#2 PASSI' BREIZH

Le passif pour une Qualité de l'Air Intérieur optimale

Réseau PassivHaus Bretagne

BATY.LAB

B2E Bretagne Éco Environnement

Fédération cinov Les esprits indépendants ont leur collectif

FB FIBOIS BRETAGNE

Le Likès
La Salle - Quimper

hinoki
INGÉNIERIE THERMIQUE
ET ENVIRONNEMENT

LE PASSIF POUR UNE QUALITÉ DE L'AIR OPTIMALE

#2 PASSI' BREIZH

Thomas PRIMAULT - Guillaume TOBIE

Sommaire

- Etat des lieux de la qualité d'air intérieure
- Comment assurer la qualité de l'air dans un bâtiment ?
- Les solutions de ventilation
- La généralisation des contrôles
- La VMC double flux, une solution low tech ?
- Conclusion

1 Etat des lieux de la qualité d'air intérieure

L'air intérieur serait en moyenne 5 à 7 fois plus pollué que celui de l'extérieur et on y passe 80 à 90% de notre temps…

https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/

Les polluants intérieurs

Formaldéhydes

- Panneaux de particules (déco, ameublement…)
- Produits domestiques (produits nettoyants, peintures, vernis, colles…)
- Tabagisme…
- **Cancérogène, Génotoxique, Irritant (appareil respiratoire et muqueuses oculaires)**

Benzène

- Combustions domestiques
- Tabagisme
- Trafic routier
- **Cancérogène certain (leucémies), Effets hématologiques**

Trichloroéthylène

- Détachant moquette, nettoyant vitres, lingettes sols…
- Certaines dalles de moquette, dalles PVC, colles, résines, etc…
- **Cancérogène probable, Effets à court et long terme sur le système nerveux.**

Source : Santé.gouv.fr : Effets sanitaires et valeurs guides pour l'air intérieur

Les polluants intérieurs

Particules ou poussières en suspensions

- La fumée de cigarette,
- Chauffage au fioul, les cheminées, les bougies, l'encens, les bombes aérosols.
- Trafic routier
- **Systèmes respiratoires et cardiovasculaires concernés, à court et à long terme**

Acroléine

- Combustion de matières organiques : cuisson des aliments, chauffage domestique au bois, tabagisme, utilisation de bougies, d'encens, de spirales anti-moustiques, etc…
- **Effets irritants sur l'appareil respiratoire lors d'une exposition aiguë et chronique**

Monoxyde de carbone (CO)

- Mauvaise évacuation des produits de combustion
- **Intoxication aiguë : vertiges, perte de connaissance, voire coma et décès.**
- **Intoxication chronique : maux de tête, nausées, confusion, troubles cardiaques respiratoires.**

Source : Santé.gouv.fr : Effets sanitaires et valeurs guides pour l'air intérieur

Les polluants intérieurs

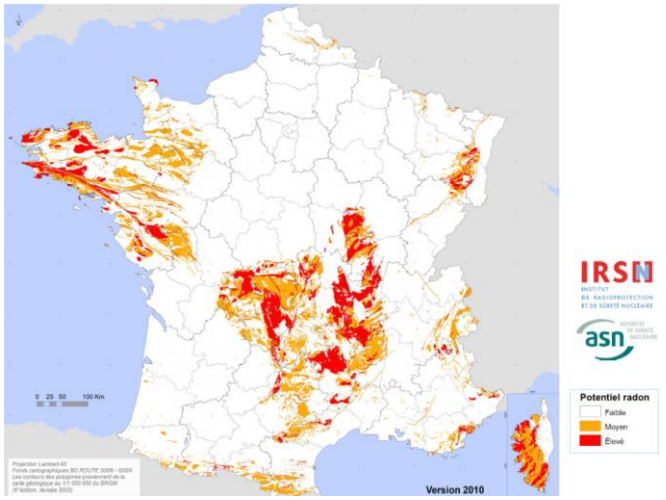
Radon

- Gaz radioactif naturel inodore, incolore et inerte issu de la désintégration de l'uranium-238 présent dans toute la croûte terrestre notamment dans les roches granitiques

- Reconnu cancérigène pulmonaire certain pour l'homme depuis 1987

- **En France, il constitue la principale source d'exposition aux rayonnements ionisants et le second facteur de risque de cancer du poumon après le tabagisme.**

- **Cancérogène pulmonaire certain, responsable entre 5% et 12% des décès par cancers du poumon en France d'après Santé publique France**



Source : Santé.gouv.fr : Effets sanitaires et valeurs guides pour l'air intérieur

Les polluants intérieurs

La pollution de l'air intérieur : un coût humain et financier estimé à 19 milliards d'euros par an

	Benzène	TCE	Radon	CO	Particules	Fumée de tabac environnementale	Total
Nombre de décès	342	20	2 074	98	16 236	1 114	19 884
Coût externe							
Coût mortalité	-437	-26	-2 089	-237	-5 760	-322	-8 871
Coût qualité vie	-369	-7	-309	0	-7 350	-837	-8 872
Coût production	-36	-2	-282	-72	-1 102	-85	-1579
Total coût externe	*-842*	*-35*	*-2680*	*-309*	*-14 212*	*-1 244*	*-19322*
Finances publiques							
Coût des soins	-18	-4	-61	-3	-236	-37	-360
Coût recherche	-	-	-	-	-	-	-11
Retraites non versées	10,2	0,61	49	4	136,5	8	+209
Total finances publiques	-7,8	-3,4	-12	0.9	-99,5	-29	-163
Effet FP sur BE	-9,4	-4	-14,4	1,1	-119,4	-35	-195
Variation de BE	**-851**	**-39**	**-2694**	**-308**	**-14 331**	**-1 279**	**-19 516**

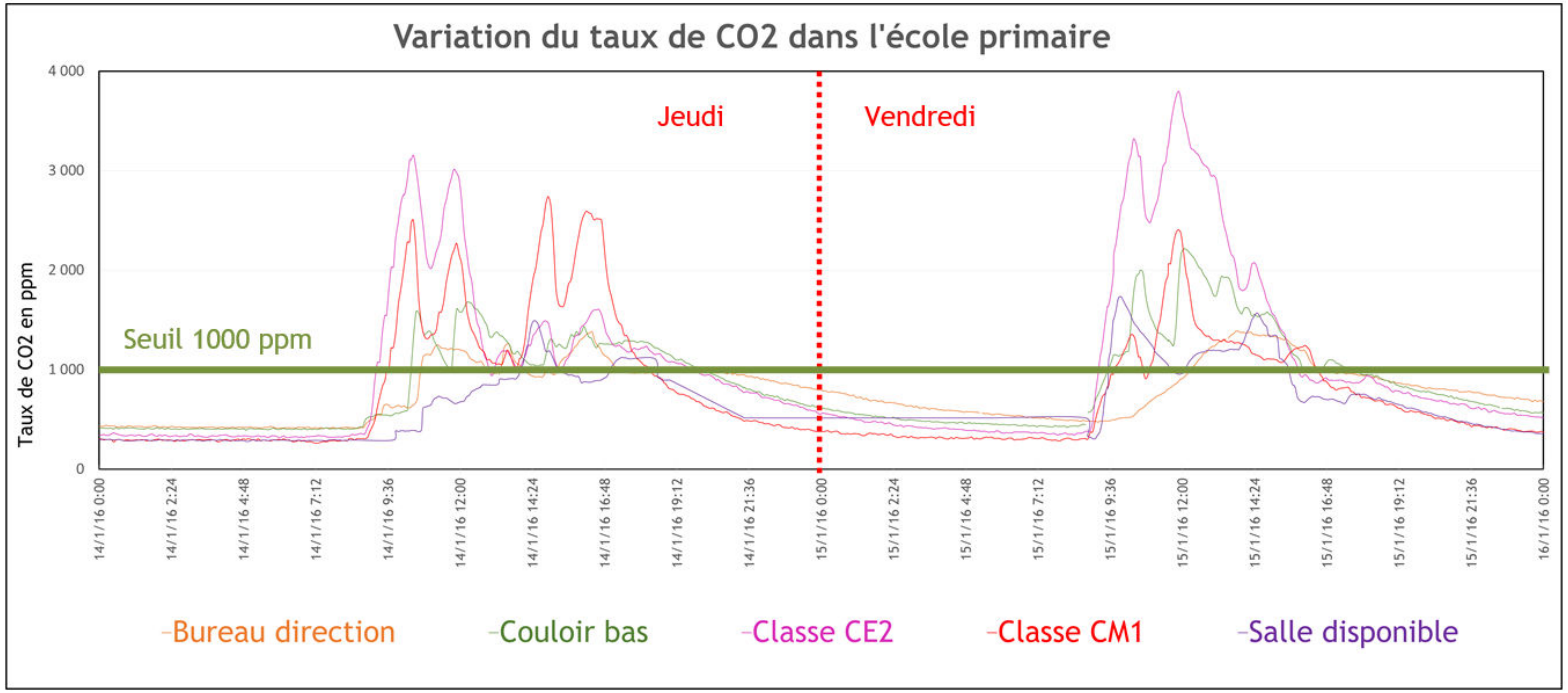
https://www.anses.fr/

Les polluants intérieurs liés à l'activité humaine

CO_2

Effet du CO_2 sur la performance psychomotrice à partir de 1000 ppm :

- prise de décision
- résolution de problèmes



Les polluants intérieurs liés à l’activité humaine

Humidité

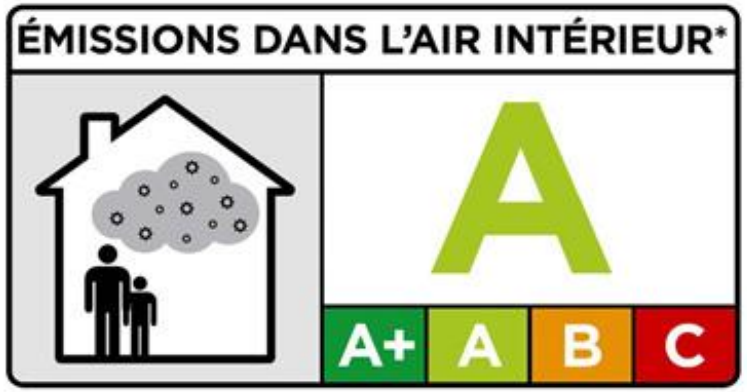
Développement de micro-organismes fortement préjudiciable à la qualité de l’air

Condensations de surfaces et dans les parois

2 Comment assurer la qualité de l’air dans un bâtiment ?

Réduire les pollutions

- Les sources de pollutions sont variées
- Certaines peuvent être évitées (peintures, mobilier, produits d'entretien…)



- Mais d'autres sont liées à l'activité (vapeur d'eau, cuisine, odeurs, poussières, C02…)

Ventiler

Ventiler les bâtiments est donc nécessaire

Plusieurs textes encadrent la ventilation :

- Habitation : Arrêté du 24/03/82
- Habitation RE2020 : obligation de ventilation permanente
- Autres bâtiments : Règlement Sanitaire départemental (autour de 18 m^3/h/pers)
- Code du Travail (Titre 1er - Chapitre II) plutôt autour de 25m^3/h/pers

Ventiler

Et en Passif?

- Le label Passiv Haus recommande 30m3/h/pers
- Il faut aussi tenir compte du taux de renouvellement d'air : entre 0.5 vol/h et 1 vol/h

Ces forts taux de renouvellement impliquent donc des déperditions thermiques…

Ventiler

Et la perspirance?

- Si on prend une maison de 100m² avec 4 habitants, 12 Litres d'eau par jour
- parois perspirantes : elles sont capables d'évacuer environ 250g à 600g/j
- VMC : 0.5 vol/h, soit 21.6 Litres/j max

La perspirance est complémentaire de la ventilation pour une bonne qualité d'air… mais pas suffisante sans ventilation.

3 Les solutions en ventilation

L’évolution historique

Architecture vernaculaire vers 1920

industrialisation

Architecture contemporaine vers 2020

L’évolution historique

Ventilation naturelle

industrialisation

Ventilation mécanique double flux

Le mode de ventilation est lié à l’étanchéité à l’air du bâtiment.

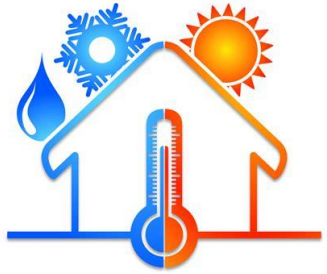
Ventilation Naturelle

- La ventilation naturelle est opérée sans assistance électrique, par les défauts d'étanchéité et par les ouvrants (ouverture manuelle)
- Elle est simple mais ne permet pas de garantir les débits (et donc la qualité de l'air) en raison des conditions météo, des occupants..
- Elle fait rentrer l'air directement depuis l'extérieur et nécessite donc de fortes consommations énergétiques
- Peut également être « assistée » mais dans ce cas nécessite de l'électricité et des systèmes de régulation

Ventilation Naturelle

Qualité d'air : variable (non maitrisée)

Energie : élevée (pour maintenir la température)



Confort : Variable

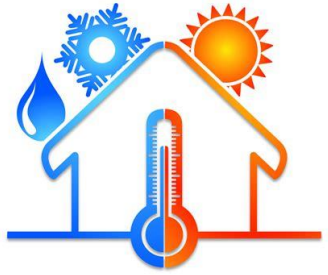
VMC simple flux

- La VMC simple flux permet de garantir un débit constant (ou hygrovariable)
- Elle nécessite un réseau et un groupe d'extraction, avec moteur électrique
- Elle fait rentrer directement l'air depuis l'extérieur, et nécessite donc de fortes consommations énergétiques

VMC simple flux

Qualité d'air : bonne, sans filtration

Energie : élevée (pour maintenir la température)



Confort : Variable

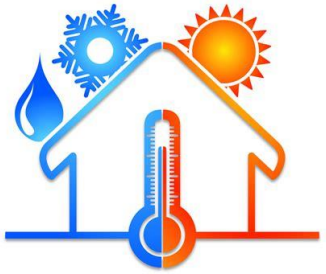
VMC double flux centralisée ou décentralisée

- La vmc double flux permet de garantir un débit d'air constant permanent (sur les plages d'occupation)
- Elle nécessite un réseau (si centralisée) et un ou plusieurs groupes de VMC munis de moteurs électriques
- Elle permet de récupérer les calories extraits et limites donc fortement les consommations énergétiques

VMC double flux

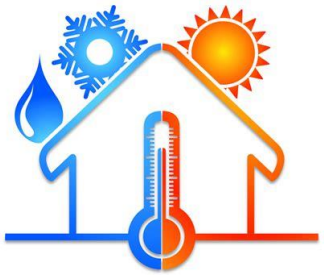
Qualité d'air : bonne, avec filtration

Energie : faible



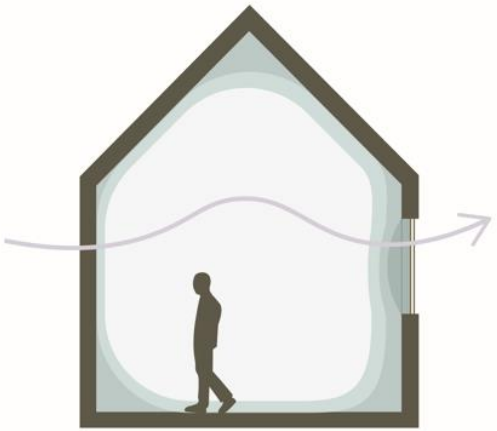
Confort : optimum

Résumé

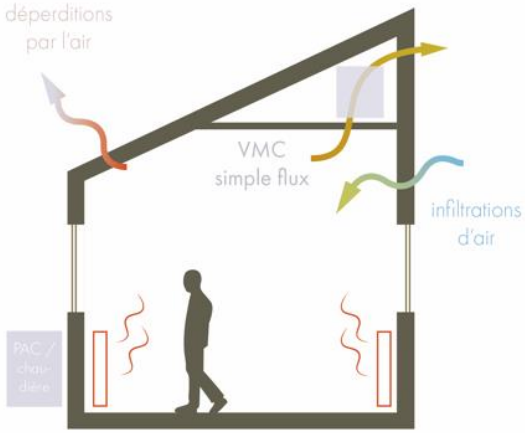
	Ventilation naturelle	Ventilation Simple flux	Ventilation Double flux
	✗	✗	✗
	✗	✗	✗
	✗	✗	✗

Et la consommation des ventilateurs?

Exemple d'une maison de 150 m² isolation équivalente
Renouvellement d'air 0.5 vol/h



Ventilation naturelle :
Conso VMC : 0 kWh/an
Conso Chauffage : 4212 kWh/an
TOTAL : 4212 kWh/an



Ventilation Simple flux :
Conso VMC : 122 kWh/an
Conso Chauffage : 3898 kWh/an
TOTAL : 4020 kWh/an

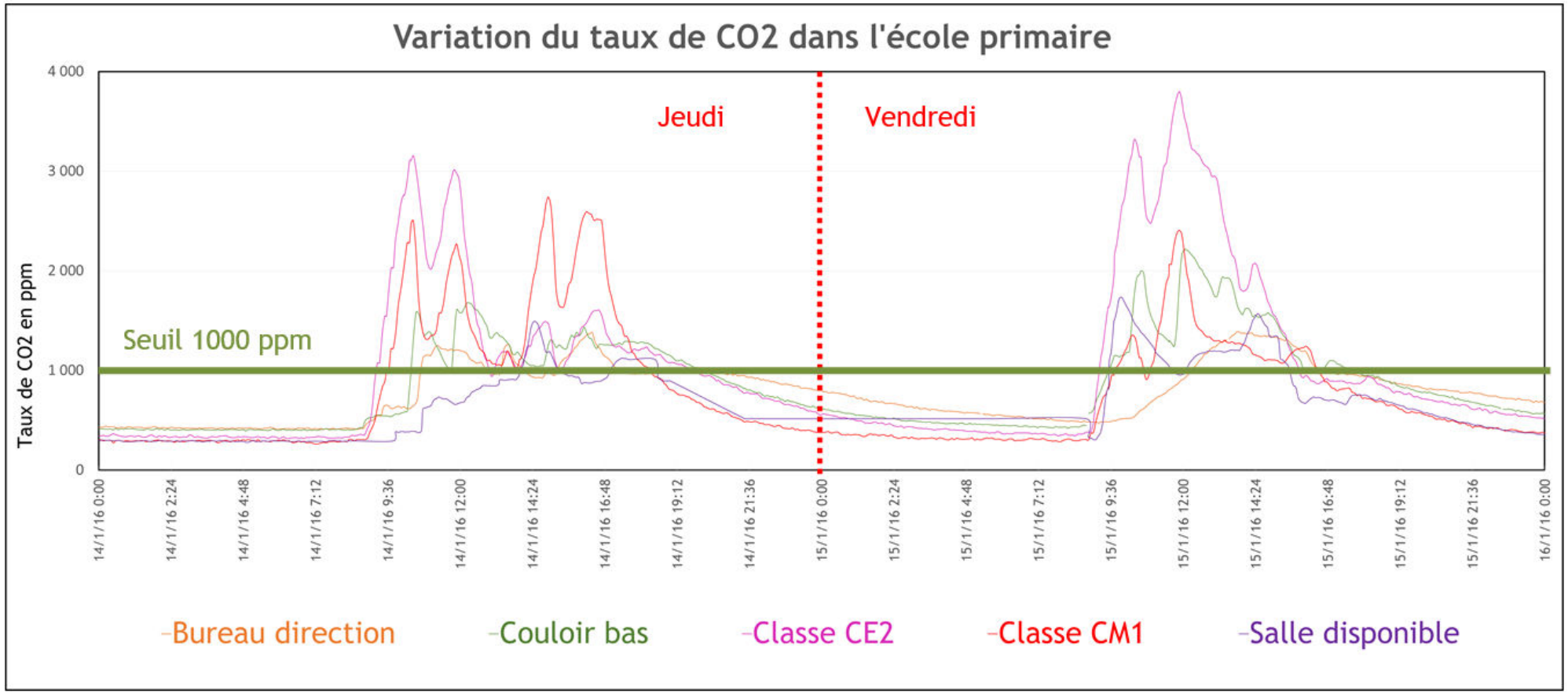
Ventilation Double flux :
Conso VMC : 381 kWh/an
Conso Chauffage : 1921 kWh/an
TOTAL : 2302 kWh/an

Source : Calcul sur logiciel PHPP

4 La généralisation des contrôles

Ca c'était avant…

- Ecole primaire en ventilation naturelle



Et le Passivhaus est arrivé…

- Maison médicale certifiée Passivhaus

Le PassivHaus, précurseur des objectifs de résultats

- Critères de labellisation Bâtiment Passif, EnerPHit et BaSE
  - Déséquilibrage maximal de 10%
  - Ventilation dans toutes les pièces : toutes les pièces dans l'enveloppe thermique doivent être directement ou indirectement (transfert) ventilées
  - Volume sonore : le système de ventilation ne doit pas générer de bruits dans les pièces occupées

Et la RE 2020 suit…

En 2018, l'Etat a identifié que 70% des opérations de construction neuves en résidentiel présentaient au moins un défaut sur le système de ventilation.

RE2020 met en place une **obligation de vérification des systèmes de ventilation** dans le résidentiel neuf à l'achèvement des travaux

- une vérification visuelle de l'ensemble du système
- mesures de débit et/ou de pression aux bouches aérauliques

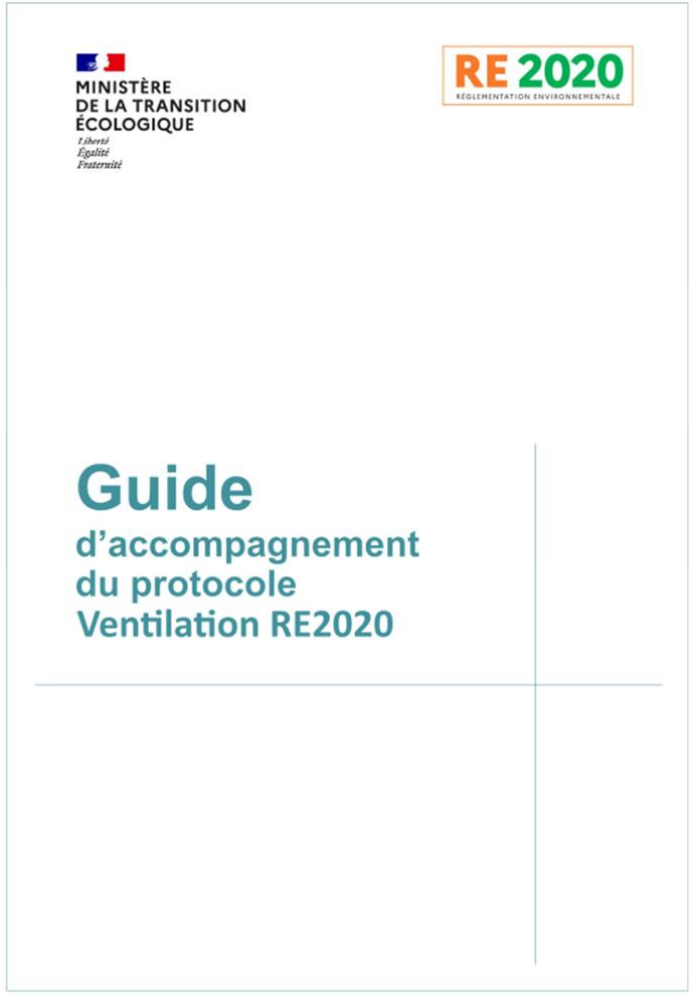
Protocole RE 2020 – Vérification, mesures des performances et exigences pour les systèmes de ventilation mécanique dans le résidentiel neuf

RE 2020
RÉGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE

Et la RE 2020 suit…

55 points de contrôle

- Données générales (4 points de contrôle)
- Caisson de Ventilation/Rejet d'air/Prise d'air (24 points de contrôle)
- Réseaux aérauliques (6 points de contrôle)
- Passage de transit et équipements motorisés (2 points de contrôle)
- Bouches d'extraction (12 points de contrôle)
- Bouches de soufflage (11 points de contrôle)
- Modules d'entrée d'air (6 points de contrôle)



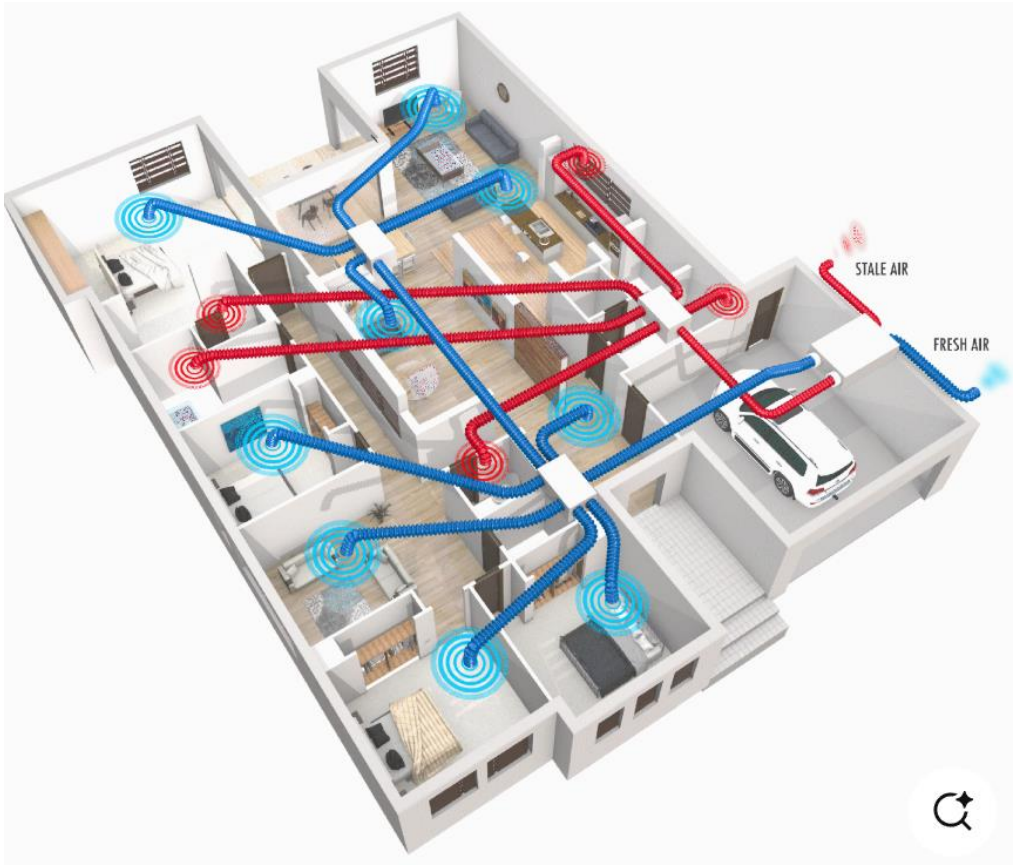
5 VMC double flux : LOW TECH ?

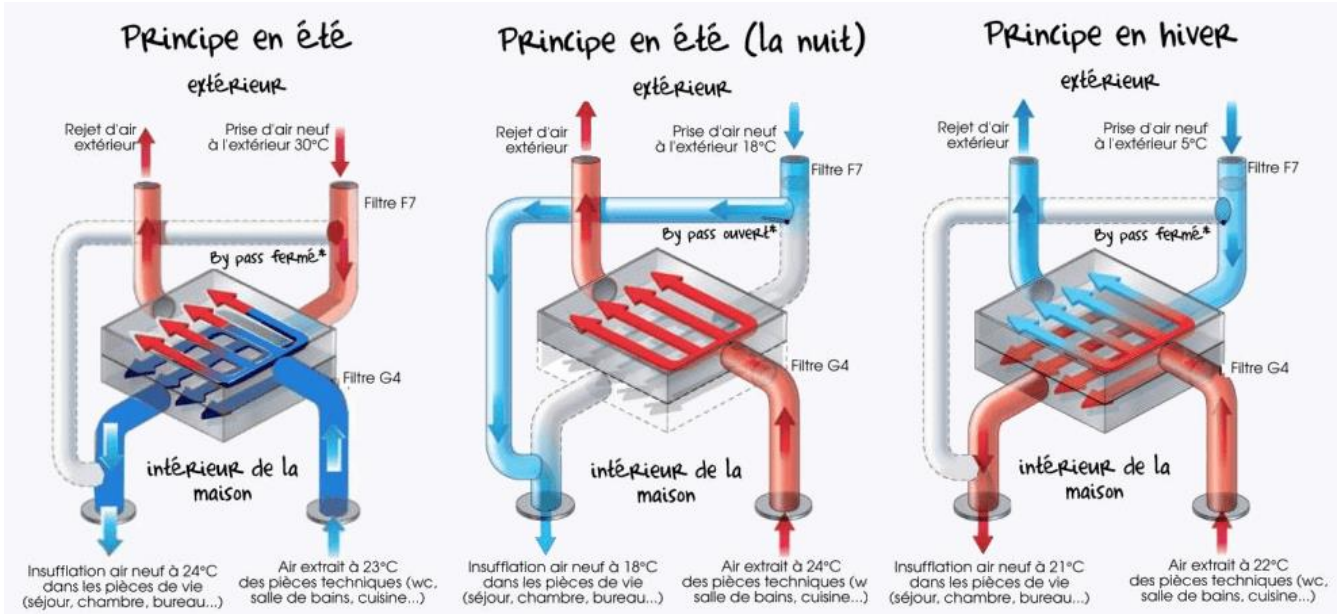
VMC double flux : c’est quoi ?

Une VMC Double flux est principalement remplie… de vide !
Les éléments qui la composent sont très basiques :

- Caisson métallique,
- Échangeur,
- Batterie dégivrage,
- Ventilateur
- Régulation
- Filtres

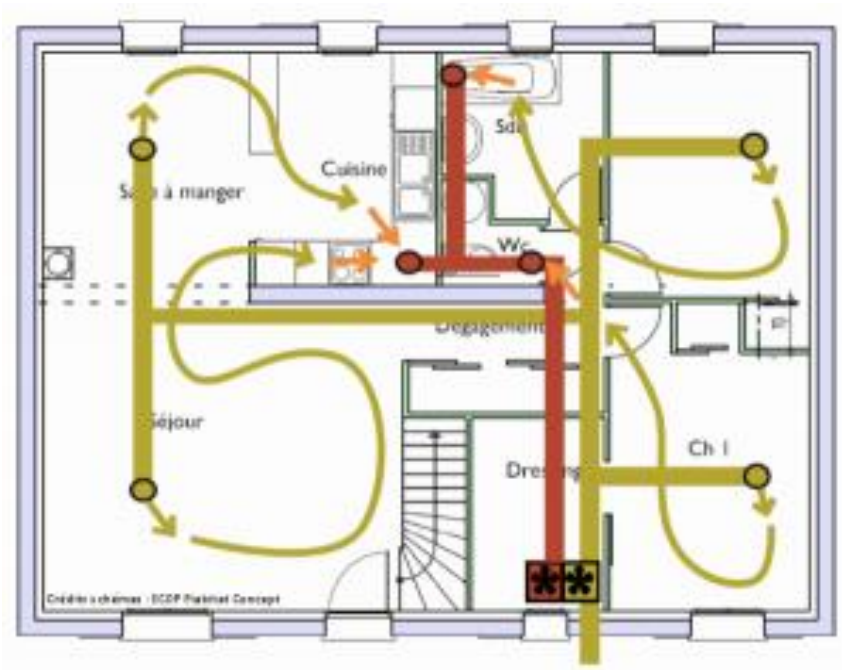
VMC double flux : Comment ca marche ?

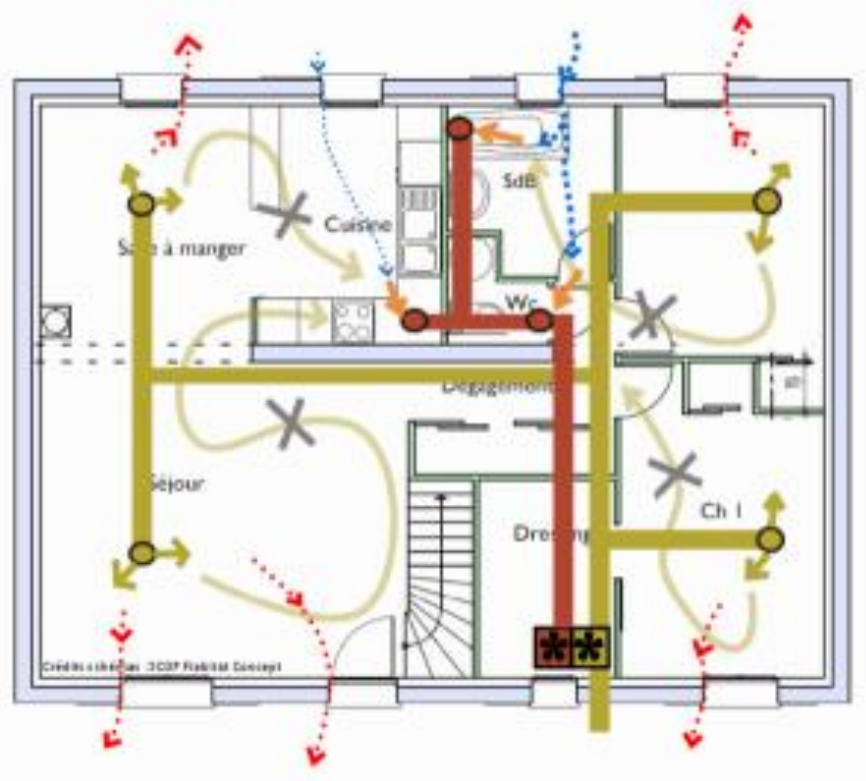




Un préalable indispensable : l'étanchéité à l'air

- Pour l'hygiène et la pérennité du bâti

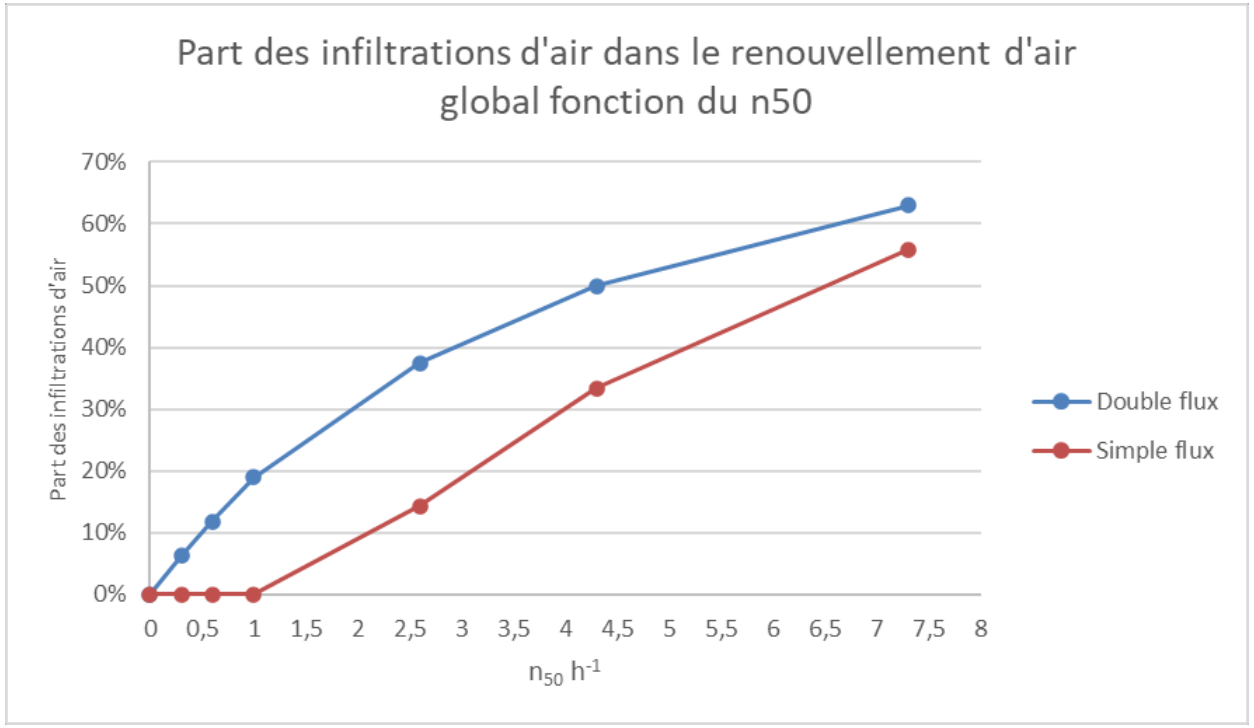


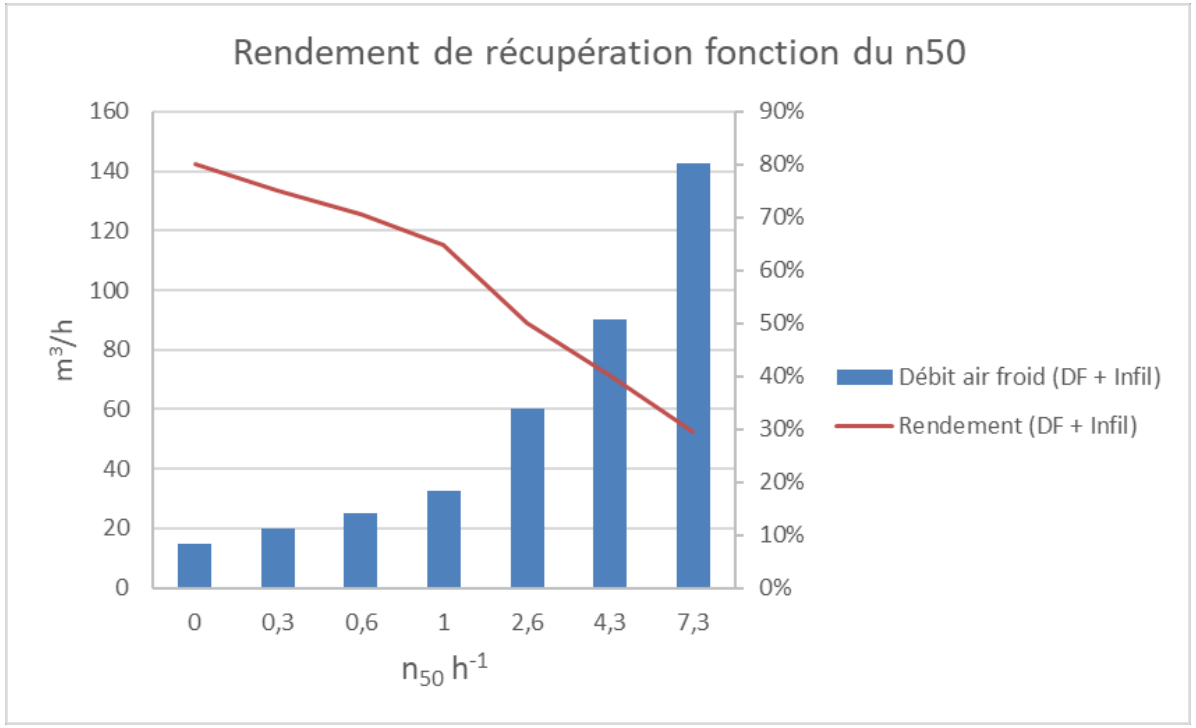


https://www.fiabitat.com/

Un préalable indispensable : l'étanchéité à l'air

- Pour l'efficacité thermique de l'installation





Débits d'infiltrations calculés selon la ***NF EN ISO 13790***

Ventilation double flux : et si on parlait de COP?

- En général on parle de COP pour les Pompes à chaleur, le COP, coefficient de performance compare l'énergie fournie par le système par rapport à l'énergie consommée.
- Pour une VMC double flux, on peut prendre : Energie récupérée par l'échangeur de chaleur / Energie électrique consommée
- Si l'on prend l'exemple d'une VMC Zehnder Comfoair 350 par exemple, tournant à 120 m3/h, elle consomme 25W. Le rendement certifié est de 97%. Delta T 20°c.

Ventilation Double flux : et si on parlait de COP ?

- Avec Q la quantité d'énergie récupérée :

$$Q = \text{Dbit d'air (m/h)} \times c_p \times \Delta T \times \text{Efficacit}$$

$$Q = 120\,\text{m/h} \times 0,34\,\text{Wh/(mC)} \times 20\,\text{C} \times 0,97$$

$$Q = 791\,\text{Wh/h (soit 791 W}$$

- Le COP est de : **15.8**

$$\text{COP} = \frac{Q}{\text{Puissance lectrique consomme}} \qquad \text{COP} = \frac{791\,\text{W}}{50\,\text{W}} = 15,82$$

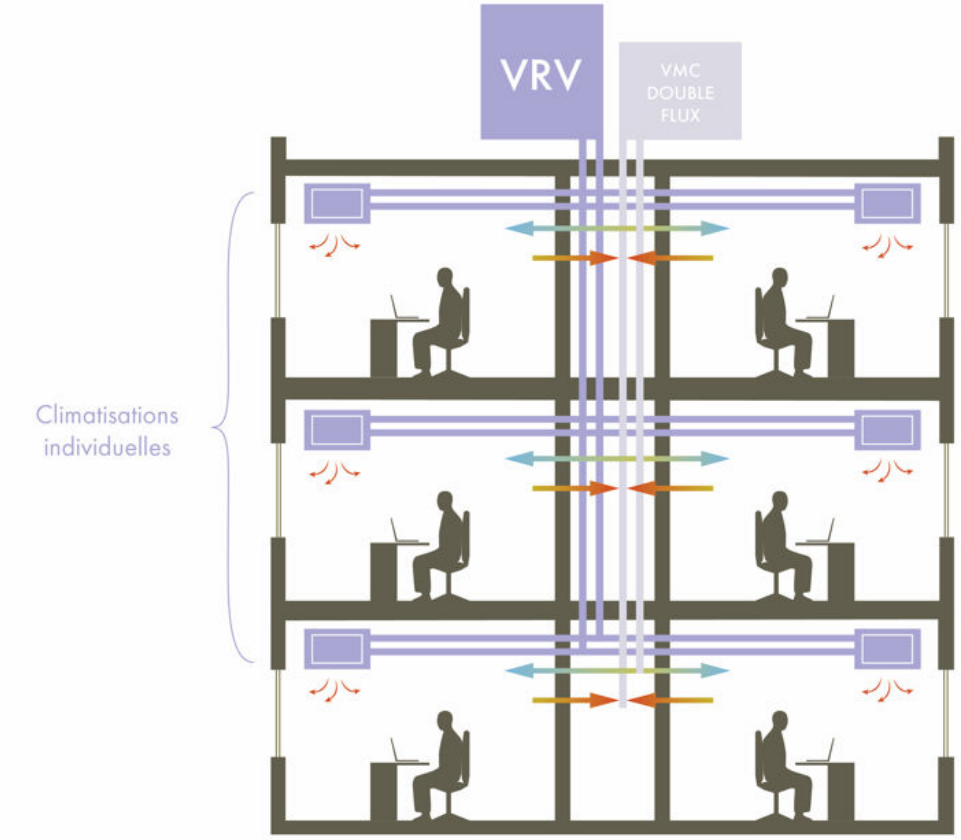
- Cette valeur est très élevée : La double flux est un système de récupération de chaleur très efficace!

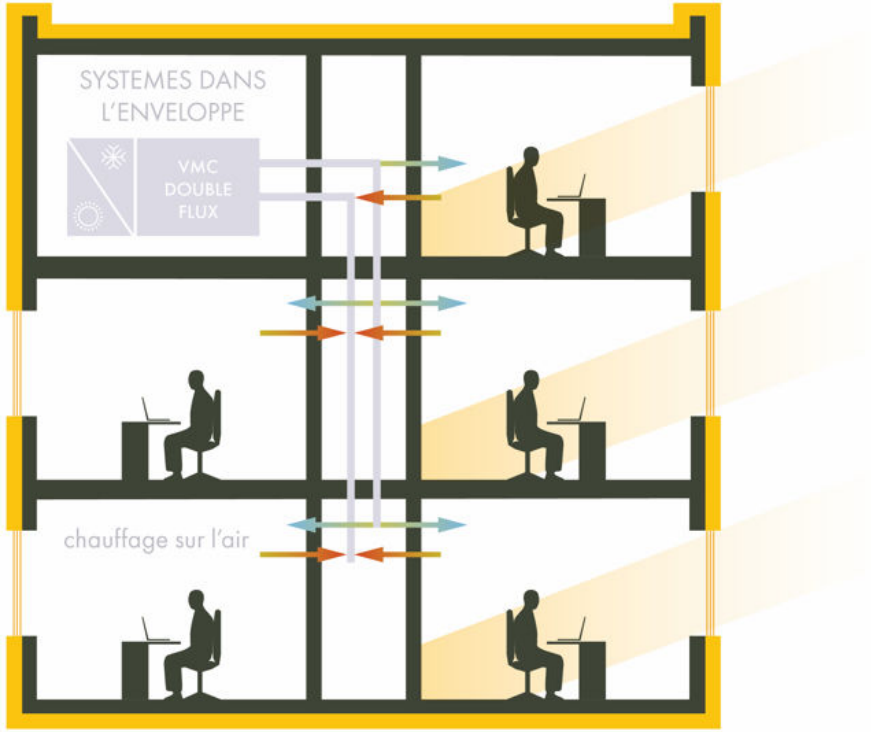
VMC double flux : simplification du chauffage

- En passif, la ventilation double flux est un élément indispensable pour baisser les consommations de chauffage
- Une fois ce niveau atteint, on peu alors diminuer au maximum les systèmes de chauffage pour ne laisser que des appoints électriques, soit sur l'air soit dans les pièces
- C'est finalement une solution LOW TECH au global!

VMC double flux : LOW TECH

Exemple en bureau





Et d'un point de vue bilan carbone ?

Exemple d'une maison de 100 m²

Solution Double flux / chauffage effet joule / ECS thermodynamique

	Quantité	kg_{eq} CO_2
VMC DF Flair (Brink)	1	661
Gaine galva (ml)	75	918
Bouches VMC	8	79
ECS thermo 200 L split	1	2300
Radiateurs electriques 1000 W	2	2780
Total		**6737**

Solution Simple flux / PAC double services

	Quantité	kg_{eq} CO_2
Alfea Extensa S DUO R32	1	6850
Radiateur eau chaude	4	1536
Simple flux hygro B	1	170
Bouches VMC	4	39
Phoni-Flex	37,5	101
Total		**8696**

Solution Double flux / chauffage effet joule / ECS thermodynamique émet **22,5 % de moins de CO_2**

Besoin de repères :

Un A/R Paris New York : 1,7 Tonne de CO2

L'empreinte carbone d'un français est estimée à 9,2 t CO2 eq en 2022

Et d'un point de vue bilan carbone ?

Exemple d'un TERTIAIRE de 1000 m²

Solution Double flux / chauffage effet joule

	Quantité	kg_{eq} CO_2
VEX 560	1	12300
Gaine galva	430	5260
Bouches VMC	90	887
Radiateurs electriques	15	20850
Total		**39297**

Solution Simple flux / PAC chaud seul

	Quantité	kg_{eq} CO_2
APTAE 40-50	1	46800
Radiateur eau chaude	40	15360
Gaine galva	215	2630
EASYVEC	1	1010
Bouches VMC	45	443
Total		**66243**

Solution Double flux / chauffage effet joule / ECS thermodynamique émet **40,7 % de moins de CO_2**

Besoin de repères :

Un A/R Paris New York : 1,7 Tonne de CO2

L'empreinte carbone d'un français est estimée à 9,2 t CO2 eq en 2022

6 Conclusion

Conclusion

- La qualité de l’air intérieure est en général assez médiocre, de nombreux polluants sont à évacuer : il faut ventiler!
- Sur les différents systèmes de ventilation, seule la ventilation double flux permet : une bonne qualité d’air, une faible consommation d’énergie et un bon confort.
- Une ventilation double flux est finalement assez simple, et en permettant de simplifier le chauffage elle permet de concevoir des projets LOW TECH.
- Pour que tout cela fonctionne correctement il faut s’assurer d’une étanchéité à l’air performante, d’un dimensionnement adapté, d’une pose correcte et de débits contrôlés.

Le Likès
La Salle - Quimper

REX : LA MISE EN SERVICE D'UNE VMC DOUBLE FLUX ET L'EQUILIBRAGE DES DEBITS DE VENTILATION

#2 PASSI' BREIZH

Guillaume TOBIE

Sommaire

- Pourquoi équilibrer les débits d'une VMC double flux ?

- Les vraies - fausses bonnes idées
  - Paramétrage à pression constante : les sondes CO2 / Détections de présence…
  - Les modules de régulation de débits
  - Les diffuseurs d'air ou plus généralement les gros débits
  - La batterie post chauffage : le potentiel cache misère

- Plus c'est simple, mieux ca marche…

1 Pourquoi équilibrer les débits d’une VMC double flux ?

Pourquoi équilibrer les débits d'une VMC double flux ?

- **1. Pour ne pas vendre du vent au client**

- **2. Car exigé pour la certification PassivHaus**
  - Argument massue !!! Clause du CCTP du lot CVC
  - Pas uniquement un objectif de moyen mais également de résultats

- **3. Pour que l'installation fonctionne**
  - Equilibrer les flux pour un obtenir l'échange thermique attendu
  - Avoir le débit nécessaire aux bouches pour répondre aux besoins

Pour que l'installation fonctionne…
Equilibrer les flux pour un obtenir **l'échange thermique attendu**

Cette VMC double flux est elle correctement équilibrée ?

NON car si elle est équilibrée son rendement n'est que de 54%

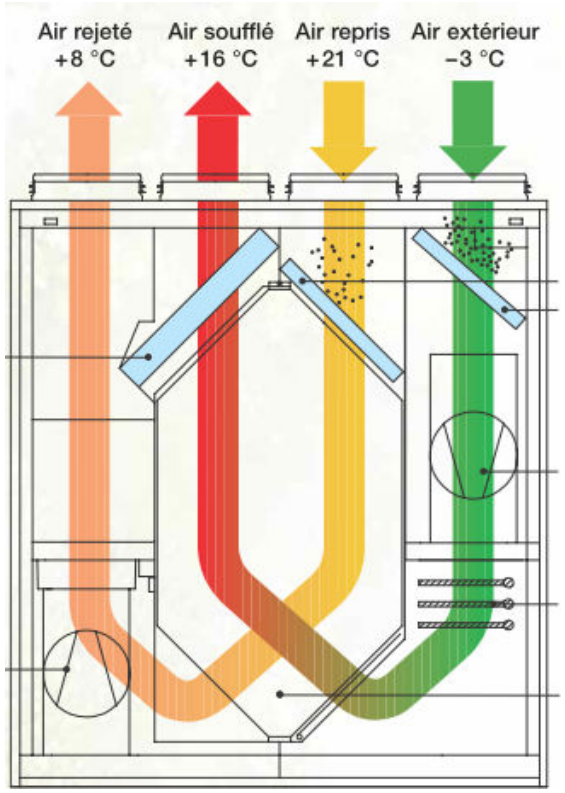
Rendement = (T°C air repris - T°C air rejeté) / (T°C air repris - T°C air extérieur)
= (21 - 8) / (21 - -3) = 54%

D'après le certificat PHI, son rendement devrait être de 87%...

L'air devrait donc être rejeté à :

T°C air rejeté = T°C air repris - 0,87 x (T°C air repris - T°C air extérieur) = 0,1°C

Il y a donc trop d'air soufflé ou pas assez d'air repris. Déséquilibre !



Pour que l'installation fonctionne…
Equilibrer les flux pour un obtenir **l'échange thermique attendu**

Il faut donc équilibrer pour garantir le rendement d'échange :

- **Respect du bilan du PHPP** : certification – respect des engagements
- **Ne pas consommer plus** d'énergie de chauffage que prévu
- **Ne pas générer d'inconfort** thermique
  - En même temps c'est un bon indicateur pour l'usager pour identifier le problème.

Pour que l'installation fonctionne…
Avoir le débit nécessaire aux bouches pour **répondre aux besoins**

- Pour assurer une qualité d'air intérieure : SANTE / HYGIENE / PERENNITE DU BATI (**OBJECTIF n°1**)

- Pour respecter le code de travail :
  - Débit d'air neuf par occupant (Article R4222-6)
  - Débit pour les locaux à pollution spécifique (Article R4212-6)

- Pour respecter le RSD (ERP):
  - Débit d'air neuf par occupant (Article 64.1)
  - Débit pour les locaux à pollution spécifique (Article 64.2)

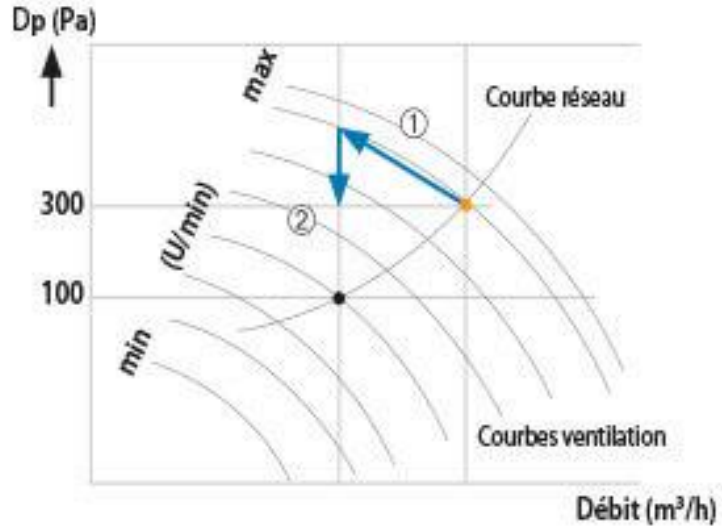
- Pour respecter Arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements

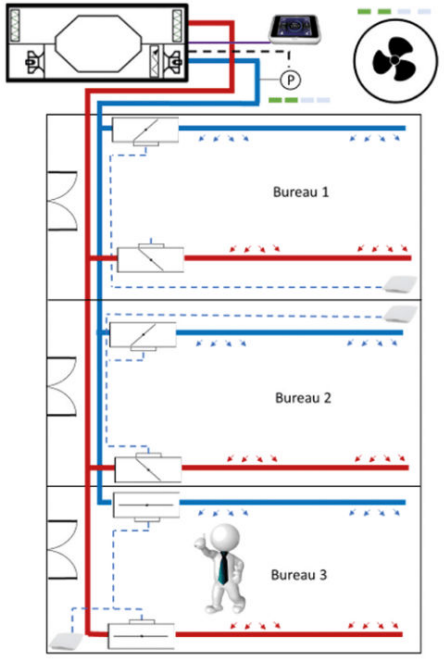
2 Les vraies - fausses bonnes idées

Les vraies - fausses bonnes idées

Réglage en **pression constante**, la modulation des débits

- Sondes CO_2 - Détections de présence…
  - CTA en Pression constante
  - Modulation des débits en fonction des besoins





1 / Bureaux 1 et 2 inoccupés :

registres se ferment,

la pression en gaine va augmenter

la distribution de l'air est perturbée même dans le bureau 3

2/ La centrale double flux va ajuster la vitesse des ventilateurs

maintien une pression en gaine constante – réduction du débit

Les vraies - fausses bonnes idées
Paramétrage à pression constante : Modulation des débits

- Ca à l'air top !!! Mais…

  - Installations plus **compliquées à équilibrer** : débits de fuites des registres…
  - **Bruit** : plaintes des usagers
  - Pas de **surventilation nocturne**
  - **Complexité** de l'installation : Registres motorisés – sondes
  - **Maintenance** – contrôle étalonnage des sondes CO_2 -
  - **Metteurs au point** compétent en aéraulique dans les entreprises de CVC : denrée rare
  - **Gain énergétique limité** avec double flux (rendement > 80%)

Les vraies - fausses bonnes idées
Les **modules de régulation** de débits

- Sur le papier : solution pratique, pas chère pour calibrer un débit d'air sur un diffuseur de soufflage ou de reprise

- Grosses pertes charges générées dans le réseau : bruit – sur consommation électrique

- Entreprises attachées à ces équipements. Difficile de démontrer leur contre productivité

- Installation dans les gaines, souvent en amont des bouches, pas accessible ultérieurement puisque dans la gaine

Les vraies - fausses bonnes idées

Les **diffuseurs** d'air ou plus généralement les **gros débits**

- Grosses difficultés pour les mesurer : cône, fortes variations des débits lors de la mesure

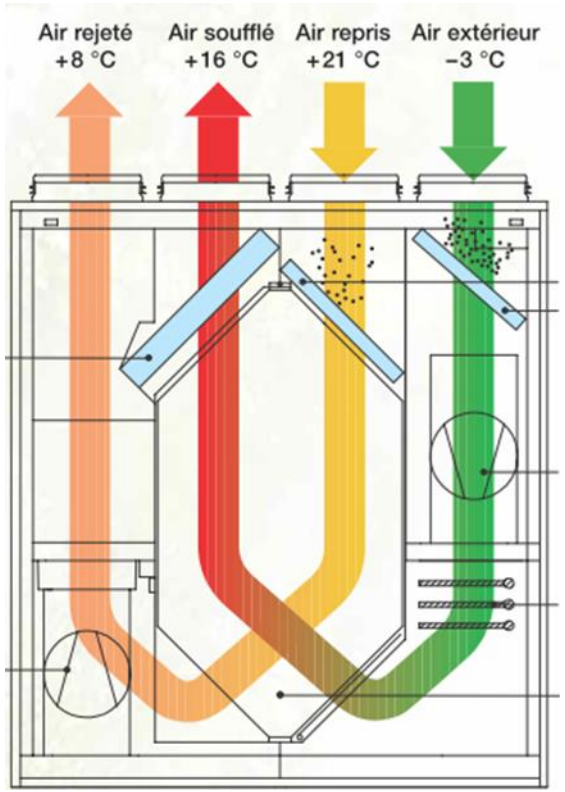
- Débits non atteints malgré les études de dimensionnement par les fournisseurs

- Si erreurs de mesures ou débit non atteints : impact important sur l'équilibrage

Les vraies - fausses bonnes idées

La **batterie post chauffage** : le potentiel cache misère

- Batterie post chauffage systématisée pour le confort thermique.
- Permet de masquer un déséquilibre des débits car air soufflé « chaud »
- En bâtiment passif : solution pertinente car débits d'air équilibrés



3 Plus c’est simple, mieux ca marche…

Plus c'est simple, mieux ca marche…

- CTA à débit constant
- Réglage des antennes avec des registres manuels
- Conception avec des débits aux bouches < 90 m^3/h
- Dimensionner largement les sections de réseaux
- Etancher les réseaux
- Réglages à la bouche

Plus c’est simple, mieux ca marche…

- Installations **plus simples à équilibrer** (2 jours à 2 pour un petit tertiaire)
- Organes de **réglages accessibles**
- **Moins de bruit** : en général les ventilateurs fonctionnent 30 % moins vites
- **Sur ventilation nocturne possible** pour l’été
- **Simplicité** de l’installation : pas d’accessoires
- **Moins de maintenance :** étalonnage sondes, contrôles registres
- Bouche avec **contre écrous** pour figer les réglages
- **Programmation horaire** pour faire du réduit

Merci de votre attention

REX : POLE ENFANCE DE BREAL SOUS MONFORT (35)

Thomas PRIMAULT

Sommaire

- Projet
- Retour sur les suivis
- Améliorations continue

1 Projet

Pole enfance de Bréal sous Monfort

- Crèche de la commune, 24 places, 480 m²

Pole enfance de Bréal sous Monfort

- Crèche de la commune, 24 places, 480 m²

Pole enfance de Bréal sous Monfort

- Plan de niveau

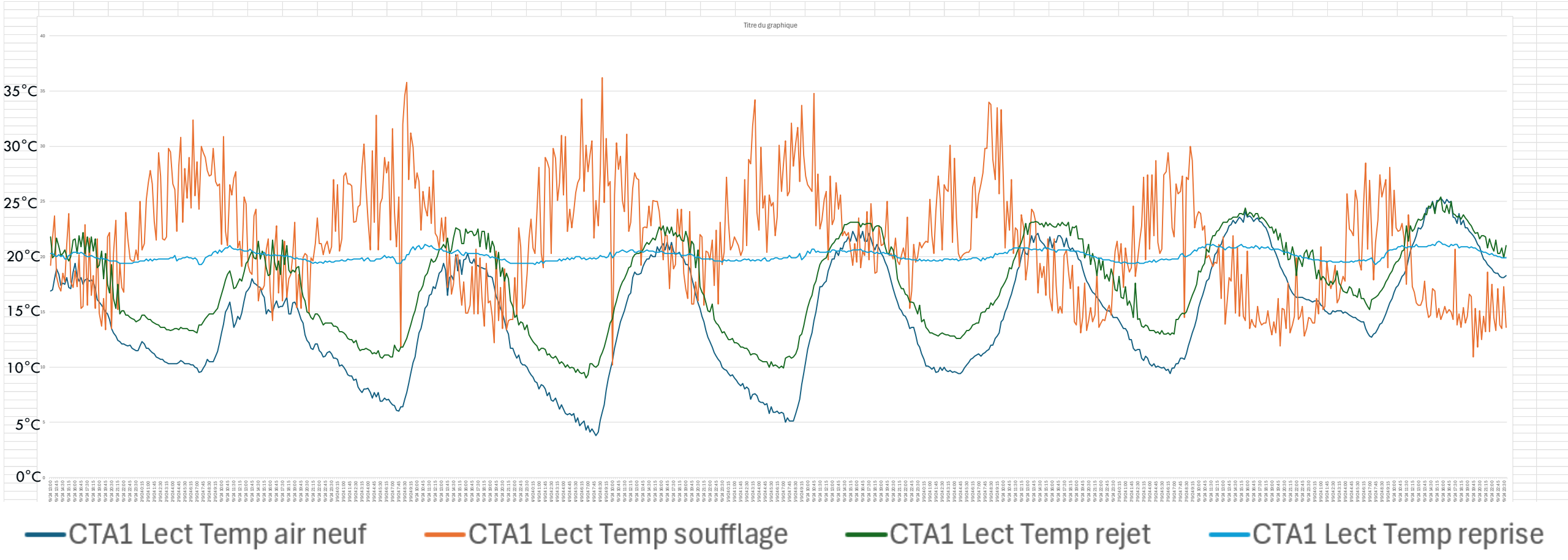
2 Suivi : Monitoring

Suivi Monitoring

- Une GTC équipe le bâtiment
- But : suivre la qualité d’air, la température, le fonctionnement
- De plus en plus sur les bâtiments de petite enfance
- A suivre sur d’autres types de bâtiments dans les années à venir

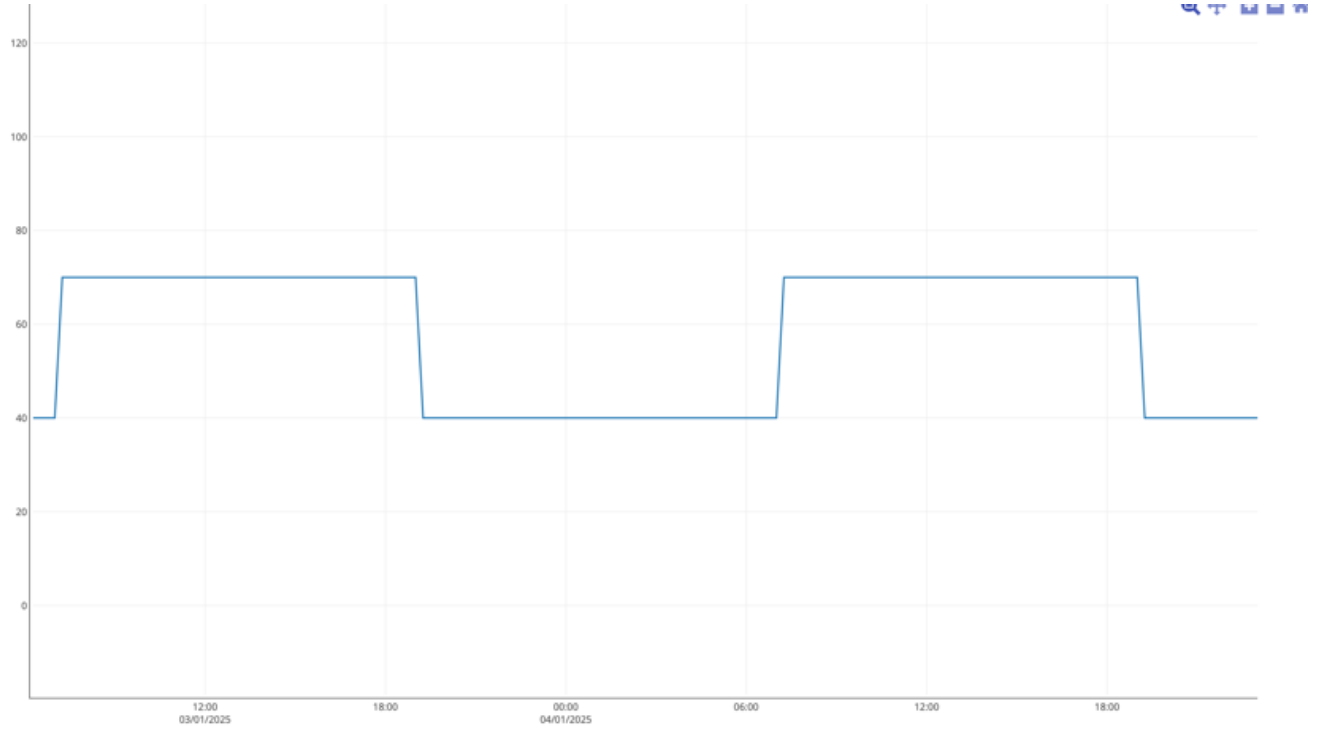
Suivi Monitoring

Evolution des températures du 11 sept au 18 sept 2024



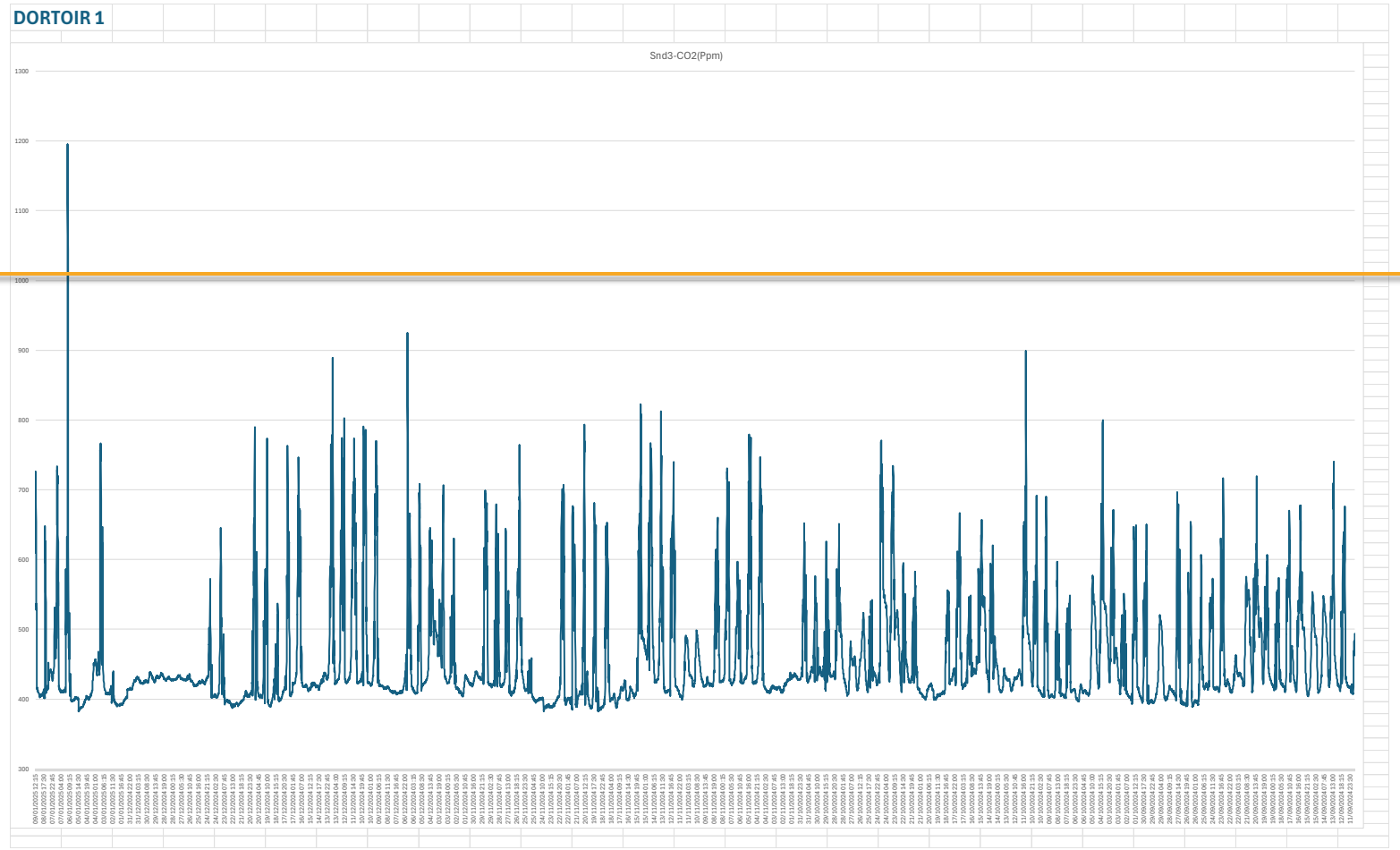
Suivi Monitoring

- Programmation horaire



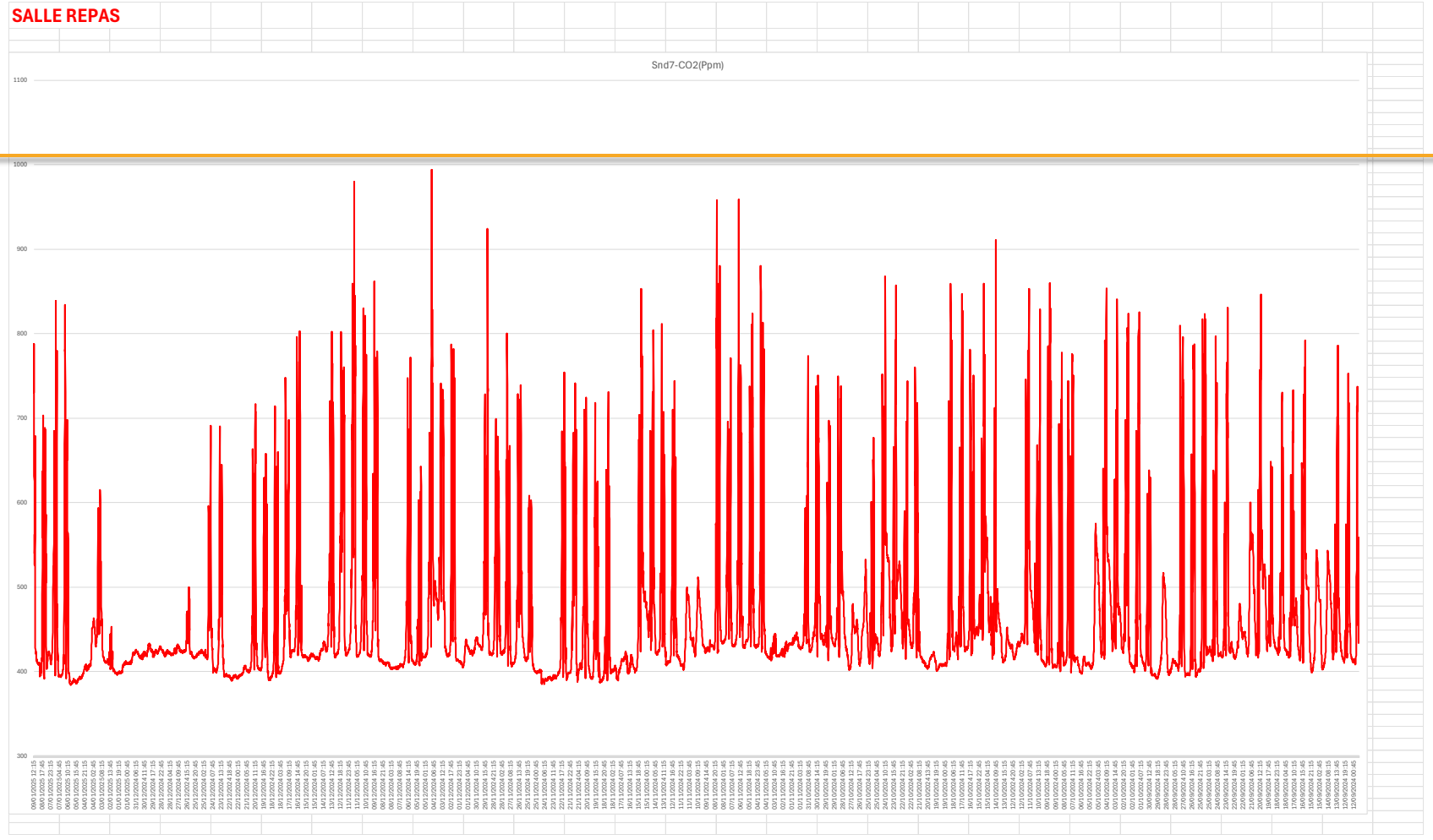
Suivi Monitoring

Taux CO2 de septembre 2024 à janvier 2025



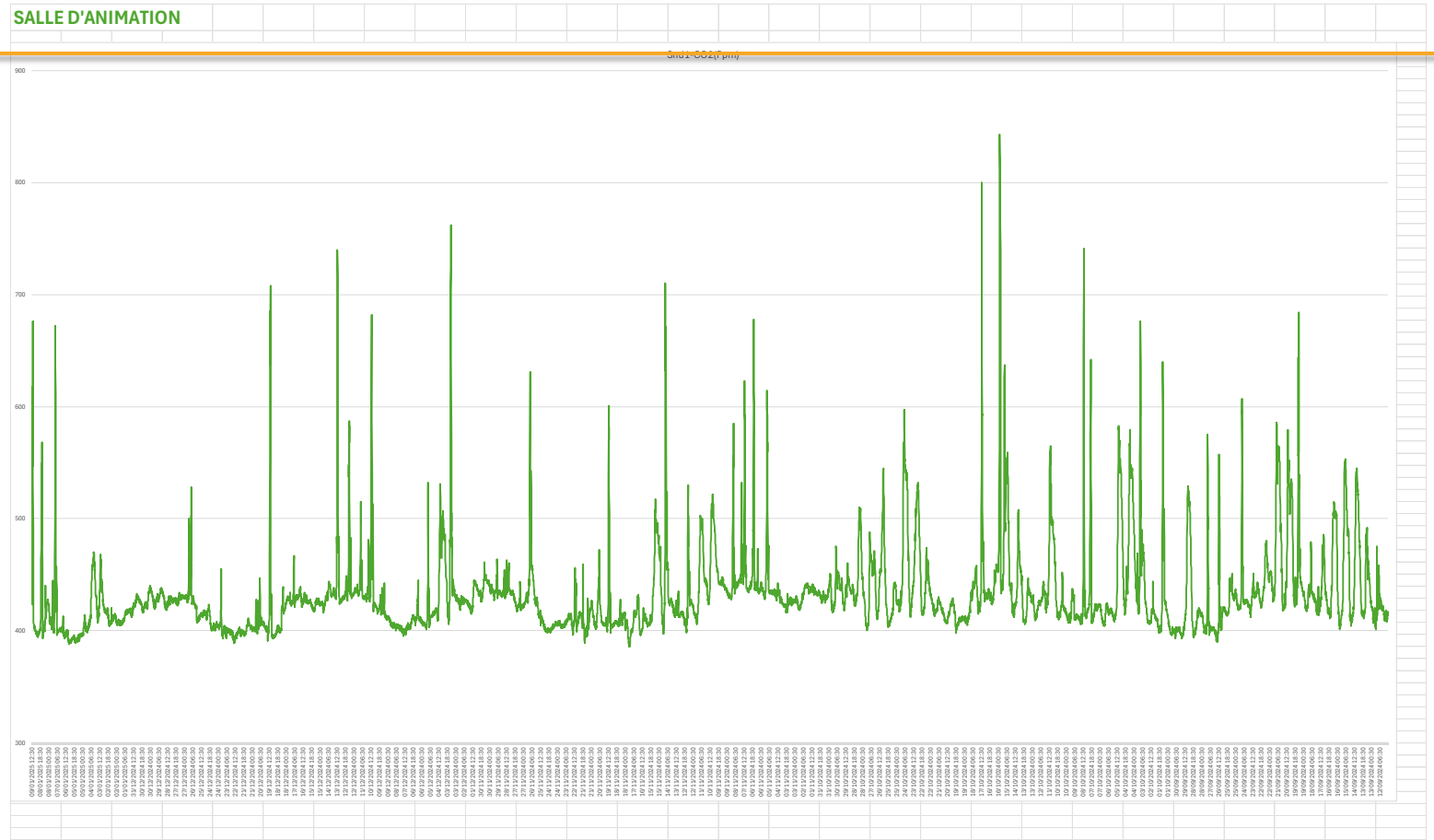
Suivi Monitoring

Taux CO2 de septembre 2024 à janvier 2025



Suivi Monitoring

Taux CO2 de septembre 2024 à janvier 2025



3 Amélioration continue

Les points de vigilance

- La ventilation double flux a été réglée et mise en service il y a 1 an
- Grace au monitoring on voit des possibilités d'amélioration
- Le point clé en double flux est sa mise en service et son équilibrage

hinoki
INGÉNIERIE THERMIQUE
ET ENVIRONNEMENT

Merci de attention