Analyse de la qualité d'air intérieur dans les bâtiments publics : post-mortem

Table des matières

Analyse de la qualité d'air intérieur dans les bâtiments publics : post-mortem 1
1. Introduction 3
2. Contexte du projet 3
2.1. Constat 3
2.2. Indicateurs de la qualité de l'air 3
2.3. Rôle du CO_2 sur la santé et les performances 3
2.4. Rôle de l'humidité dans les bâtiments 5
2.5. Rôle de la température dans les bâtiments 5
2.6. Norme européenne relative au CO_2 5
2.7. Contexte technologique 6
3. Objectifs du projet 6
4. Etapes du projet 7
5. Partenariat technologique 7
6. Solution de mesure de la qualité de l'air mise en place 8
6.1. Boitiers de mesures et plateforme de collecte des données 8
6.2. Outil de visualisation 9
6.3. Support d'information sur le projet 12
7. Recommandations pour maintenir une bonne qualité d'air intérieur 12
8. Mode opératoire, engagement des parties dans le projet 13
9. Distribution de capteurs 14

10. Analyse des données récoltées 15
10.1. Exemple d'utilisation d'un capteur dans une école 15
11. Enquête clôturant le projet 15
11.1. Profil des répondants 15
11.2. Participation au projet 16
11.3. Parmi les utilisateurs de capteurs, dans quels bâtiments les capteurs ont-ils été installés ?18
11.4. Parmi les utilisateurs de capteurs, à quelle fréquence suivent-ils les mesures de qualité de l'air ? 18
11.5. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que l'installation de ces capteurs s'est accompagnée d'une communication vers le public cible ? 19
11.6. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que les usagers des locaux concernés ont modifié leur comportement en terme d'aération ? 20
11.7. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que les bonnes pratiques en terme d'aération se sont propagées ? 20
11.8. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que la manière de chauffer les bâtiments a été modifiée ? 21
11.9. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que des mesures pour améliorer le taux d'humidité des locaux ont été prises ? 21
11.10. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que des travaux sont envisagés suite au constat posé sur la qualité de l'air ? 22
11.11. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que la solution technologique a répondu aux attentes ? 22
11.12. Dans le futur, envisagez-vous d'acquérir des (nouveaux) capteurs ? 23
11.13. Ce projet a-t'il fait émerger d'autres projets visant à améliorer la qualité de vie de vos citoyens ? 24
11.14. Est-ce que votre ville a mené d'autres projets utilisant les objets connectés (IoT) ? ... 25
11.15. Est-ce que vous seriez intéressé par un projet de mesure de la qualité de l'air extérieur ? 26
11.16. Qu'est ce qui, selon vous, a manqué à ce projet d'analyse de la qualité de l'air intérieur ? 27
12. Certaines communes étendent le projet pilote 27
13. Le projet qualité de l'air dans la presse 28
14. Conclusions 28
14.1. Améliorations à envisager dans le futur 28

1. Introduction

Ce document fait le point sur les résultats concrets du projet pilote d'analyse de la qualité d'air intérieur dans les bâtiments publics, réalisé par FuturoCité entre octobre 2015 et décembre 2017. Après avoir résumé le contexte et les objectifs du projet, nous tentons de réaliser une évaluation postmortem du projet. Nous listons également un certain nombre de considérations qui sont apparues lors de la réalisation du projet et dont il faudra tenir compte pour les projets à venir.

2. Contexte du projet

2.1. Constat

La plupart des bâtiments publics en Wallonie ne sont pas ventilés mécaniquement. Le renouvellement de l'air intérieur est donc uniquement fonction du bon vouloir des occupants de ces bâtiments. Or, on sait qu'un air vicié est responsable de problèmes tant sanitaires que de performances cognitives. C'est vrai dans les bureaux, dans les administrations publiques, et ça l'est encore plus dans les écoles. Il est donc essentiel de sensibiliser les institutions publiques à la gestion de la qualité de l'air en vue d'intégrer la démarche européenne en la matière.

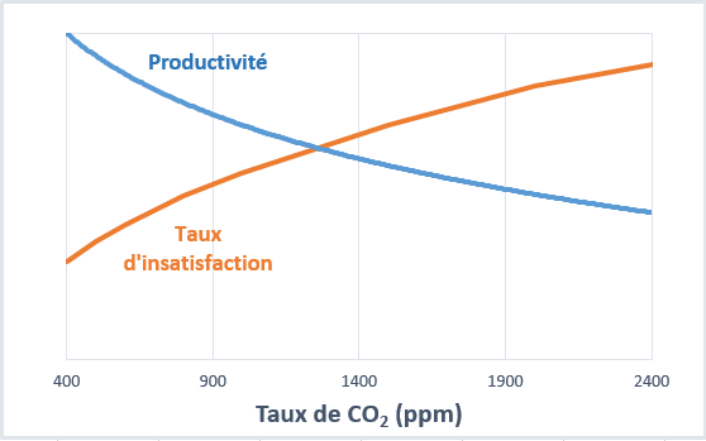
2.2. Indicateurs de la qualité de l'air

La qualité de l'air intérieur est déterminée entre-autres par :

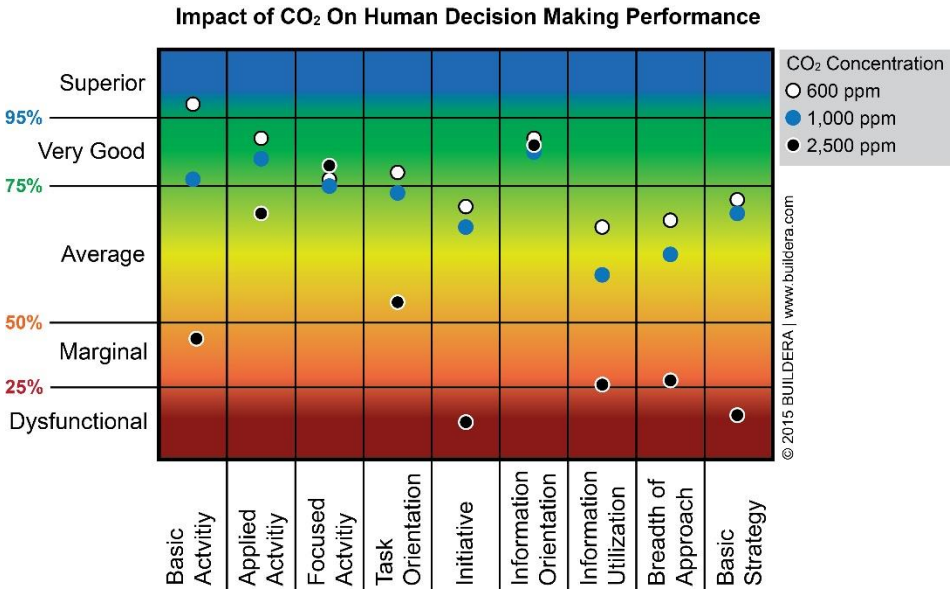
- le volume de CO_2 (émis par les occupants)
- la température
- le taux d'humidité
- les composés organiques volatiles (émis par le bâtiment et le mobilier)

2.3. Rôle du CO_2 sur la santé et les performances

La qualité de l'air dans les bâtiments publics joue un rôle essentiel dans la productivité et le bien-être de ses occupants. Si la ventilation d'un local est insuffisante, l'air devient rapidement pollué. Or, un air vicié provoque une fatigue prématurée, une concentration en baisse, un risque accru de contamination microbienne, …



L'étude « Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers », réalisée en novembre 2014 par des chercheurs de l'université Harvard à Cambridge aux USA, révèle que l'augmentation du taux de CO_2 dans un local a un impact négatif significatif sur les performances cognitives et les prises de décisions des occupants. Cette étude a été réalisée sur 24 personnes de professions intellectuelles et créatives, dans un bureau « standard » pendant 6 jours. 3 taux de CO_2 ont été contrôlés : 600 ppm (parties par million), 1000 ppm et 2500 ppm CO_2.



Source : https://ehp.niehs.nih.gov/

9 critères d'activités cognitives ont été évalués : activité basique, activité appliquée, recherche et utilisation d'informations, réponse en condition de crise, prise d'initiatives, stratégie et planification, … La performance des sujets a baissé significativement pour la majorité des types d'activité lorsque le niveau de CO_2 dépasse 1000 ppm. Lorsque les niveaux de CO_2 atteignent les 2500 ppm, l'impact sur les performances est encore plus marqué. Les baisses de performances les plus spectaculaires ont été

observées lorsque les sujets doivent prendre des initiatives ou mettre en place des stratégies et effectuer de la planification.

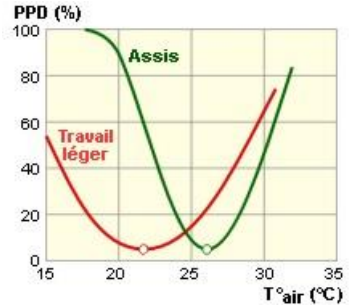
2.4. Rôle de l'humidité dans les bâtiments

Un taux d'humidité élevé dans les bâtiments favorise la prolifération des moisissures, des bactéries, … Les effets sur la santé se portent principalement sur les voies respiratoires. Un taux élevé peut également être responsable d'une augmentation de la facture de chauffage, en effet il faut chauffer l'eau présente sous forme d'humidité en plus de l'air dans les pièces.

A l'inverse, un taux d'humidité trop bas peut provoquer des difficultés respiratoires, des irritations du nez et de la gorge, peaux et lèvres gercées.

Les raisons d'un taux d'humidité trop haut sont diverses : condensation, fuites, manque d'aération, … Une ventilation insuffisante peut augmenter le niveau d'humidité dans l'air.

2.5. Rôle de la température dans les bâtiments



Source : http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10250

La température d'une pièce influence également le confort de ses occupants. Le graphique ci-dessus représente le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) sur base de la température intérieure pour des occupants au repos en position assise et pour des occupants ayant un travail de bureau.

2.6. Norme européenne relative au CO_2

Plusieurs normes étrangères définissent des exigences en matière de ventilation en spécifiant le niveau maximal admissible de CO_2. En Belgique, les exigences de la réglementation PEB concernant la ventilation dans le non résidentiel se réfèrent à la norme européenne NBN EN 13779 (datant de 2007) : « Ventilation dans les bâtiments non résidentiels – Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de conditionnement d'air ». Elle fournit un indicateur de qualité de l'air basé sur le taux de CO_2. Voici la classification introduite par cette norme.

Norme européenne NBN EN 13 779	
Catégorie de qualité d'air	**Taux de CO_2**
Excellente qualité	< 400 [ppm]
Qualité moyenne	400 à 600 [ppm]
Qualité modérée	600 à 1 000 [ppm]
Faible qualité	> 1 000[ppm]

La réglementation PEB exige une qualité de l'air au minimum « modérée ». Le taux de CO_2 ne doit donc pas dépasser 1000 ppm.

2.7. Contexte technologique

Dans le cadre de notre projet « Cadastre énergétique », nous avons entamé un partenariat avec la société Thingsplay. Ce partenariat a mis en évidence la puissance des objets connectés (IoT), l'accès aux technologies à des prix raisonnables, la facilité d'installation et d'utilisation de capteurs permettant de mesurer un grand nombre de paramètres : températures, présence, humidité, courant électrique, écrans digitaux, … Ces outils de mesure peu onéreux nous permettent de mesurer facilement et à bas coût la qualité de l'air d'un bâtiment et d'en informer ses occupants afin qu'ils puissent adapter leur comportement.

3. Objectifs du projet

L'idée du projet est de pouvoir objectiver la qualité de l'air intérieur, ceci afin de conscientiser les occupants des bâtiments publics à cette problématique, et à les pousser à agir en aérant correctement leurs locaux quand cela s'avère nécessaire.

Les deux objectifs centraux du projet sont donc les suivants.

1. Conscientiser les responsables de bâtiments à la problématique de l'énergie et de la qualité de vie en s'appuyant sur l'Internet des objets (IoT) et l'Open Data.
2. Fournir une idée de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments publics wallons en déployant une petite centaine de capteurs connectés partout en Wallonie.

Les objectifs détaillés du projet sont les suivants.

- Mesurer en temps réel la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments publics (écoles, bureaux, salles de réunion, service d'accueil à la population, …) via des capteurs connectés
- Informer les utilisateurs de ces bâtiments, dans le but de les sensibiliser au problématiques (santé, performances) induites par une mauvaise qualité d'air
- Interpréter les valeurs mesurées (CO_2, température, humidité) par rapport à des critères de baisse de la sensation de bien-être et de la productivité des occupants

- Etablir un cadastre de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments publics en Wallonie en fonction de leur utilisation
- Démontrer la plus-value offerte par la technologie de l'IoT pour améliorer le bien-être des citoyens dans le contexte d'une Smart City, grâce à des prototypes d'objet connectés développés pour l'occasion.

Par contre, ce projet n'avait *pas* pour objectif de :

- Fournir une solution la plus aboutie possible d'un point de vue technologique (les capteurs déployés sont des prototypes développés pour le projet)
- Mettre en place, dans chaque commune, un plan de réflexion, de communication et d'animation quant à l'impact que peut avoir une mauvaise qualité de l'air intérieur sur les usagers des bâtiments publics (cette tâche était du ressort des communes concernées)
- Analyser, commune par commune, la qualité de bâtiments individuels et le comportement de leurs occupants (cette action peut se faire par les communes concernées, avec comme point de départ les mesures de CO_2/température/humidité régulièrement relevées)

4. Etapes du projet

1. Elaboration de boitiers de mesures, munis de capteurs de CO_2, de température et d'humidité, et d'un émetteur Wifi (en collaboration avec la startup wallonne Thingsplay) et mise en place d'une plateforme de collecte des données (en collaboration avec la startup wallonne Thingsplay)
2. Mise en place d'outils de visualisation des valeurs mesurées, et de l'interprétation de ces valeurs par rapport aux effets bien-être de ces paramètres (en collaboration avec la startup wallonne Thingsplay) et mise en place d'une plateforme open data pour consultation par tous des valeurs mesurées
3. Rédaction de supports didactiques afin de sensibiliser à l'impact de la qualité de l'air sur la santé et les performances
4. Distribution gratuite de 80 boitiers auprès des gestionnaires de bâtiments publics (administrations communales, écoles, …)
5. Analyse des données récoltées, établissement de liens entre l'utilisation qui est faite d'un bâtiment (y compris le comportement des occupants, par exemple en aérant correctement les locaux) et la qualité de l'air qui y est mesurée
6. Réalisation d'une enquête clôturant le projet afin d'identifier les points positifs et les points à améliorer, afin d'identifier les attentes, les besoins, …

5. Partenariat technologique

Nous avons collaboré avec la PME wallonne Thingsplay qui a pour mission de mettre à disposition des outils technologiques agiles et innovants dans le cadre de l'Internet des Objets. Thingsplay fournit différents types de capteurs : CO_2, température ambiante, humidité, … Mais surtout elle fabrique les boîtiers permettant de connecter tous ces capteurs et de centraliser les mesures effectuées dans une base de données locale, et ensuite centrale.

Après plusieurs années de recherches et développement, Thingsplay a développé des solutions technologiques et une plateforme informatique de gestion des appareils connectés. Cette plateforme est basée sur les technologies « temps réel » et sur les bases de données « bigdata » en intégrant la solution Rabbit MQ et MongoDB.

6. Solution de mesure de la qualité de l'air mise en place

Afin de sensibiliser les usagers et responsables des bâtiments publics à la gestion de la qualité de l'air, nous avons mis en place, en partenariat avec Thingsplay, un outil de mesure de la qualité de l'air.

La solution retenue s'appuie sur l'Internet des objets (IoT) et l'Open Data.

Grâce aux capteurs développés, nous mesurons en permanence :

- le volume de CO_2 (en ppm)
- la température (en °C)
- le taux d'humidité (en %)

Ces boitiers envoient toutes les 15 secondes les mesures prises à une application qui enregistre et formate ces valeurs. Ces mesures sont alors publiées de manière anonyme et en temps réel sur une carte de la Wallonie.

6.1. Boitiers de mesures et plateforme de collecte des données

Le boitier de mesure "Qualité d'air" a été conçu pour fournir les mesures suivantes :

- le volume de CO_2 (en ppm),
- la température (en °C),
- le taux d'humidité (en %).

Ces boitiers, alimentés sur secteur, munis chacun d'un capteur de CO_2, d'un capteur de température et d'un capteur d'humidité, sont installés dans une série de locaux publics (bureaux, salles de réunions, …). Dans chaque local où la qualité de l'air est analysée, un boitier est placé dans un endroit central de la pièce à environ un mètre du sol et posé ni trop près d'une fenêtre, d'une porte afin de ne pas être dans les courants d'air, ni trop près (minimum 2 mètres) d'un radiateur ou d'individus afin de ne pas être influencé par la chaleur humaine.

Les valeurs de CO_2, température et humidité sont mesurées toutes les 15 secondes et des moyennes, toutes les 15 minutes, sont calculées. Ces senseurs ont été calibrés pour fournir des valeurs avec un taux d'erreur inférieur à 5%.

Les boitiers sont équipés d'une connectivité Wifi, et envoient donc les valeurs mesurées via le réseau WiFi du bâtiment où ils sont installés.

Les données mesurées sont enregistrées sur un serveur via le protocole MQTT. MQTT est un protocole de messagerie publish-subscribe basé sur le protocole TCP/IP. Ce protocole est simple et adapté à la communication entre objets connectés.

Au cours du projet, Thingsplay a apporté une modification très intéressante aux capteurs de qualité d'air, en les dotant d'une led qui change de couleur en fonction du taux de CO_2 du local. Ceci est particulièrement utile pour les écoles, où les professeurs et élèves n'ont pas toujours accès aux outils de visualisation (et ne peuvent utiliser leurs GSMs pendant les cours), et où le taux de CO_2 augmente très rapidement vu la densité d'occupation des classes.

La led de couleur présente sur le boitier permet de visualiser d'un simple coup d'œil le niveau de qualité d'air dans la pièce où se trouve le boitier :

- Vert (bonne qualité : 400 à 800 ppm)
- Bleu (qualité modérée : 800 à 1200 ppm)
- Rouge (faible qualité : plus de 1200 ppm)

6.2. Outil de visualisation

En collaboration avec Thingsplay, une application de visualisation qui présentent les valeurs mesurées sur une carte de la Wallonie a été développée.

Cette application est accessible via le lien www.qualite-air.be .

Tous les capteurs installés dans les différents bâtiments publics sont localisés sur la carte. En sélectionnant un capteur, la valeur courante de la concentration en CO_2 du local surveillé apparaît alors dans un graphique en couleur. Plus la boule est à gauche (dans le vert), plus la concentration en CO_2 est faible. Si la valeur dépasse la moitié du cercle (orange ou rouge), la concentration en CO_2 est trop élevée et il convient d'agir (par exemple en ouvrant une fenêtre). Pour information, le graphique peut aller de 0 à 2000 ppms (parties par million), mais l'étendue des valeurs mesurées par le capteur va de 400 à 2000 ppms.

Les villes et communes ont également la possibilité d'accéder à un historique reprenant les mesures de CO_2, de température et d'humidité des dernières 24h pour leurs capteurs (accès protégé par un mot de passe).

L'historique s'affiche alors comme ceci :

Chaque « barre » donne la moyenne des valeurs mesurées durant 15 minutes. Cette moyenne est consultable en passant la souris sur la barre choisie.

Les couleurs donnent une visualisation rapide des valeurs mesurées, et donc de la qualité de l'air dans la pièce.

- CO_2 :
  - Vert (bonne qualité : 400 à 600 ppm)
  - Jaune (qualité moyenne : 600 à 800 ppm)
  - Orange (qualité modérée : 800 à 1000 ppm)
  - Rouge (faible qualité : plus de 1000 ppm)
- Température :
  - Vert (agréable : 20 à 23°)
  - Jaune (inconfort : 18 à 19° et 24 à 25°)
  - Rouge (inconfort prononcé : 0 à 17° et 26 à 40°)
- Humidité :
  - Vert (recommandé : 40 à 60%)
  - Orange (intermédiaire : 30 à 40% et 60 à 70%)
  - Rouge (trop sec ou trop humide : 0 à 30% et 70 à 100%)

Il est également possible d'afficher directement le graphique de la concentration courante de CO_2 en entrant l'adresse web du capteur, comme ceci : http://www.qualite-air.be/#/F000107 .

6.3. Support d'information sur le projet

Préalablement à la mise en place du projet dans les communes, celui-ci y a chaque fois été présenté, tant du point de vue du contexte, du mode opératoire ainsi que des engagements que devait prendre la commune pour s'y inscrire. Le support de la présentation a également été remis aux communes pour consultation postérieure.

De nombreuses informations sur le projet étaient également consultables sur le site de FuturoCité (www.futurocite.be), et des newsletters spécifiques au projet ont été envoyées aux bénéficiaires de capteurs.

Enfin, chaque capteur installé était accompagné d'un Mémo reprenant une synthèse des points d'attention du projet (bien-être lié aux taux de CO_2, à la température et à l'humidité, recommandations afin de maintenir un environnement sain, visualisation des valeurs mesurées et mot de passe pour accès à l'historique des mesures, …), ainsi que d'un manuel complet d'installation et utilisation.

7. Recommandations pour maintenir une bonne qualité d'air intérieur

Comme imposé par la réglementation PEB, le taux de CO_2 ne doit pas dépasser 1000 ppm. Lorsque notre capteur de CO_2 mesure une valeur supérieure à 1000 ppm, nous vous conseillons d'ouvrir une fenêtre pendant quelques instants (ou éventuellement d'allumer/augmenter la ventilation). Le schéma suivant illustre qu'en seulement quelques minutes, le taux de CO_2 baissera radicalement. Le taux de composés organiques volatils provenant du bâtiment ou des meubles (formaldéhyde, solvants contenus dans les bois stratifiés, les peintures, les produits d'entretien, …) ou les mauvaises odeurs chutent également rapidement.

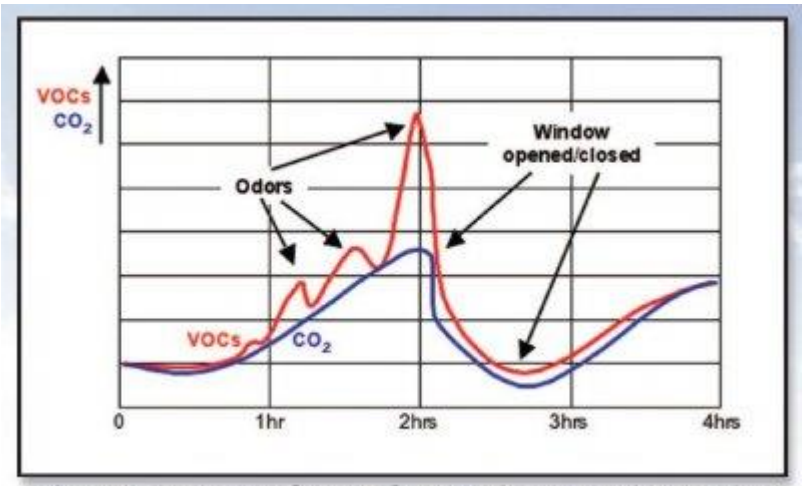
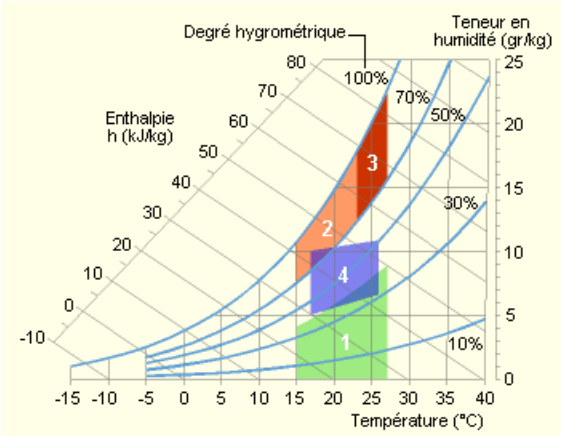


Diagram 1 – CO_2 and VOCs from Business Meeting Session

Source : http://www.ventilationcontrolproducts.net/air-quality-voc-co2-t-sensor-bio-2000-room ;
VOC = Composé organique volatil (COV)

Pour un confort optimal, nous vous recommandons de maintenir l'humidité de vos locaux entre 40 et 65 %. Plus précisément, le schéma ci-dessous présente le taux d'humidité recommandé en fonction de la température de vos locaux.



1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse
2. et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
4. Polygone de confort hygrothermique.

Source : http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10250#02

8. Mode opératoire, engagement des parties dans le projet

Pour toutes les communes désirant s'inscrire dans le projet, et dans la limite des stocks disponibles (80 capteurs), FuturoCité s'est engagé à :

- Fournir gratuitement 2 capteurs de CO_2, température et humidité
- Fournir le support adéquat pour l'installation de ces capteurs
- Donner gratuitement accès aux outils informatiques de visualisation.

En échange, chaque commune utilisatrice devait s'engager à :

- Installer effectivement les 2 capteurs dans des bâtiments publics dont elle a la gestion
- Mettre en place une réflexion quant à l'impact de la qualité de l'air intérieur sur le bien-être de ses citoyens.

Le suivi du projet dans chaque commune était donc du ressort des responsables communaux, FuturoCité se chargeant de la distribution des capteurs, de la sensibilisation des responsables du projet dans les communes et de la gestion globale du projet. Ce projet demandait donc un certain investissement de la part des responsables communaux afin d'effectuer la sensibilisation des usagers de leurs bâtiments et un suivi correct.

9. Distribution de capteurs

Afin d'atteindre notre objectif de conscientisation des responsables de bâtiments à la problématique de l'énergie et de la qualité de vie, la totalité des communes wallonnes ont été contactées de manière systématique par mail depuis le 1er juillet 2016. Parfois 1 seul contact par commune, parfois plusieurs (en fonction des informations de contact que l'on a pu trouver). Nous avons prioritairement contacté les échevins de la santé, de l'énergie et de l'environnement.

- Nombre de communes contactées : 262 / 262
- Nombre de communes ayant répondu : 77
- Nombre de communes rencontrées : 65
- Nombre de communes ayant participé au projet et déployé des capteurs : 27
- Nombre de communes ayant reçu des capteurs mais ne les ayant pas installés : 5
- Nombre de communes voulant participer au projet et inscrits sur liste d'attente : 5
- Egalement rencontrés : IDELUX, Hainaut Vigilance Santé, Province du Hainaut (enseignement), DGO4, Gial, UMons, UCL. Une dizaine de capteurs y ont également été déployés.

PROJET QUALITE DE L'AIR : ETAT AU 03/01/2018						
262 communes contactées (sur 262)						
Réponses : 77 (sur 262)						Pas de réponse : 185 (sur 262)
65 communes rencontrées (sur 77)				12 pas rencontrées (sur 77)		
Projet accepté *et* déployé (27/65)	Projet accepté, à déployer prochainement (10/65)	En attente de décision du collège (19/65)	Finalement abandon (9/65)	Pas de WiFi (2/12)	Pas intéressées par projet (10/12)	
Ans, Ath, Bertrix, Braine-le-Château, Brugelette, Chapelle-lez-Herlaimont, Chaudfontaine, Clavier, Dour, Ferrières (achetés), Flémalle, Fleurus, Frasnes-lez-Anvaing, Genappe, Gerpinnes, Habay, Havelange, Jalhay, La Hulpe, La Louvière, Lierneux, Marche-en-Famenne, Momignies, Namur, Remicourt, Saint-Hubert, Saint-Léger	Courcelles, Floreffe, Hamoir, Hotton, Le Roeulx, Manhay, Olne, Perwez, Rebecq, Viroinval (liste d'attente)	Anhée, Anderlues, Anthisnes, Braine-le-Comte, Braives, Chièvres, Chimay, Court-Saint-Etienne, Eghezée, Esneux, Estaimpuis, Herve, Houffalize, Lasne, Libin, Manage, Onhaye, Tenneville, Welkenraedt	Charleroi, Liège, Ouffet, Profondeville, Rixensart, Stoumont,Tellin, Verviers, Waterloo	Bassenge, Chaumont-Gistoux	Beauraing, Beauvechain, Braine-l'Alleud, Grez-Doiceau, Gouvy, Hannut, Les-BonVilles, Malmedy Marchin, Ottignies, Ouffet	Les autres

Le projet a également été présenté à la radio lors de l'émission « Questions clés » (La Première, émission d'une heure).

10. Analyse des données récoltées

10.1. Exemple d'utilisation d'un capteur dans une école

C'est habituellement dans les classes, où la densité d'occupation est assez élevée, que la concentration en CO_2 augmente le plus vite. Vu l'incidence du CO_2 sur le bien-être et la productivité des élèves, il est indispensable d'aérer correctement et régulièrement les salles de cours. Une bonne habitude est de profiter des récréations pour ouvrir les fenêtres en grand. Il est plus efficace d'ouvrir pleinement une fenêtre pendant 15 minutes que de la laisser entrouverte pendant une journée ! Or, si 15 minutes suffisent à renouveler l'air de la classe, cela ne suffit pas à refroidir sensiblement les murs, où est stockée la chaleur de la pièce.

Voici par exemple l'historique sur 24 heures d'une classe où l'instituteur n'a pas aéré durant la récréation du matin, mais bien sur le temps de midi et lors de la récréation de l'après-midi. On constate que ces actions ont permis de ramener rapidement le taux de CO_2 à un niveau acceptable, tout en gardant une température agréable.

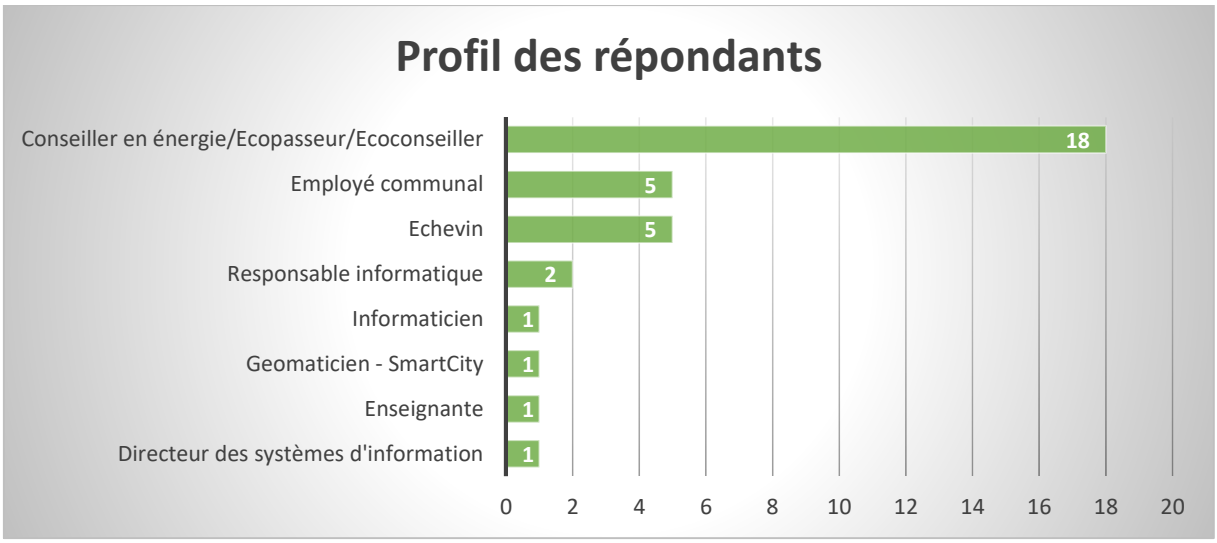
11. Enquête clôturant le projet

Afin de faire le bilan sur le projet d'analyse de la qualité de l'air intérieur, nous avons préparé un questionnaire à destination des personnes ayant marqué leur intérêt pour ce projet.

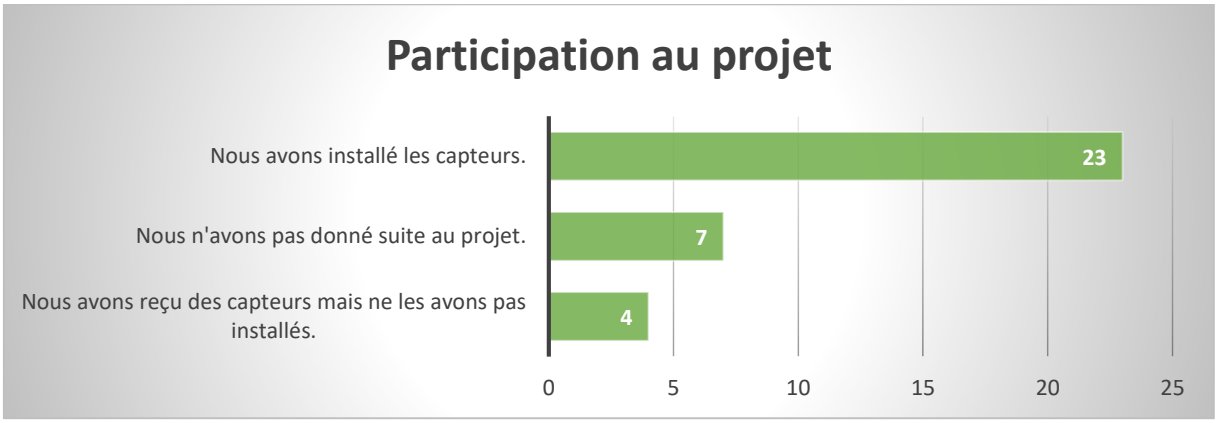
Les résultats sont présentés dans la suite de cette section.

11.1. Profil des répondants

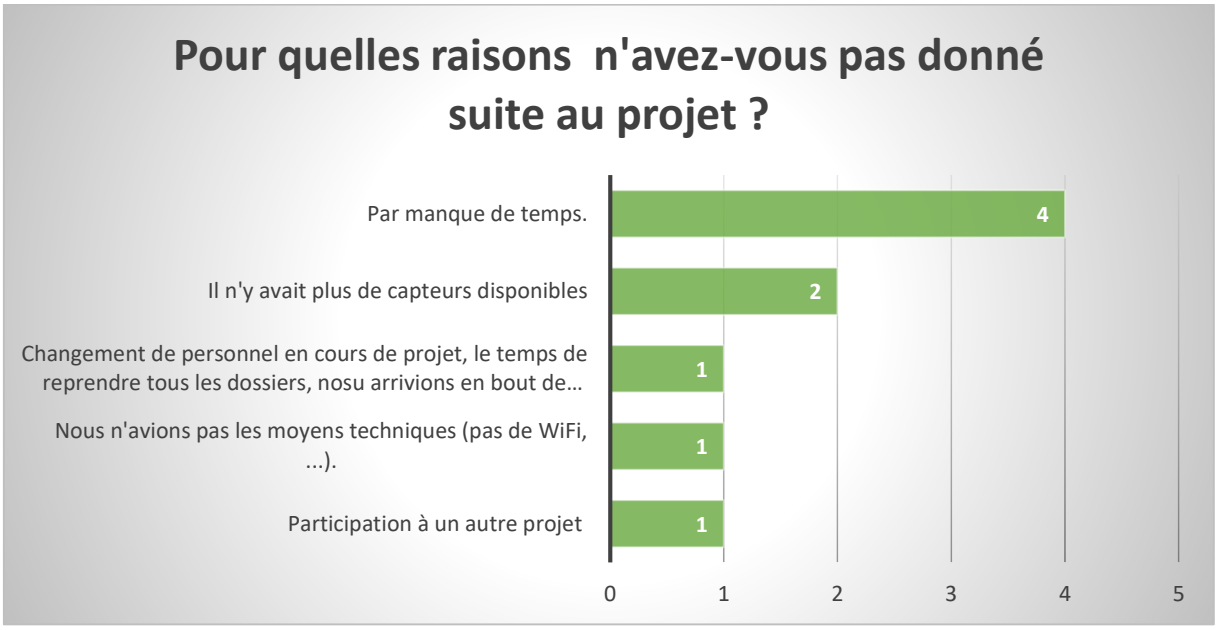
32 communes, 1 université et 1 organisation ont répondu à l'enquête.



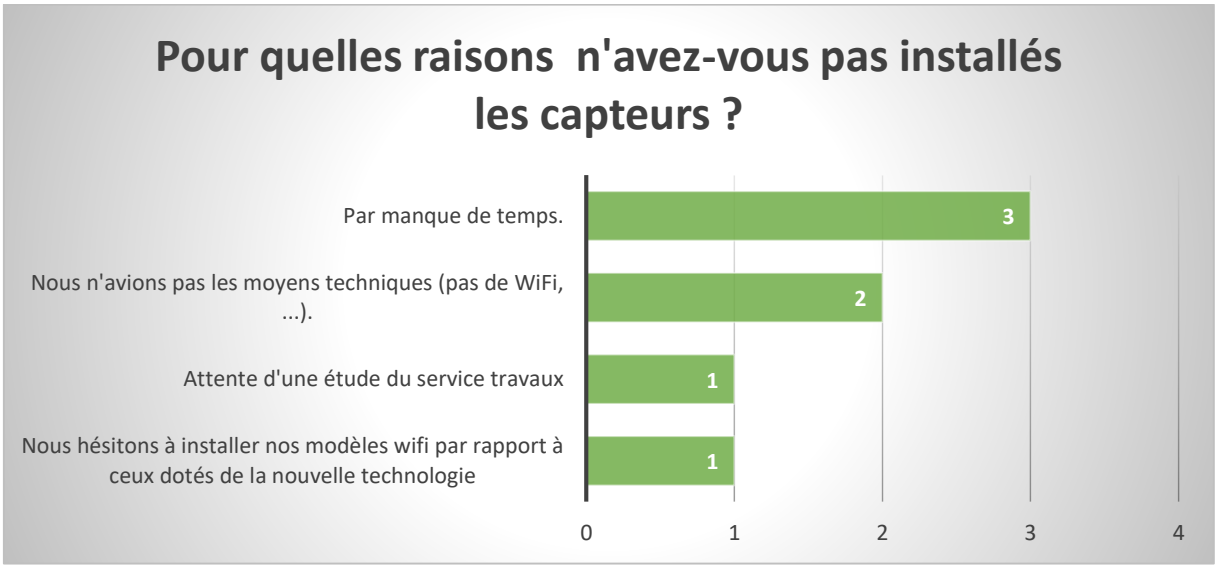
11.2. Participation au projet



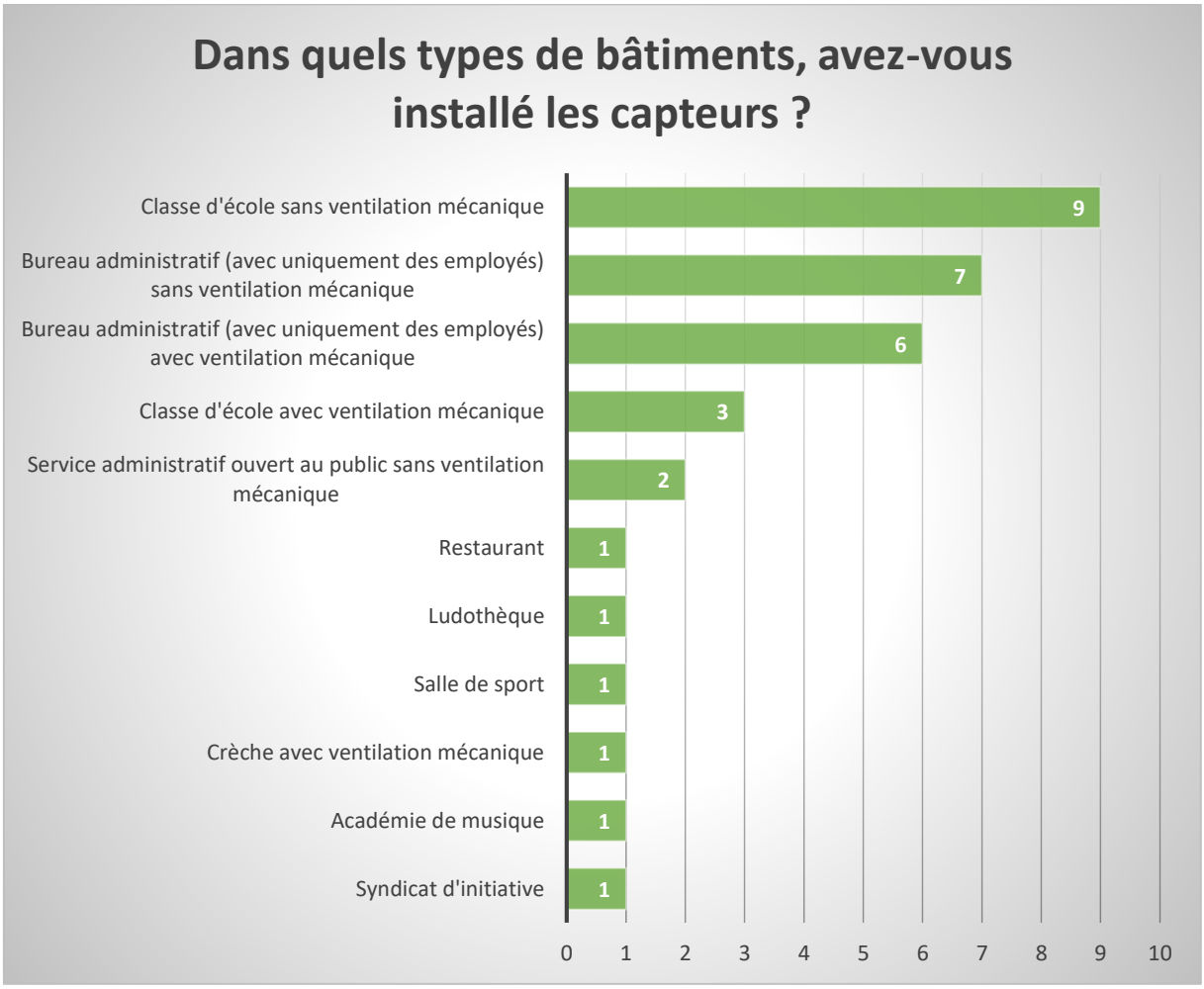
Pour les 7 communes n'ayant pas installé les capteurs, quelles ont été les raisons de l'abandon du projet ?



Pour les 4 communes n'ayant pas participé au projet, quelles-en ont été les raisons ?

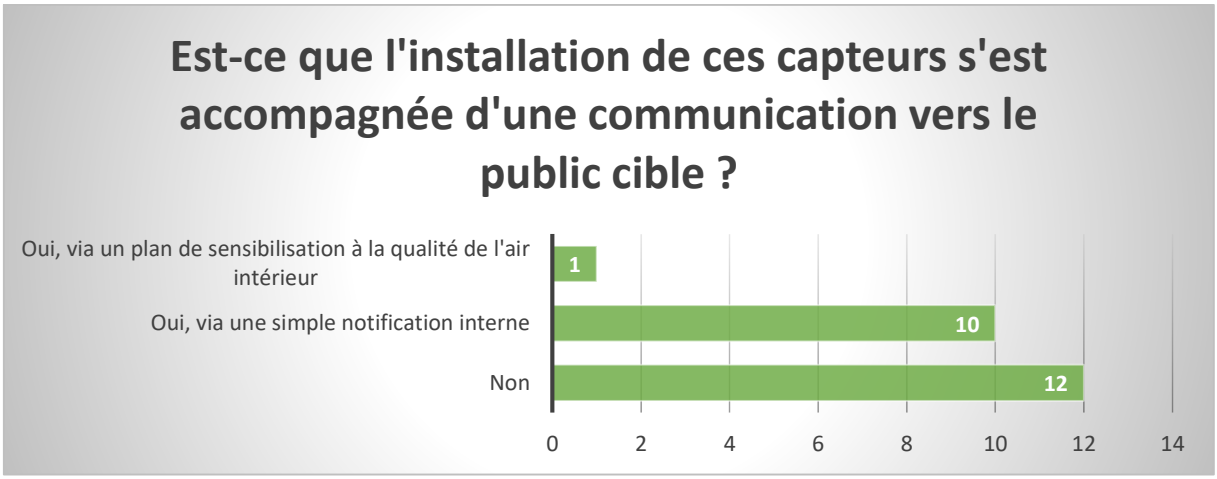


11.3. Parmi les utilisateurs de capteurs, dans quels bâtiments les capteurs ont-ils été installés ?



11.4. Parmi les utilisateurs de capteurs, à quelle fréquence suivent-ils les mesures de qualité de l'air ?

11.5. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que l'installation de ces capteurs s'est accompagnée d'une communication vers le public cible ?



Comment ?

Dans 4 communes, les enseignants (ou responsables de crèches) concernés ont été sensibilisés.

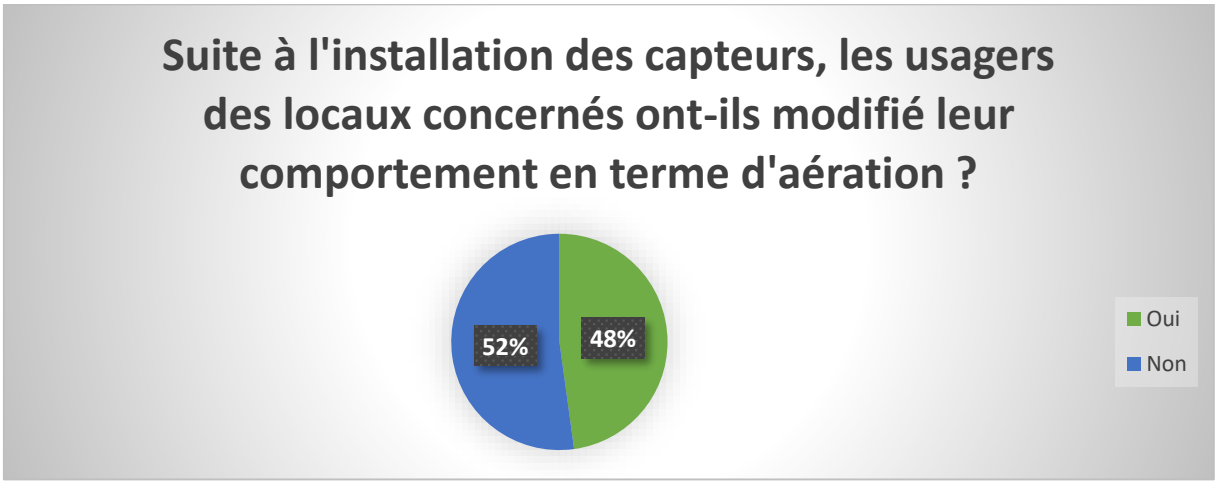
Dans 1 commune, les professeurs ont demandé la participation des élèves dans les classes équipés de capteur.

Dans 3 communes, le personnel occupant les bureaux équipés a été sensibilisé.

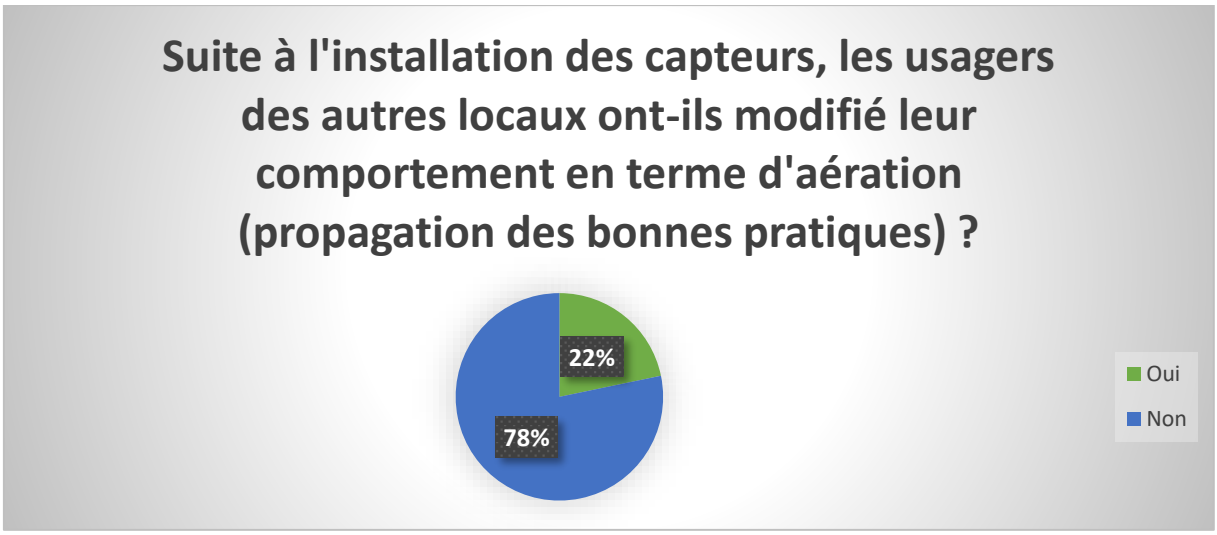
Dans 1 commune, une analyse des graphiques a été présenté à l'ensemble du personnel communal concerné.

Dans 1 commune, ils ont expliqué le projet et l'intérêt des capteurs ; ainsi que le potentiel smart de ces capteurs.

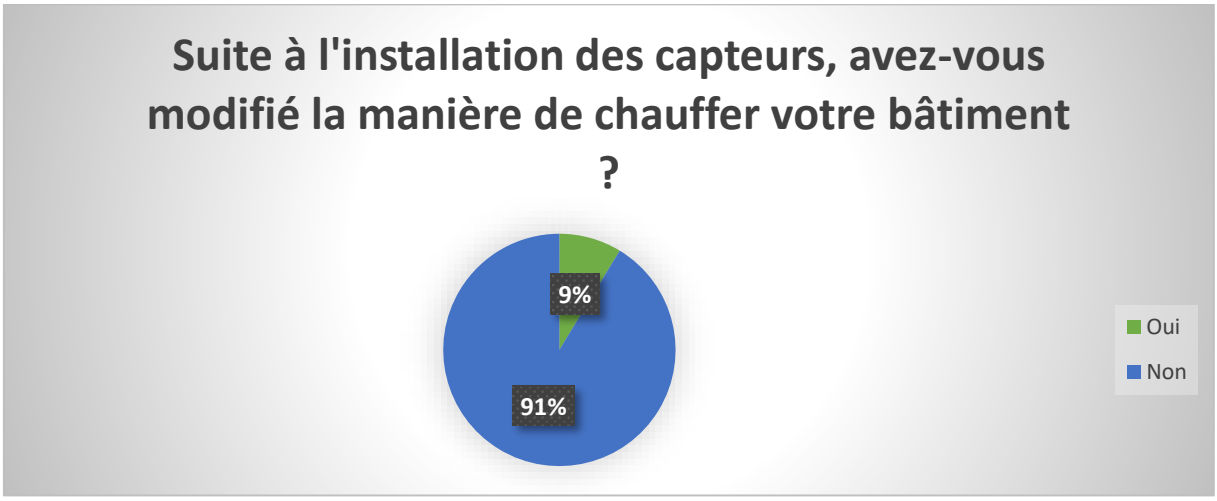
11.6. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que les usagers des locaux concernés ont modifié leur comportement en terme d'aération ?



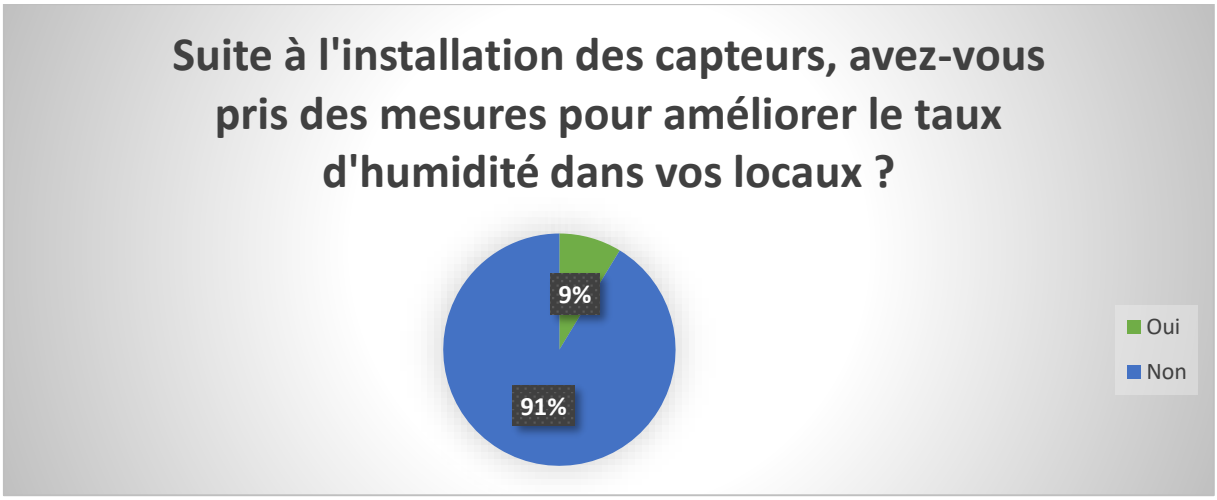
11.7. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que les bonnes pratiques en terme d'aération se sont propagées ?



11.8. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que la manière de chauffer les bâtiments a été modifiée ?

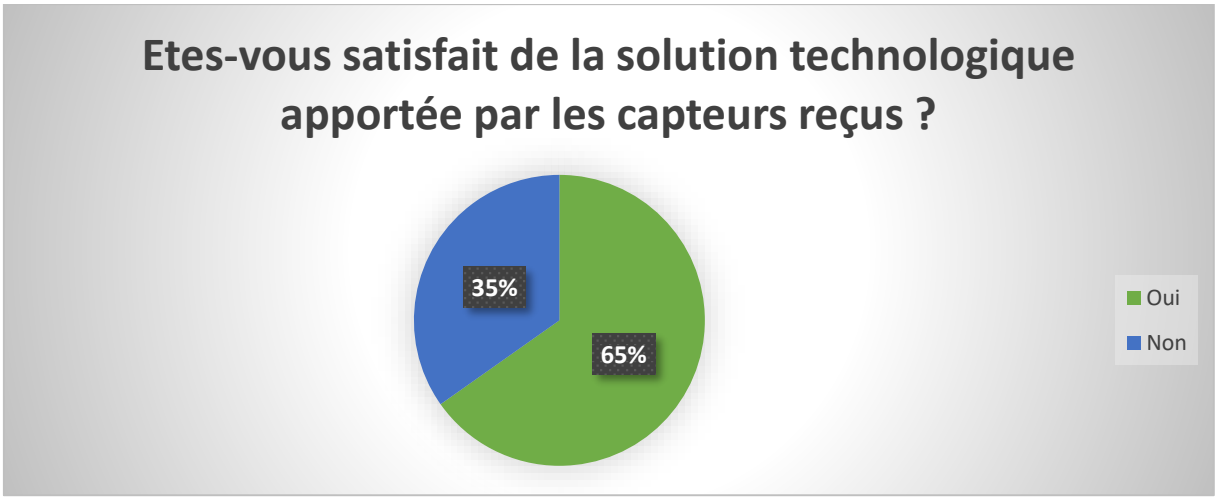


11.9. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que des mesures pour améliorer le taux d'humidité des locaux ont été prises ?



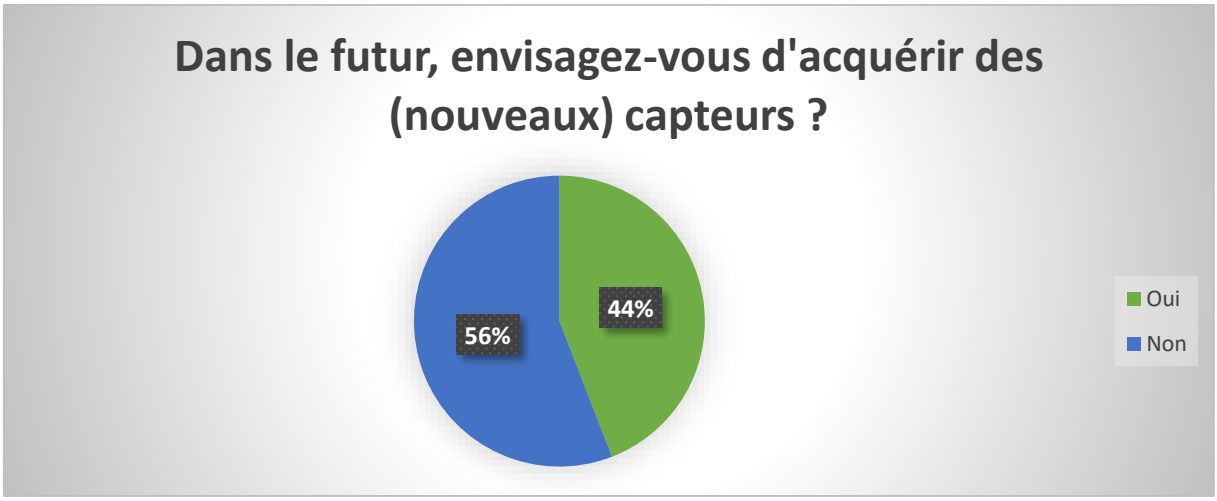
11.10. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que des travaux sont envisagés suite au constat posé sur la qualité de l'air ?

11.11. Parmi les utilisateurs de capteurs, est-ce que la solution technologique a répondu aux attentes ?



Quelles améliorations apporteriez-vous à la solution technique proposée ?

11.12. Dans le futur, envisagez-vous d'acquérir des (nouveaux) capteurs ?

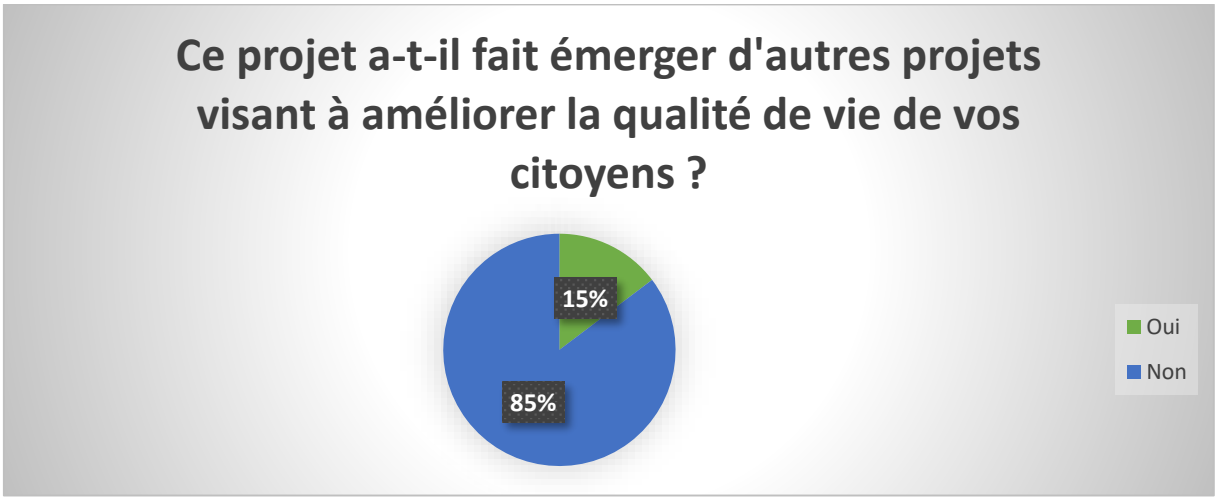


Quel montant seriez-vous prêt à mettre pour acquérir un capteur (réponse optionnelle) ?

- 350€

- 300€
- 130€
- Une centaine d'euro max ?
- 100€
- Entre 75 et 125 €
- 50€
- Ils devraient être offerts
- Dès début 2018 si des options pour la connexion sont prévues autre que via wifi
- ? C'est le PO qui décide...
- Avant l'achat on aurait voulu les tester
- Projet à construire ....
- Nous préférons les capteurs CLIMI

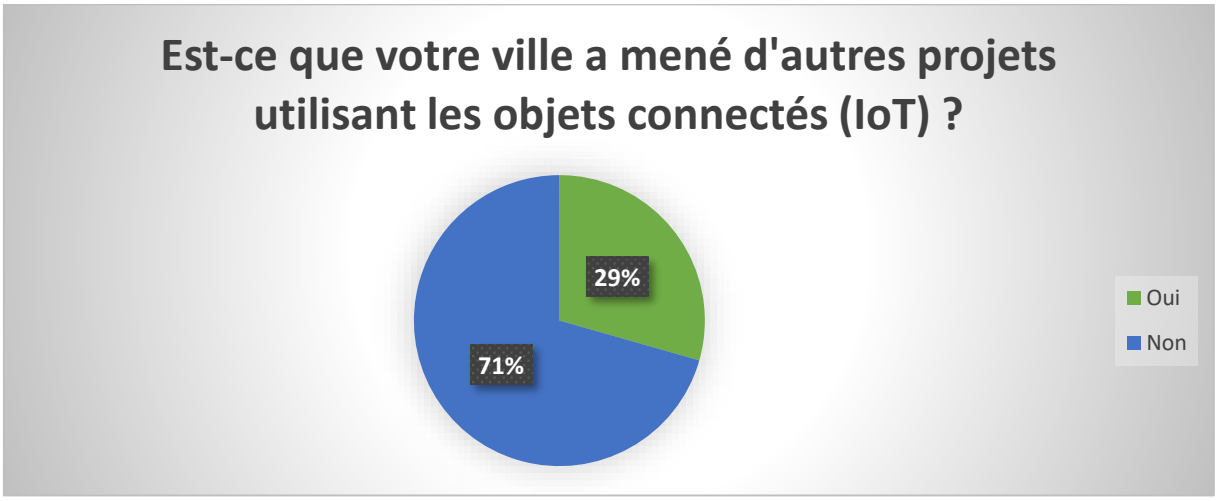
11.13. Ce projet a-t'il fait émerger d'autres projets visant à améliorer la qualité de vie de vos citoyens ?



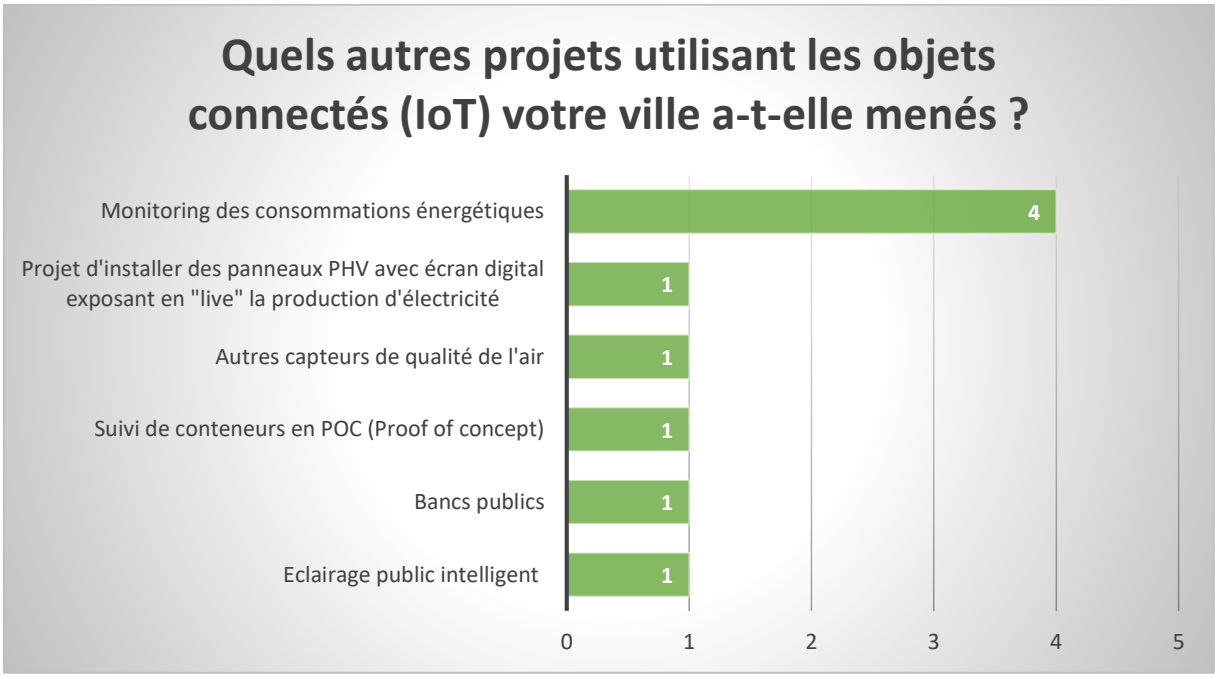
Si oui, lesquels ?

- Ath : Comptabilité énergétique systématisée
- Brugelette : Responsabiliser les citoyens et éveiller la prise de conscience
- Chapelle-lez-Herlaimont : Mise en place de conditionnement d'air dans certains bureaux
- Flémalle : Nous avions déjà et avons toujours des projets de sensibilisation et de travaux dans les bâtiments communaux
- Jalhay : Placement de nouvelle ventilation
- Namur : Utiliser le potentiel de l'ensemble des types de capteurs.

11.14. Est-ce que votre ville a mené d'autres projets utilisant les objets connectés (IoT) ?



Si oui, lesquels ?



11.15. Est-ce que vous seriez intéressé par un projet de mesure de la qualité de l'air extérieur ?

11.16. Qu'est ce qui, selon vous, a manqué à ce projet d'analyse de la qualité de l'air intérieur ?

12. Certaines communes étendent le projet pilote

Suite à l'utilisation des 2 capteurs gratuits durant quelques mois, et à une sensibilisation réussie du personnel de l'hôtel de ville, la ville de Marche-en-Famenne a souhaité acquérir 25 boîtiers de mesure supplémentaires, tous équipés de leds, afin de les placer dans les classes et ainsi conscientiser les enseignants et élèves à la problématique de la qualité de l'air dans les écoles.

D'autres communes se sont également montrées intéressées par un achat plus conséquent de capteurs, vu l'intérêt que suscite ce projet. Ceci est d'autant plus facile que les technologies de l'IoT (Internet des Objets) se sont fortement démocratisées ces dernières années.

13. Le projet qualité de l'air dans la presse

- Emission radio du 22 juin 2016 – « Questions clés » (La Première, émission d'une heure).
- Edition La Province du 26 janvier 2017 : Bientôt un air plus pur dans les écoles de Marche ?
- Edition SudPresse du 27 janvier 2017 : FuturoCité mesure la qualité de l'air à Mons et ailleurs
- Edition Lavenir.net du 19 mars 2018 : Trop de CO2 dans les classes dès 11h

14. Conclusions

Pouvoir bénéficier d'une bonne qualité d'air intérieur est une nécessité pour les personnes qui vivent et travaillent à l'intérieur. C'est en particulier vrai pour les élèves, dont les performances d'apprentissage peuvent être entravées lorsque le taux de CO_2 dépasse trop fortement les normes établies. Ce projet pilote a permis de mettre en évidence un réel besoin en termes de qualité de vie, même si ce besoin n'est pas toujours identifié ou exprimé par les principaux intéressés.

Durant ce projet, de nombreux responsables de bâtiments ont pu être conscientisés à la problématique de la qualité de vie et de l'énergie. La totalité des communes wallonnes ont été contactées, un quart de ces communes ont été rencontrées et 27 d'entre elles ont installé des capteurs (principalement dans des classes d'écoles ou dans des bureaux administratifs).

Parmi les communes qui n'ont pas donné suite au projet, une des raisons principales est le manque de temps à y consacrer.

Au sein des communes participantes et ayant répondu à l'enquête, suite à l'installation des capteurs, près de la moitié des occupants des bureaux équipés ont modifié leur comportement en termes d'aération et envisagent même de faire des travaux dans leurs bâtiments.

Plus de 40% des communes ayant répondu à l'enquête sont intéressées par l'acquisition de nouveaux capteurs mesurant la qualité d'air intérieur afin d'étendre ce projet pilote. Au vu de l'intérêt, une extension du projet en ciblant la qualité de l'air dans les écoles permettrait de poursuivre l'action de sensibilisation sur les problématiques liées à la qualité de l'air intérieur. Cela pourrait se faire par la mise sur pieds d'un projet de grande envergure dans toutes les écoles par la Région Wallonne ou la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Par ailleurs, 65% des communes ayant répondu à l'enquête sont intéressées par un projet de mesure de la qualité d'air extérieur.

14.1. Améliorations à envisager dans le futur

Si ce projet pilote devait prendre plus d'ampleur au-travers, par exemple, d'un projet visant à équiper de nombreuses écoles de capteurs afin d'y objectiver de la qualité de l'air intérieur, une série d'améliorations devraient être envisagées, sur base de l'expérience de ce projet pilote et des avis exprimés par les communes participantes.

LED permettant de visualiser le niveau de CO_2

La première version des capteurs ne disposait pas d'une interface visuelle permettant de voir au premier coup d'œil (et sans accéder à l'outil de visualisation web) le niveau de CO_2 du local. Les occupants d'un bâtiment équipés de ces capteurs n'avaient donc pas d'indication visuelle directe leur informant qu'il était nécessaire d'aérer, ce qui a pu constituer un frein à la modification des comportements en terme d'aération. Par ailleurs, des boitiers « visuellement neutres » ont tendance à se faire oublier, ce qui peut expliquer qu'une partie significative des répondants à l'enquête n'ont pas consulté les valeurs mesurées par ces boitiers de manière régulière.

Au vu de cette expérience, nous en concluons que, pour avoir un bon suivi du projet et inciter les usagers des bâtiments publics à modifier leur comportement, il est nécessaire de pouvoir appréhender, de manière simple, la catégorie de qualité d'air dans laquelle on se trouve à chaque moment. La consultation des mesures détaillées via une interface web doit donc arriver dans un deuxième temps, pour aller plus loin dans la visualisation de l'évolution de la qualité de l'air dans le local où cette qualité d'air est mesurée.

Pour répondre à ce problème, les boitiers ont donc été améliorés, dès mi-2017, par l'adjonction d'une LED changeant de couleur en fonction du taux de CO_2 mesuré. La couleur rouge de la LED (lorsque le taux de CO_2 dépasse 1200 ppm) joue parfaitement de rôle d'alerte signifiant qu'il est temps d'aérer le local.

Ce genre de dispositif doit se retrouver sur les boitiers qui seraient utilisés si ce projet pilote devait être étendu.

Système d'alerte

Afin d'encourager et faciliter le changement des comportements en terme d'aération, de chauffe et d'humidité, un système d'alerte devrait être mis en place. Idéalement, les utilisateurs devraient pouvoir choisir le moyen d'être averti : sms et/ou e-mail ; ainsi que les niveaux d'alerte.

Historique et rapport

L'outil web de visualisation permet d'afficher les valeurs des dernières 24h. Toutefois, il faudrait faire évoluer l'outil afin de permettre aux utilisateurs d'obtenir facilement un historique plus large (un jour, une semaine, un mois, …). Ces historiques devraient également pouvoir être intégrés dans des rapports à destination des mandataires publics dans un but de sensibilisation et éventuellement de prises de mesures (travaux, meilleures régulations, …) ; ainsi qu'à destination des occupants des bâtiments équipés afin qu'ils puissent au mieux modifier leurs comportements.

Installation et connexion des capteurs

Les boitiers, alimentés sur secteur, doivent être connectés via le réseau wifi. L'installation nécessite un minimum de connaissances en informatique. Certaines communes n'ont pas donné suite au projet car elles ne disposaient pas de connexion wifi. D'autres n'ont pas installés les capteurs sans doute parce

que la connexion n'était pas instantanée, qu'une configuration non accessible aux néophytes était nécessaire.

Une nouvelle génération de boitiers a été développée par notre partenaire Thingsplay et permet dorénavant de connecter les boitiers en Sigfox. Cette technologie permet une installation beaucoup plus directe et simple. Sigfox est une technologie de communication sans fil disponible partout en Belgique et solutionne donc le problème d'absence de wifi dans certains bâtiments. A noter qu'il existe des alternatives à Sigfox, tout aussi adaptées car simples d'utilisation : LoRa, NB-IoT, …

Les boitiers devraient également être plus solides que les prototypes utilisés lors de ce projet pilote.

Communication et recommandations

Afin de donner plus de portée au projet, il pourrait être intéressant de fournir aux communes des rapports (par exemple mensuellement) reprenant les mesures prises dans leurs bâtiments et accompagnées de recommandations. Des supports didactiques supplémentaires devraient être rédigés. Des animations à destination des occupants des bâtiments équipés de capteurs permettraient une meilleure sensibilisation aux problématiques de la qualité de l'air.