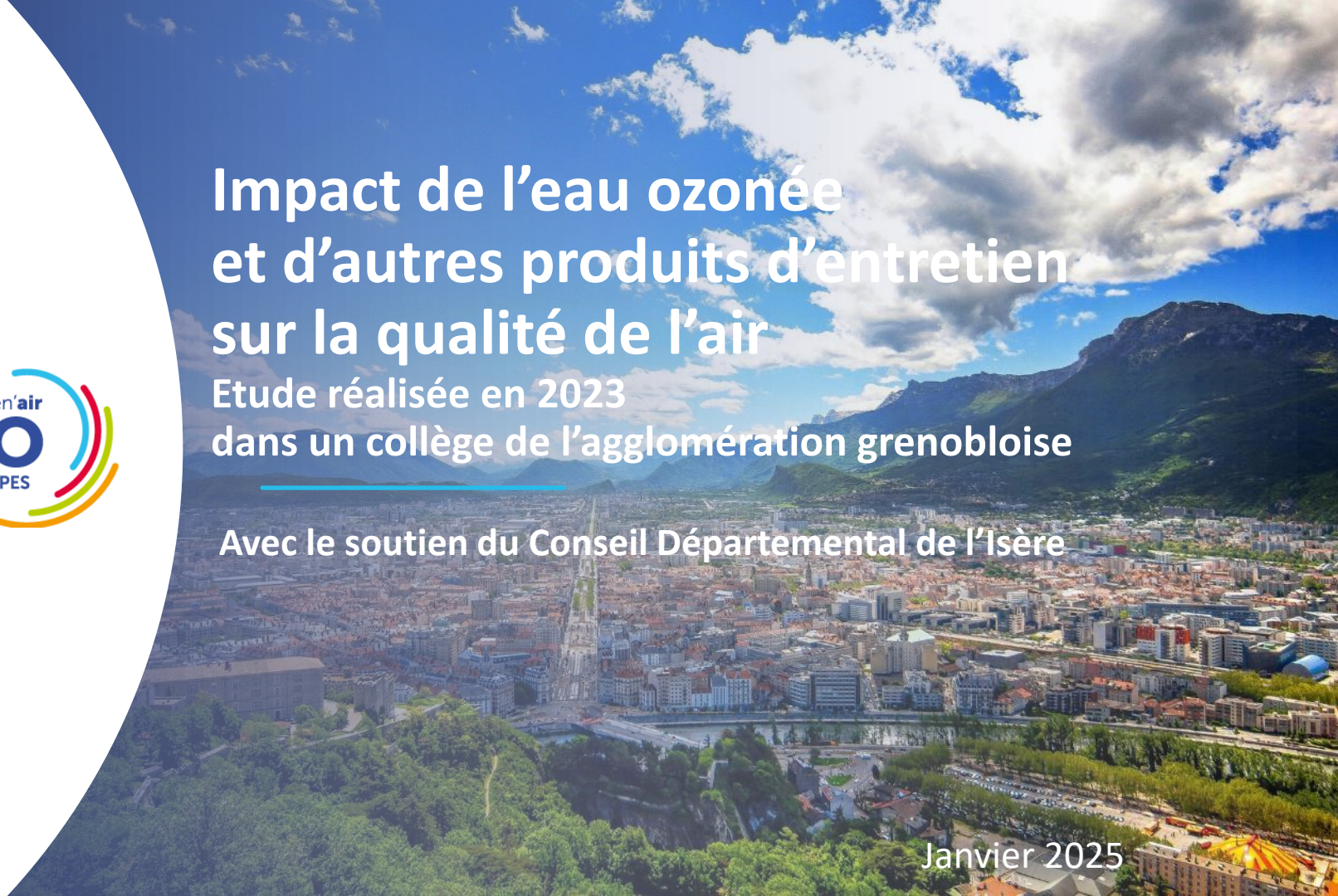
Impact de l'eau ozonée et d'autres produits d'entretien sur la qualité de l'air

Etude réalisée en 2023 dans un collège de l'agglomération grenobloise

Avec le soutien du Conseil Départemental de l'Isère



Janvier 2025

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes et la Direction « Education Jeunesse et Sport » du département de l'Isère collaborent depuis plusieurs années afin de diminuer l'impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air dans les établissements dont le département a la compétence (collèges, établissements recevant des jeunes enfants). Plusieurs études ont déjà été menées :

- Evaluation et sensibilisation des agents sur l'impact de différents produits d'entretien sur les taux de Composés Organiques Volatils dans les crèches
- Evaluation de l'efficacité de différents produits d'entretien sur la réduction des bactéries et des virus dans 3 crèches du Grésivaudan
- Etude des marchés publics des produits d'entretien et accompagnement à la rédaction d'un cahier des charges « vertueux ».

L'objectif de cette étude réalisée en 2023, dans un collège de l'agglomération grenobloise, était de comparer l'impact de l'eau ozonée par rapport à d'autres produits d'entretien (classiques ou écolabellisés) sur les niveaux de concentrations des Composés Organiques Volatils et des Aldéhydes afin d'évaluer si cette technique de nettoyage pourrait être utilisée dans les collèges sans effet sanitaire particulier.

1

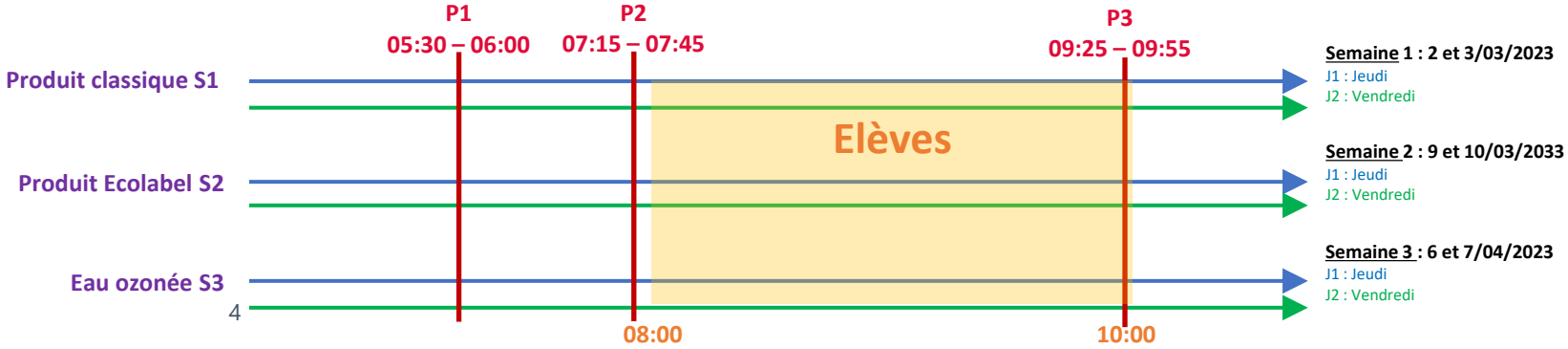
EXPÉRIMENTATION

LE PROTOCOLE DE MESURES

Comparaison de 3 produits
- Sol et surface « classique »
- Sol et surface écolabellisé
- Eau ozonée

3 périodes de 30 min. reproduites 2 fois
- Avant nettoyage (témoin sans élève) : 5h30 – 6h00 **– P1**
- Pendant/après nettoyage (sans élève) : 7h15 – 7h45 **– P2**
- Avec élèves le matin 9h25 – 9h55 **– P3**

Techniques de mesure
- Mesures en continu (Analyseur ozone, micro-capteurs particules, formaldéhyde, T°, H, P, CO_2)
- Préleveurs actifs (DNPH aldéhydes) : résultats analysés en laboratoire
- Canister (COV) : résultats analysés en laboratoire



LE PROTOCOLE DE MESURES

Les points de vigilance :

- **Maîtrise de l'aération**
  Exceptionnellement pas d'aération avant 10:00, durant tous les prélèvements

- **Maîtrise des pratiques de ménage**
  Un même et unique produit a été utilisé sur l'ensemble de la semaine. Le sol a été lavé tous les jours exceptionnellement (pratique de ménage renforcé)

- **Maîtrise des effectifs d'élèves**
  Prélèvements effectués les mêmes jours de semaine, aux mêmes heures [(1)] ; cours et effectif identique [(2)]

- **Traçabilité des activités**
  Questionnaire d'activités transmis à la professeure afin de tracer les sources potentielles de COV au sein de la classe

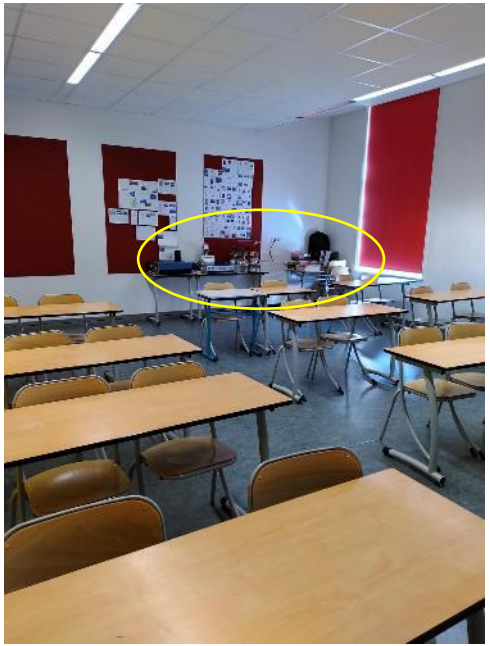
- **Suivi des paramètres environnementaux et extérieurs**
  Mesures de CO_2, humidité, température, effectuées simultanément.
  Les polluants extérieurs sont également suivis en permanence sur les stations fixes d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

[(1)] Les prélèvements de la semaine 3 jour 1 (eau ozonée) ont été décalés d'une heure (plus tard) en raison de la non-prise en compte du changement d'heure dans la programmation des prélèvements
[(2)] Les prélèvements de la semaine 3 jour 1 (eau ozonée) ont eu lieu un jour de grève (seulement 3 élèves)

LES POLLUANTS RECHERCHÉS

- Les polluants **réglementés** en air intérieur : **Formaldéhyde et Benzène**
- Polluants susceptibles d'être émis par les produits utilisés et ayant **un impact sanitaire avéré** (VGAI ANSES) : acétaldéhyde, acroléine, éthylbenzène, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, toluène
- Produits susceptibles d'être **créés par réactions de l'eau ozonée** avec son environnement : balayage large de composés potentiels
- Autres composés organiques volatils **présents dans l'environnement**
- **Ozone et de particules fines** dans la classe

LE DISPOSITIF DE MESURES



2

MÉTHODES D'ANALYSE DES RÉSULTATS ET LIMITES

ETUDE EXPLORATOIRE / MÉTHODE D'ANALYSE DES RÉSULTATS

Comparaison des produits
Comparaison des périodes (avant, juste après ménage, plus tard en présence des élèves)
Comparaison à l'environnement extérieur

Analyse des résultats :

- Evolution temporelle des paramètres environnementaux : air extérieur, CO_2, T°, H
- Regroupement par famille de polluants (Aldéhydes, COV)
- Identification des composés majoritaires
- Evaluation des niveaux de polluants
- Comparaison aux valeurs repères (Valeurs Guides ou Valeurs Repères en air Intérieur, résultats d'autres études…)

LES LIMITES DU PROTOCOLE D'ÉTUDE

- En conditions réelles : de nombreux paramètres peuvent influer sur les résultats
- Nombre de mesures : faible échantillon ne permettant pas certaines analyses statistiques (comme l'ACP par exemple)
- Pas de prélèvement en continu permettant d'évaluer la qualité de l'air pendant le ménage
- Durée de l'étude (moyenne sur une semaine d'occupation) ne permettant pas une évaluation réglementaire

3

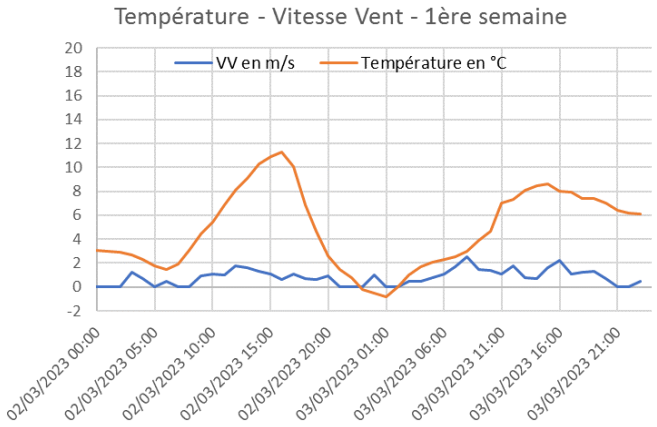
PRINCIPAUX RÉSULTATS

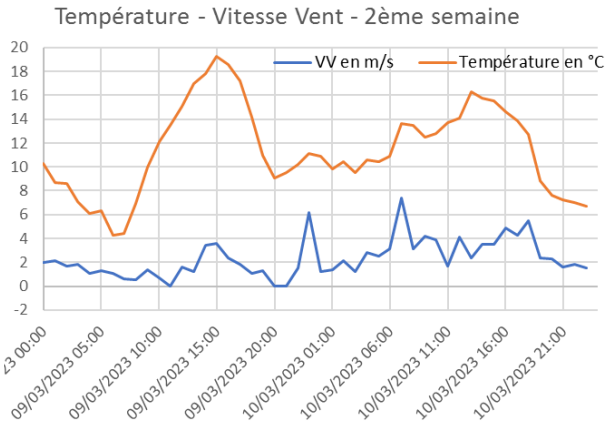
Facteurs d'influence autres que les produits d'entretien

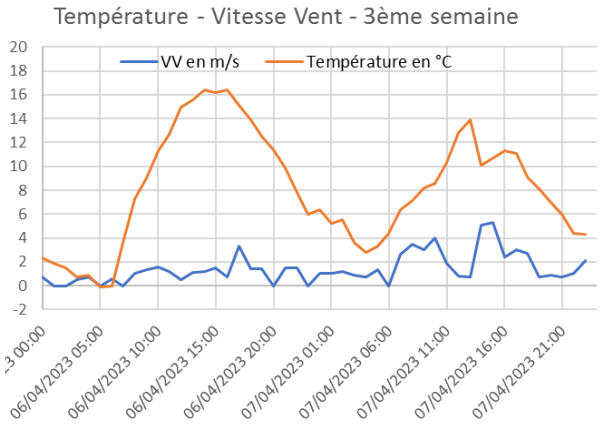
- Conditions météorologiques : Vent, température, précipitation
- Air extérieur : Ozone, Particules
- Air intérieur : CO_2 traceur du confinement, Température, humidité

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Station météorologique du Versoud (Météo-France)







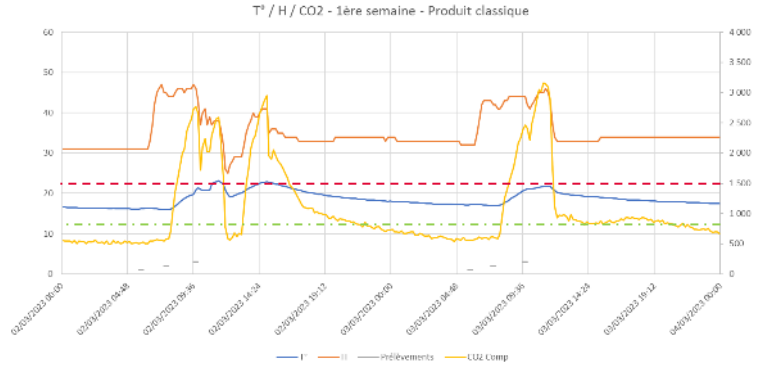
Moyenne	VV en m/s	Température en °C
Semaine 1	0,8	4,8
Semaine 2	2,3	11,4
Semaine 3	1,4	8,1

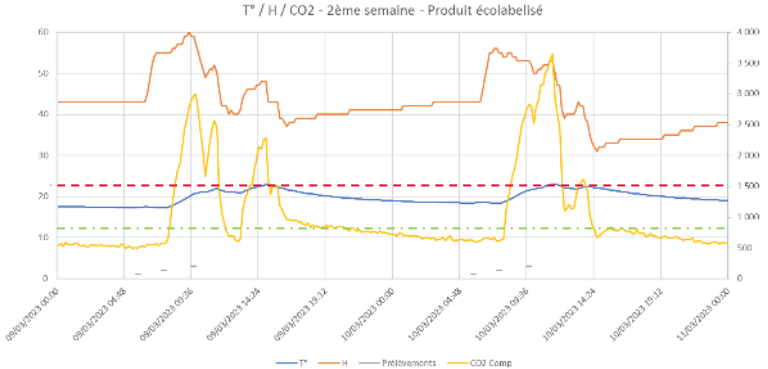
Les températures extérieures sont beaucoup plus élevées la 2ème semaine avec un vent modéré plutôt de secteur Sud.
Les températures extérieures restent élevées la 3ème semaine.

INTERIEUR : CO_2 / TEMPÉRATURE / HUMIDITÉ

CO_2 : traceur du confinement de la pièce

Concentration en CO_2	Renouvellement de l'air
Inférieure à 800 ppm	Satisfaisant
Entre 800 et 1500 ppm	Moyen
Supérieure à 1500 ppm	Insuffisant

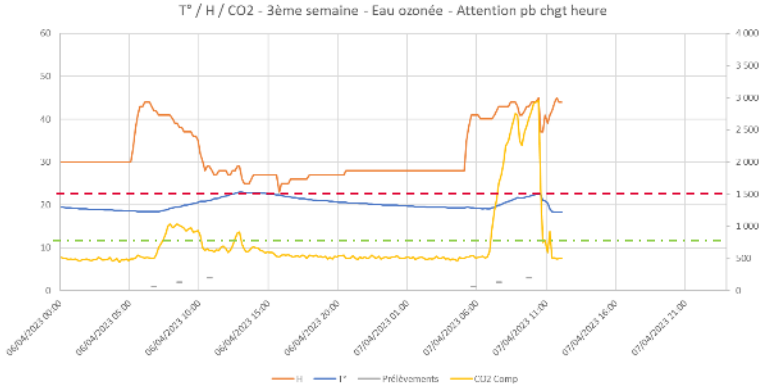




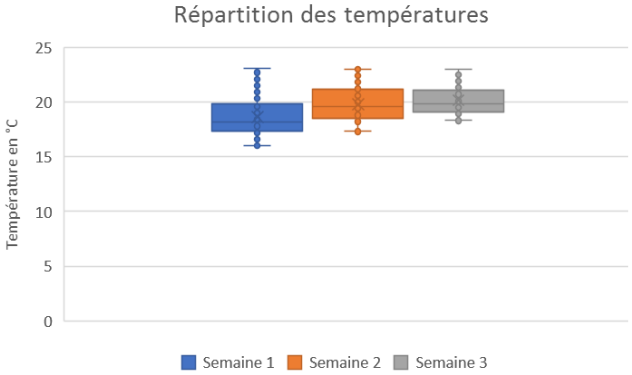
Les taux de CO_2 augmentent avec la présence des élèves et dépassent largement les seuils au-delà desquels le renouvellement de l'air est nécessaire

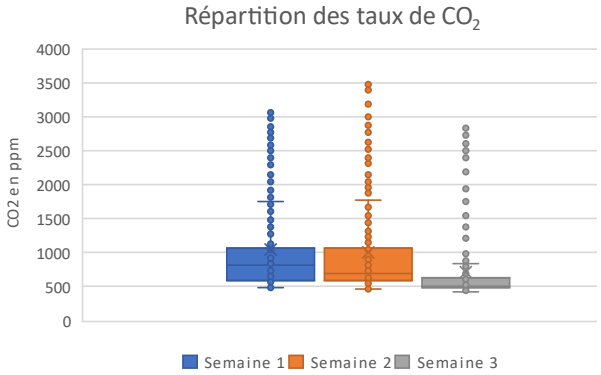
- Consigne de ne pas aérer pendant l'expérimentation
- Niveaux de CO_2 satisfaisants après aération

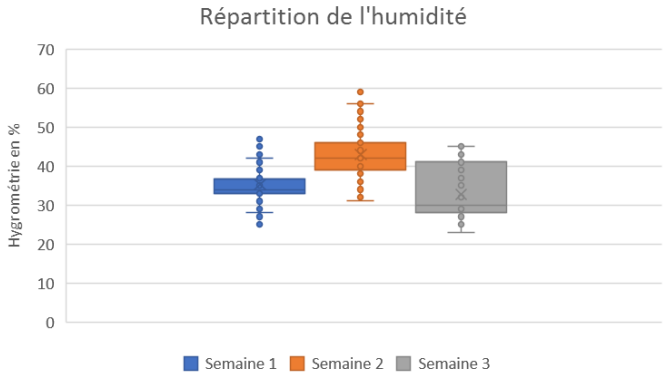
L'humidité augmente le matin à partir de 6:30 au moment du ménage.

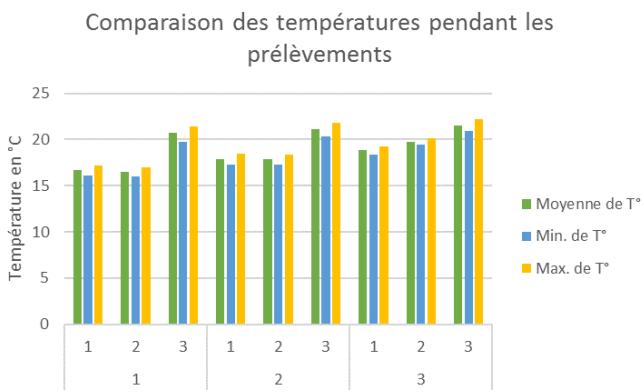


INTERIEUR : CO_2 / Température / Humidité

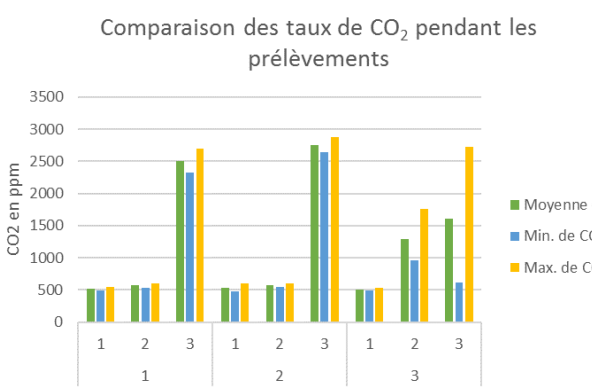




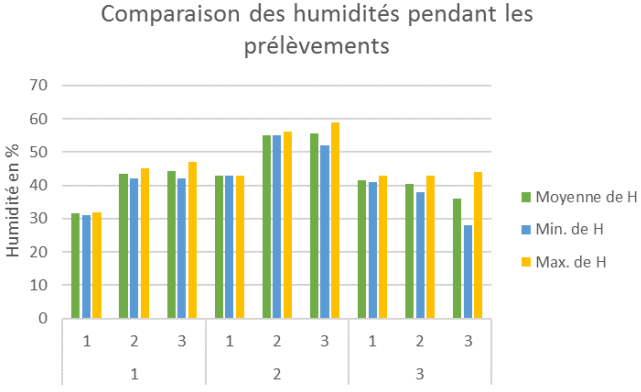




Température moyenne plus élevée la 3ème semaine mais reste la même sur les 3 périodes de prélèvements avec élèves

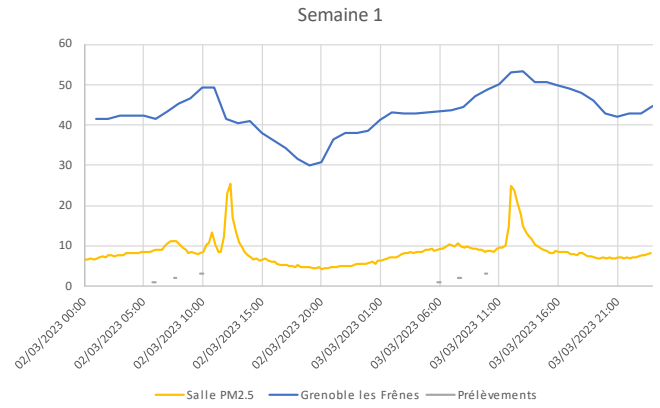


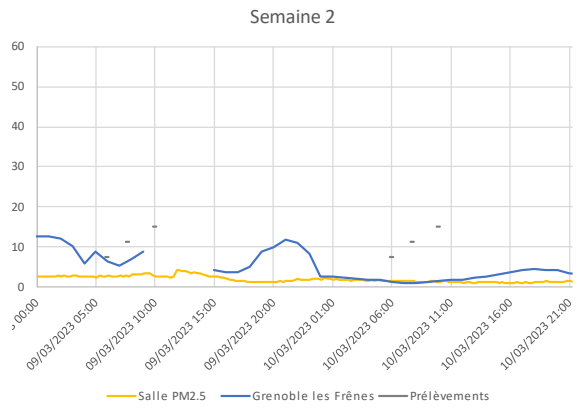
Taux de CO_2 bien plus faibles la 3ème semaine (seulement 3 élèves + décalage horaire)

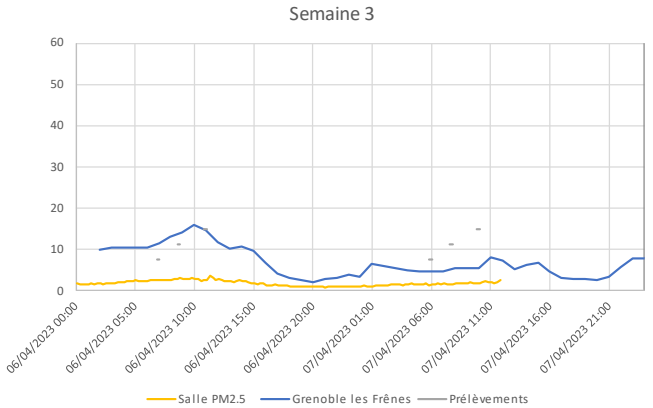


Humidité relative plus élevée la 2ème semaine – Norme de confort 40 à 60%

AIR EXTÉRIEUR / AIR INTÉRIEUR – PARTICULES PM2.5

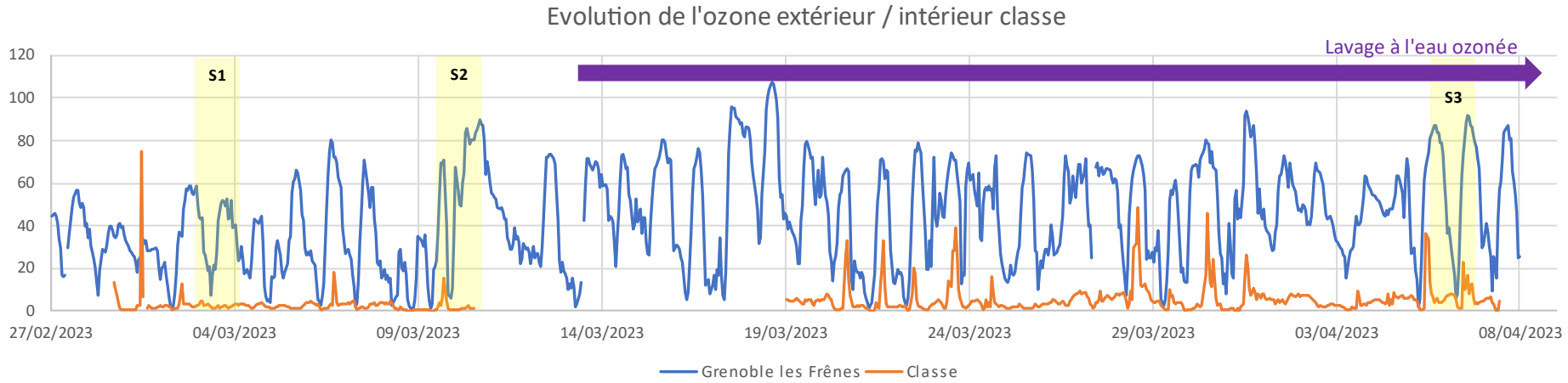






Des niveaux de particules à l'extérieur bien plus élevés la semaine 1.
Ventilation naturelle → Influence probable de l'air extérieur sur les niveaux de particules à l'intérieur de la classe : bien plus élevés durant la semaine 1

AIR EXTÉRIEUR / AIR INTÉRIEUR - OZONE

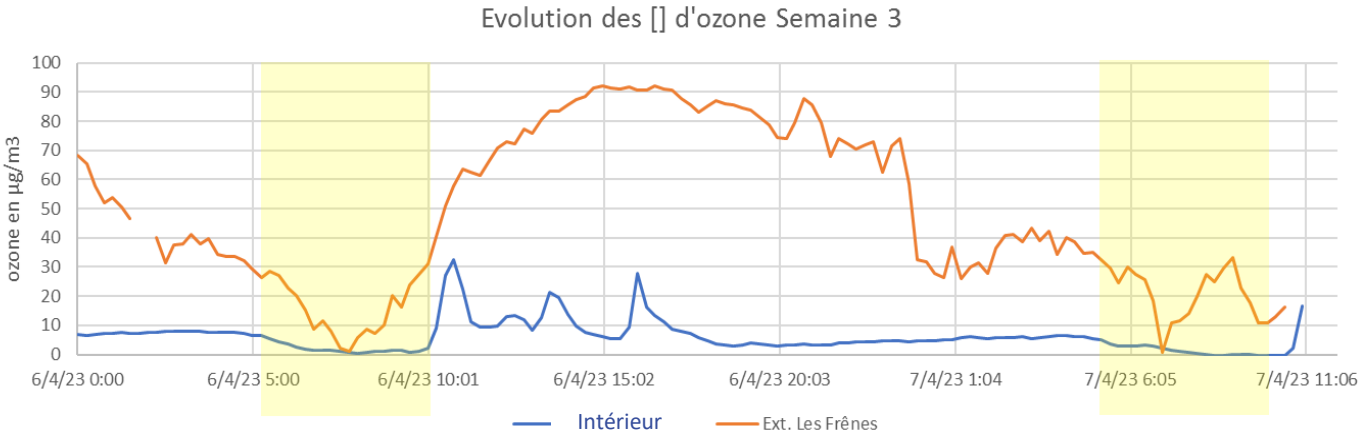


Les taux d'ozone extérieur sont plus élevés durant la semaine 3 (début du printemps) et bien plus faibles durant la semaine 1.

En air intérieur, le niveau de base d'ozone semble plus élevé durant la semaine 3.

MAIS il est difficile d'identifier si cet ozone provient de l'extérieur ou de l'eau ozonée.

AIR EXTÉRIEUR / AIR INTÉRIEUR – OZONE
FOCUS NETTOYAGE EAU OZONÉE



Le petit pic d'ozone observé en milieu de matinée (vers 10h30) pourrait correspondre à une aération de la classe qui aurait fait « rentrer » de l'ozone
Ou bien à une recomposition avec des COV présents dans la salle, précurseurs de l'ozone (isoprène).

RÉGLEMENTATION ET VALEURS REPÈRES EN AIR INTÉRIEUR

Valeurs de référence **long terme** (sur l'année ou plus) → pas adaptées à cette étude car prélèvements de 30 minutes

Valeurs de référence **court terme** (1j /1h / 30 minutes) → adaptées mais n'existent pas pour tous les polluants d'intérêt

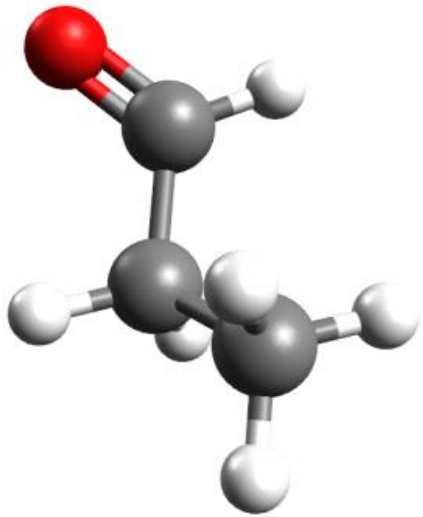
Valeur Guide Air Intérieur (VGAI élaborée par ANSES) : indicatives et fondées uniquement sur des critères sanitaires (Formaldéhyde, Acétaldéhyde, Acroléine, Benzène, Ethylbenzène, Tétrachloroéthylène, Trichloroéthylène, Toluène, Trichlorométhane, 1,2-dichloroéthane…

Valeurs repères d'aide à la gestion (VRAI proposée par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP)) : basées sur des considérations pratiques, réglementaires, toxicologiques, juridiques, économiques et sociologiques (Formaldéhyde, Acétaldéhyde).

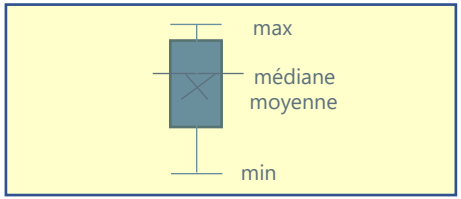
LES ALDEHYDES

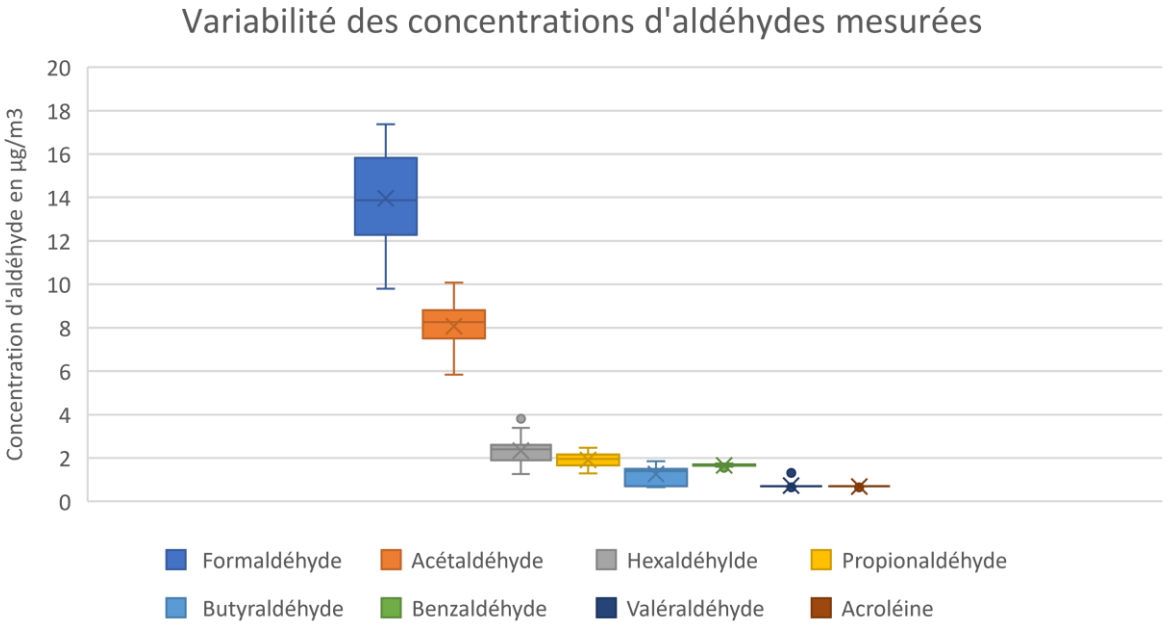
Ils ont été mesurés par **prélèvements actifs de 30 minutes** sur des cartouches DNPH envoyées pour analyses qui ciblent le Formaldéhyde, l'Acétaldéhyde, l'Hexaldéhylde, le Propionaldéhyde, le Butyraldéhyde, le Benzaldéhyde, le Valéraldéhyde et l'Acroléine

- FOCUS sur les composés majoritaires
- COMPARAISON aux valeurs de référence court terme
- COMPARAISON à d'autres études :
  - la campagne logement
  - la campagne école



ALDÉHYDES ACTIFS





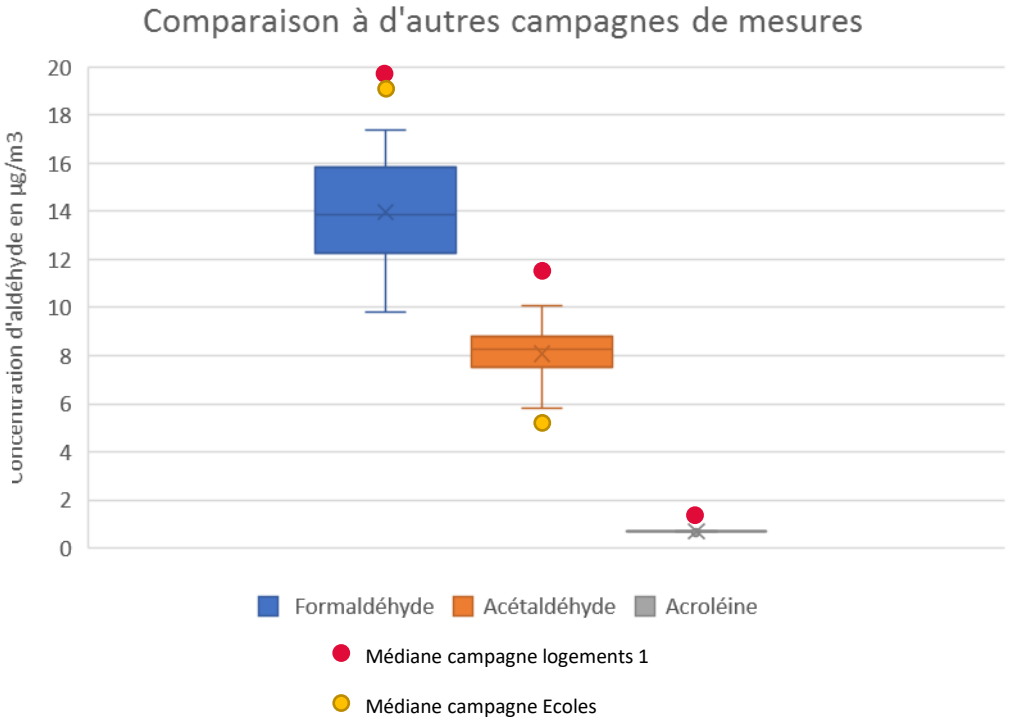
- Niveaux de **formaldéhyde** et **d'acétaldéhyde** plus élevés avec des concentrations moyennes comprises entre 8 et 14 µg.m^{-3} et valeurs maximales entre 10 et 17 µg.m^{-3}
- Valeurs très faibles (= à la limite de détection) pour l'acroléine , benzaldéhyde et valéraldéhyde (sauf S3J2 présence élève)
- Valeur plus élevée d'hexaldéhyde (aussi S3J2 avec élèves)

ALDÉHYDES ACTIFS

	Formaldéhyde µg/m³ à 20 °C*	Acétaldéhyde µg/m³ à 20 °C*	Acroléine µg/m³ à 20 °C*
Valeur Guide Air Intérieur Court Terme	100 à respecter toute la journée	3000 Expo 1h	6,9 Expo 1h
Valeur Guide Air Intérieur Long terme	30 Expo > 1 an	160 Expo > 1 an	0,8 Expo > 1 an

Les concentrations mesurées de formaldéhyde, acétaldéhyde et acroléine **sont faibles et inférieures** aux Valeurs Guides pour l'Air Intérieur (valeurs court terme et long terme).

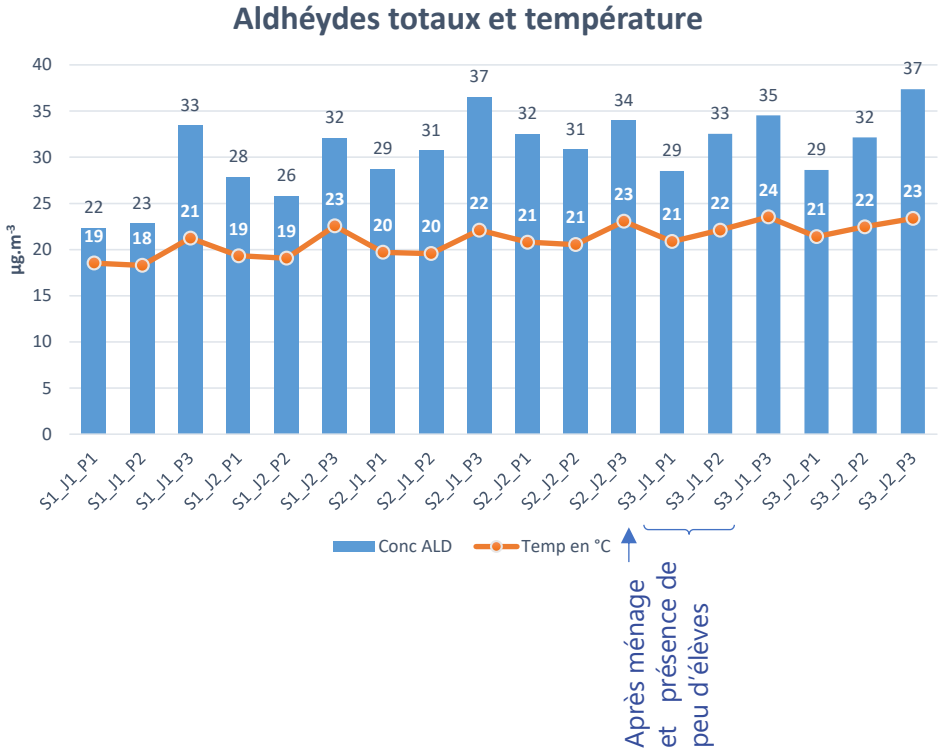
Les valeurs mesurées sur 30 minutes sont inférieures aux valeurs mesurées pendant plusieurs jours dans le cadre d'autres études dans des établissements scolaires ou lors de la campagne logement (*) menée à l'échelle nationale.



Campagne logement (*) : 1 semaine
Campagne école : 4,5 jours

(*) https://www.oqai.fr/media/download/216/1_LOG_CNL1_Etat-QAI.pdf

ALDÉHYDES TOTAUX



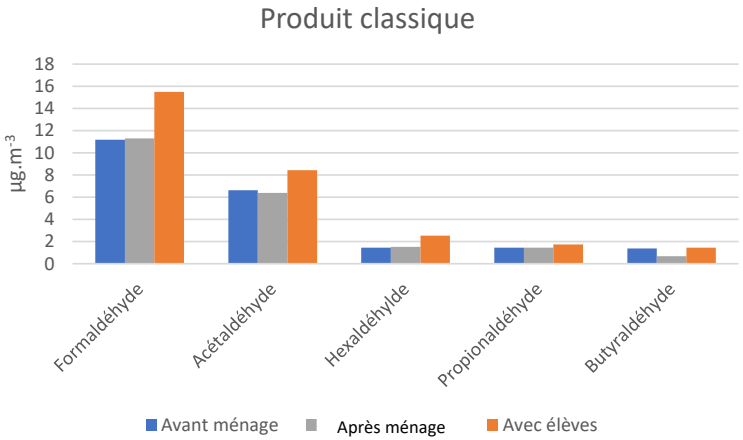
- Concentrations des aldéhydes totaux plus élevées avec la présence d'élèves, et la hausse des températures.

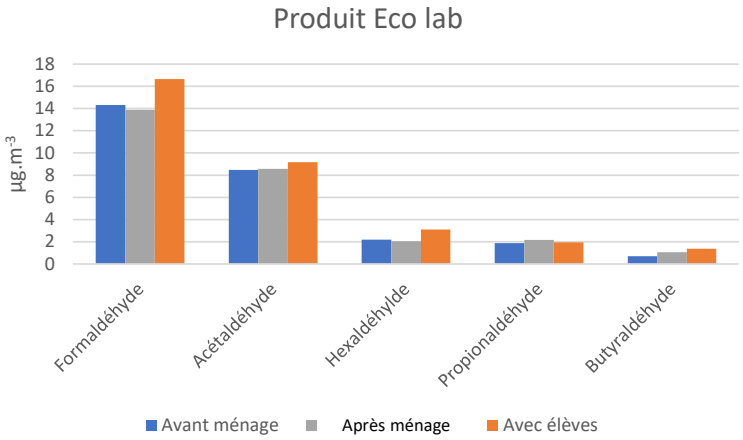
- Peu de variations des niveaux d'aldéhydes en fonction du produit utilisé.

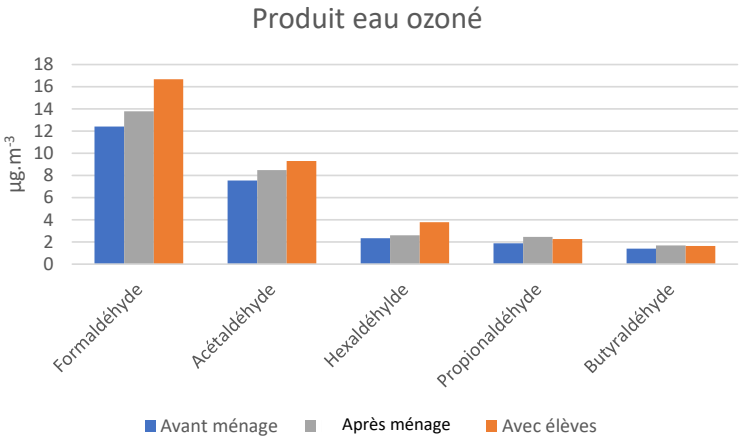
- L'évolution des niveaux entre les 2 journées pour eau ozonée est assez similaire alors que les conditions de prélèvement sont différentes la 1ère journée à cause du décalage horaire et d'une grève (S3J1P2 : après ménage avec quelques élèves S3J1P3 : peu d'élèves)

Variabilité des niveaux liée principalement à la présence d'élèves et la température

DÉTAIL PAR ALDÉHYDE







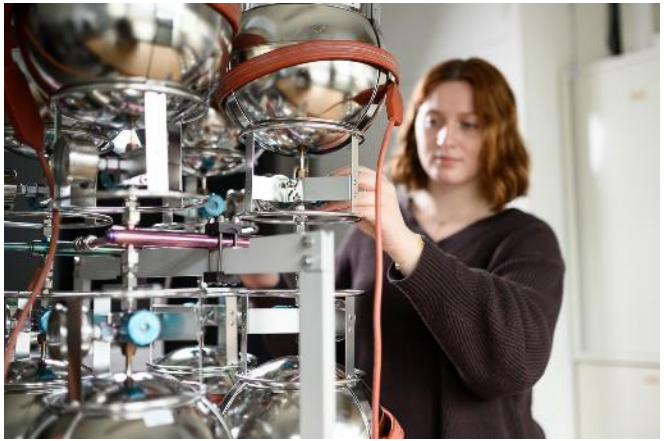
- Concentrations plus importantes en présence d'élèves quel que soit le produit utilisé
- Produits classiques et écolabellisés mêmes niveaux de concentration avant et après ménage → pas d'impact immédiat du produit
- Eau ozonée : Evolution progressive des niveaux → possible influence du produit ou augmentation de la température

LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

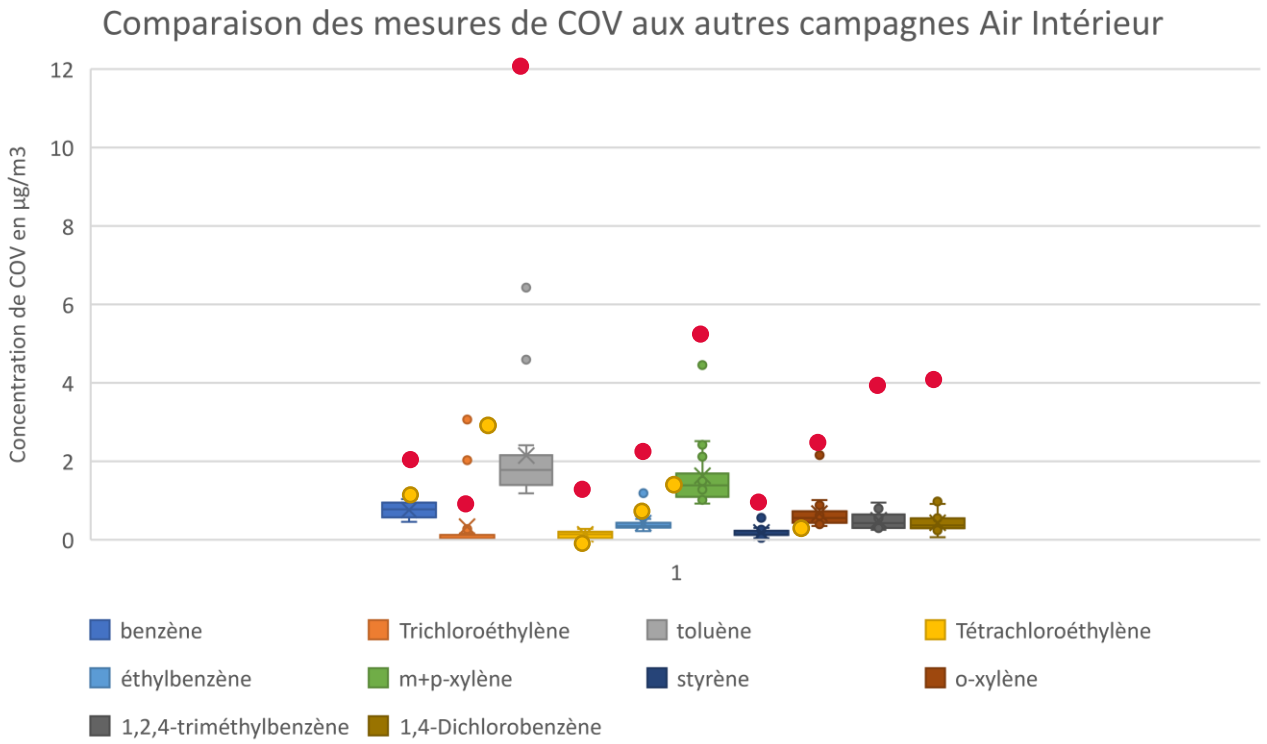
Ils ont été mesurés par **prélèvements sur canister de 30 minutes**

- FOCUS sur les composés majoritaires
- COMPARAISON aux valeurs de référence court terme
- COMPARAISON à d'autres études :
  - la campagne logement
  - la campagne école

Composés complexes fortement réactifs interagissant avec environnement intérieur



LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)



Campagne logement [(*)] : 1 semaine
Campagne école : 4,5 jours

Médiane campagne logements 1

Médiane campagne Ecoles

[(*)] https://www.oqai.fr/media/download/216/1_LOG_CNL1_Etat-QAI.pdf

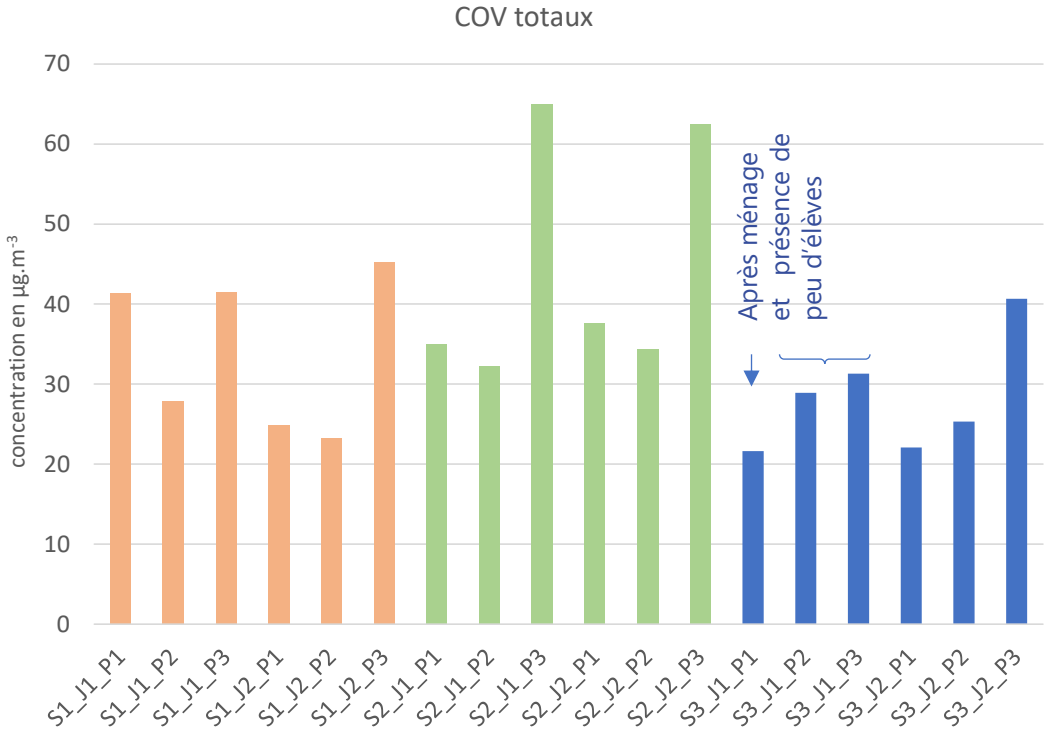
LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

	Benzène µg/m³ à 20 °C*	**Trichloroéthylène µg/m³ à 20 °C***	**Toluène µg/m³ à 20 °C***	**Tétrachloroéthylène µg/m³ à 20 °C***	**Éthylbenzène µg/m³ à 20 °C***
Valeur Guide Air Intérieur Court Terme	30 Expo 1 jour	3200 Expo 14j à 1 an	20 000 à respecter toute la journée	1380 Expo 1 à 14j	22 000 Expo 1 jour
Valeur Guide Air Intérieur Long terme	10 Expo > 1 an	1 ou 10 Expo vie entière	20000 à respecter toute la journée	250 Expo > 1 an	1500 Expo > 1 an

L'ensemble des **mesures de COV** sont **bien plus faibles que les Valeurs Guides** pour l'Air Intérieur (valeurs court terme et long terme).

Les valeurs mesurées sur 30 minutes sont inférieures aux valeurs mesurées pendant des durées similaires dans le cadre d'autres études dans des établissements scolaires ou des logements hormis pour le Trichloroéthylène pour 2 prélèvements en présence d'élèves la semaine 2

COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS TOTAUX



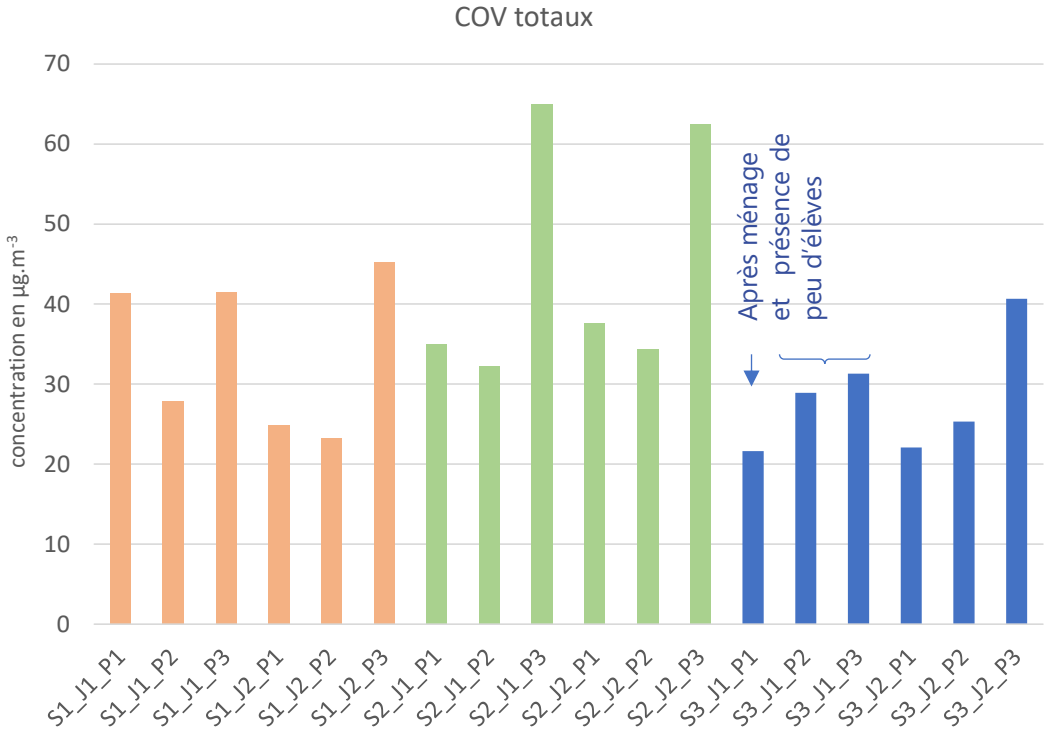
Les concentrations de COV sont plus importantes avec le produit écolabellisé en présence d'élèves

→ Plus de substances annexes (tensioactif) dans les produits Ecolabellisés, qui se diluent et s'évaporent assez rapidement (produit classique rémanence des composés et plus nocifs)

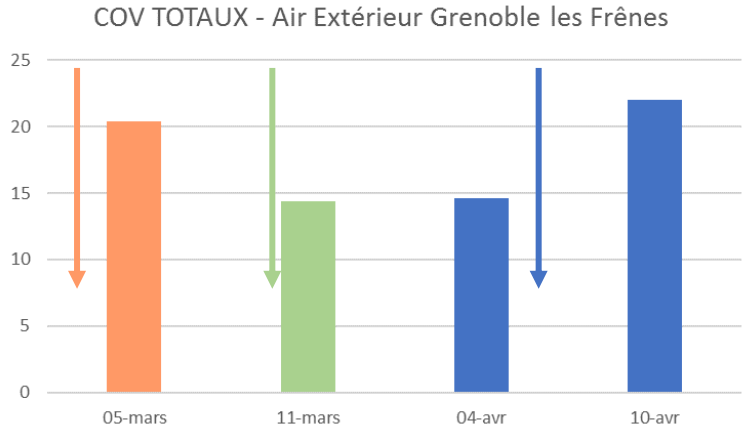
→ **Une aération est nécessaire après ménage.**

Quel que soit le produit, plus de COV en présence d'élèves

COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS TOTAUX : INFLUENCE EXTÉRIEURE ?

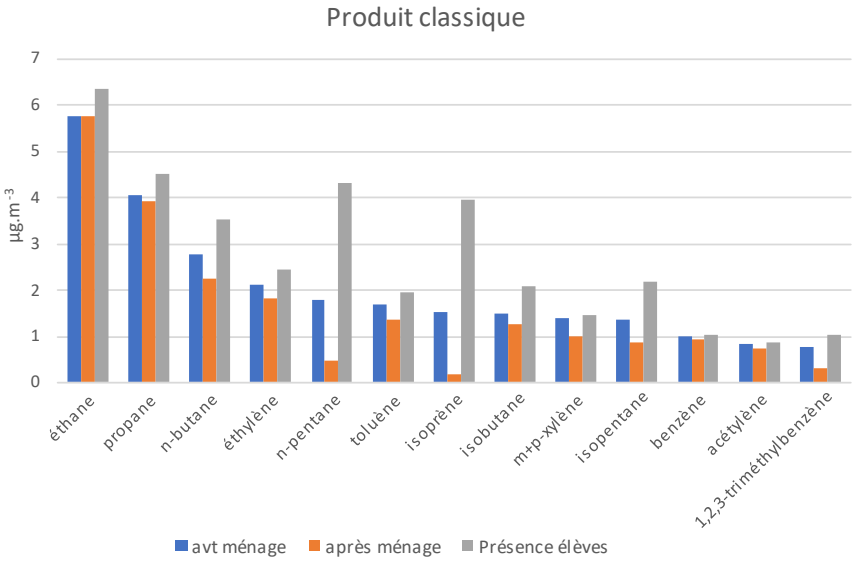


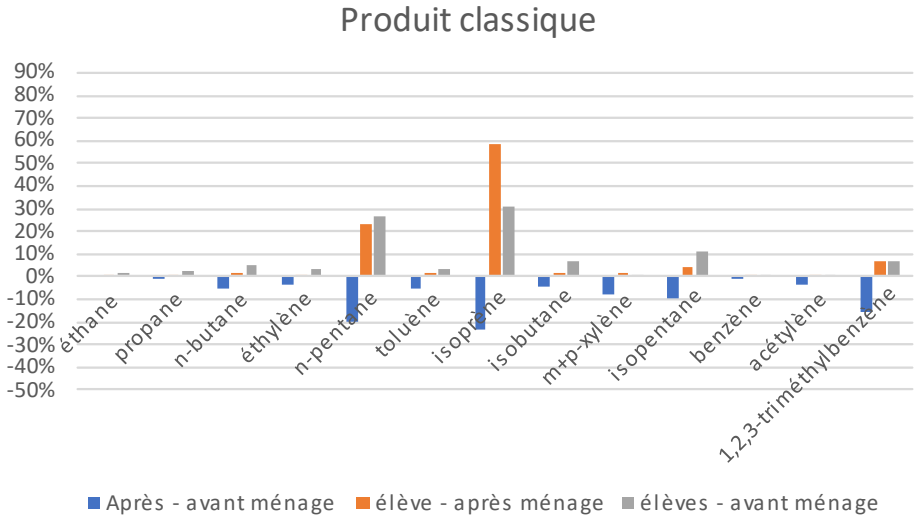
S1_J1 : 2/03/2023
S1_J2 : 3/03/2023
S2_J1 : 9/03/2023
S2_J2 : 10/03/2023
S3_J1 : 6/04/2023
S3_J2 : 7/03/2023



A priori, COV extérieurs plus faibles durant semaine 2 : peu d'influence extérieure

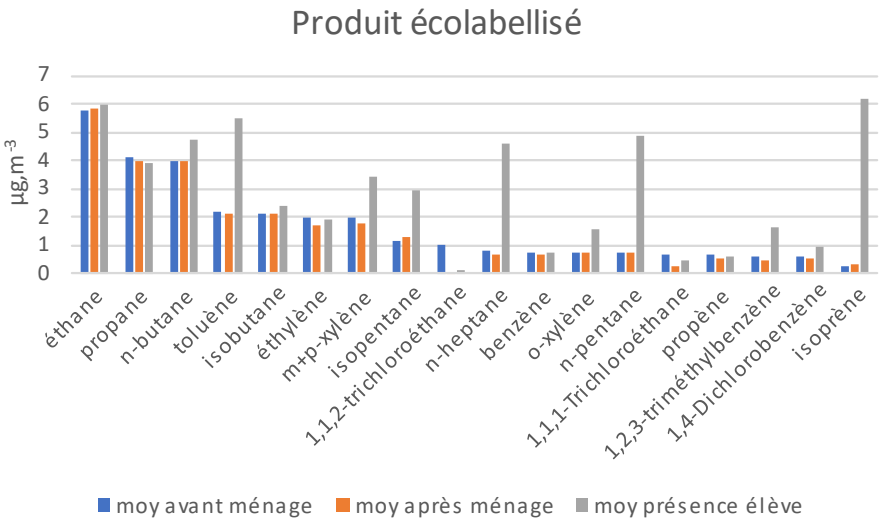
DÉTAIL PAR PRODUIT : CLASSIQUE

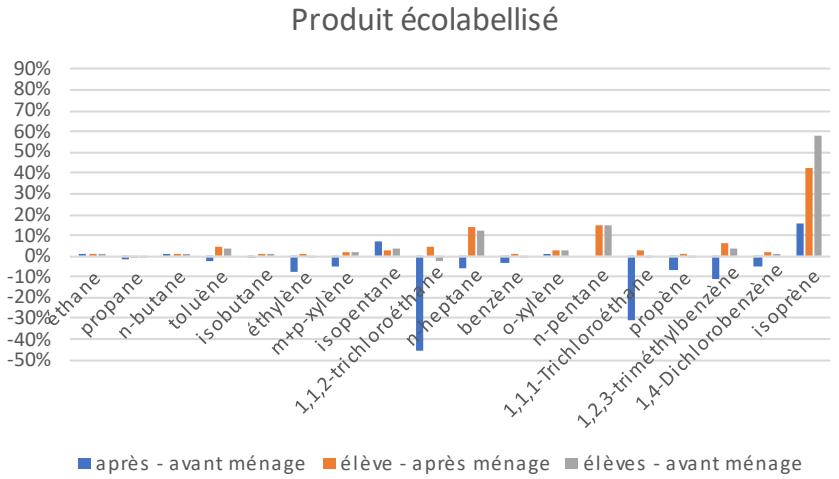




- Les niveaux de COV après le ménage sont inférieurs à ceux observés avant ménage
- Les niveaux de COV augmentent en présence des élèves, particulièrement pour des composés comme l'isoprène et le n-pentane.

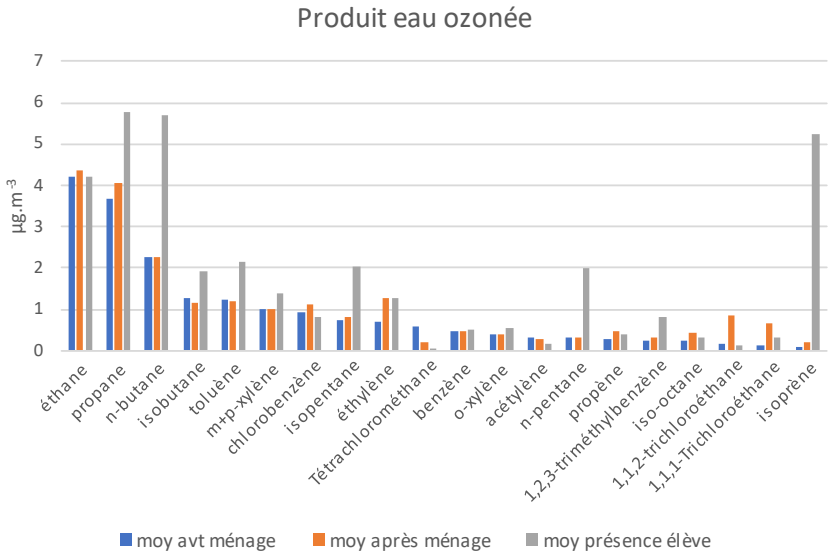
DÉTAIL PAR PRODUIT : ÉCOLABELLISÉ

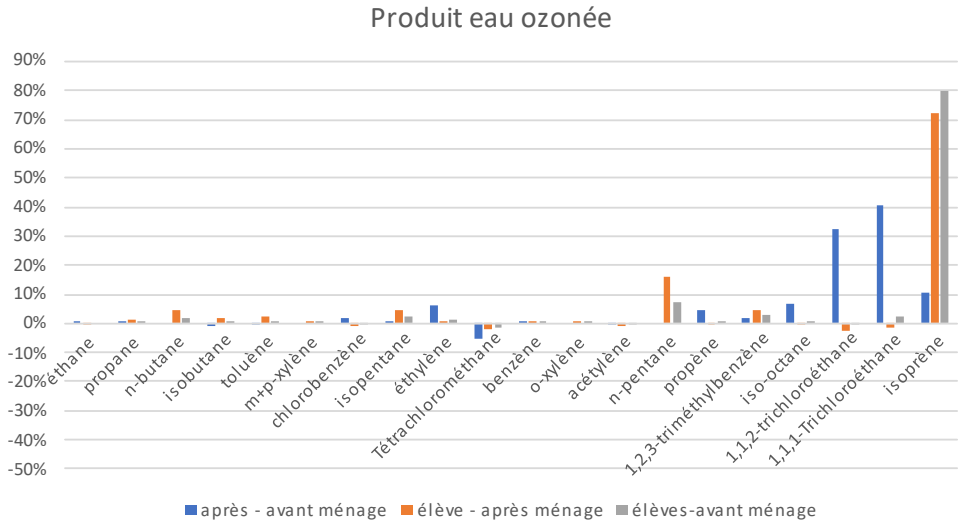




- Certains composés, tels que le 1,1,2 et le 1,1,1 trichloroétane, ne sont plus détectés qu'à l'état de trace après le ménage (présents avant)
- Augmentation des COV en présence des élèves pour la plupart des composés majoritaires et notamment isoprène, n-pentane et n-heptane

DÉTAIL PAR PRODUIT : EAU OZONÉE





- Les concentrations de COV ne diminuent pas après ménage
- Les concentrations de 1,1,2 et le 1,1,1 trichloroéthane, éthylène augmentent significativement après ménage
- Augmentation des COV en présence des élèves pour la plupart des composés majoritaires et notamment isoprène, n-pentane et n-butane

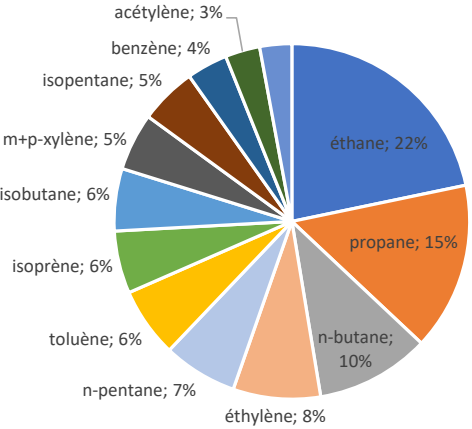
LES SUBSTANCES COV MAJORITAIRES PAR PRODUIT PAR PÉRIODE

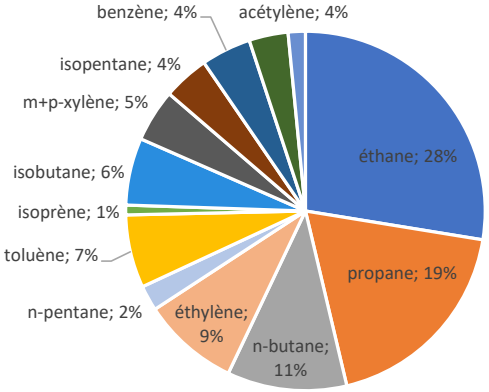
Avant ménage

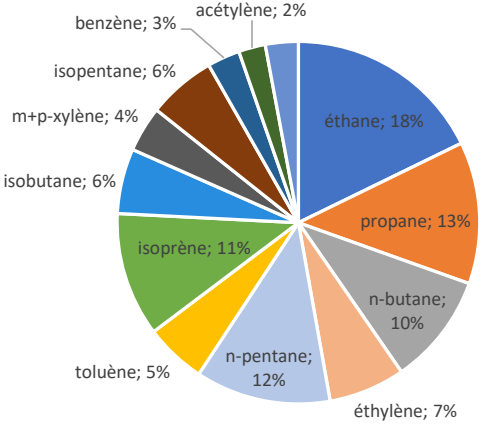
Après ménage

Avec élèves

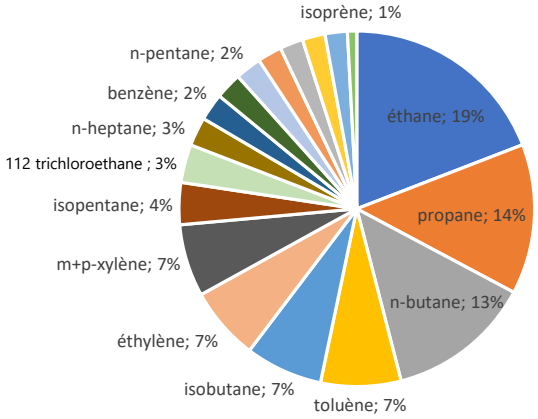
Produit classique

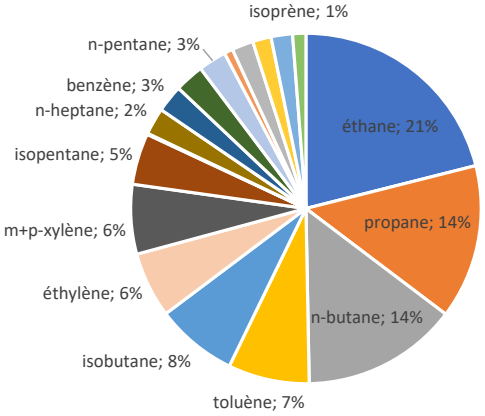


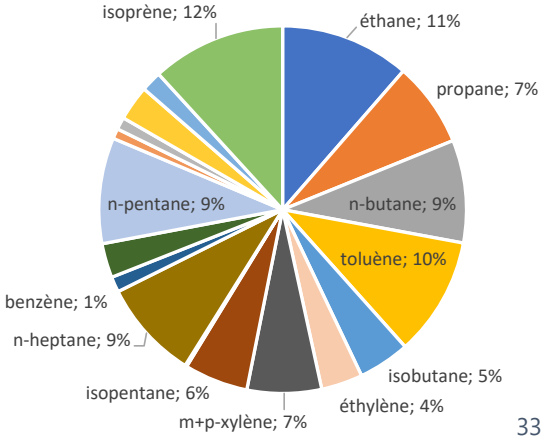




Produit éco lab



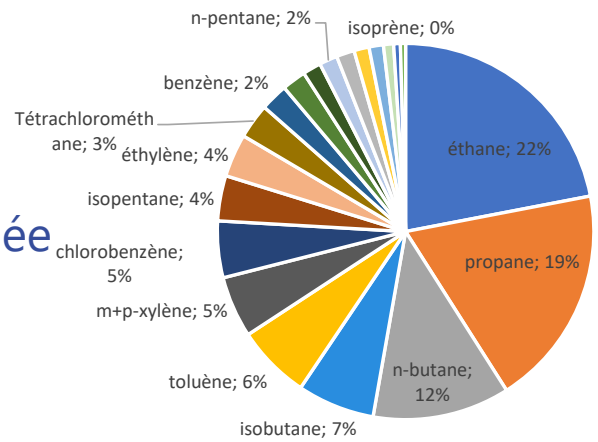




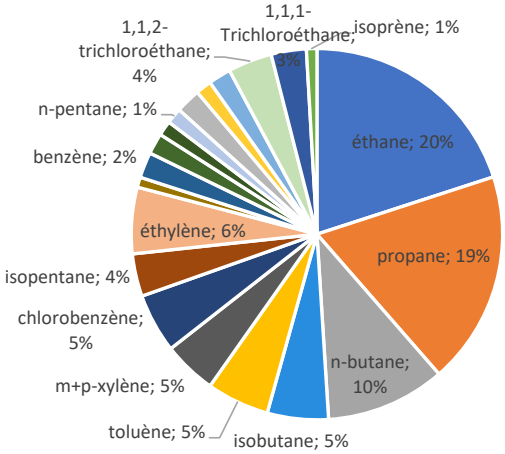
LES SUBSTANCES COV MAJORITAIRES PAR PRODUIT PAR PÉRIODE

Produit eau ozonée

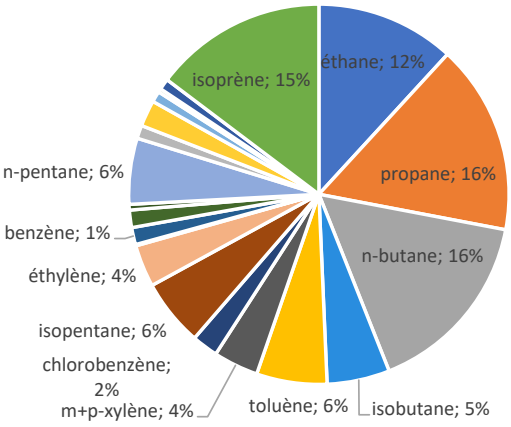
Avant ménage



Pendant ménage



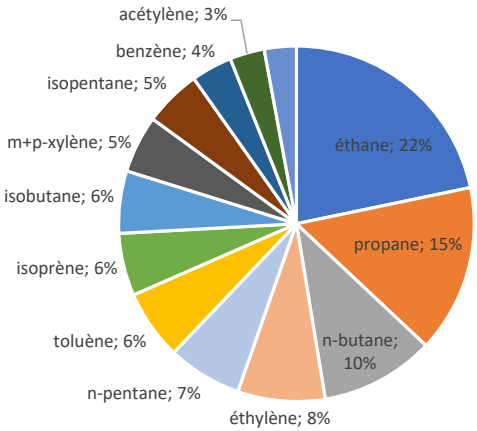
Avec élèves



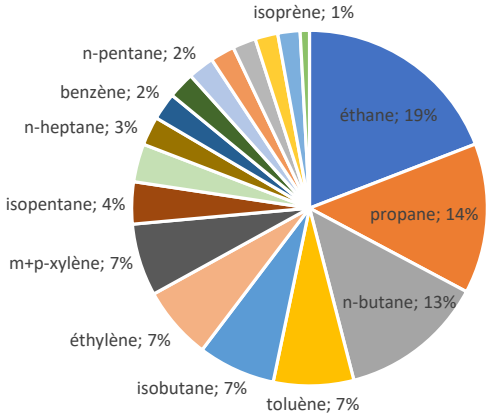
- Les composés majoritaires avant et après ménage sont l'éthane, le propane, le n-butane quel que soit le produit.
- Les profils avant et après ménage sont assez similaires à l'exception de quelques composés → peu d'influence du ménage sur la variation des niveaux de COV
- Profil des concentrations de COV en présence d'élèves est différent avec une proportion d'isoprène et de n-pentane plus importante quel que soit le produit, proportion n-heptane et toluène plus importante avec le produit écolab,

LES SUBSTANCES COV MAJORITAIRES AVANT MÉNAGE

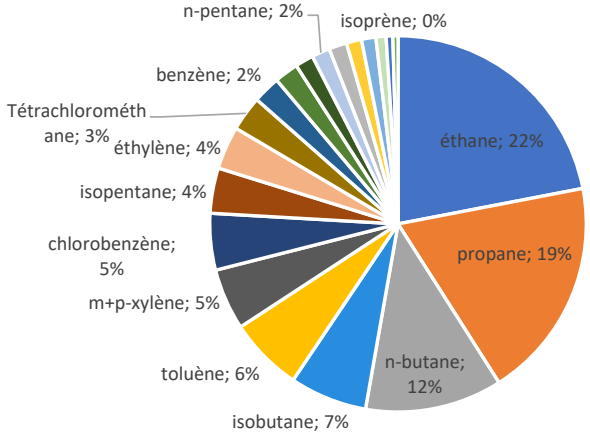
Produit classique



Produit éco lab

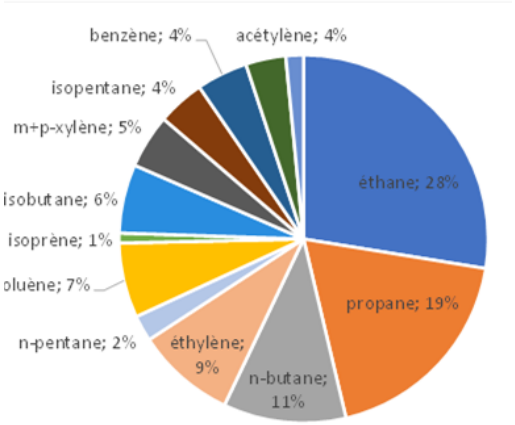


Produit eau ozonée

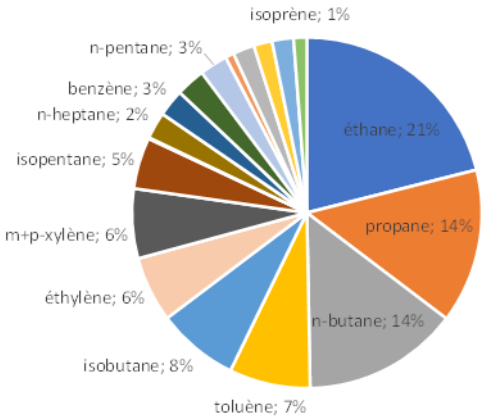


LES SUBSTANCES COV MAJORITAIRES APRÈS MÉNAGE

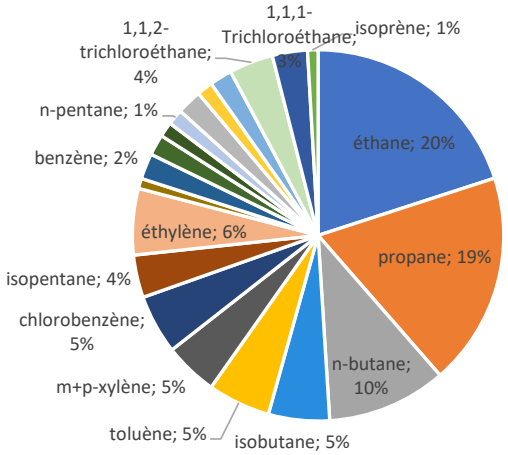
Produit classique



Produit éco lab

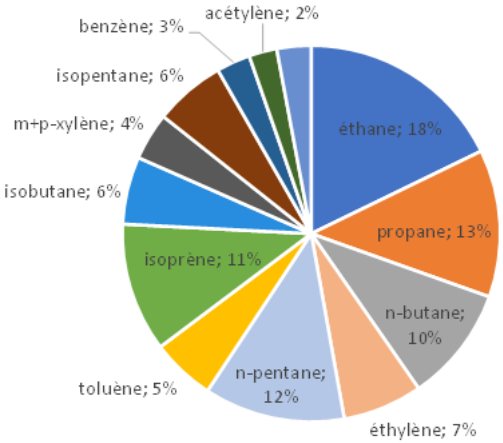


Produit eau ozonée

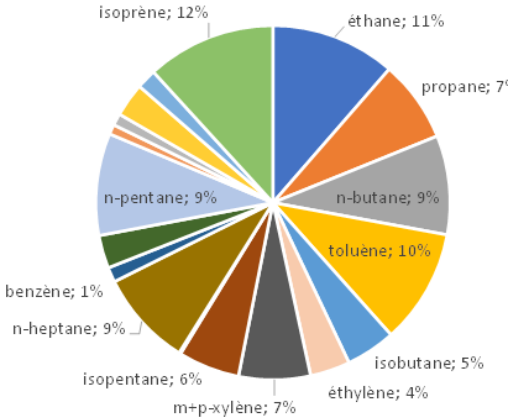


LES SUBSTANCES COV MAJORITAIRES AVEC ÉLÈVES

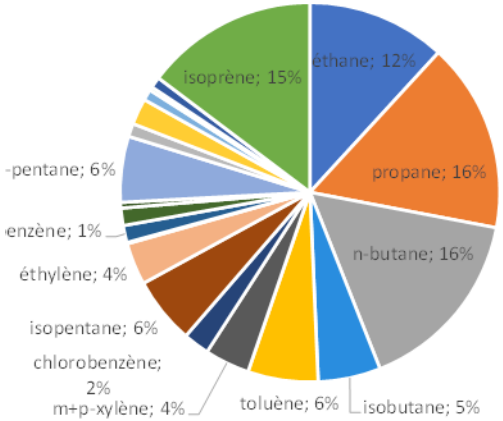
Produit classique



Produit éco lab

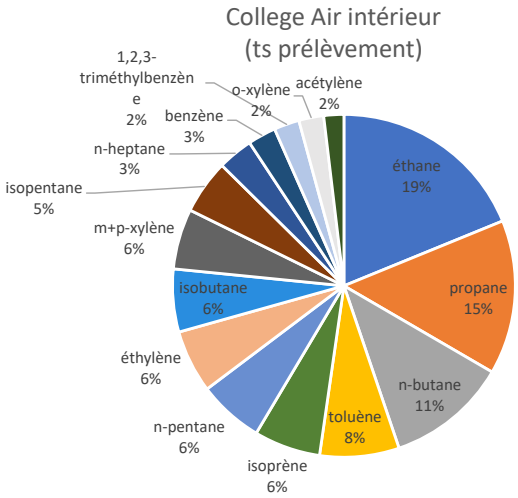


Produit eau ozonée

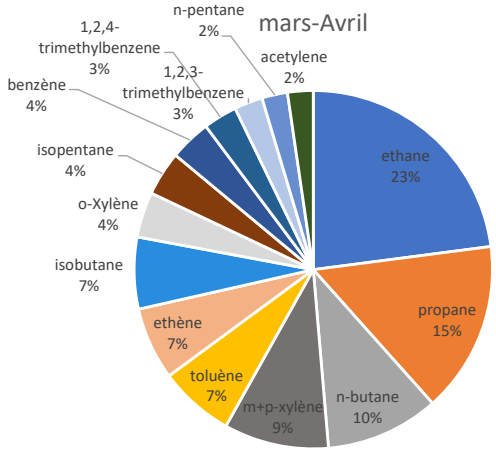


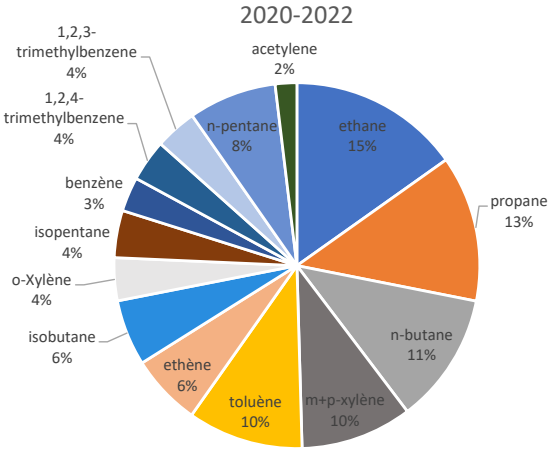
LES COMPOSÉS MAJORITAIRES/ AIR EXTÉRIEUR

Air intérieur tous prélèvement



Air extérieur Frênes

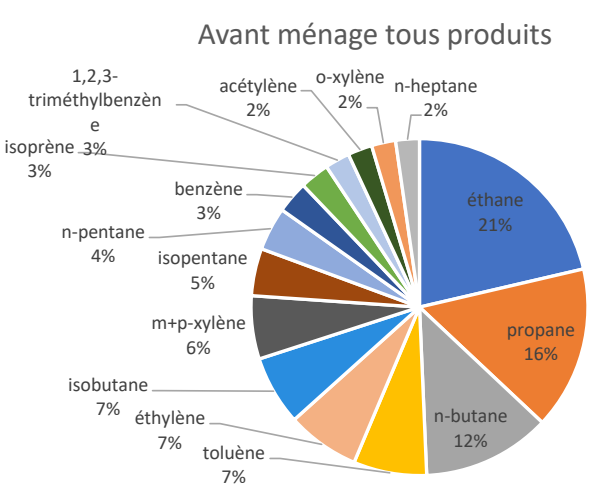


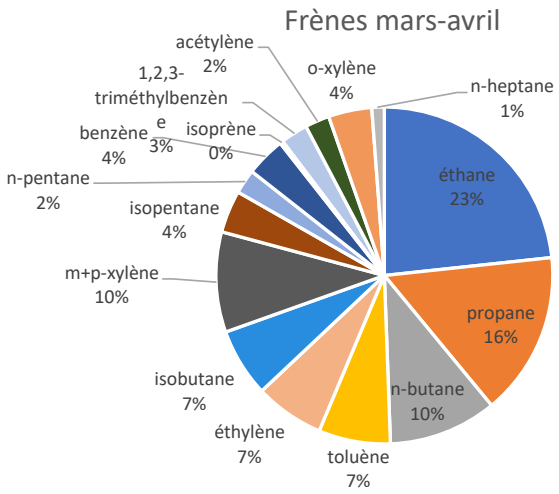


- Profil au niveau du collège est proche de celui des Frênes à l'exception de l'Isoprène →Source liée aux élèves
- L'isoprène peut provenir des produits d'hygiènes, parfums utilisés par les élèves ou de leurs vêtements (lessive et accrochage au tissu)

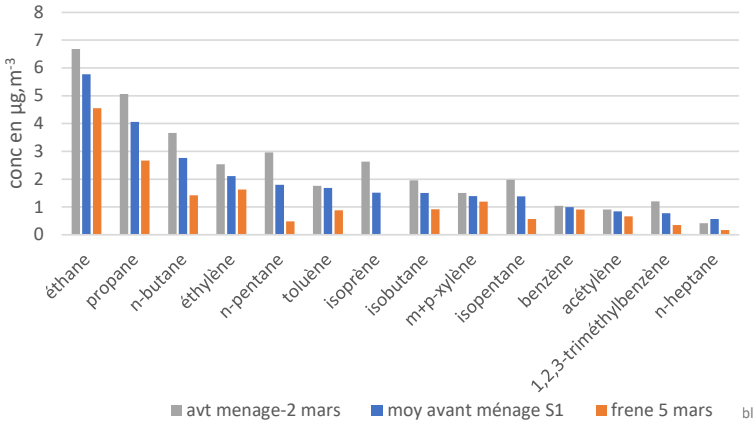
INFLUENCE DE L'AIR EXTÉRIEUR

Quantité Semaine 1 car épisode particules Air intérieur./ air extérieur prélèvement 5 mars





Attention pas de temps et jours de prélèvement différents



- Profil des COVNM en air intérieur avant ménage se rapproche de celui du site urbain de fond Grenoble les Frênes, néanmoins, les concentrations mesurées dans la salle de classe sont globalement plus élevées et notamment l'isoprène autres sources extérieures qui peuvent influencer air intérieur (trafic, industrie…)

L'ISOPRÈNE

- Précurseurs d'ozone
- En air extérieur émis principalement par végétaux / trafic / industrie
- En air intérieur : produits d'hygiènes, parfums utilisés par les élèves ou de leurs vêtements (lessive et accrochage au tissu) + import air extérieur
- Combinaison possible avec NOx, autres COV

3 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS GENERALES

Niveaux de polluants faibles, quel que soit le produit d'entretien :

- inférieurs aux VGAI (Valeurs Guides Air Intérieur élaborées par l'ANSES)
- Inférieurs aux niveaux mesurés pendant les campagnes Ecoles (2013-2017) et Logements (2003-2005)

Influence prépondérante des élèves

Apparition de nouveaux polluants en leur présence

Influence probable de l'environnement extérieur

Transferts de l'air extérieur vers l'intérieur en présence d'une ventilation naturelle

Pas de différence majeure des niveaux de polluants mesurés selon les produits

Niveaux un peu plus élevés pour le produit Ecolabellisé, car constitués de produits plus volatils mais moins nocifs

Légère augmentation de certains composés après application de l'eau ozonée

CONCLUSIONS PAR TYPE DE POLLUANT

Aldéhydes :

Quantités faibles en dessous des Valeurs Guides en Air Intérieur (court terme)

Comparaison des produits :

Evolution des niveaux plus influencés par T° et élèves que par type de produit

COV

Quantités faibles en dessous des Valeurs Guides en Air Intérieur (court terme)

Air intérieur influencé par l'extérieur (ventilation naturelle) : profil similaire des COV air intérieur / air extérieur

Comparaison des produits :

Un peu plus de COV avec produit Ecolabellisé lié à l'utilisation de produits plus volatils mais moins nocifs

Légère augmentation de certains composés après application eau ozonée

Influence des élèves :

Plus de COV avec élèves et nouveaux COV (traceur isoprène + n-heptane)

CONCLUSIONS SUR IMPACT EAU OZONÉE

Seulement un jour de prélèvement conforme au protocole
(l'autre jour : grève + décalage horaire)

Après ménage, les niveaux de COV ne sont pas plus faibles qu'avant ménage
(contrairement aux autres produits)

Communiqué de presse Mise en garde INRS sur l'exposition des travailleurs à l'eau ozonée du fait de son procédé de fabrication (exposition à des petites doses d'ozone et autres substances : oxyde d'azote et produit de dégradation des COV)

L'efficacité de l'eau ozonée n'a pas été démontrée et ce produit n'est pas conforme à la norme NF EN14885 sur les antiseptiques et désinfectants chimiques

LES BONS GESTES

Choix du produit

- Privilégier Ecolabel
  - ➢ Pas de biocide → moins nocifs
  - ➢ Plus volatil mais moins nocif et moins rémanent → aérer
- Préférer les produits non parfumés
- Attention à la composition du produit , et à la présence de perturbateurs endocriniens
- Usage de l'eau ozonée : Communiqué de presse (INRS) pour une vigilance pour les travailleurs

Aération régulière indispensable

PERSPECTIVES

Intérêt de cette première étude en conditions réelles mais nombreuses limites

Améliorations envisageables :

- mesure témoin autre salle
- point extérieur
- plus d'échantillons, plus réguliers pour mieux évaluer la décroissance des émissions pendant/après ménage
- plus de polluants : COV odorants, alcool…

Collaboration avec CSTB pour expérimentation dans des conditions maitrisées en chambre

Extension de l'étude aux Perturbateurs endocriniens