

Competence Pool Indoor Air Quality & Health (CP IAQ & Health)
Laboratoires pour: Microbiologie & Microparticules | HVAC | chimie du bâtiment

OUT2IN

Comment limiter l'impact de la qualité de l'air extérieur sur l'intérieur au moyen d'un système de ventilation mécanique?



Joris Van Herreweghe



Samuel Caillou

Sébastien Pecceu, Sara Verheyelwegen, Romy Van Gaever



Tom Haerinck

Sous le parrainage de:



Laboratoire de la qualité de l'air
& Département de la promotion technique des bâtiments durables



csti.be
Recherche • Développe • Informe

Avec le soutien financier de:



Anticipate Prospective Research Programma

1

1

Disclaimer:

Ces notes de cours ne font pas partie des publications officielles du CSTC et ne peuvent donc être utilisées comme référence.

Deze handouts van een voordracht maken geen deel uit van de officiële publicaties van het WTCB en kunnen dus niet als referentie gebruikt worden.

La reproduction ou la traduction, même partielle, de ces notes n'est permise qu'avec l'autorisation du CSTC.

De reproductie of vertaling, zelfs gedeeltelijk, van deze handouts is niet toegestaan zonder uitdrukkelijke toestemming van het WTCB.

Ordre du jour

1. **Le projet Out2In**
contexte, approche, output, classification des filtres à air
Joris Van Herreweghe, labo MBP
2. **Possibilités de filtration en ventilation équilibrée**
des expériences en laboratoire et in situ dans des conditions de vie réelles
Joris Van Herreweghe, labo MBP
3. **Analyse des données sur la QAE de Bruxelles et potentiel du pilotage de la ventilation**
Sébastien Pecceu, labo HVAC
4. **Quels paramètres influencent l'infiltration des polluants provenant de l'air extérieur?**
aperçu des simulations numériques
Sara Verheyelwegen, labo HVAC
5. **Pertinence du contrôle de la ventilation en fonctions des polluants de l'air extérieur**
Sara Verheyelwegen, labo HVAC
6. **Comment choisir un filtre à poussière approprié?**
Un arbre de décision basé sur les résultats
Joris Van Herreweghe, labo MBP



3



cstc.be
 Recherche • Développe • Informe

Le projet Out2In
contexte, approche, output, classification des filtres à air

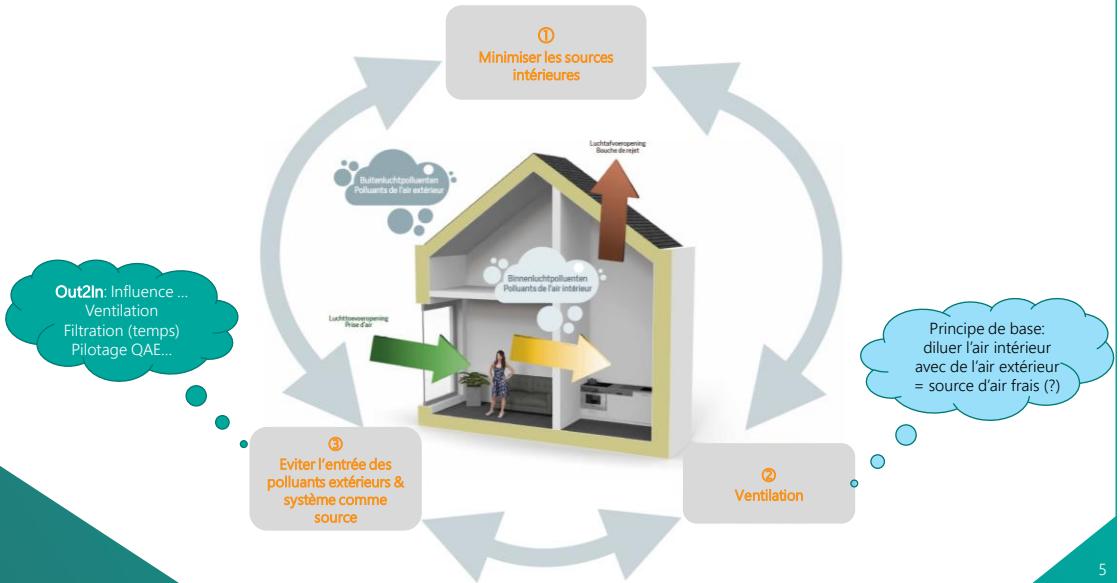
Joris Van Herreweghe
 Labo Microbiologie et Microparticules

ATIC 15/06/2022₄

4

2

Contexte: La voie vers une bonne qualité de l'air intérieur...



5

5

Approche en trois étapes



PARAMÈTRES:

Particules fines
(10nm -10 µm)
= PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ et PM_{0,1}

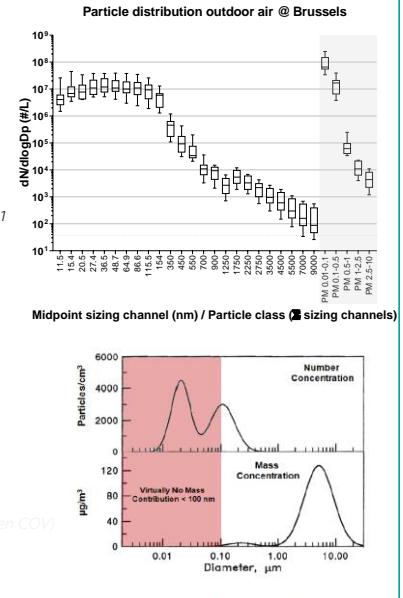
Oxides d'azote (NOx)
& Ozone

COV liés au trafic

Perte de pression

Projet: valeur ajoutée

1. Mesures avec la charge polluante réelle de l'air extérieur de BXL
(\leftrightarrow test de filtres normalisé est effectué avec des particules synthétiques)
2. Du composant, vers le système, jusqu'au niveau du bâtiment
(\leftrightarrow de nombreuses études ne tiennent compte que du rapport intérieur/extérieur)
3. Plage de mesure particules fines de 10nm-10μm => PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ & PM_{0,1}
(\leftrightarrow les tests standardisés ne regardent pas <0.3μm = PM0.1 = ultrafines)
4. Mesures en concentration de nombres
(\leftrightarrow concentration massique standard
= sous-estimation de la contribution des toutes fines particules)
5. Efficacité dans le temps
(\leftrightarrow test de filtres standardisé = snapshot à un moment et un état particulier)
6. Également analyse capture des polluants chimiques (Ozone, Oxides d'azote (NO) en COV)
(\leftrightarrow de nombreuses études limitées aux particules)



Filtres à air: classification

NBN EN779:2012 (remplacé) → NBN EN ISO 16890:2017

- Classes = Eff. pour particules de 0.4μm
- Classification au sein d'une classe

G = Grossier	G1, G2, G3, G4
M = Medium	M5, M6
F = Fin	F7, F8, F9
- 9 classes de filtres (**5 souvent utilisées**)
- Toujours indiquée sur les fiches



- Classification en **4 groupes** (0.3-10μm)

0,3-10,0 μm*	0,3-10,0 μm*	0,3-2,5 μm*	0,3-1,0 μm*
The 4 ISO groups		Particle collective	
ISO Coarse	ISO ePM ₁₀	ISO ePM _{2,5}	ISO ePM ₁
< 50 %	> 50 %	> 50 %	> 50 %
- Classification au sein d'un groupe (/5%)
49 classes de filtres! (coarse 5-95%, autres 50-95%)
- Etiquetage selon ISO obligatoire depuis **juillet 2018**

☞ différences fondamentales (procédure de test & classification)
= pas de relation 1:1 entre EN 779 et ISO 16890
☞ Un même filtre peut être classé différemment: F7 = ePM2.5 (65-95%) ou ePM1 (50-65%)

Output

1. Arbre de décision

- choix de la technique appropriée en fonction du degré de filtration souhaité
- avec des informations supplémentaires
(coût d'achat, - de maintenance, perte de pression)



2. Stratégie de gestion de risques en cas de pic de pollution (SMOG)

- que faire alors du système de ventilation?



3. Recommandations autour

- entretien | nettoyage- | remplacement- | positionnement des filtres
- Potentiel de la ventilation contrôlée par les polluants extérieurs



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Possibilités de filtration en ventilation équilibrée

des expériences en laboratoire et in situ dans des conditions de vie réelles

Joris Van Herreweghe
Labo Microbiologie et Microparticules

Plan de la présentation

| *Essais en labo*

- a. Poste d'essai
- b. Composition run I et II
- c. Résultats PM et ΔP
- d. Influence d'un nettoyage du filtre

|| *Essais in situ*

Poste d'essai



150 m³/h
2x 1 an de suivi/ Run I & II
mesures mensuelles



Plan de la présentation

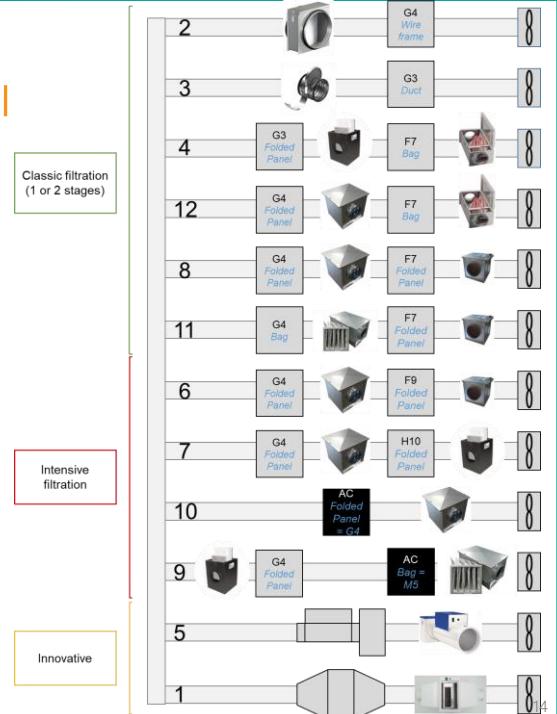
|| *Essais en labo*

- a. Poste d'essai
- b. Composition run I et II
- c. Résultats PM et ΔP
- d. Influence d'un nettoyage du filtre

|| *Essais in situ*

En labo: composition du poste d'essai | Run I

- **Filtration classique** (6 lignes)
 - déjà courant
 - 1 ou cascade de 2 filtres
- **Filtration intensive** (4 lignes)
 - Particules: F9 & H10 (E10)
 - Polluants chimiques: filtres à charbon actif
- **Innovant** (2 lignes)
 - Précipitateurs Electrostatiques
 - 2 systèmes différentes



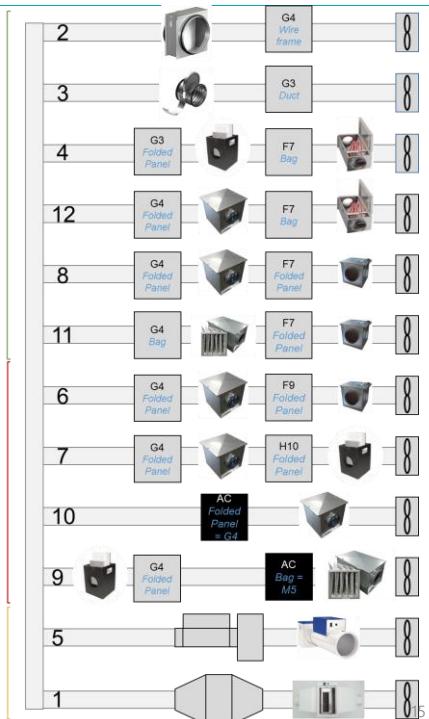
En labo: composition du poste d'essai | Run I

- Filtres G3 et G4 ≠ types (wireframe, duct, panel, bagfilter)
- F7 folded panel (panneau) vs bagtype (à poches)
- F7 vs F9 et H10 (E10)

Classic filtration
(1 or 2 stages)

Intensive filtration

Innovative



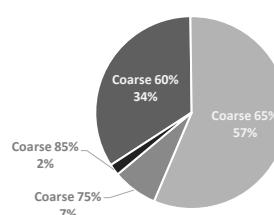
15

Filtres: étude de marché EN799 à ISO16890 dans la pratique

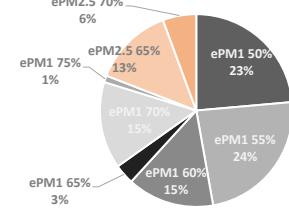
• Filtres de système

Base de données EPBD
148 systèmes de 27 fabricants

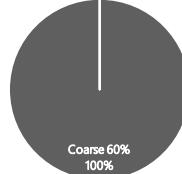
x% van vroegere G4 wordt nu geklasseerd als:
(# in dataset 53)



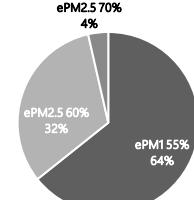
x% van vroegere F7 wordt nu geklasseerd als:
(# in dataset 89)



x% van vroegere G4 wordt nu geklasseerd als:
Filterboxen (# in dataset 9)



x% van vroegere F7 wordt nu geklasseerd als:
Filterboxen (# in dataset 28)

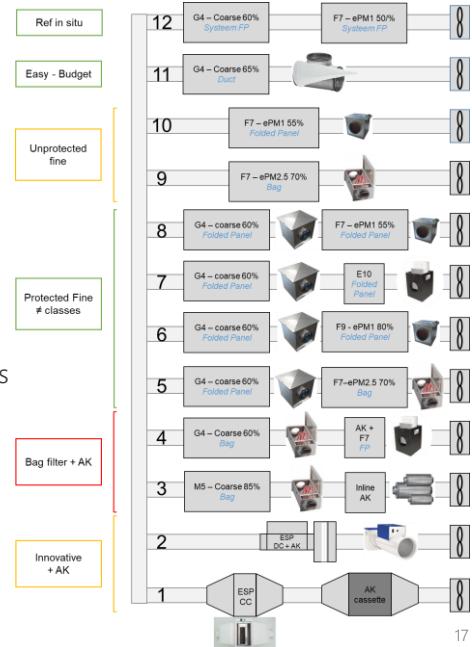


16

En labo: composition du poste d'essai | Run II

Composition basée sur

- La **classification** selon ISO16890 (recommandations)
- Résultats du **Run I**
- **L'étude de marché – filtres de système représentatives**
 - Coarse 60% (G4) | ePM1 55% (F7) panneau
 - M5-coarse 85% comme deuxième filtre de système le plus courant
 - Différentes formes: panneau vs poche (durée de vie?) (L4, L5)
- **Comparaison ePM1 55% (F7): ePM1 80% (F9), E10 (EPA), ESPs**
- **Filtration en cascade, une valeur ajoutée?**
 - Run I: F7 uniquement après protection par G4
 - Run II: Coarse 60% + ePM1 55% FP/ ePM2.5 70% bag (L8 & 5) versus ePM1 55% FP/ ePM2.5 70% bag (L10 & 9)



17



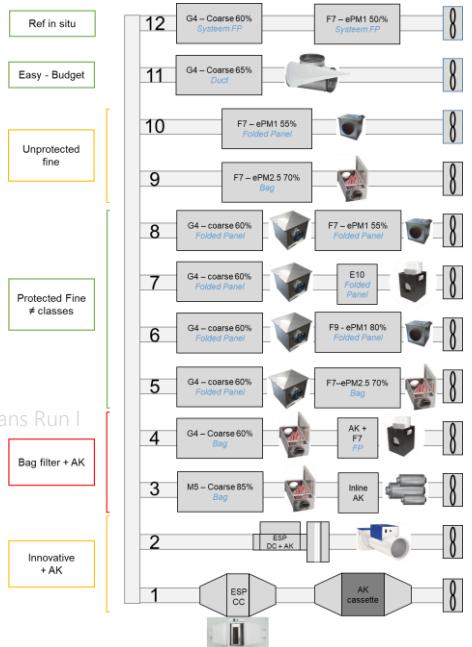
En labo: composition du poste d'essai | Run II

Composition basée sur

- **Divergence** entre l'efficacité *in situ* et *en labo*
=> intégration des filtres de système dans le poste d'essai (ligne 12)



- Capture très limitée de polluants chimiques par les filtres à charbon actif dans Run I
=> filtres avec une plus grande quantité de charbon actif dans le Run II



18



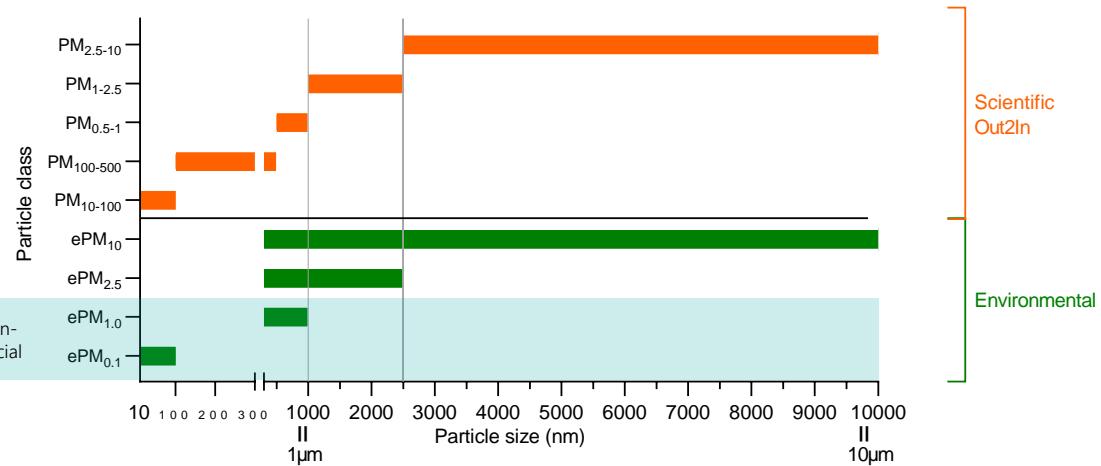
Agenda

| *Essais en labo*

- a. Poste d'essai
- b. Composition run I et II
- c. Résultats PM et ΔP
 - 1) Coarse
 - 2) Fine
 - 3) ESP
- d. Influence d'un nettoyage du filtre

|| *Essais in situ*

Particle definitions & consequences



In laboratory | coarse filters – folded panel reference

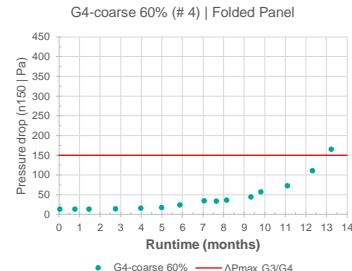
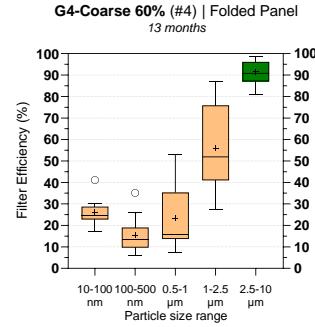
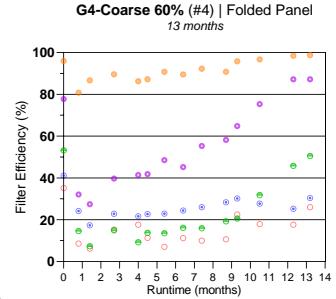
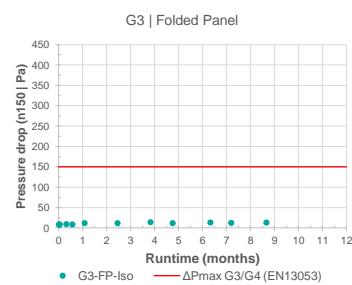
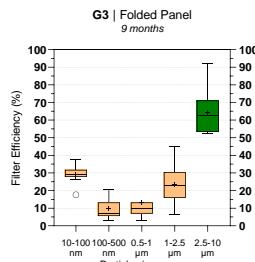
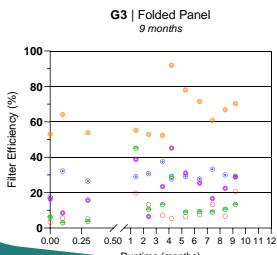
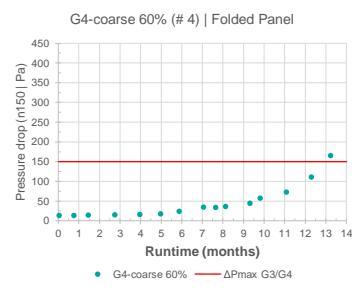
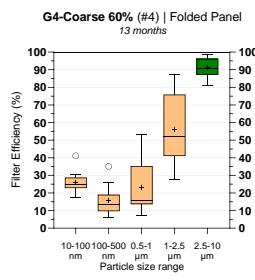
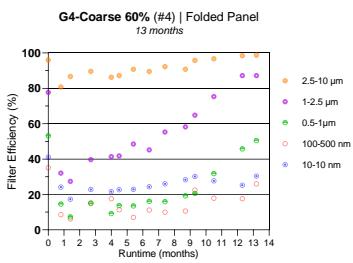


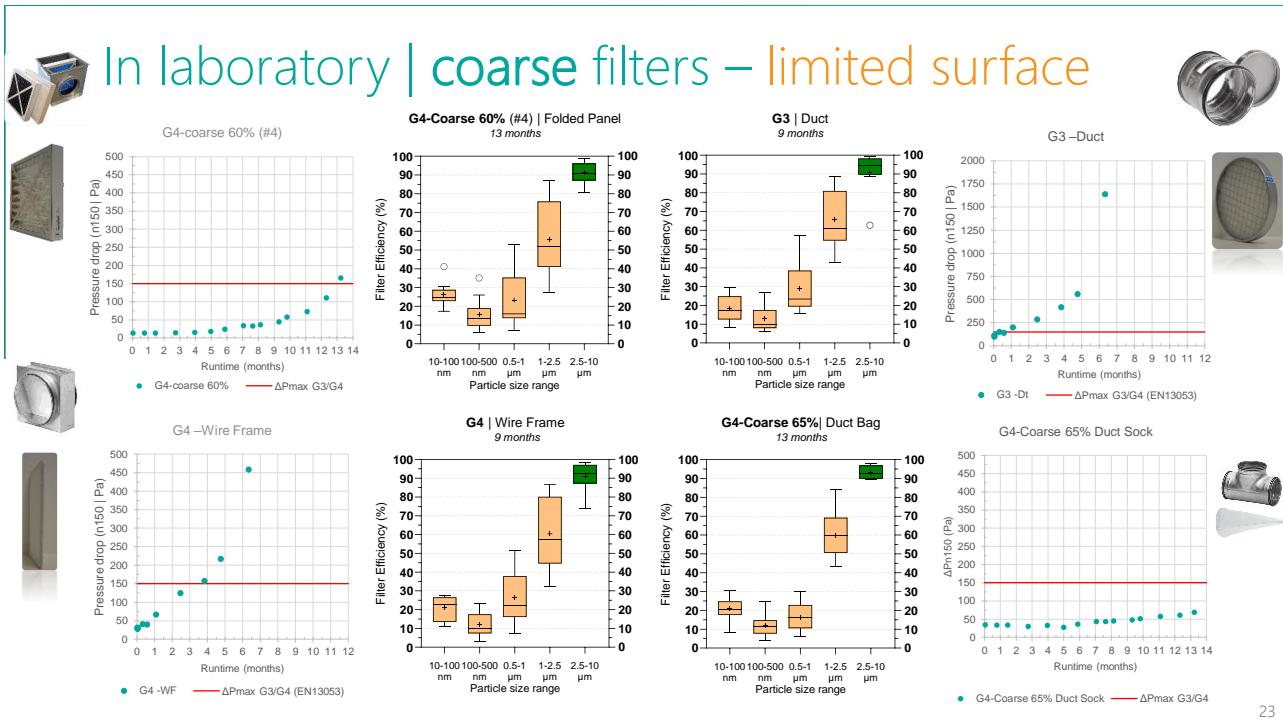
Table 9 — Maximum final pressure drop for filters	
Filter class	Final pressure drop
G1 - G4	150 Pa
F5 - F7	200 Pa
F8 - F9	300 Pa

NBN EN 13053 (2011) : Ventilation for buildings - Air handling units
Rating and performance for units, components and sections

In laboratory | coarse filters – G4 vs G3



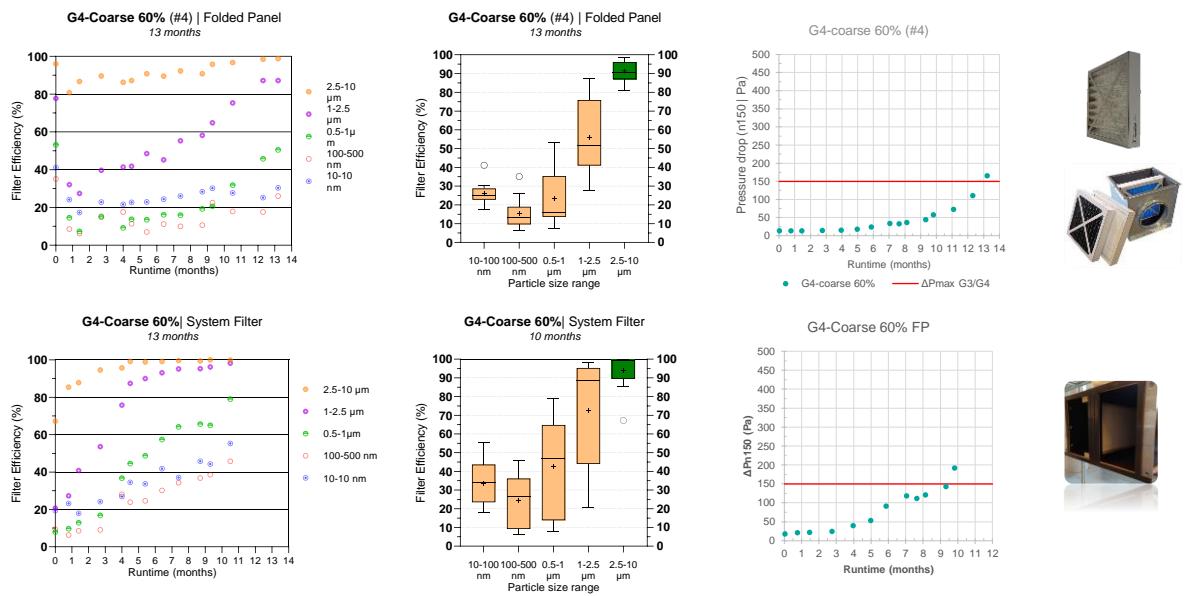
In laboratory | coarse filters – limited surface



23

23

In laboratory | coarse filters – System filter in lab



24

24

In laboratory | coarse filters – Conclusions

General:

- Low and variable efficiency for particles $< 2.5\mu\text{m}$ → system protection
- For some higher efficiency at new state and dip after short time in use (static electrostatic charge)
- Differences in efficiency between different types of the same filter class (G4 FP > bag)

G3 (Coarse 45-55%) vs **G4** (Coarse 60%)

- For same filter type (folded panel) → higher efficiency for G4 filter

In function of time

- Increase in filter efficiency in function of time (filter cake)
- Steep increase in pressure drop for filters with limited filter surface (except duct bag)
- System filter → lower efficiency @ new state, but increase to = G4 folded panel
! Pressure drop

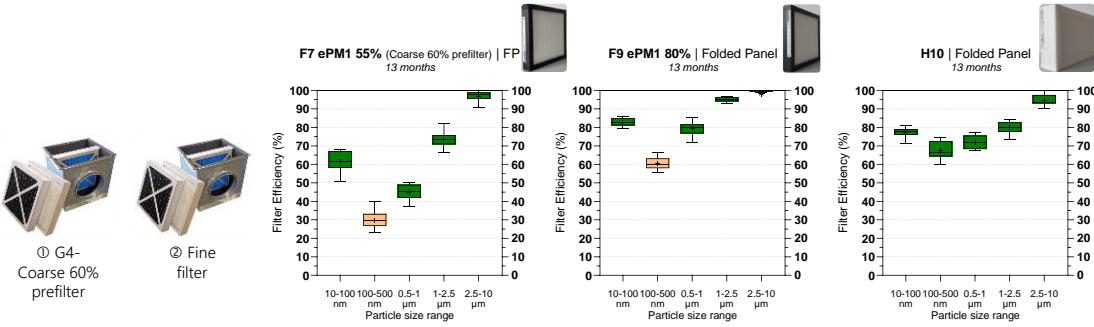
Agenda

| *Essais en labo*

- a. Poste d'essai
- b. Composition run I et II
- c. Résultats PM et ΔP
 - 1) Coarse
 - 2) Fine
 - 3) ESP
- d. Influence d'un nettoyage du filtre

|| *Essais in situ*

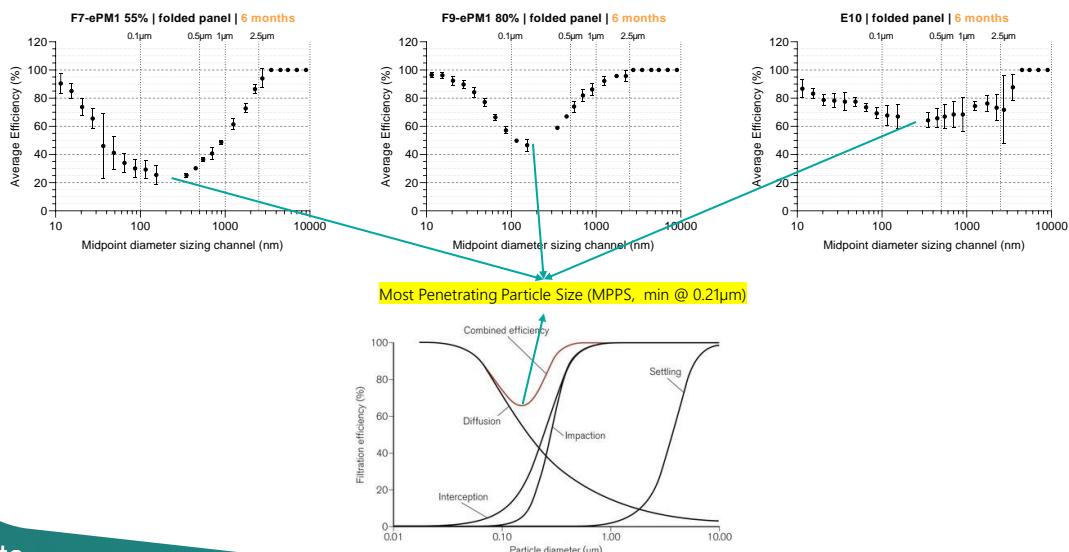
In laboratory | fine filters – F7- F9 – H(E)10 & prefilter



27



In laboratory | fine filters – F7 –F9 – H(E)10 fractional profile

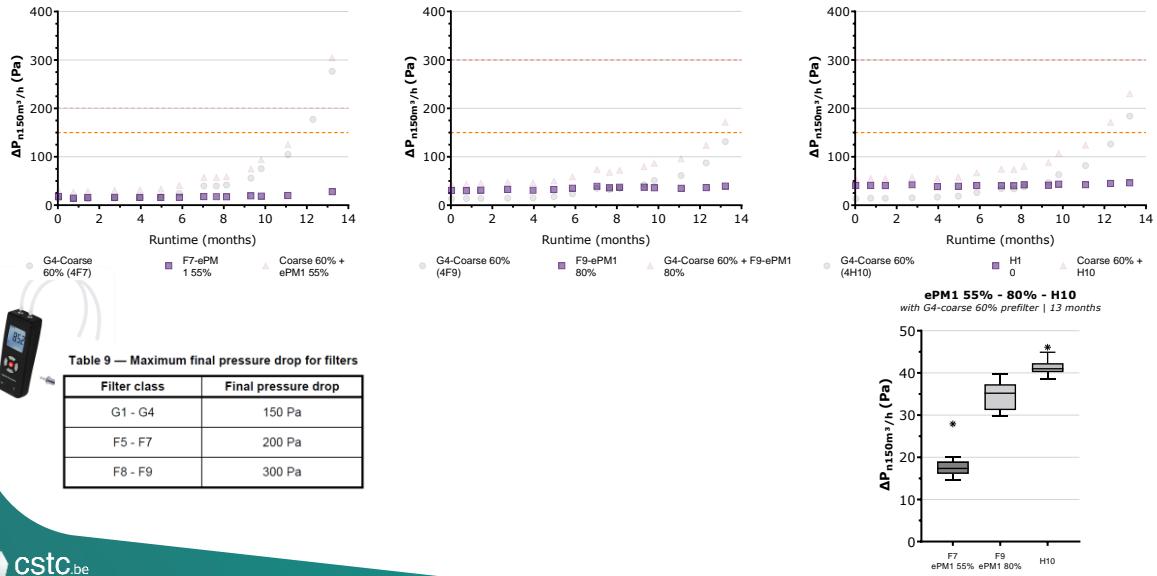


28



28

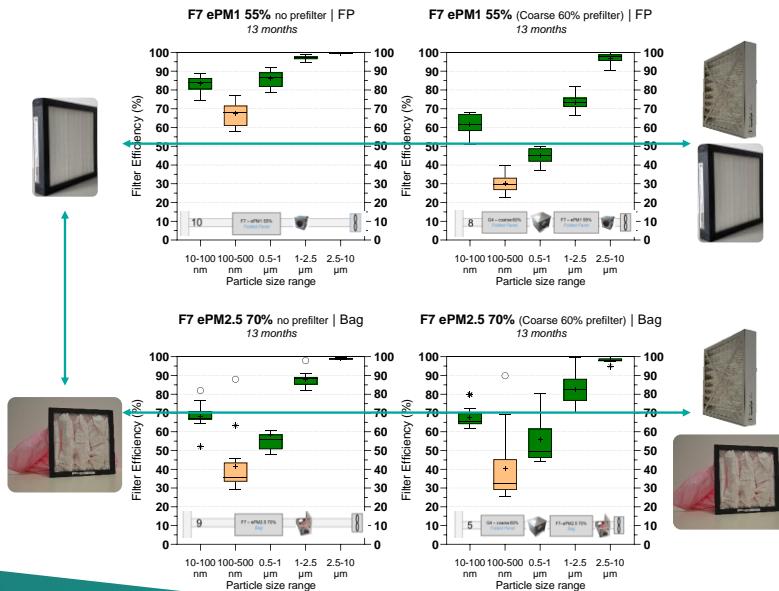
In laboratory | fine filters – F7- F9 – H10 & prefilter



29

29

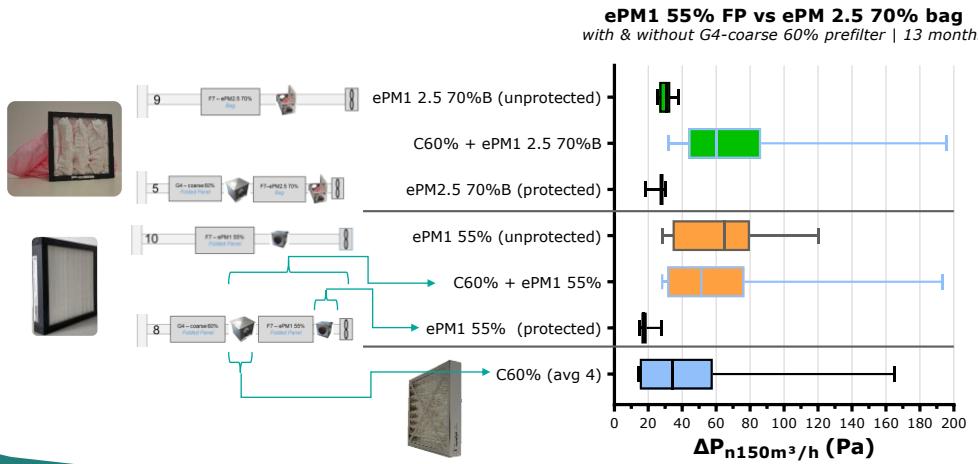
In laboratory | fine filter F7 – FP vs Bag – w&w_o prefilter



30

30

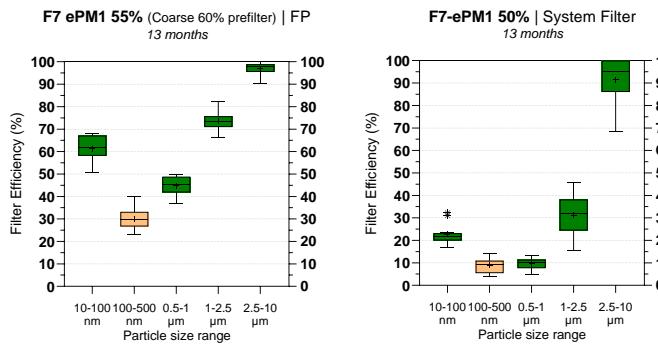
In laboratory | fine filter F7 – FP vs Bag – w&w_o prefilter



31

31

In laboratory | fine filter F7 – box vs system



32

32

In laboratory | fine filters – Conclusions

General:

- F7-ePM1 55% < F9-ePM 80% < E10 (run I) (MPPS-level)

Folded Panel vs Bag with & without prefilter

- Folded panel: ✓ **higher efficiency** without prefilter (filter cake)
✓ ΔP no prefilter > with prefilter
- Bag type: ✓ **same efficiency** profile, less variation for without prefilter
✓ ΔP no prefilter << with prefilter
 - If folded panel = prefilter needed
 - If bag = before the system without prefilter

System filter

- Much lower efficiency

Agenda

| *Essais en labo*

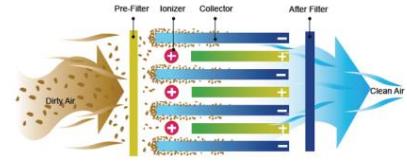
- a. Poste d'essai
- b. Composition run I et II
- c. Résultats PM et ΔP
 - 1) Coarse
 - 2) Fine
 - 3) ESP
- d. Influence d'un nettoyage du filtre

|| *Essais in situ*

In laboratory | Electrostatic precipitation? (ESP)

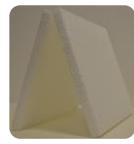
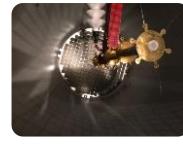
○ Type 1: cleanable collector (CC)

- Ionizer and collector are one piece
- Positive ionisation
- Cleanable collector

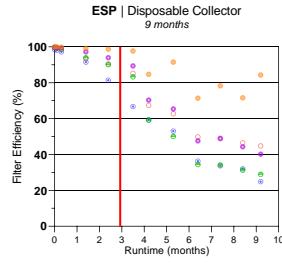
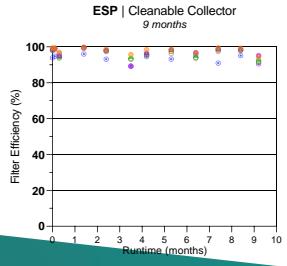
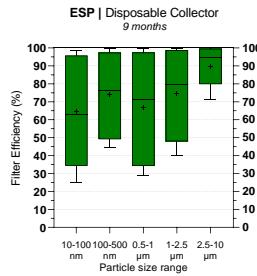
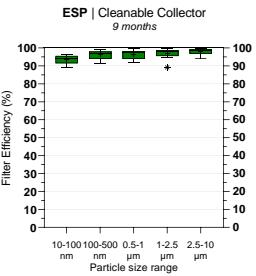


○ Type 2: Disposable collector (DC)

- Separate ionisation and collector section
- Positive ionisation
- Disposable PP collector (2x)
- Additional Activated Carbon filter in option



In laboratory | Electrostatic precipitators (ESP)



!!!
Manufacturer recommends collector replacement every 3 months

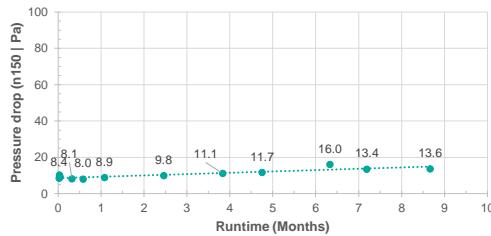
Not done during our test to see the effect of not replacing it

Upon replacement = initial efficiency

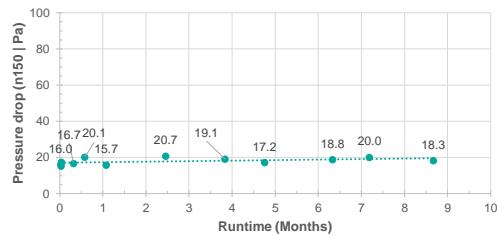
In laboratory | Electrostatic precipitators (ESP)



ESP-CC



ESP-DC



By-product generation by ESP (after 8 months in use, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(delta after – before system without Active Carbon)

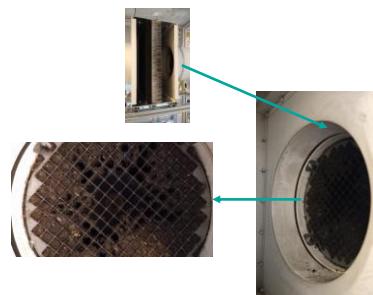
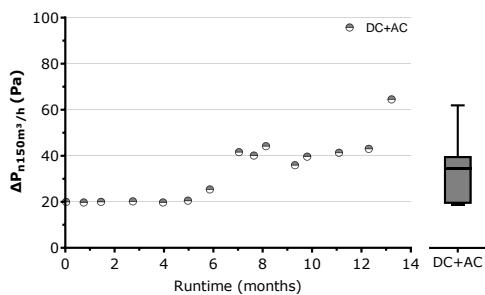
By-product	ESP-CC	ESP-DC
NO	2.5 ± 0.7	0.8 ± 0.3
NO_2	4.7 ± 1.4	0.5 ± 1.9
O_3	29.1 ± 4.0	16.1 ± 3.5

U.S FDA 50ppb O_3 emission limit for medical devices = $100\mu\text{g}/\text{m}^3$
Guide value VBB: $40\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{O}_3$ | $20\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$

37

37

In laboratory | Electrostatic precipitators (ESP)



Findings:

Small increase of ΔP with addition of AC-filter
Increase after 5 months in run II → dust accumulation on grid after ionizer



38

38

19

In laboratory | ESP – Conclusions & recommendations

General:

- Consistent High efficiency within the complete particle range 10nm -10µm
(for version with disposable collector under the condition of regular replacement of the collector)
- **Very limited (increase in) pressure drop** in comparison to fine filters or combination coarse and fine
- Limited by-product generation (can be captured with AC-filter – data not shown)
- Protection of the ESP-unit with coarse filter (dust accumulation)
 - Preferred installation location = after the ventilation system
 - Protected against dust accumulation by coarse filter in the ventilation system
 - Protected against frost (ice formation on insulators)
 - If combined with AC – warmer and dryer air improves its efficiency

Agenda

| *Essais en labo*

- a. Poste d'essai
- b. Composition run I et II
- c. Résultats PM et ΔP
- d. Influence d'un nettoyage du filtre

|| *Essais in situ*

In laboratory | Coarse filter cleaning - how

Testing the influence of cleaning on filters after:

6 months in use: filters with **limited filter surface** (G3-duct and G4-wireframe)

9 months in use: coarse **G4 folded panel filters** (3-fold)



Cleaning procedure:

1. Vacuum cleaning on both sides
2. Blowing through of both sides with compressed air
3. Vacuum cleaning on both sides, ending with "most dirty" side

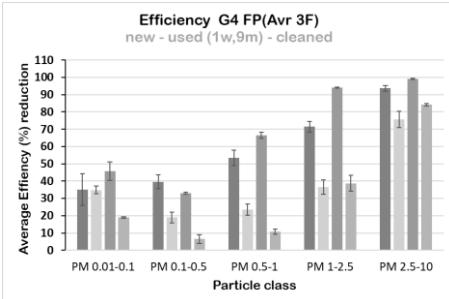


Measurements before and after

- Pressure drop
- Filter efficiency

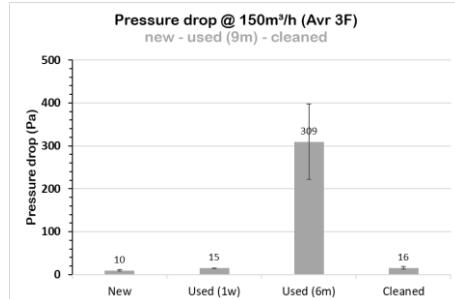


In laboratory | Coarse filter cleaning – reference



Influence on **efficiency**

- Decreases quickly due to loss of electrostatic charge
- Increases in $f(t)$ especially for particles in range $0.5\text{-}2.5\mu\text{m}$
- Cleaning causes a drop in efficiency **to ± the level of efficiency after 1 week in use for intended particles (loss elec. charge)**



Influence on **pressure drop**

- Drastic reduction of the pressure drop!!!
- To the level of 1 week in use
- = slightly higher than initial

In laboratory | Coarse filter cleaning - conclusions

- **Efficiency** of the filter:
 - falls back to lowest level measured (initial of 1 week in use)
 - doesn't fall below lowest level measured during lifetime (for intended particle fractions)
 - = no indication of damage due to cleaning
 - **Pressure drop**
 - strong to drastic reduction
- ⇒ Cleaning can be used to extend the lifetime of a filter
 ⇒ Based on pressure profile: at least after 6 months in use

Agenda

I | *Essais en labo*

- a. Poste d'essai
- b. Composition run I et II
- c. Résultats PM et ΔP
- d. Influence d'un nettoyage du filtre

II | *Essais in situ*

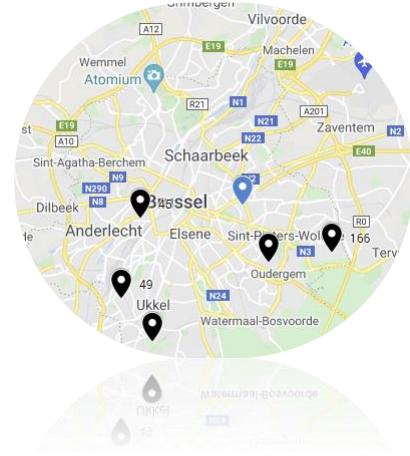
In situ BvS | Filterefficiency - approach

Focus: Residential houses with individual system, BXL

Where: 5 places (BATEX database)
2 additional places (blue)

What:

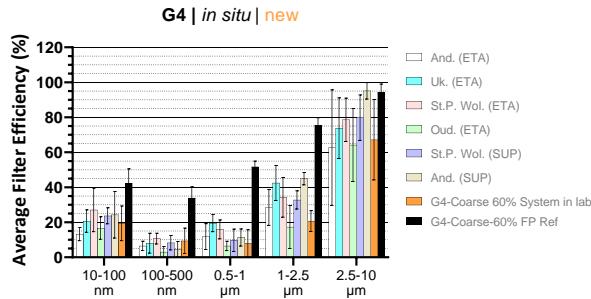
- Filterefficiency
 - new state
 - after 4 months in use (one location)
 - Old filters (1,5 y) and olds filters after vacuum cleaning (one location)
- General measurements in:
 - indoor, outdoor, supply and extraction air of PM, O₃, NO_x, VOC (BTEX)



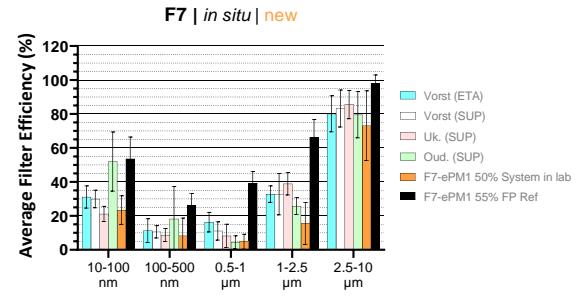
45

45

In situ | Filterefficiency – results – particle classes



! @ new state
Electrostatic effect for G4 ref



G4-Coarse 60%
& F7-ePM1 50% system in lab



FP Ref

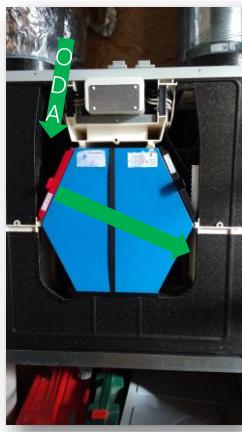
In situ | Filterefficiency – conclusions

Observed lower efficiency of systemfilters

- ☞ Where does it come from?
 - Poor fitting of filter in the system?
 - Filter?

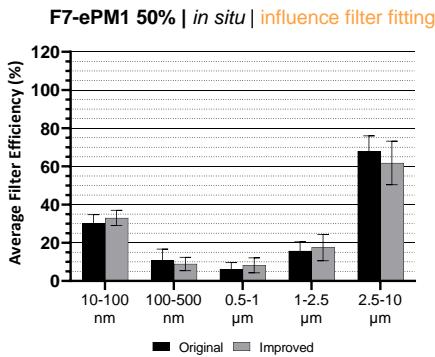
- ☞ Is a high in situ efficiency possible?
 ☞ & what effect does it have on indoor PM levels?

In situ | Filterefficiency – increased filter fitting



Improved fitting of filter

In situ | Filterefficiency – increased filter fitting



☞ lower efficiency is not coming from poor fitting

In situ | Filterefficiency – conclusions

Observed lower efficiency of systemfilters

- ☞ Where does it come from?
 - Poor fitting of filter in the system?
 - *Filter?*
- ☞ Is a high *in situ* efficiency possible?
- ☞ & what effect does it have on indoor PM levels?

vorige grafieken
+ in labo

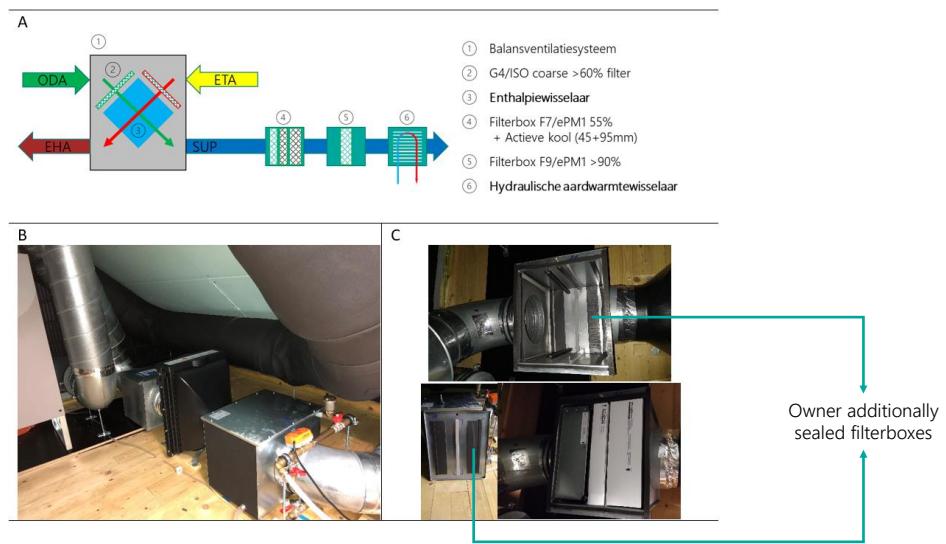
In situ | Filterefficiency – conclusions

Observed lower efficiency of systemfilters

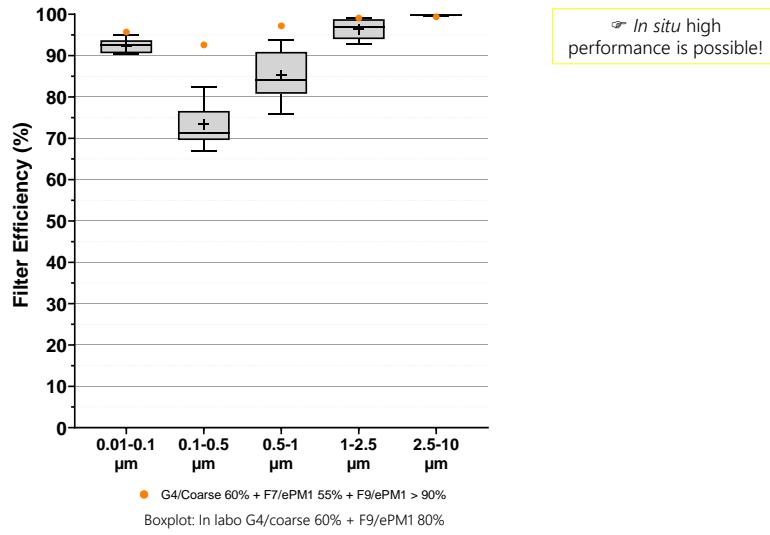
- ☞ Where does it come from?
 - Poor fitting of filter in the system?
 - Filter?

- ☞ Is a high in situ efficiency possible? 2 examples
 - ☞ & what effect does it have on indoor PM levels?

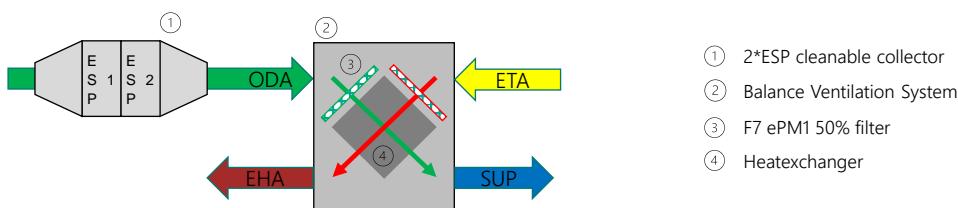
In situ | Filterefficiency – efficient cascade - setup



In situ | Filterefficiency – efficient cascade - PM



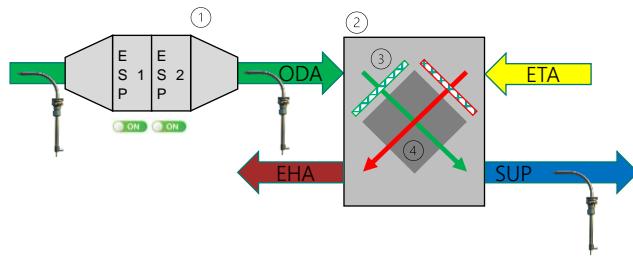
In situ | Filterefficiency – ESP cascade - setup



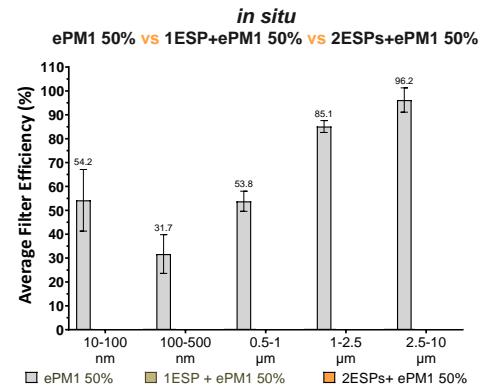
Setup measurements:

- ePM1 50% filter
- 1 ESP actif (+ePM1 50% filter)
- 2 ESPs actif (+ePM1 50% filter)

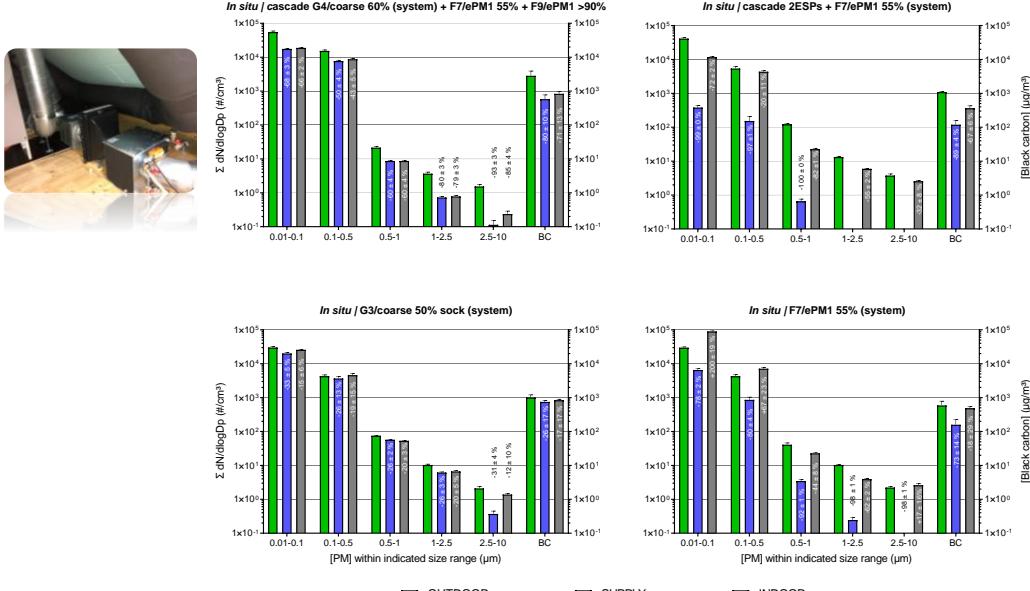
In situ | Filterefficiency – ESP cascade - efficiency



- Significant (**) increase in efficiency with one ESP on (except for 2.5-10µm (ns))
- Small increase in efficiency with second ESPs on (significant (**) for 10nm – 1µm range)
 - Meaningful in absolute numbers?
 - Effect on indoor PM-levels



In situ | Filterefficiency – effect on indoor PM



In situ- conclusions

- ☞ High efficient in situ filtration is **feasible**
and can reduce the particle load of the supply air
- ☞ High efficient filtration **can have an effect on indoor particulate levels**,
but outcome on indoor numbers **largely depends on indoor sources and behaviour**
 - ! Potential difference in particle nature (not investigated)



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

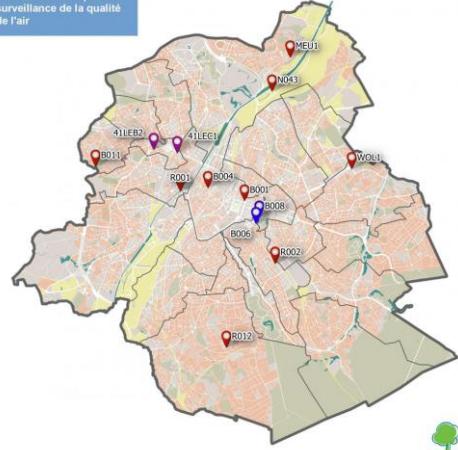
Analyse van buitenluchtkwaliteitsdata van het
Brussels Gewest en potentieel voor
ventilatiesturing

Sébastien Pecceu
Labo HVAC

Context

- Toegang tot meetdata van 2018 van het Brussels telemetrische meetnet voor het Out2In project

Air
Réseau télémétrique de surveillance de la qualité de l'air



Brussels Environment
Bruxelles Environnement

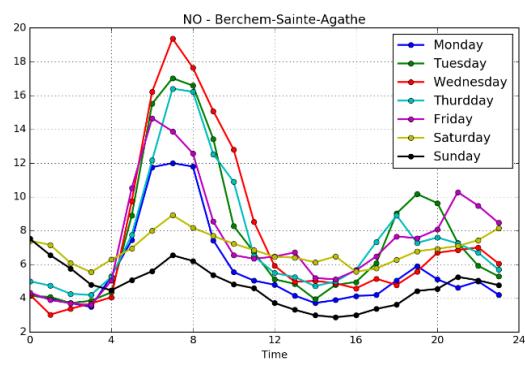
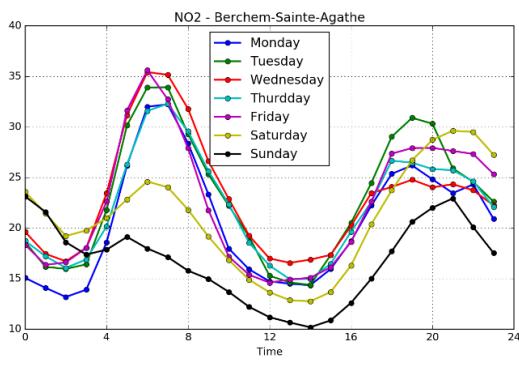
Recht aan: l'Université libre de Bruxelles (ULB) - UGent
Distribution / Diffusion & Copyright © ULB - UGent
Fond de plan / Achtergrond : © ULB - UGent

60

Code	Plek	Classificatie	PM10	PM2.5	BC	NO2	NO	O3	CO
41B001	Arts-Loi	Stedelijk				x	x		x
41B008	Sainte-Catherine	Stedelijk				x	x	x	x
41B006	Parlement EU	Stedelijk				x	x		x
41B008	Rue Belliard	Stedelijk				x	x		x
41B011	Berchem-Sainte-Agathe	Stedelijk	x	x		x	x	x	x
41MEU1	Neder-Over-Heembeek	Stedelijk	x	x		x	x	x	x
41N043	Haren	Verkeer	x	x	x	x	x	x	x
41R001	Molenbeek-Saint-Jean	Stedelijk	x	x	x	x	x	x	x
41R002	Ixelles	Verkeer			x	x	x		x
41B008	Uccle	Stedelijk	x	x	x	x	x	x	x
41B008	Woluwe-Saint-Lambert	Stedelijk	x			x	x	x	x

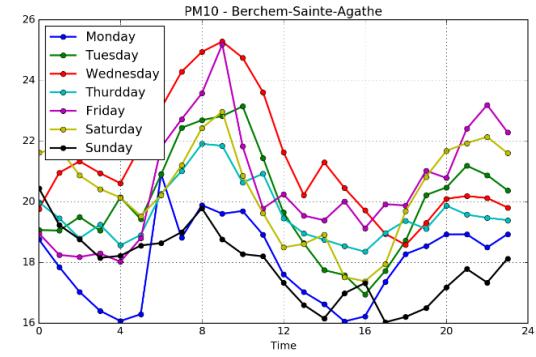
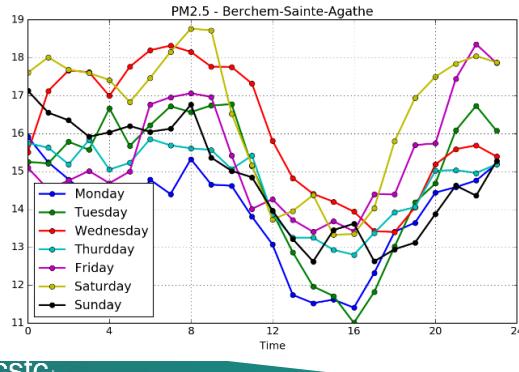
Gemiddelde dagprofielen in Sint-Agatha-Berchem - NOx

- Duidelijke invloed van het verkeer
 - Pieken tijdens spitsuren
 - Lagere niveaus tijdens de weekends



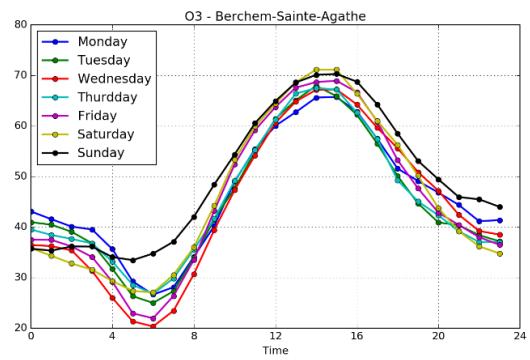
Gemiddelde dagprofielen in Sint-Agatha-Berchem - PM

- Afname in de namiddag
- Lagere impact van het verkeer (vergeleken met NOx)
→ verwarming ?



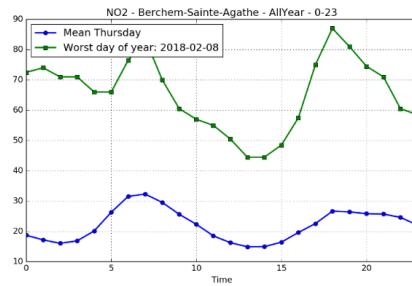
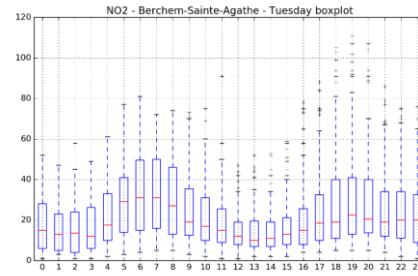
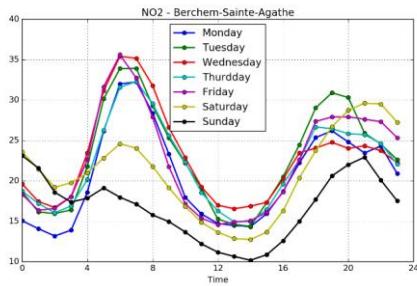
Gemiddelde dagprofielen in Sint-Agatha-Berchem - Ozon

- Weinig afhankelijkheid van de weekdag
- Beïnvloed door de zon: toename in de namiddag
- Afname door chemische reacties met NOx



Variabiliteit van NO₂

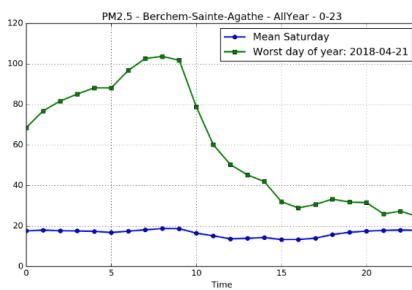
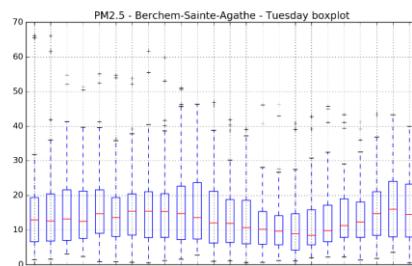
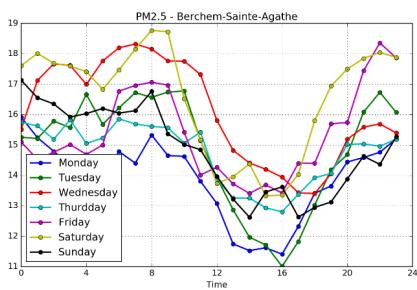
- Hoge variabiliteit:
pieken >> gemiddelde



Worst day of year: dag met de hoogste 24h
gemiddelde waarde voor deze polluent

Variabiliteit van PM_{2.5}

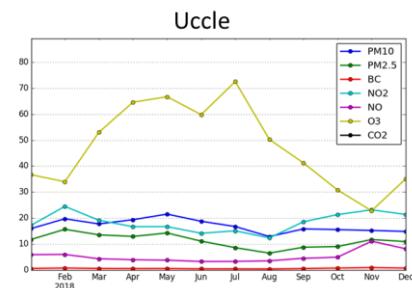
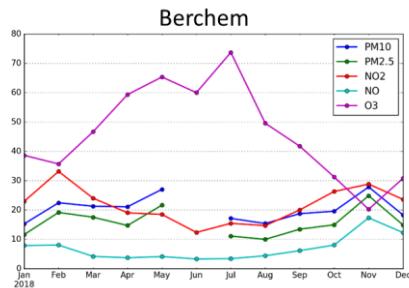
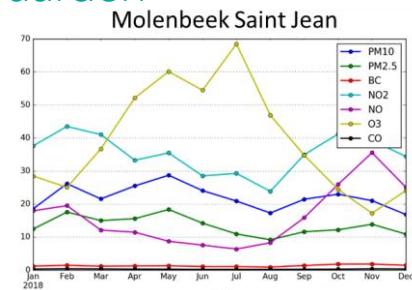
- Hoge variabiliteit:
pieken >> gemiddelde



Worst day of year: dag met de hoogste 24h
gemiddelde waarde voor deze polluent

Variabiliteit: maandgemiddelde waarden voor verschillende stations

- NO₂: Molenbeek>Berchem>Ukkel
- PM2.5:
Berchem>=Molenbeek>=Ukkel
- O₃: onafhankelijk van de locatie

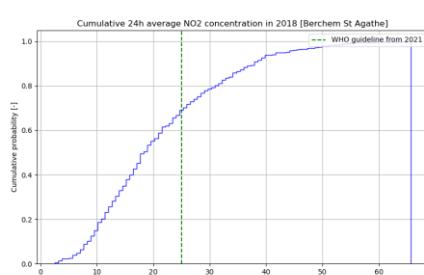
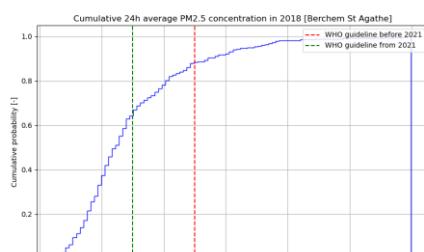


66

66

Zijn deze waarden problematisch ?

*WHO = World Health Organization



WHO* richtlijnen bijgewerkt in 2021
(waarden <2021 tussen haakjes)

PM2.5
5 µg/m³ jaargemiddelde (10)
15 µg/m³ daggemiddelde (25)

PM10
15 µg/m³ jaargemiddelde (20)
45 µg/m³ daggemiddelde (50)

O3
100 µg/m³ 8h gemiddelde (8)
60 µg/m³ peak seizoen (nieuw)

NO2
10 µg/m³ jaargemiddelde (40)
25 µg/m³ daggemiddelde (new)

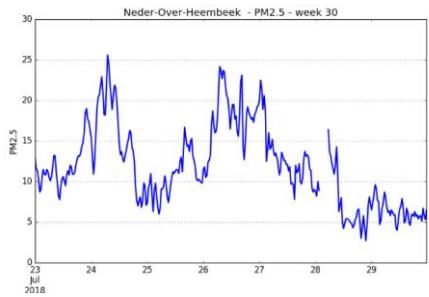
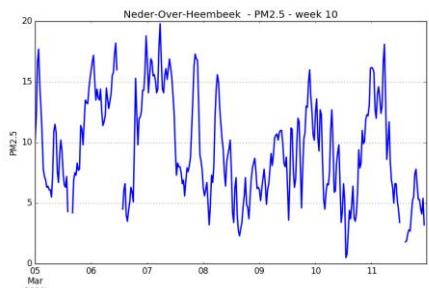
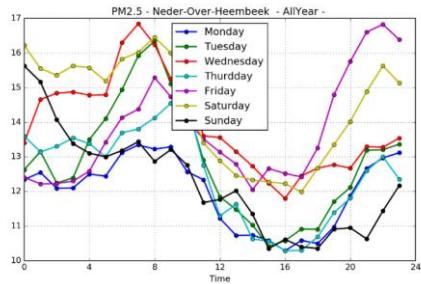
→ 35/40% van de dagen overschreden voor NO2 & PM2.5

67

67

Mogelijkheden om eenvoudige kloksturing toe te passen

- kloksturing: goedkoop en efficiënt als de profielen heel repetitief zijn
- Te veel variabiliteit over de dagen om echt efficiënt te zijn

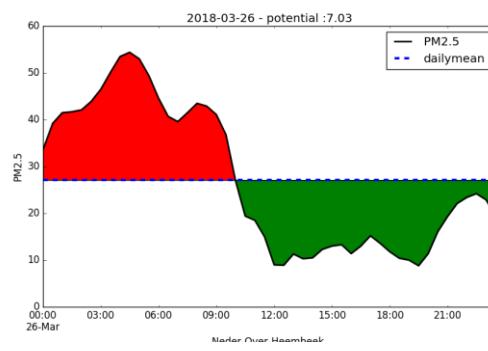


68

68

Mogelijkheden om een slimme sturing op basis van buitenluchtkwaliteit toe te passen

- Wat met een "slimme" sturing op basis van live metingen ?
- Potentieel alleen als er "intra-day" variaties zijn
- Eenvoudig indicator: integraal boven/onder de gemiddelde
(= groene of rode oppervlakte)

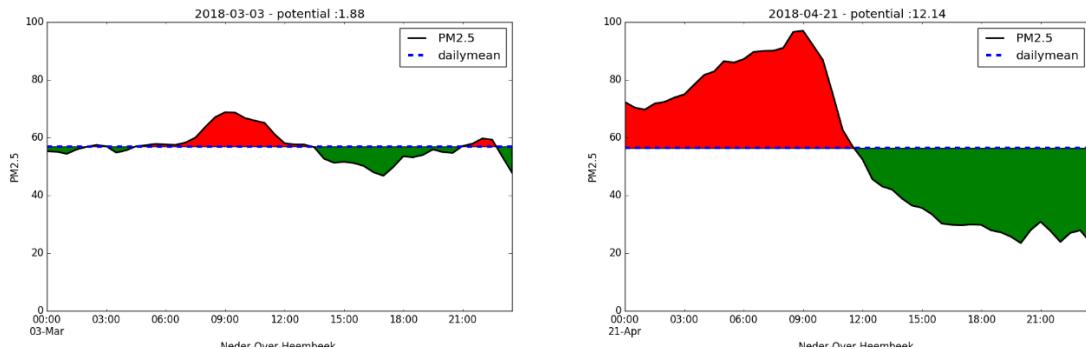


69

69

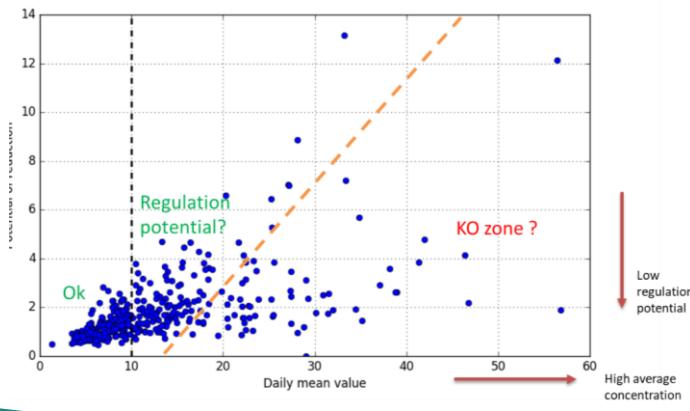
Mogelijkheden om een slimme sturing op basis van buitenluchtkwaliteit toe te passen

- De potentieel hangt van de dag af...



Mogelijkheden om een slimme sturing op basis van buitenluchtkwaliteit toe te passen

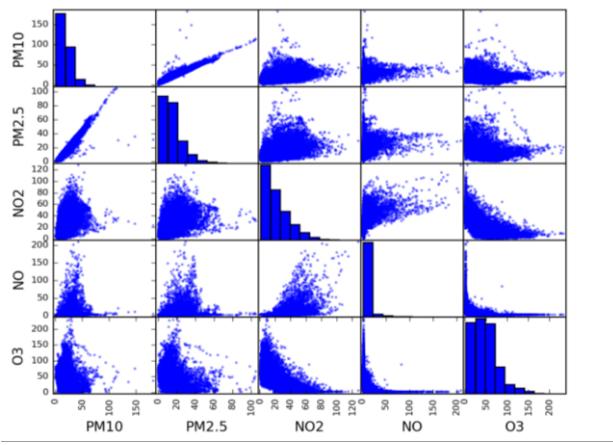
- Plotting alle dagen van 2018...
- Zie simulatie resultaten



Moet elke ventilatie installatie zijn eigen sensoren hebben ?

- Wat zijn de spatiale variaties tussen polluenten en moeten ze allemaal gemeten worden ?
- 2 stappen:
 - Correlaties tussen verschillende polluenten voor 1 meetplaats
 - Correlatie tussen verschillende meetstations voor 1 polluent

Correlatie tussen polluenten in St-Agatha-Berchem



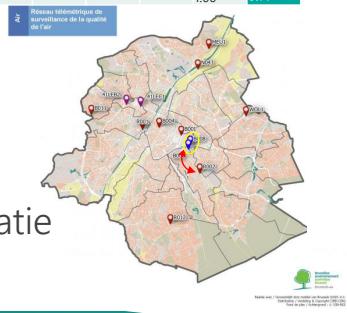
	PM10	PM2.5	NO2	NO	O3
PM10	1.00	0.95	0.47	0.30	-0.24
PM2.5		1.00	0.46	0.30	-0.32
NO2			1.00	0.52	-0.64
NO				1.00	-0.36
O3					1.00

- 1 punt = 1 u (\rightarrow 8760 punten)
- Observaties:
 - Bijna perfecte correlatie tussen PM10 & PM2.5
 - Soort 1/x relatie tussen O3 en NO/NO2
 - NO kan alleen hoog zijn als NO2 hoog is (omgekeerd is niet waar)

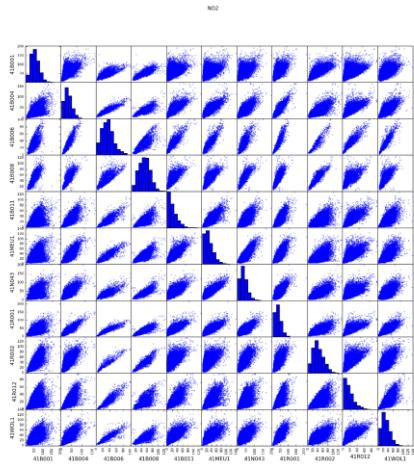
Correlatie tussen meetstations voor elke polluent

- NO₂

	41B001	41B004	41B006	41B008	41B011	41MEU1	41N043	41R001	41R002	41R012	41WOL1	Average
41B001	1.00	0.58	0.65	0.79	0.45	0.48	0.58	0.60	0.72	0.49	0.58	0.63
41B004		1.00	0.90	0.77	0.82	0.85	0.79	0.90	0.74	0.76	0.79	0.81
41B006			1.00	0.74	0.85	0.86	0.76	0.90	0.90	0.90	0.89	0.85
41B008				1.00	0.67	0.69	0.81	0.76	0.87	0.63	0.70	0.77
41B011					1.00	0.86	0.74	0.84	0.65	0.83	0.76	0.77
41MEU1						1.00	0.84	0.83	0.64	0.75	0.74	0.78
41N043							1.00	0.77	0.75	0.63	0.69	0.76
41R001								1.00	0.72	0.77	0.85	0.81
41R002									1.00	0.64	0.69	0.76
41R012										1.00	0.79	0.75
41WOL1											1.00	0.77



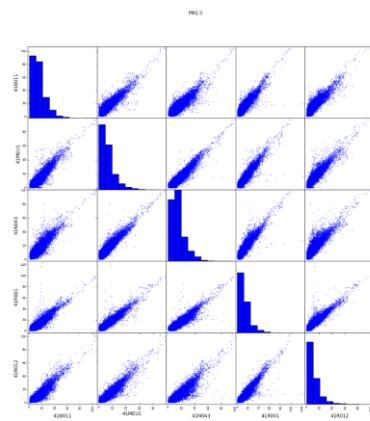
- Nabijheid betekent niet noodzakelijk hoogste correlatie
- Algemeen: 70% correlatie



Correlatie tussen meetstations voor elke polluent

- PM2.5
- Algemeen 90% correlatie

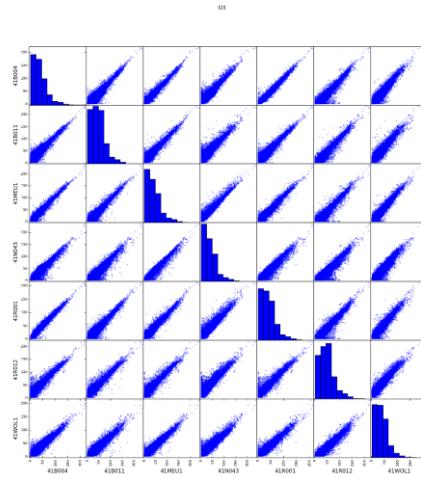
	41B011	41MEU1	41N043	41R001	41R012	Average
41B011	1.00	0.90	0.87	0.89	0.90	0.91
41MEU1		1.00	0.93	0.92	0.92	0.94
41N043			1.00	0.91	0.88	0.92
41R001				1.00	0.92	0.93
41R012					1.00	0.92



Correlatie tussen meetstations voor elke polluent

- O3
- >=95% correlatie

	41B004	41B011	41MEU1	41N043	41R001	41R012	41WOL1	Average
41B004	1.00	0.95	0.97	0.95	0.98	0.94	0.94	0.96
41B011		1.00	0.96	0.93	0.96	0.96	0.94	0.96
41MEU1			1.00	0.96	0.97	0.94	0.95	0.97
41N043				1.00	0.95	0.91	0.93	0.95
41R001					1.00	0.94	0.95	0.96
41R012						1.00	0.95	0.95
41WOL1							1.00	0.95



Samenvatting

- Buitenpollutie niveaus overschrijden vaak de WHO richtwaarden
- Duidelijke impact van het verkeer (spitsuren, weekend), vooral voor NOx
- Mogelijk potentieel voor slimme ventilatie sturing op basis van buitenpollutie metingen
- Lokale metingen niet altijd noodzakelijk
 - O3: 95% correlatie tussen alle meetstations
 - PM2.5: 90% correlatie tussen meetstations
 - Misschien nodig voor NO2 (~70% correlatie)



Welke parameters beïnvloeden de infiltratie van verontreinigende stoffen van buiten ?

Sara Verheyelweghen
Labo HVAC

ATIC 15/06/2022₇₈

78

Welke parameters beïnvloeden de infiltratie van verontreinigende stoffen van buiten ?

- Vraag bestudeerd met behulp van CONTAM-simulaties
- Nadruk gelegd op fijn stof ($PM_{2.5}$)
- $PM_{2.5}$ concentraties gemeten in januari 2018 in Sint-Jans-Molenbeek
- Twee bouwmodellen: een studio en een halfopen woning met 2 verdiepingen

Simulatievariant : studio

De invloed van drie parameters werd bestudeerd:

- Luchtdichtheid: $v_{50} = 0, 1, 3, 6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
- Ventilatiedebieten (gebalanceerd D-systeem): 0, 5, 25, 50, 75, 100, 125, 250, 500, 1000 m^3/h
- PM_{2.5} filterefficiëntie: 0, 30, 60, 80 %

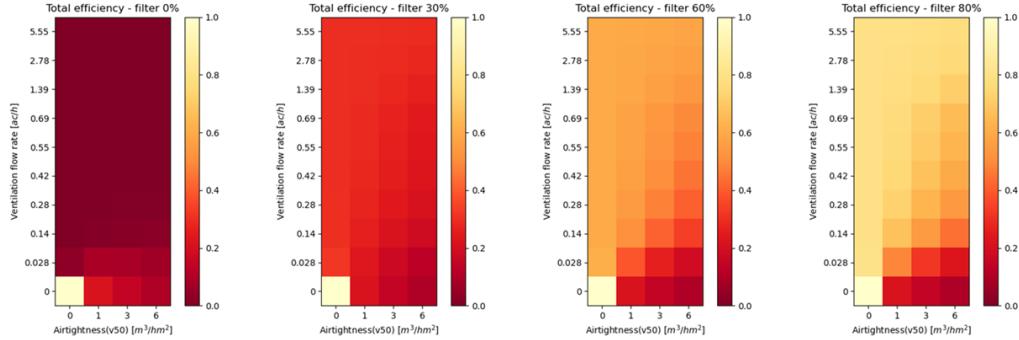
Simulatievariant : halfopen woning

De invloed van drie parameters werd bestudeerd:

- Luchtdichtheid: $v_{50} = 0, 1, 3, 6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
- PM_{2.5} filterefficiëntie: 0, 30, 60, 80 %
- Ventilatiedebieten :

Room	Air change rate (ACH or h^{-1})	Volume (m^3)	Ventilation flow rate (m^3/h)
Okeuken	3.81 (extracted)	21	80
Woonkamer	0.73 (supplied)	137	100
WC	8 (extracted)	5	40
Slaapkamer1	0.48 (supplied)	52	25
Slaapkamer2	0.47 (supplied)	53	25
Slaapkamer 3	0.71 (supplied)	70	50
Badkamer	2.22 (extracted)	36	80

Resultaten voor de studio : indicator

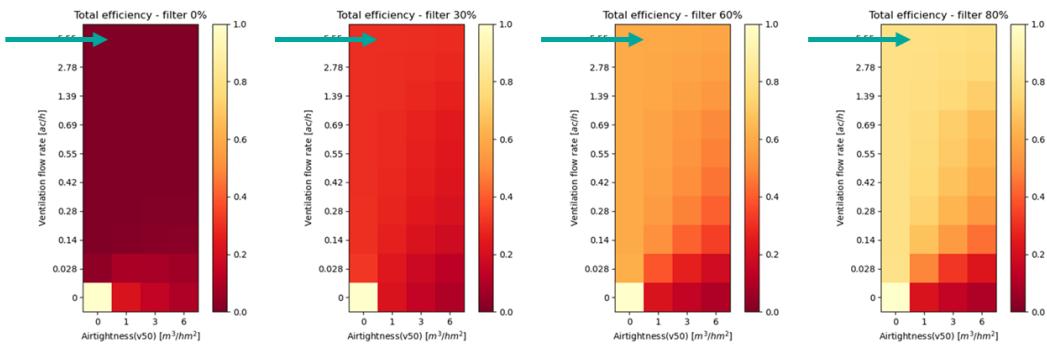


$$\text{Algemene efficiëntie} : \eta = 1 - \frac{C_{\text{average,indoor}}}{C_{\text{average,outdoor}}}$$

Als de gemiddelde concentratie binnenshuis nul is, is $\eta = 1$

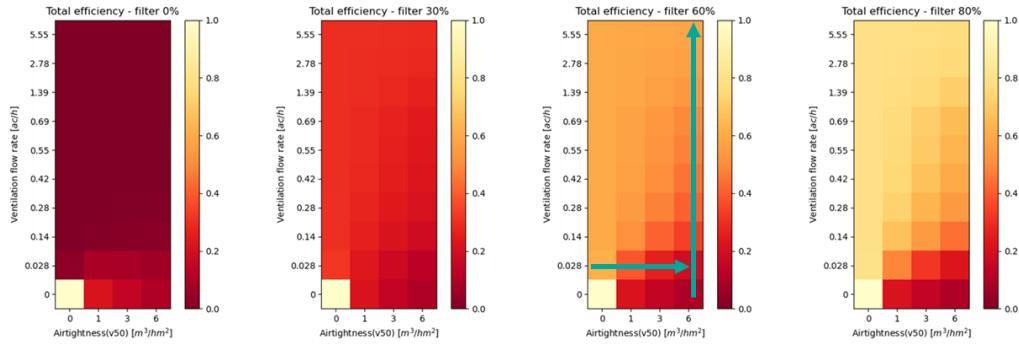
Als de gemiddelde binnen- en buitenconcentratie gelijk zijn, is $\eta = 0$

Resultaten voor de studio



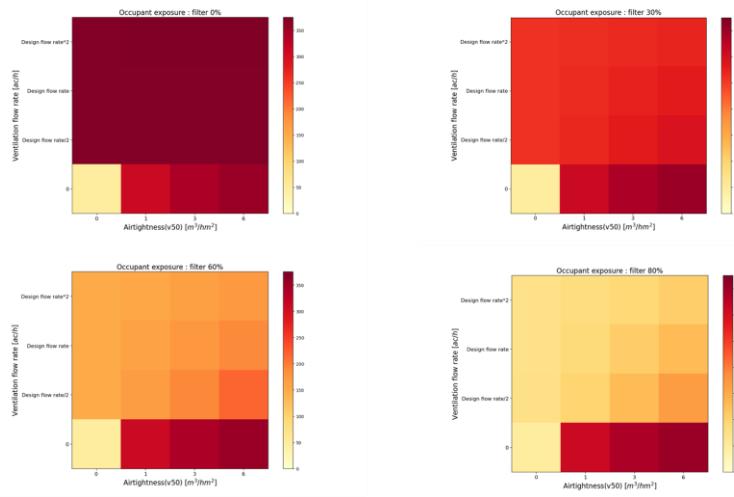
- De efficiëntie van de filter legt een minimale binnencollectiviteitswaarde op die kan worden bereikt

Resultaten voor de studio



- Luchtlekken in de gebouwschil verhogen deze minimumwaarde
- De verhoging van de ventilatiedebieten vermindert het effect van luchtlekken

Resultaten voor de halfopen woning



Indicator = blootstelling aan PM_{2.5}

Conclusies

Om de binnenconcentratie van PM_{2.5} te beperken, dient erg gezorgd te worden voor:

- Een goede PM_{2.5} filtratie efficiëntie
- Een luchtdichte gebouwschil
- Een hoog ventilatiedebiet



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Heeft het zin om het ventilatiesysteem te regelen
op basis van de concentratie van
verontreinigende stoffen in de buitenlucht?

Sara Verheyleweghen
Labo HVAC

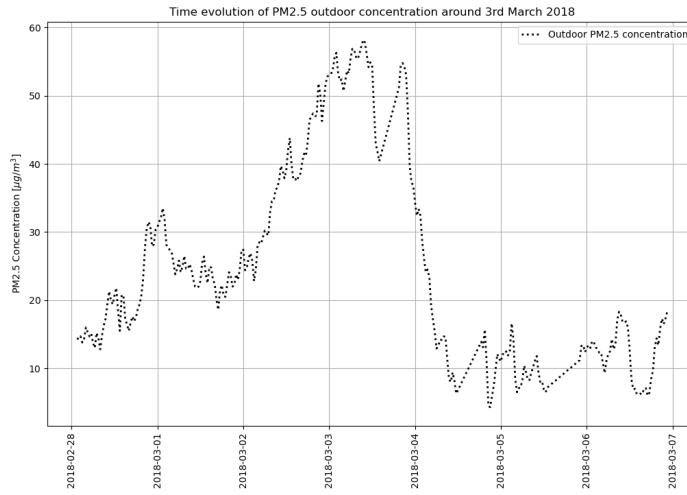
Eenmalige interventie in geval van piekpolluties

- Bouwmodel = studio
- PM_{2.5} concentratie gemeten rond 3 maart 2018 in Sint-Jans-Molenbeek
- Nadruk op PM_{2.5}

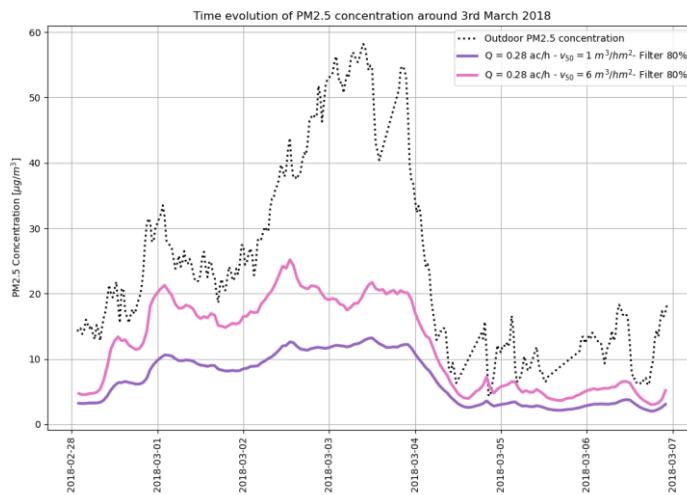
Simulatievarianten

Parameters	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Ventilation system	No system	No system	C or D	C or D	D	D
Flow rate(ac/h)	0	0	0.28	0.28	0.28	0.28
PM _{2.5} outdoor concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Molenbeek	Molenbeek	Molenbeek	Molenbeek	Molenbeek	Molenbeek
V_{50} ($\text{m}^3/\text{h m}^2$)	1	6	1	6	1	6
Filter efficiency (%)	0	0	0	0	80	80

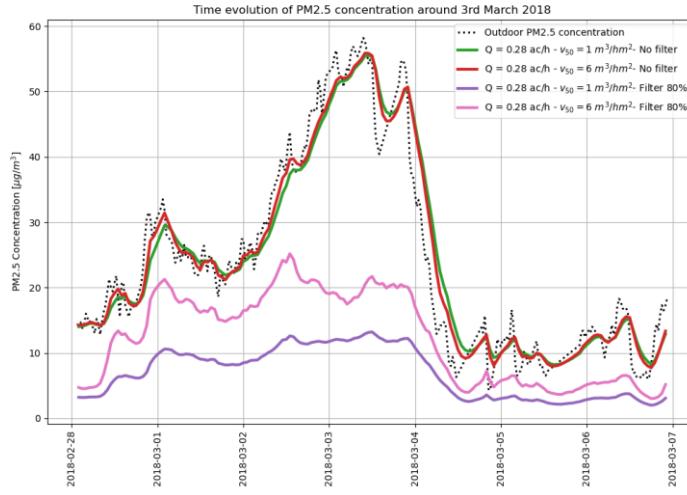
Resultaten : gemeten PM_{2.5} concentratie buitenhuis



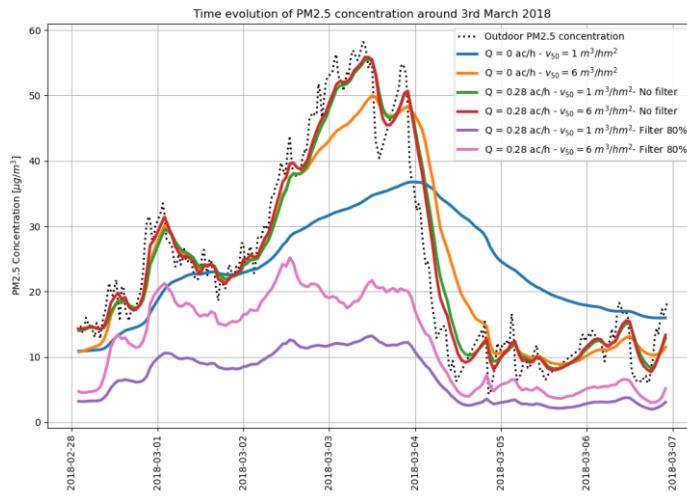
Resultaten : varianten met filter



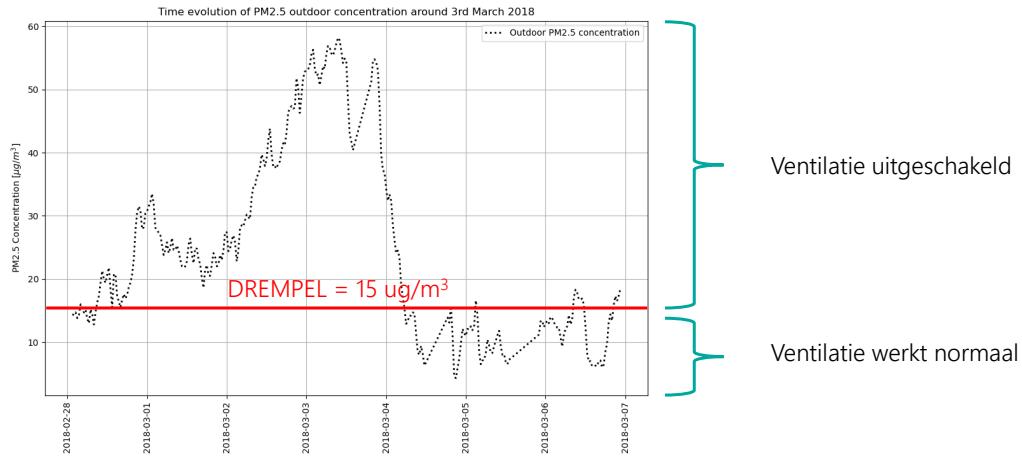
Resultaten : varianten zonder filter



Resultaten : varianten zonder ventilatiedebiet



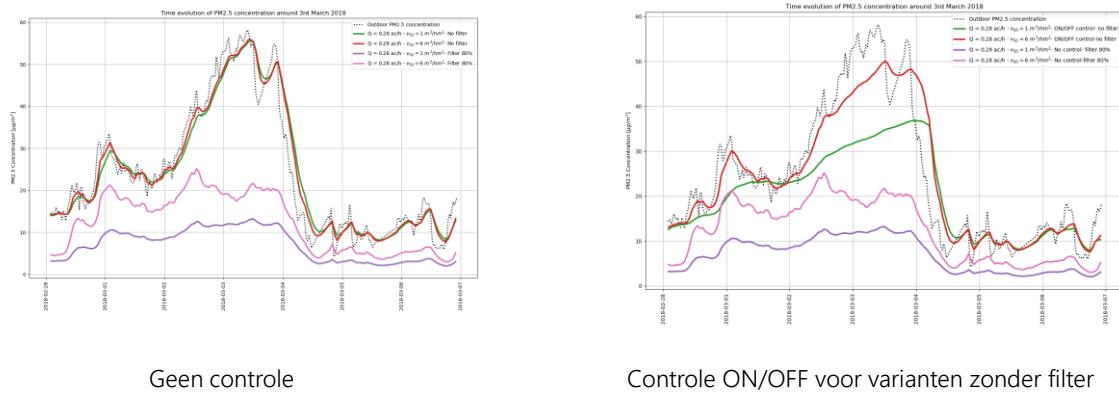
Controlestrategie : ON/OFF



94

94

Resultaten : geen controle versus controle



95

95

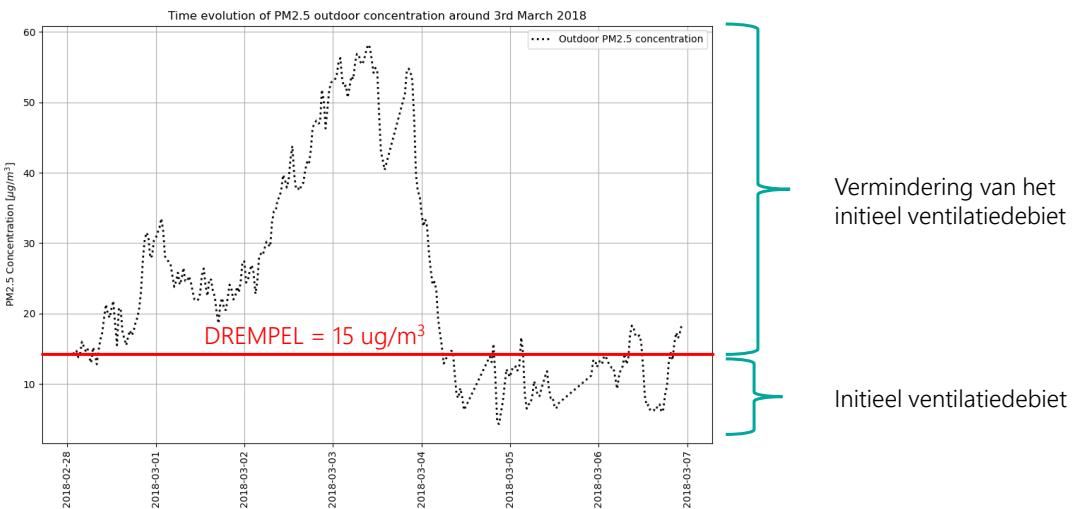
Automatische dagelijkse controle

- Bouwmodel = studio
- PM_{2.5} concentratie gemeten in 2018 in Sint-Jans-Molenbeek
- Nadruk op PM_{2.5}

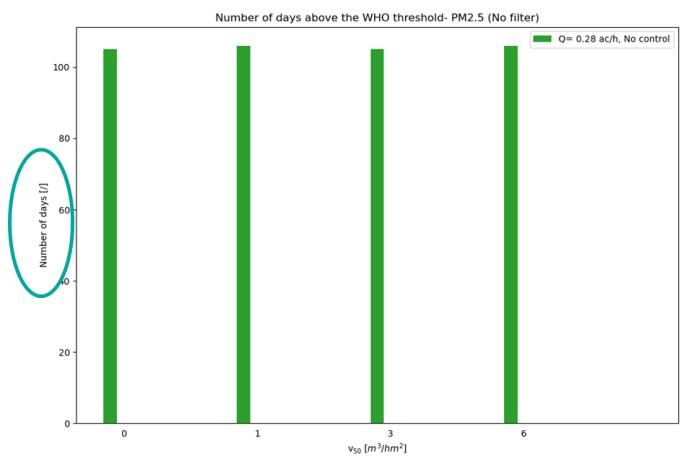
Simulatievarianten

- 5 filters: 0, 15, 30, 60 en 80 %
- 4 luchtdichtheid: 0, 1, 3, 6 m³/ hm²
- 4 strategieën voor de controle van de ventilatiedebieten : geen controle, vermindering met 50, 75 of 100% van het initieel debiet (= 50 m³/ h) indien de PM_{2.5} concentratie buiten meer dan 15 ug/m³ overschrijdt

Controlestrategie

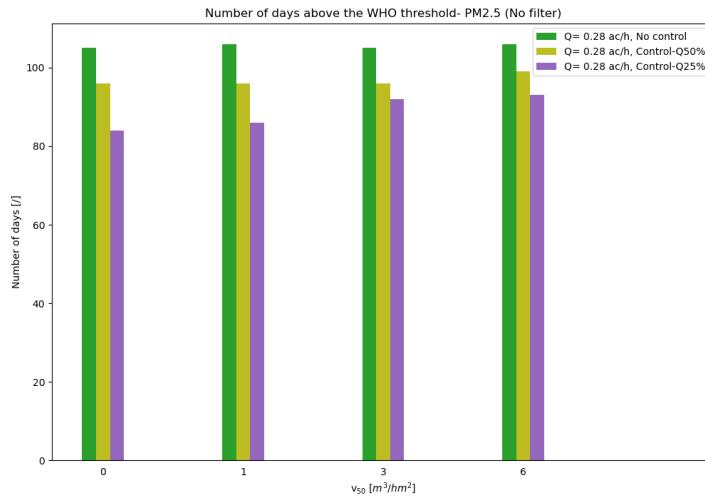


Indicator = aantal overschrijdingsdagen

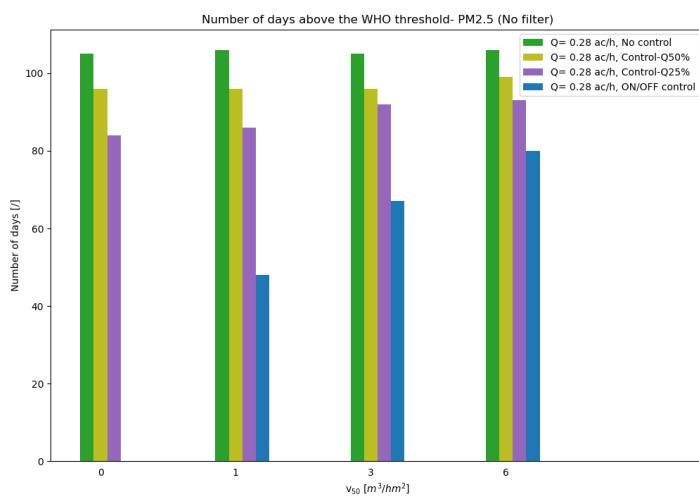


+1 dag van overschrijding = 24-uurgemiddelde voor die dag is hoger dan $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

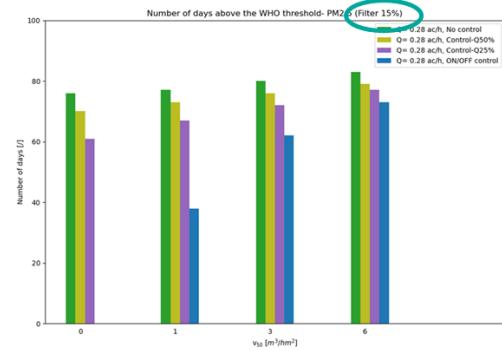
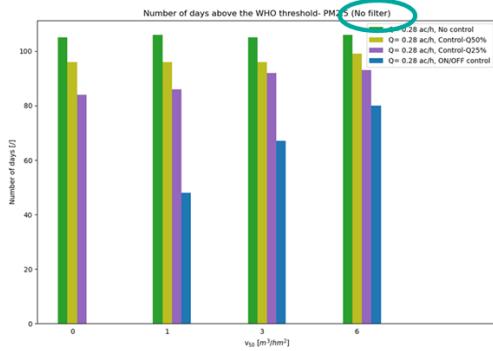
Gedeeltelijke vermindering van het ventilatiedebiet



Totale vermindering van het ventilatiedebiet



Resultaten : lage filterefficiëntie



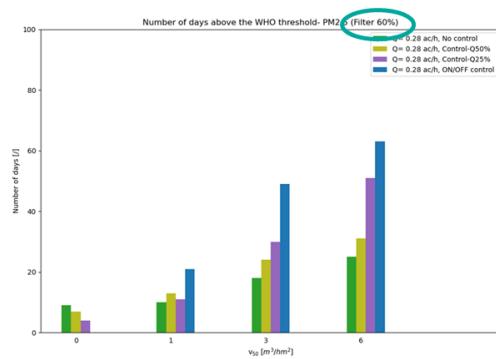
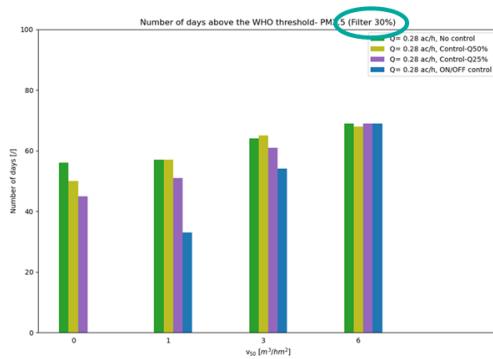
Als de efficiëntie laag of nul is, zal het uitschakelen van het ventilatiesysteem de binnenconcentratie van PM_{2.5} verminderen.

Let op: IAQ ook andere verontreinigende stoffen... compromis tussen binnen en buiten

102

102

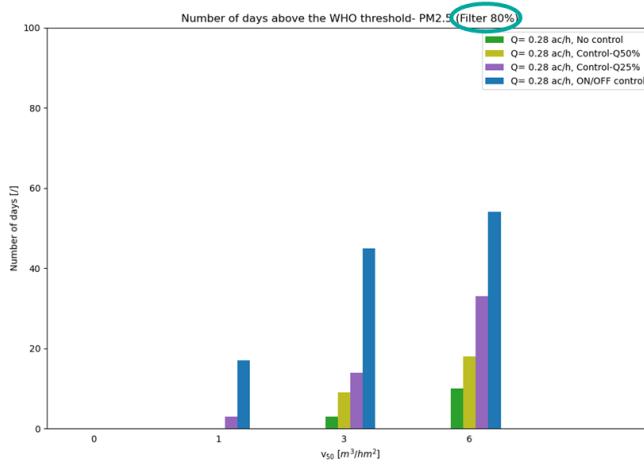
Resultaten : gemiddelde filterefficiëntie



Als de efficiëntie gemiddeld is, hangt dit onder meer af van de luchtdichtheid van de gebouwschil.

Het "omslagpunt" wordt niet alleen beïnvloed door de efficiëntie van het filter, maar ook door de luchtdichtheid en het ventilatiedebiet.

Resultaten : hoge filterefficiëntie



Als de filterefficiëntie hoog is, zal de werking van het ventilatiesysteem de $[PM_{2.5}]$ verminderen.

Conclusies

- Als een ventilatiesysteem met een hoge filterefficiëntie blijft draaien, zal de $PM_{2.5}$ -concentratie binnenshuis afnemen.
- Als een ventilatiesysteem is uitgerust met laag efficiënte of geen filters, zal het uitschakelen van het ventilatiesysteem de $PM_{2.5}$ -concentratie binnenshuis verminderen.
- Als het ventilatiesysteem een gemiddelde filterefficiëntie heeft, is de gekozen strategie minder voor de hand liggend.



cstc.be

Recherche • Développe • Informe

Comment choisir un filtre à poussière approprié?

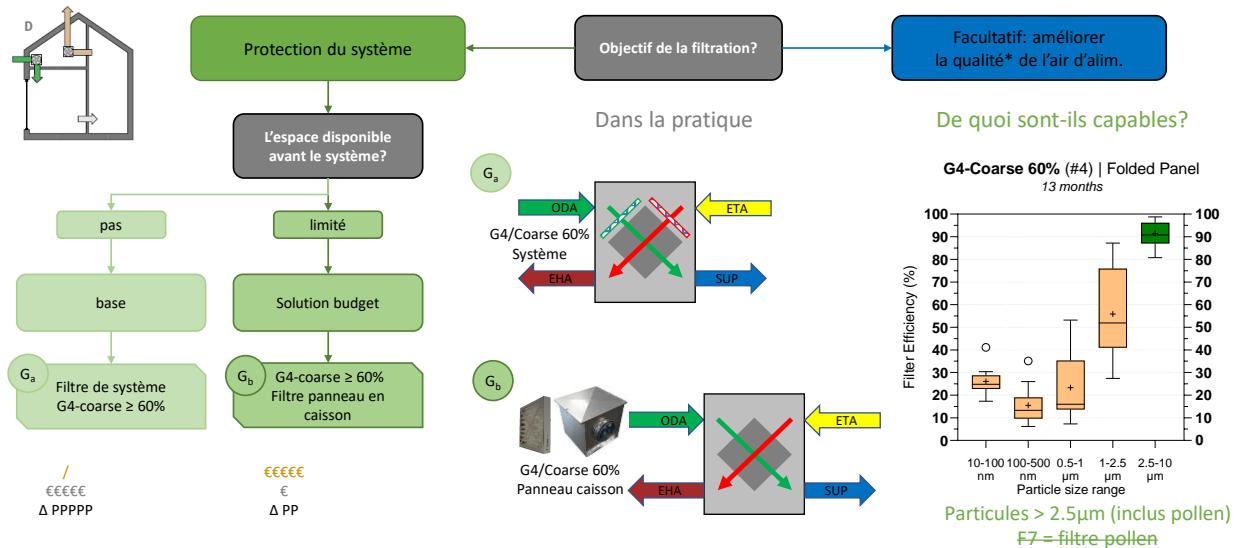
Un arbre de décision basé sur les résultats

Joris Van Herreweghe
Labo Microbiologie et Microparticules

ATIC 15/06/2022

106

106



Légende:

Achat caisson: € = ±25

Achat filtre: € = ± 5

Perte de pression Δ P (moy. 1 j) = 20 Pa

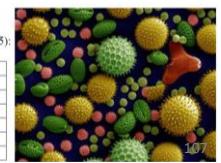
G = Grossier/coarse filtre , F = Fin/ePM1 of 2.5 filtre, H = high end

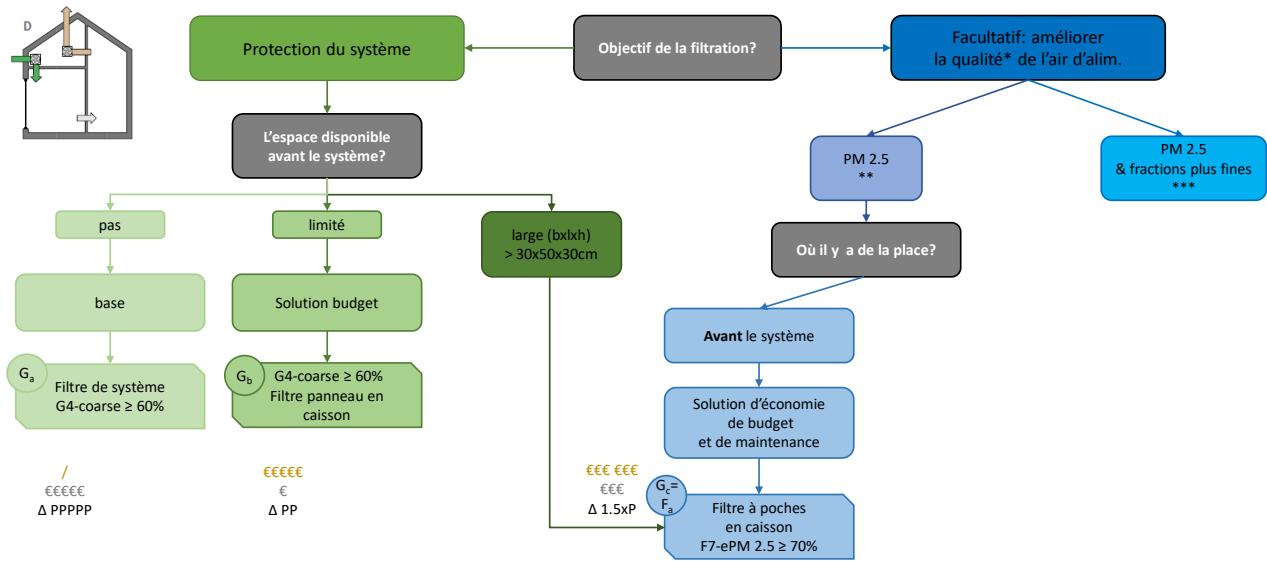
107

Pollen (stuifmeel) (bron: Stephen (2014))

Table 2. Size category of pollen grains (Kemp, 1965):

Size (μm)	category
<10	very small pollens (<i>Myosotis</i>)
10 – 25	small pollens (<i>Salix</i>)
25 – 50	medium pollens (<i>Quercus</i>)
50 – 100	large pollens (<i>Zea</i>)
100 – 200	very large pollens (<i>Cucurbita</i>)
> 200	giant pollens (<i>Mirabilis</i>)





- * Par amélioration de la qualité, on entend uniquement une réduction des particules dans l'air
- ** Permet de réduire [PM_{2.5}] dans l'air d'alimentation jusqu'à la valeur guide de l'OMS de 5µg/m³
- *** Permet de réduire [PM_{2.5}] dans l'air d'alimentation en dessous de la valeur guide de l'OMS de 5µg/m³ et réduit également considérablement [PM₁ & PM_{0.1}], classes de particules pour lesquelles il n'existe actuellement aucune valeur guide

Légende:
 Achat caisson: € = ±25
 Achat filtre: € = ±5
 Perte de pression Δ P (moy. 1 j) = 20 Pa
 G = Grossier/coarse filtre , F = Fin/ePM1 of 2.5 filtre, H = high end

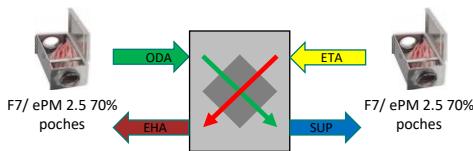
108

108

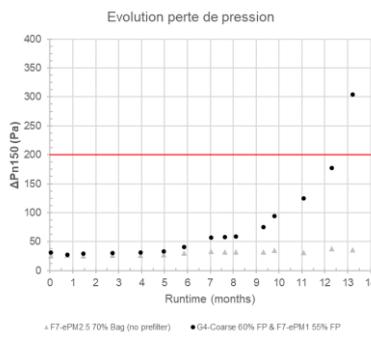
Solutions PM 2.5 dans la pratique

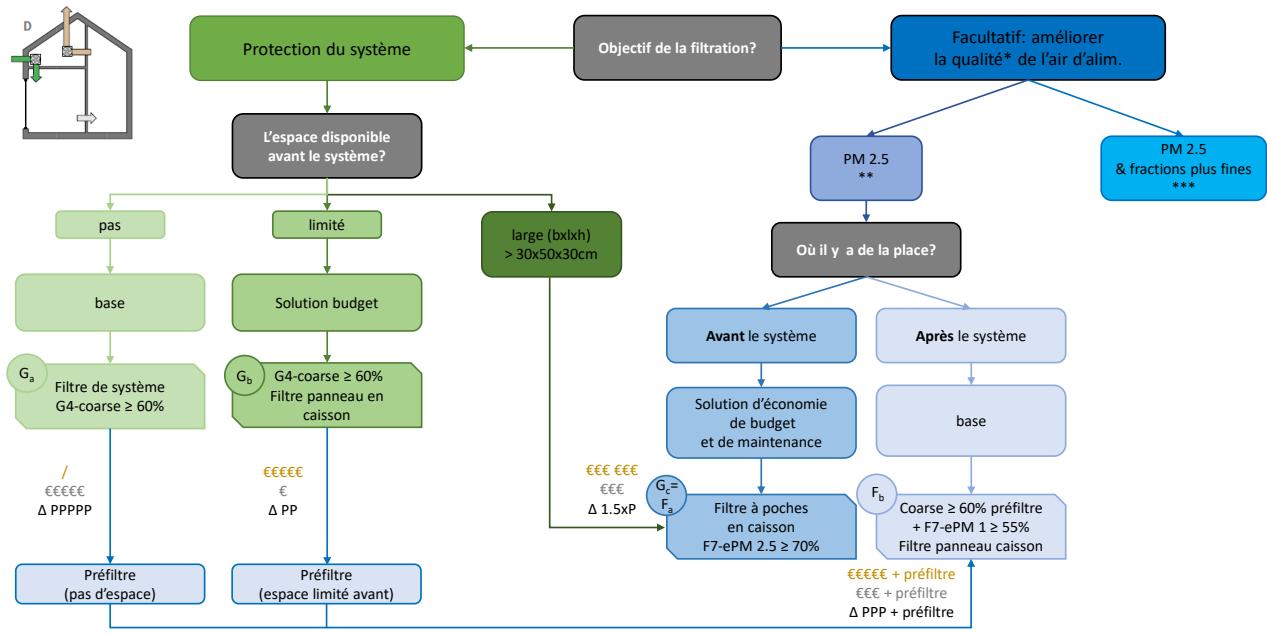
Espace large avant le système

Solution d'économie de budget et de maintenance



- Aucun nettoyage intermédiaire du filtre requis
- Même solution possible pour l'extraction extraction = seule protection du système nécessaire
- Après un an: passage du filtre ODA vers ETA et nouveau filtre pour ODA = 1 nouveau filtre/an





- * Par amélioration de la qualité, on entend uniquement une réduction des particules dans l'air
- ** Permet de réduire [PM_{2.5}] dans l'air d'alimentation jusqu'à la valeur guide de l'OMS de 5µg/m³
- *** Permet de réduire [PM_{2.5}] dans l'air d'alimentation en dessous de la valeur guide de l'OMS de 5µg/m³ et réduit également considérablement [PM₁₀] et [PM_{2.5}], classes de particules pour lesquelles il n'existe actuellement aucune valeur guide

Légende:
Achat caisson: € = ±25
 Achats filtre: € = ± 5
 Perte de pression Δ P (moy. 1 j) = 20 Pa
 G = Grossier/coarse filtre , F = Fin/ePM1 of 2.5 filtre, H = high end

110

110

Solutions PM 2.5 dans la pratique

Espace large avant le système

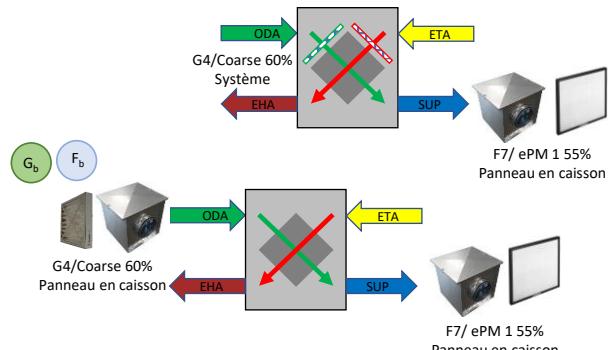
Solution d'économie de budget et de maintenance



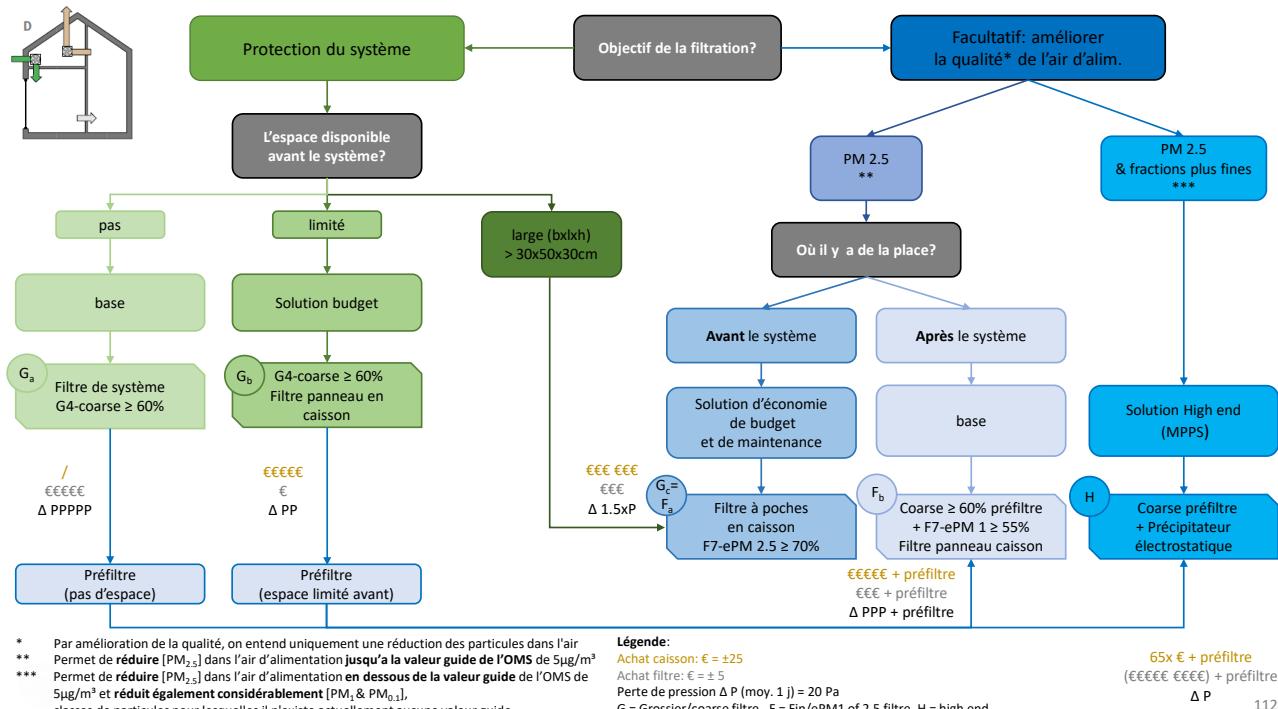
- Aucun nettoyage intermédiaire du filtre requis
- Même solution possible pour l'extraction extraction = seule protection du système nécessaire
- Après un an: passage du filtre ODA vers ETA et nouveau filtre pour ODA = 1 nouveau filtre/an

Espace après le système

Solution de base

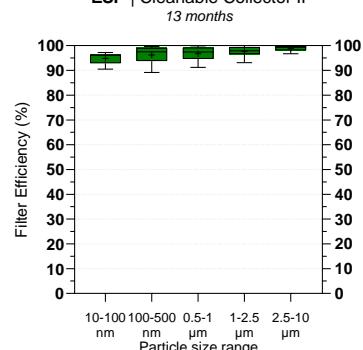
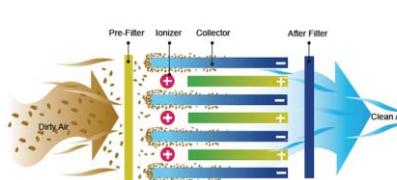


- Nettoyage (aspiration + air comprimé) recommandé après 6 mois = forte réduction perte de pression, sans effet majeur sur l'efficacité
- Remplacement après un an



112

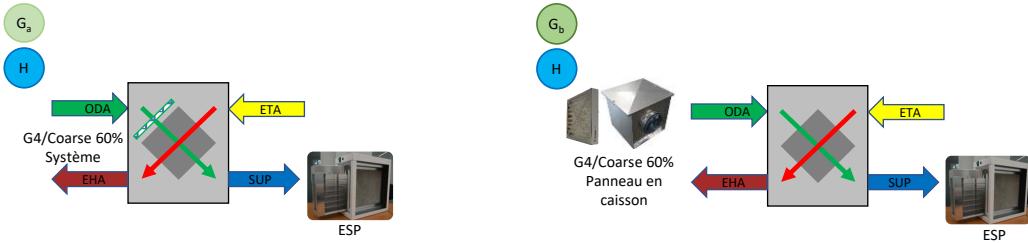
Précipitateur électrostatique?



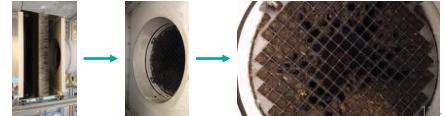
- Haute efficacité constante dans toute la gamme de mesure (10nm -10µm) pour version avec collecteur remplaçable: à condition de remplacement tous les trois mois
- Génération limitée de sous-produits (O₃)
- Protection avec préfiltre!

113

Précipiteur électrostatique- dans la pratique



- Préfiltre dans ou avant le système
- ESP après le système
 - + protection de la partie ionisation (sinon: encrassement = ↑ perte de pression & difficile à nettoyer)
 - + moins de risques de problèmes dus à l'humidité et aux basses températures



114

Take-home messages

- Une filtration efficace en vue de la protection du système et/ou de l'amélioration de la qualité de l'air au niveau PM est possible ! l'attention portée aux sources intérieures reste toutefois importante
- Lorsqu'une filtration (efficace) est en place, l'arrêt du système en cas de pic de pollution et le pilotage quotidien par des polluants extérieur n'amélioreront pas la QAI
- Dans l'absence d'un filtre (e.a. ventilation par extraction) l'arrêt du système en cas de pic de pollution et le pilotage quotidien par des polluants extérieur ont du potentiel pour améliorer la QAI ! Équilibre avec l'accumulation des polluants intérieur à étudier plus en détail



116

116