenter de façon succincte les outils réalisés dans le cadre du présent projet afin de susciter un premier intérêt des communes à la thématique ;
  - L'obligation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public sera rappelée lors des réunions de secteur (réunions rassemblant les élus de plusieurs communes ; il existe 7 secteurs sur le territoire). Un contact sera identifié au sein de l'Agglomération pour orienter les communes qui le souhaitent dans leurs démarches de mise en conformité ;
  - Les écoles faisant généralement l'objet de travaux de rénovation pendant la période estivale, il est prévu de présenter la procédure d'information préalable en cas de travaux

en réunions de secteur avant l'été (mai 2021). Cette étape permettra une première étape de mise en œuvre de la procédure ;
    - A la rentrée, la procédure de gestion de crise sera présentée au cours des mêmes réunions de secteur, permettant ainsi de proposer un outil au moment où il s'avère potentiellement utile (risque de plainte des enseignants après les travaux, notamment).
    - La cellule AMO Energie (incluant les CEP de l'ALEC) réalise des audits au sein des bâtiments communaux. Dans ce cadre, la présence et le fonctionnement des VMC est vérifié. La cellule AMO prévoit l'acquisition d'enregistreurs de CO2 dans le cadre d'un appel à projets. Ces derniers permettront de déployer des outils au sein des bâtiments publics et de vérifier le renouvellement d'air à l'intérieur de ceux-ci. ;
    - Le guide pour intégrer la qualité d'air intérieur sera adressé à toutes les communes du territoire accompagné d'un courrier du Président. Il sera mis en ligne sur le site de l'Agglomération, ce qui permettra sa mise à jour ;
    - La sociologue rappelle la nécessité de déculpabiliser les élus des communes qui ne seraient pas encore en conformité avec l'obligation de surveillance. Fournir un calendrier de mise en œuvre est nécessaire.

- Vers le grand public, dans le cadre de leurs liens privilégiés avec les ménages, les conseillers FAIRE sont en mesure de mener des actions de sensibilisation auprès du grand public au travers de plusieurs axes d'intervention, à des moments différents au cours de l'année :
    - Sur les salons spinaliens (Planète et énergies en janvier et Habitat et bois en septembre) : il est possible de prévoir un espace d'exposition en partenariat avec ATMO Grand Est pour amener les visiteurs des salons à s'interroger sur leurs pratiques en termes de qualité de l'air ;
    - La Fête de l'Energie en octobre donne lieu à une Marche gourmande de l'énergie, ponctuée de stands de sensibilisation. Lors de la prochaine session, un stand sur la qualité de l'air intérieur sera présent. L'association Les Petits Débrouillards pourra notamment être sollicitée pour réaliser un parcours sur ce thème ;
    - L'ALEC coordonne depuis plusieurs années un Défi Familles à Energie Positive, désormais décliné au sein du réseau DECLIC. Le Défi de cette année prévoira une action en lien avec la qualité de l'air intérieur. Les appareils de mesure acquis pour mener à bien le présent projet pourra être mis à disposition des familles du Défi pour faciliter la sensibilisation ;
    - L'information sur la VMC faisant partie du cœur de métier des conseillers FAIRE dans l'accompagnement à la réhabilitation énergétique, la thématique qualité de l'air intérieur continuera à être traitée et pourra être renforcée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) AFSA Cyril. Design de service : pourquoi les serviteurs sont-ils devenus des fast-foods et des applications numériques ? Saint-Etienne, Cité du design. 2013
- (2) Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air des lieux de travail et l'air intérieur Rapport d'expertise collective. Mise à jour juillet 2020

  https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualité-d'air-intérieur-vgai-de-l'anses,
- (3) Agence Qualité Construction. Retours d'expériences (REx) Bâtiments performants & risques – version 3 Rapport. 01/10/2014

  https://www.programmepacte.fr/retours-dexperiences-rex-batiments-performants-risques-version-3-rapport
- (4) ASPA Alsace. L'air c'est mon affaire. Mieux connaître son exposition quotidienne. http://www.laircmonaffaire.net/
- (5) Institut de Veille Sanitaire. Diagnostic et prise en charge des syndromes collectifs inexpliqués. Publié le 1 Septembre 2010, mis à jour le 05 juillet 2019

  https://www.santepubliquefrance.fr/docs/diagnostic-et-prise-en-charge-des-syndromes-collectifs-inexpliques.-synthese
- (6) Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie et ministère des affaires sociales et de la santé. Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur. 2013

  https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_Qualite_de_l_air_interieur_octobre_2013.pdf
- (7) Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse, circulaire n°2019-121 du 27-8-2019 relative à la Nouvelle phase de généralisation de l'éducation au développement durable – EDD 2030. Bulletin officiel n°31 du 29 août 2019

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Outils sur le site ademe.fr 21
Tableau 2 : Planning de l'expérimentation en milieu scolaire 24
Tableau 3 : Mesures confinement avant atelier à l'école 1 29
Tableau 4 : Mesures après atelier à l'école 1 29
Tableau 5 : Mesures avant atelier à l'école 2 30
Tableau 6 : Mesures après atelier à l'école 2 31
Tableau 7 : Mesures avant atelier à l'école 3 31
Tableau 8 : Mesures après atelier à l'école 3 32
Tableau 9 : Récapitulatif des mesures dans les écoles 1, 2 et 3 32
Tableau 10 : Analyse des réponses au questionnaire 33
Tableau 11 : Valeurs réglementaires relatives au benzène et au formaldéhyde 43
Tableau 12 : Valeurs indicatives pour les autres COV 43
Tableau 13 : Seuils définis pour les COV Légers et les COV totaux 44
Tableau 14: Paramètres recherchés durant la campagne écoles 2013-2017 45
Tableau 15: Statistiques sur la température et l'humidité relative 47
Tableau 16: Valeurs obtenues pour l'indice de confinement 49
Tableau 17: Valeurs obtenues pour l'indice de confinement 51
Tableau 18: Valeurs obtenues pour les composés organiques volatils majoritaires 52
Tableau 19 : Phases de prise en compte de la plainte d'un usager 58
Tableau 20 : Classes de l'étiquetage 61
Tableau 21 : Principaux labels de qualité 62

FIGURES

Figure 1 : Positionnement de la Communauté d'Agglomération dans le sillon lorrain....9
Figure 2 : Carte de la Communauté d'Agglomération d'Épinal....10
Figure 3 : Etapes d'une recherche sur le site abc-dair.org....15
Figure 4 : Photos de la mallette Maison Playmobil®....17
Figure 5 : Montgolfière ATMO....17
Figure 6 : Logo et Maquette Justin Peu d'Air....18
Figure 7 : Photos de la mallette Kézadom®....18
Figure 8 : Vues de l'intérieur de l'Escape game....18
Figure 9 : L'air Malin ; source : natura-dis.com....19
Figure 10 : Panneaux d'exposition ATMO....19
Figure 11 : Boitier de mesure du CO_2 dans les classes....23
Figure 12 : Questionnaire remis aux élèves....25
Figure 13 : Evolution du CO_2 à l'école 1....30
Figure 14 : Evolution du CO_2 à l'école 2....31
Figure 15 : Evolution du CO_2 à l'école 3....32
Figure 16 : photos des salles de classes....38
Figure 17 : Sonde EBRO/EBI....39
Figure 18 : Q-trak sonde 980....40
Figure 19 : Tubes passifs Radiello (a) et Tubes passifs Gradko (b)....40
Figure 20 : Balise Fireflies®....41
Figure 22 : Fréquence de détection et pourcentages de dépassement des valeurs de référence pour les polluants qui en disposent....45
Figure 23 : Valeur de l'indice ICONE la plus élevée par établissement....46
Figure 24 : Répartition des concentrations en formaldéhyde et en benzène par classes de concentrations en moyennes annuelles tous établissements confondus lors de la campagne nationale....46
Figure 25 : Répartition de l'indice de confinement à l'échelle des pièces – campagne nationale....47
Figure 26 : Représentation des moyennes de température et humidité relative dans le diagramme de Fauconnier....48
Figure 27 : Evolution de la concentration en CO_2 dans la salle de CM1-CM2....50
Figure 28 : Concentrations en formaldéhyde obtenues dans les salles de classe....51
Figure 29 : Concentrations en benzène obtenues dans les salles de classe....52
Figure 30 : Evolution des concentrations en COV globaux en juillet 2018....53
Figure 31 : Evolution des concentrations en COV globaux en octobre 2018....54
Figure 32 : Concentrations obtenues pour le dioxyde d'azote....54
Figure 33 : Étiquette apposée sur les produits concernés (exemple de l'étiquette A+)....61
Figure 34 : Vues de l'intérieur de l'escape game....66
Figure 35 : Vues du RAM000X....67
Figure 36 : Vues de l'afficheur....67

SIGLES ET ACRONYMES

AASQA	Associations Agréées de la Surveillance de la Qualité de l'Air
ACD	Audit Conseil Défense
ADEME	Agence de la transition écologique
ALEC	Agence Locale de l'Energie et du Climat
AQC	Agence Qualité Construction
CAE	Communauté d'Agglomération d'Epinal
CCAP	Cahier des Clauses Administratives Particulières
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CO_2	Dioxyde de carbone
COFRAC	Comité Français d'Accréditation
COPIL	Comité de Pilotage
COTEC	Comité Technique
COV	Composés Organiques Volatils
PCAET	Plan Climat Air Energie Territorial
PCET	Plan Climat Energie Territorial
PM	*Particulate matter* (particules fines)
PMC	Perrine Moulinié Conseil
PREH	Plan de Rénovation Energétique de l'Habitat
QQOQCCP	Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi (méthode de questionnement)
SCoT	Schéma de Cohérence Territoriale
QAI	Qualité de l'Air Intérieur
TEPCV	Territoires à Energie Positive pour la Croissance Verte
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols… - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'**ADEME**

FAITS ET CHIFFRES
L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

ILS L'ONT FAIT
L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard

HORIZONS
L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

ADEME AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

EXPERTISES

PRISE EN COMPTE GLOBALE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR PAR LES COLLECTIVITES

La Communauté d'Agglomération d'Épinal a souhaité faciliter l'appréhension de la qualité de l'air intérieur par les communes qui la compose. L'objectif de ce projet, réalisé en partenariat avec Atmo Grand Est, a donc été de proposer des outils pour intégrer la qualité de l'air intérieur de façon transversale dans les différentes actions réalisées par les collectivités.

Trois publics cibles ont été visés afin d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics : le public scolaire, les agents des collectivités et les élus du territoire ne disposant pas de services techniques ainsi que le grand public.

Par exemple, un atelier de sensibilisation sur la qualité de l'air intérieur à destination des élèves, a été créé puis testé dans trois écoles du territoire. Il a permis de sensibiliser aux bonnes pratiques d'aération des salles de classe et de valider le format ainsi que son caractère reproductible. Au cours des ateliers, l'utilisation de boitiers de sensibilisation mesurant le CO_2 a permis une amélioration du renouvellement d'air dans la majorité des salles de classe, par la mise en œuvre de pratiques d'aération adaptées.

Un guide, à destination des collectivités et proposant des clauses pour faciliter la prise en compte de la qualité de l'air intérieur dans les marchés publics de réalisation de travaux récurrents dans les bâtiments, a été élaboré.

Ce projet réalisé par la communauté d'agglomération d'Epinal a permis l'élaboration d'outils opérationnels pour une prise en compte transversale de la qualité de l'air intérieur par les collectivités, notamment les petites communes.