

Chauffage au bois et pollution aux particules en Île-de-France

Rapport final

Rapport commandé par la
Direction interministérielle à la transformation publique



www.innovation-comportementale.fr 
01.80.52.13.61 
info@innovation-comportementale.fr 

L'Agence d'Innovation Comportementale est un groupement d'intérêt économique rassemblant l'École Normale Supérieure, Sciences-Po Paris, l'École d'économie de Paris et le CEPREMAP.

Cette étude a été conduite sous la direction de Coralie Chevallier et Élise Huillery, avec la participation de Rita Abdel Sater, Jeanne Bollée, Juliette Bénon et Mathieu Perona. Nous remercions l'équipe Sciences comportementale de la DITP ainsi que Baptiste Lorenzi de la DRIEE Île-de-France pour leur étroite coopération, leur réactivité et la qualité de nos échanges.

Rapport rédigé par Rita Abdel Sater et Mathieu Perona, sous la direction de Coralie Chevallier et Élise Huillery.

Agence d'Innovation Comportementale et Direction Interministérielle à la Transformation publique, tous droits réservés.

Juin 2020

Résumé exécutif

La DITP et la DRIEE nous ont sollicités pour porter une intervention comportementale visant à réduire les émissions de particules dues au chauffage au bois en Île-de-France.

Notre diagnostic a montré qu'une part significative de ces émissions est liée à une utilisation d'appoint ou d'agrément dans des équipements peu performants, usage favorisé par une image positive du feu de bois. Comportementalement, l'enjeu était donc d'inciter à la réduction au recours au chauffage au bois lorsque celui-ci n'est pas nécessaire, en faisant prendre conscience à ces utilisateurs des dommages encourus pour leur santé et celle de leur entourage.

Pour ce faire, nous avons effectué une expérimentation randomisée contrôlée en équipant près de 300 ménages utilisateurs de chauffage au bois avec des micro-capteurs de pollution, sur toute la durée de la saison de chauffe 2019-2020. Une campagne régulière d'information sur les conséquences sanitaires de la pollution aux particules et de la contribution du chauffage au bois a entraîné une prise de conscience importante des risques liés à ce mode de chauffage, identifié comme polluant l'air intérieur chez 79 % d'un groupe destinataire contre 39 % initialement. Cette prise de conscience se traduit dans une intention déclarée de réduire l'utilisation du chauffage au bois. Cette intention s'est accompagnée d'un changement effectif des comportements – une réduction de 20 % du niveau moyen d'exposition aux PM2.5 – chez les ménages qui, outre la campagne d'information, ont reçu régulièrement une courbe retraçant les niveaux d'expositions mesurés à leur domicile.

Cette expérimentation suggère que l'information seule ne suffit pas à faire changer le comportement. En revanche, une évolution des comportements pourrait être obtenue par des dispositifs de prêts de courte durée de capteurs de pollution qui informent en temps réel les ménages de leur niveau d'exposition – un profil correspondant à l'essentiel des capteurs destinés aux particuliers.

Les résultats de cette étude devront cependant être répliqués dans une population représentative de la population française. Il conviendra également de mesurer la persistance de l'effet observé à long terme.

Sommaire

Résumé exécutif	3
Sommaire	4
Notre méthode	5
Diagnostic	5
Idéation	5
Conduite de l'expérimentation	5
Le problème	6
À l'origine du projet	6
Établissement d'un diagnostic comportemental	6
Notre dispositif	10
Capteurs	10
Ménages participants	13
Dimensions éthiques	20
Messages et informations	22
Résultats	26
Effets sur l'exposition aux particules	26
Effets sur les attitudes et représentations	29
Une base de mesures inédite	33
Limites de l'expérimentation	34
Un effectif limité et non représentatif	34
Des limitations opérationnelles et techniques	35
Conclusions et recommandations	37
L'information personnalisée, un levier efficace	37
Quelle place pour les grandes campagnes d'information ?	38
La question du recrutement	38
Dispositif logistique et d'accompagnement	39
Annexes	40
Annexes techniques	40
Kit de communication	43
Bibliographie	68
Table des figures	69

Notre méthode

L'Agence d'Innovation Comportementale a pour spécificité de mobiliser directement des chercheuses et chercheurs de la recherche publique pour accompagner les administrations. Notre méthode de travail découle donc des meilleurs standards de la recherche en termes d'établissement des preuves, tout en s'adaptant aux structures et à la connaissance empirique du terrain des administrations. Nos projets sont ainsi pilotés par des chercheuses et chercheurs expérimentés, qui mobilisent le cas échéant d'autres membres de leurs réseaux et équipes de recherche.

Diagnostic

Dans cette première phase, nous affinons en atelier avec les administrations partenaires la spécification du problème et les résultats visés. Avec ces administrations, nous identifions l'ensemble des structures pertinentes (administrations, entreprises, associations) dans le domaine concerné.

Parallèlement, nous réalisons une revue de littérature du domaine afin de présenter un état accessible des connaissances dans le domaine.

Idéation

La revue de littérature et l'expertise des parties prenantes viennent alimenter des ateliers de co-construction de l'expérimentation. Ces ateliers définissent précisément les objectifs et moyens de l'expérimentation, ainsi que son protocole d'ensemble de réalisation. Des ateliers complémentaires viennent préciser les modalités détaillées de l'intervention.

Conduite de l'expérimentation

Nous accompagnons ou réalisons nous-mêmes la conduite des expérimentations, avec la mobilisation en continu d'une équipe de scientifiques. Pour la présente expérience, nous avons pris intégralement en charge la réalisation opérationnelle de l'expérimentation pour le compte de la Direction Interministérielle à la transformation publique (DITP) et la Direction régionale et interdépartementale à l'environnement et l'énergie Île-de-France (DRIEE).

Le problème

À l'origine du projet

Ce projet procède d'un appel de la Direction Interministérielle à la Transformation Publique (DITP). En 2018, celle-ci a lancé un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) auprès des administrations centrales et services déconcentrés de l'État pour proposer des actions de politiques publiques organisées autour d'une approche comportementale et pouvant faire l'objet d'une évaluation rigoureuse de leur impact. Les projets retenus ont fait l'objet d'un accompagnement comportemental financé par la DITP.

La DITP a retenu dans le cadre de cet AMI le projet de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et l'Énergie Île-de-France (DRIEE). Ce projet vise à réduire le niveau de pollution en particules en Île-de-France par la réduction des émissions liées au chauffage au bois résidentiel.

Établissement d'un diagnostic comportemental

Afin d'établir un diagnostic comportemental, nous avons d'une part conduit une revue de la littérature sur les conséquences de la pollution aux particules et sur les politiques de régulation du chauffage au bois, et d'autre part mené un ensemble d'ateliers avec les parties prenantes. Le rapport de diagnostic complet étant disponible en annexe de ce rapport, nous n'en rappelons ici que les principaux éléments.

Éléments de diagnostic

Les effets sanitaires des émissions de particules

La DRIEE avait en amont du projet réuni une documentation concernant la pollution aux particules en Île-de-France et la contribution du chauffage au bois à celle-ci. Notre revue de littérature a enrichi cette documentation en relevant les éléments suivants :

- La littérature médicale et épidémiologique indique un impact majeur des particules sur la santé, au point d'en faire un sujet majeur de santé publique. Au-delà des troubles respiratoires auxquels elles sont associées en premier, les particules fines sont suspectées d'avoir un grand nombre d'effets délétères, y compris sur les capacités intellectuelles.
- Le chauffage au bois contribue significativement à la pollution de l'air extérieur, mais aussi à celle de l'air intérieur des ménages, à des niveaux qui varient fortement en fonction du type d'équipement, mais aussi des pratiques d'entretien et d'utilisation. Il a donc un impact négatif direct sur la santé des occupants du ménage.

Une image positive du chauffage au bois

Un sondage commandité par l'ADEME et réalisé par BVA en 2016 montre que le chauffage au bois bénéficie d'une image très positive. Il est perçu comme un mode de chauffage économique et écologique en raison d'une faible émission nette de CO₂ (dans les faits, cet élément résulte du mode de gestion des forêts françaises et non du mode de chauffage en lui-même). Les personnes interrogées sont relativement peu nombreuses à être conscientes de la contribution du chauffage au bois à la pollution. Une information sur ce niveau rencontre un fort niveau de doute, voire de déni. Une majorité des utilisateurs sont opposés à une restriction de l'usage, et affirment qu'ils ne respecteraient pas une telle restriction. Ces derniers éléments sont cohérents avec les protestations suscitées par la tentative d'interdire le chauffage au bois en Île-de-France.

Profil des utilisateurs et du secteur

Le sondage mentionné ci-dessus met en évidence qu'une part importante des utilisateurs de chauffage au bois en Île-de-France l'utilisent à des fins d'agrément ou d'appoint. Les équipements de ces usagers d'agrément ou d'appoint étant significativement plus émetteurs (cheminées ouvertes, inserts), ils contribuent aux émissions de particules de manière très significative.

Le secteur du chauffage au bois (vendeurs, ramonage, approvisionnement en bois) est par ailleurs extrêmement morcelé en Île-de-France. Les entreprises sont nombreuses, de petite taille et peu structurées en filière. Contrairement à d'autres régions, il n'était donc pas envisageable de s'appuyer sur les professionnels.

Les politiques publiques

La France n'est évidemment pas le seul pays concerné par ce problème. Aux États-Unis en particulier, nous relevons une action importante à la fois de l'agence fédérale de protection de l'environnement (EPA) et d'un certain nombre des comtés où le chauffage au bois est un mode de chauffage important (y compris pour l'eau chaude domestique).

Les politiques publiques déployées en réponse reposent essentiellement sur l'interdiction, les incitations au remplacement des équipements et la promotion des bonnes pratiques. Peu d'études d'impact ont été menées, et à notre connaissance la dimension comportementale a été rarement mobilisée explicitement.

Le problème de la mesure

Le défi essentiel de ce projet consistait dans la mesure des comportements. L'effet agrégé visé initialement (la concentration en particules dans l'air intérieur) n'est pas efficacement mesurable : la séparation des particules en fonction de leur origine est une analyse extrêmement complexe, et une partie des particules captées en Île-de-France provient des régions

avoisinentes. Une expérimentation aurait en outre eu un effet agrégé trop faible pour être mesuré.

Il fallait donc pour évaluer l'expérimentation se doter d'un dispositif de mesure installé dans les ménages eux-mêmes, et ce en l'absence d'informations administratives qui auraient permis d'identifier les ménages utilisateurs.

Conclusions du diagnostic

À l'issue de la phase de diagnostic, nous avons recommandé la conduite d'une expérimentation reposant sur le dispositif suivant :

- La distribution à des ménages volontaires, utilisant le chauffage au bois, de capteurs de pollution mesurant le niveau de particules fines
- La diffusion régulière de supports d'information mobilisant des motifs comportementaux et centrés sur les conséquences pour la santé des émissions de particules fines par le chauffage au bois dans l'air intérieur
- La diffusion contrôlée d'informations provenant des mesures réalisées dans les ménages
- L'affectation aléatoire des ménages en trois groupes (contrôle, information seule, information personnalisée)

Le dispositif a été mis en place d'octobre 2019 à mars 2020, soit sur l'ensemble d'une saison de chauffe.

Acteurs et parties prenantes

Outre la DITP et la DRIEE, à l'origine du projet, la question intéresse un ensemble d'acteurs déjà impliqués dans les questions de la qualité de l'air. Nous avons selon les cas impliqué ou informé ces acteurs de l'expérimentation en cours afin de recueillir leurs avis, expertise et recommandations. Nous remercions évidemment nos interlocuteurs et interlocutrices pour leur disponibilité et leurs conseils.

Airparif a participé à un atelier de diagnostic, a pris en charge le test en laboratoire du modèle de capteur que nous avons retenu et a mobilisé ses capacités de communication pour nous aider à trouver des ménages volontaires.

La Direction Générale de la Santé, l'Agence Régionale de la Santé et le **Fonds Air Bois** de l'Essone ont participé aux ateliers de co-construction du dispositif et des messages sanitaires.

Plusieurs collectivités plusieurs collectivités franciliennes (Métropole du Grand Paris, Ville de Paris, plusieurs autres EPCI) ainsi que d'autres services de l'État (DDT, DRIHL...) ont relayé notre appel à volontaire sur leurs réseaux.

Nous avons informé de la conduite de cette expérimentation **l'Agence De l'Environnement Et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)**, le **Service Parisien de santé environnementale**, **l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)** et le **Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)**.

Notre dispositif

Capteurs

En bref Techniquement, une difficulté essentielle de cette expérimentation résidait dans l'absence de mesure directe de l'utilisation du chauffage au bois. Nous avons surmonté cette difficulté au moyen de capteurs individuels de pollution. Afin de ne pas perturber les réponses comportementales, ces capteurs ne devaient pas restituer directement d'information aux ménages, être simples d'utilisation, discrets et peu onéreux.

Les capteurs retenus ont rempli leur rôle. Toutefois, tant les résultats de l'expérience elle-même que les difficultés techniques rencontrées nous font conclure qu'une généralisation ou une mise à l'échelle de l'expérimentation devrait utiliser un autre type de capteurs.

Cahier des charges

Pour cette expérimentation, il nous fallait des capteurs :

- Mesurant avec une précision raisonnable le niveau de particules fines (PM 2.5) ;
- Réalisant des mesures de manière automatique, sans intervention de l'utilisateur ;
- Simples d'installation, afin de ne pas biaiser l'échantillon vers les ménages les plus technophiles ;
- Ne fournissant aux ménages aucune information sur les mesures effectuées, afin que nous contrôlions nous-même ce retour d'information ;
- Peu onéreux afin d'en déployer un nombre compatible avec les exigences de puissance statistique (capacité à détecter des changements de comportement).

Les tests effectués dans la cadre du challenge AirLab 2018ⁱⁱ nous ont servi comme ensemble initial de sélection. Ce cahier des charges excluait toutefois une très large part des capteurs conçus pour la sensibilisation des particuliers à la qualité de l'air intérieur, la plupart utilisant le smartphone ou le réseau Wifi des personnes pour la connexion. Dans cette catégorie, un grand nombre d'équipements présentent en outre des dispositifs de retour d'information directe (LED lumineuse typiquement) sur l'état de l'air. Les équipements autonomes en termes de communication étaient pour la plupart destinés à l'utilisation en extérieur dans un contexte professionnel.

Le capteur Atmo 01

Au regard de l'offre disponible au moment du lancement de l'opération, nous avons retenu les capteurs de modèle Atmo 01, fabriqués par l'entreprise 42 Factory. Conçus pour équiper des véhicules automobiles afin d'en faire des stations de mesures mobiles, ces capteurs répondaient à l'ensemble de nos contraintes :

- Conçus pour un usage à l'extérieur d'un véhicule, ces capteurs sont robustes, limitant le risque de dégradation par les ménages.
- Composés d'une capsule monobloc et d'un socle, ils sont peu voyants.
- La LED ne fournit d'information que sur l'état de fonctionnement des capteurs et non sur le niveau des mesures effectuées.
- Doté d'une carte de communication 2G, ils se connectent automatiquement aux serveurs de l'entreprise, sans intervention des utilisateurs.
- Le prix de location proposé par le fabricant correspondait à notre enveloppe budgétaire.



Performances et limites

Au début de l'expérience, AirParif a testé deux exemplaires du capteur dans son laboratoire. Le rapport indique que les performances de détection sont acceptables pour nos besoins. AirParif a toutefois souligné les limites intrinsèques aux technologies équipant la quasi-totalité des micro-capteurs : reposant sur un comptage optique des particules, la fiabilité du comptage diminue avec la taille des particules. Ainsi, la plupart des capteurs, le Atmo 01 inclus, ne sont pas en mesure de détecter de manière fiable les particules de dimensions inférieures à 0,3 μm . Par conséquent, les niveaux de concentration indiqués, reposant sur ce comptage et sur des algorithmes de traduction en équivalent de $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ne sont pas toujours d'une extrême précision. En revanche, et c'est ce que le test en laboratoire a montré, les variations de concentration mesurées par ces capteurs sont corrélées de manière fiable aux variations mesurées par des capteurs de référence. En d'autres termes, nous pouvions nous appuyer sur des évolutions d'exposition mesurées au sein de chaque ménage, ce qui a constitué notre métrique-objectif.

Le déploiement effectif des capteurs a mis en évidence une limitation que nous n'avions pas anticipée. Si le recours au réseau 2G pour la transmission des données ne pose pas de problème pour des mesures en mobilité, les données étant mises en mémoire jusqu'à ce que le véhicule et son capteur sortent d'une zone de mauvaise connexion, la couverture de ce réseau dans les

logements laisse à désirer. Nous avons ainsi dû rappeler un certain nombre de capteurs depuis des ménages chez qui la couverture réseau n'était pas suffisante. Le fabricant nous a offert la possibilité de basculer la communication en Wifi, avec l'accord des ménages concernés, mais la bascule requerrait que le capteur se connecte au moins une fois en 2G afin de recevoir l'instruction, ce qui n'a pas pu être réalisé chez un nombre significatif de ménages.

Par ailleurs, plusieurs participants à l'expérience ce sont enquis de la consommation électrique (minime) du capteur, ainsi que de l'exposition aux ondes électromagnétiques que celui-ci générerait. Pour ce dernier point, le faible volume de données transférées limitait l'exposition, mais nous ne disposions pas de mesures exactes comparables à celles d'un téléphone portable (débit d'absorption spécifique).

Ménages participants

En bref : L'expérience a mobilisé 281 ménages volontaires, utilisateurs de chauffage au bois, localisés principalement en Île-de-France. Les ménages ont été répartis en trois groupes tirés au hasard et appariés afin que leurs profils initiaux d'exposition aux particules soient similaires. Un premier groupe, de contrôle, n'a reçu que le capteur. Un deuxième groupe, *information seule*, a reçu le capteur et, à fréquence régulière des informations concernant la contribution du chauffage au bois à la pollution de l'air intérieur. Le troisième groupe, *personnalisé*, a reçu en plus des graphiques permettant de visualiser les niveaux d'exposition mesurés chaque semaine dans leur domicile ainsi que le positionnement de ces niveaux par rapport aux ménages du groupe de contrôle.

Campagne de recrutement

En bref : Les ménages ont été recrutés sur la base d'un appel large à participer à une étude sur la pollution de l'air intérieur. Malgré le nombre important de ménages concernés *a priori*, l'absence d'un relai de proximité (communes) a rendu plus difficile d'atteindre un nombre suffisant de volontaires.

Le recrutement a constitué une étape-clef de l'expérimentation. Malgré le grand nombre d'utilisateurs concernés en Île-de-France, la capacité à les atteindre et à les convaincre d'installer chez eux un capteur pouvait constituer un facteur limitant. L'exercice était d'autant plus difficile que nous devions éviter de trop attirer l'attention *a priori* sur le chauffage au bois, afin de ne pas modifier les comportements avant même le début de l'expérience.

Le recrutement s'est ainsi appuyé sur une présentation de l'étude comme destinée à mieux connaître le niveau d'exposition aux particules dans les logements en Île-de-France, ainsi que les moyens de s'en prémunir. Il s'agissait ainsi d'une présentation volontairement large de nos objectifs effectifs, puisque nous avons effectivement construit une base inédite d'observations sur l'exposition aux particules dans les logements (ceux des utilisateurs de chauffage au bois), et que nous avons travaillé sur ce qui nous semblait être le moyen le plus direct de limiter leur exposition (réduire leur utilisation du chauffage au bois).

Opérationnellement, l'expérimentation a été présentée par le site *ad hoc* monair-idf.fr. Pour le recrutement proprement dit, nous avons mené une opération multicanaux. La DRIEE a mis à



notre disposition ses canaux institutionnels afin de relayer le message auprès des collectivités locales. Plusieurs collectivités franciliennes ont répondu à cette sollicitation (Métropole du Grand Paris, plusieurs autres EPCI), ainsi que des services de l'État comme la Direction Départementale des Territoires ou des Directions Interdépartementales de l'Hébergement et du Logement. Au niveau des municipalités, nous avons aussi reçu le soutien de la Mairie de Paris via une insertion dans la newsletter des Volontaires pour le Climat de la ville. Le sujet était toutefois jugé sensible par plusieurs municipalités approchées du fait de la période pré-électorale et de la politisation des questions de qualité de l'air dans la région.

Ne notre côté, nous avons largement utilisé les réseaux sociaux. Nous avons par ailleurs mené des opérations de tractage ciblées, distribuant des prospectus dans les boîtes de maisons ayant une cheminée visible (Visuel Annexe 1). Ces actions nous ont apporté approximativement les deux tiers de nos ménages volontaires. Le tiers restant a été apporté par la société A.C. Conseils & Recrutement, qui a diffusé l'annonce sur le réseau propriétaire de consommateurs Wedoolink.

Au total, nous avons reçu 4 200 candidatures, dont 281 éligibles car correspondant au profil recherché d'utilisateurs du chauffage au bois.

Trois groupes de ménages

Le protocole d'évaluation est basé sur un essai contrôlé randomisé à 2 traitements. Afin de s'assurer que les trois groupes sont comparables en ce qui concerne les caractéristiques qui prédisent de manière importante les résultats mesurés, les participants ont été répartis en groupes de trois en fonction de leur niveau de base de pollution intérieure (moyenne d'exposition aux PM_{2,5}) et de la présence ou non de fumeurs dans le ménage. Ensuite, dans chaque groupe, chaque participant est affecté de manière aléatoire à l'un des trois groupes :

1. Groupe de contrôle : 94 ménages du groupe de contrôle ont reçu un micro-capteur mais aucune information pendant l'intervention. Ils ont eu accès à leur profil d'émission personnalisé après l'intervention.
2. Groupe de traitement *Information seule* : 93 ménages du groupe de traitement « Information seule » ont reçu le micro-capteur et des supports d'information hebdomadaires centrés sur les conséquences pour la santé des émissions de particules fines par le chauffage au bois dans l'air intérieur.
3. Groupe de traitement *Information personnalisée* : 94 ménages du groupe de traitement 1 ont été équipés d'un moniteur de pollution de l'air intérieur. Ce groupe a reçu les mêmes supports d'information que le groupe *Information seule* ainsi que des informations personnalisées sur leur profil d'émission (profils de pollution intérieure hebdomadaires à 5 minutes d'intervalle) et leur classement hebdomadaire.

13 répondants, qui ont été identifiés comme connaissant quelqu'un d'autre dans l'étude, ont été exclus de la randomisation et de l'analyse afin d'éviter les effets de contagion. L'échantillon n'est pas représentatif de la population française.

Répartition géographique

Les participants sont répartis géographiquement de manière uniforme entre les trois groupes. 84% de nos participants habitent en Île-de-France, tandis que le reste sont répartis en Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Bretagne, Centre-Val de Loire, Grand Est, Hauts-de-France, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Pays de la Loire et Provence-Alpes-Côte d'Azur.

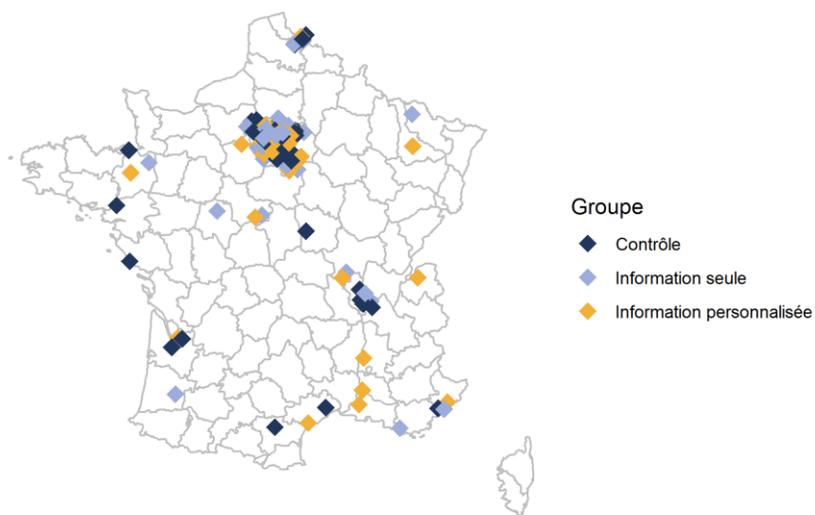


Figure 1 : Distribution géographique des participants en France dans les 3 groupes de traitement

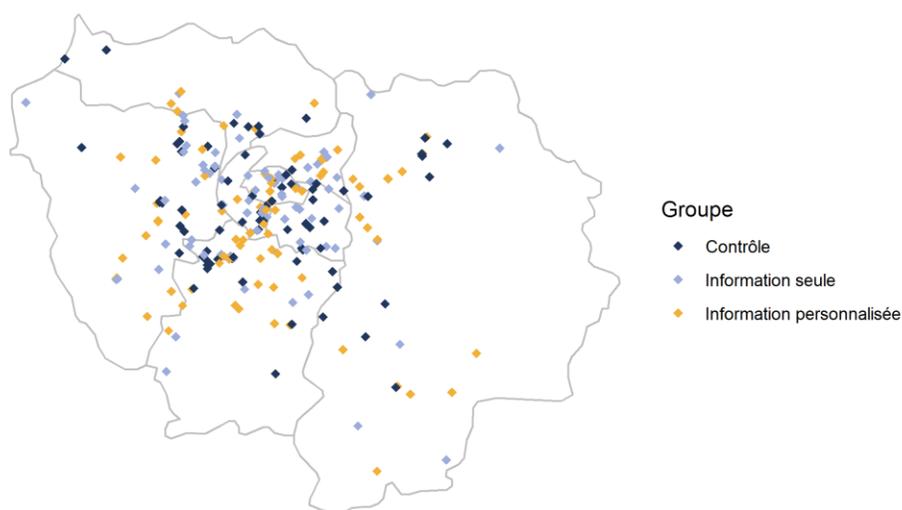


Figure 2 : Distribution géographique des participants en Île-de-France dans les 3 groupes de traitement

En Île-de-France, les participants sont répartis sur tout le territoire reflétant les zones de densité de population, avec une grande concentration en Yvelines et en Essone.

Caractéristiques socio-démographiques

L'échantillon final est constitué de participants ayant un niveau d'études élevé, avec une forte proportion de diplômés (86%) et une proportion considérable de participants de niveau Bac+5 ou plus (46%). Nous nous sommes donc adressés à une population fortement diplômée au regard de la moyenne française, la part des titulaires d'un diplôme supérieur ou égal au baccalauréat étant de 50,7 % chez les 45-54 ans en 2019 (et 35,5 % chez les 64 ans)ⁱⁱⁱ.

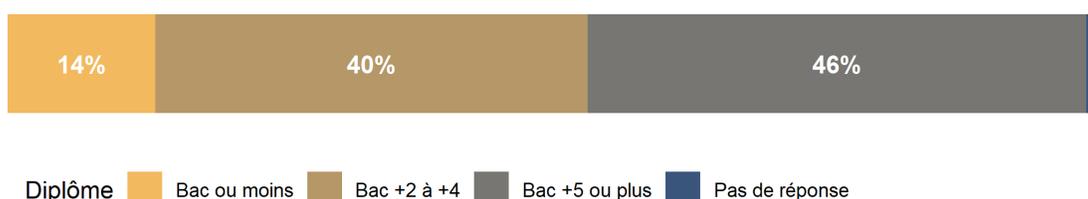


Figure 3 : Répartition du niveau d'éducation des participants

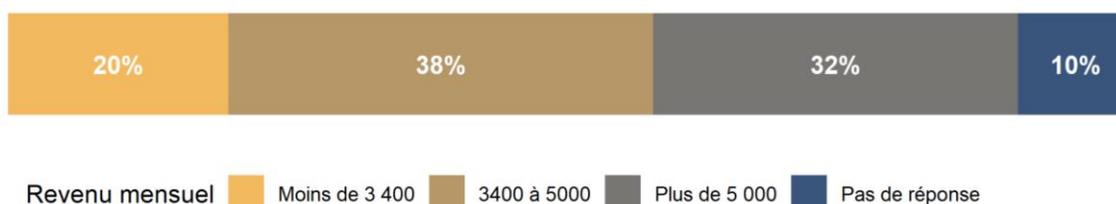


Figure 4 : Revenu mensuel brut des ménages participants

La très grande majorité des ménages participants réside dans un pavillon (86%). Il s'agit de ménages aisés, une majorité disposant d'un revenu mensuel brut du foyer supérieur à 3 400 euros, et 32 % percevant un revenu mensuel brut supérieur à 5 000 euros, ce qui les place dans le tiers supérieur des ménages en termes de revenus au niveau national.

Ce niveau de revenu est évidemment en lien avec le diplôme, mais aussi avec le profil d'âge de nos participants (âge moyen 49 ans). La Figure 5 montre que ainsi que la plupart de nos participants ont entre 35 et 60 ans, soit une forte sous-représentation des ménages jeunes par rapport à la population française.

Cette population correspond au profil des utilisateurs de chauffage au bois, tel qu'identifié par l'étude BVA/ADEME. La répartition des caractéristiques socio-démographiques des participants est en majorité équilibrée entre les trois groupes (tableau complet en

Annexe , p. 40). Les écarts résiduels sont liés d'une part à la taille de l'échantillon et d'autre part au fait que la stratification des groupes a été réalisée sur la base des niveaux d'exposition aux particules avant le début de l'expérience et non sur les caractéristiques socio-démographiques, moins prédictives du niveau d'exposition.

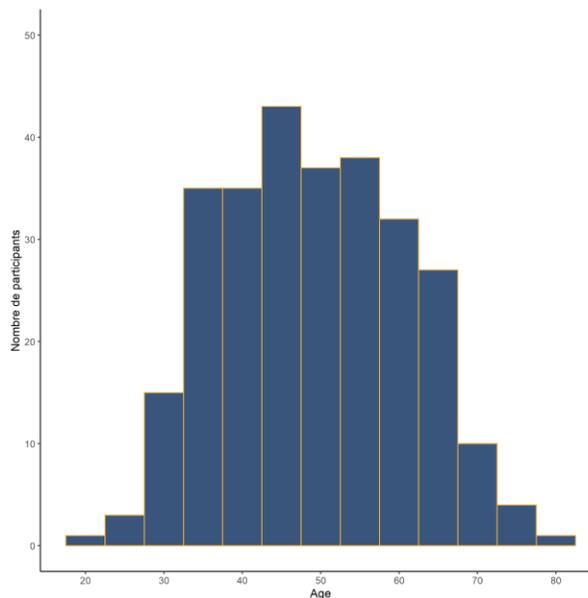


Figure 5 : Distribution des âges des répondants

Utilisation du chauffage au bois

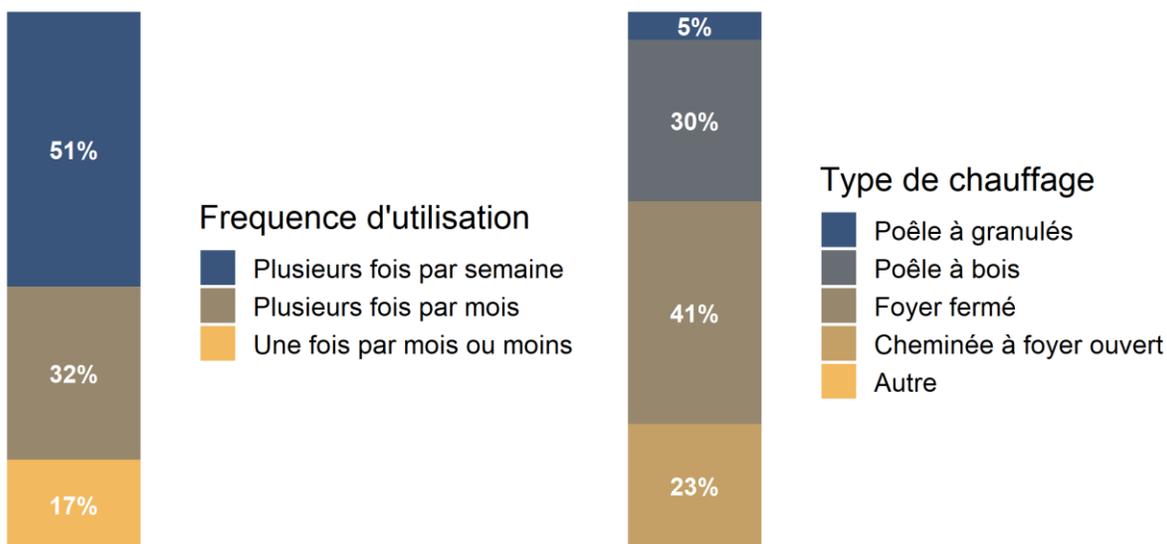


Figure 6 : Fréquence d'utilisation et type d'équipement du chauffage au bois dans les ménages

La majorité des participants ont déclaré, dans le questionnaire initial, utiliser leur équipement de chauffage au bois plus d'une fois par semaine. Quant au type d'équipement, 23% des participants déclarent utiliser une cheminée à foyer ouvert, 41% une cheminée ou insert à foyer fermé, 30% un poêle à bois et 5% à granulés. La répartition des caractéristiques socio-

démographiques des participants est en majorité équilibrée entre les trois groupes (tableau en Annexe , p. 40).

Attitudes vis-à-vis l'environnement

Le questionnaire de recrutement montre que les participants soutiennent en majorité les politiques visant à protéger l'environnement. Selon la Figure 7, plus de la moitié des participants répondent par « D'accord » ou « Tout à fait d'accord » lorsqu'on leur demande s'ils sont favorables à une augmentation des taxes et s'ils acceptent une diminution du niveau de vie pour protéger l'environnement. Presque tous les participants sont favorables à ce que le gouvernement prenne des mesures pour réduire la pollution de l'air. Ces attitudes semblent être homogènes à travers les trois groupes de traitement.

Nous avons donc recruté une population sensible aux questions environnementales et disposée à des sacrifices personnels s'ils ont pour contrepartie une action publique dans ce domaine. Si ce profil correspond assez bien au public général de l'Île-de-France, la crise des Gilets jaunes a montré que la taxation environnementale ou la limitation de la vitesse pouvaient susciter des oppositions virulentes. La conduite d'une action concernant le chauffage au bois devra prendre en compte les leçons de cette crise, en particulier l'importance de l'équité perçue des mesures.

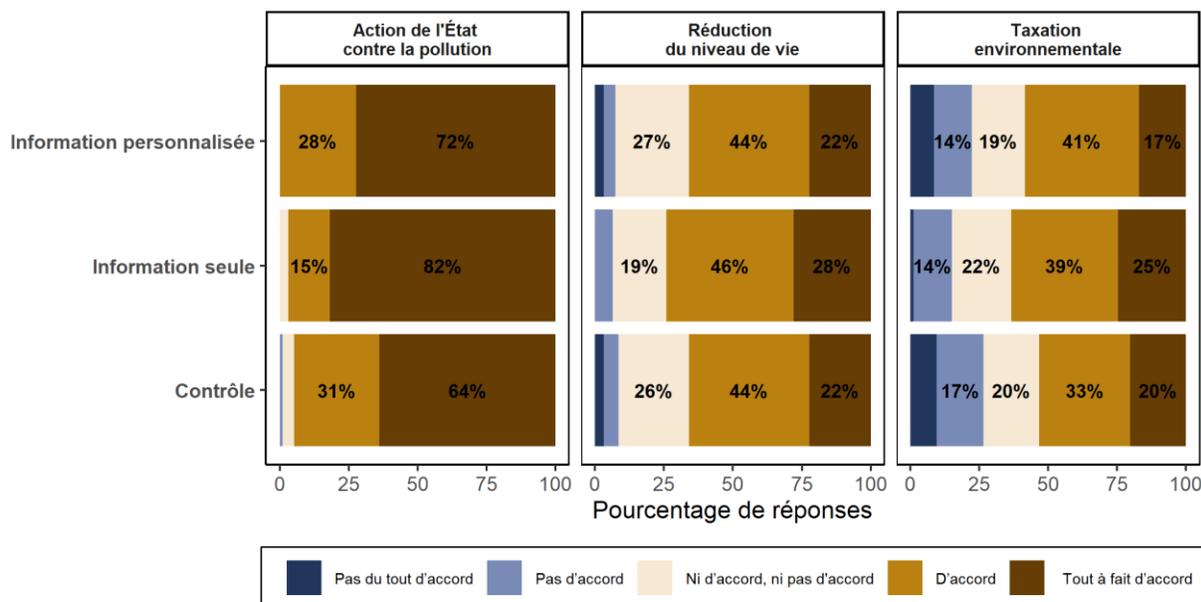


Figure 7 : Réponses au questionnaire de recrutement sur des questions d'attitudes vis-à-vis de l'environnement
 « Le gouvernement devrait agir pour réduire la pollution »
 « Je suis prêt à accepter une réduction de mon niveau de vie si cela permet de protéger l'environnement »
 « Je suis favorable à une augmentation des impôts et des taxes si cela sert à protéger l'environnement »

Si l'État est perçu comme légitime à agir, il ne constitue une source fiable d'information quant aux conséquences de la pollution de l'air intérieur sur la santé que pour un tiers de notre échantillon (Figure 8). Les organisations non-gouvernementales bénéficient d'une image de plus grande fiabilité en la matière, avec deux tiers de l'échantillon leur faisant confiance, et les

chercheurs sont plébiscités, avec plus de 85 % d'expressions de confiance. Le manque de crédibilité de l'État sur les questions de santé et la grande confiance dans les chercheurs ne constituent pas un phénomène propre aux questions de pollution. Il s'agit d'une attitude générale de la population française, chez qui la défiance à l'égard du monde politique et du gouvernement, quelle que soit son orientation politique, vient colorer la réception des messages de santé publique.^{iv}

Ce problème de crédibilité peut être moins marqué dans le cas d'une action conduite par une collectivité locale, dont l'implication est clairement mentionnée. Le Baromètre de la confiance politique du Cevipof de SciencesPo montre en effet que les élus locaux bénéficient d'un niveau de confiance nettement supérieur aux politiques des échelons administratifs plus élevés^v. Toutefois, le degré de confiance accordé aux scientifiques reste à un niveau encore supérieur.

Nous recommandons donc de conserver le principe d'un message porté par les scientifiques, dans le cadre d'une action de politique publique conduite au niveau local. Leur image favorable peut faire des ONG des partenaires précieux dans ce type d'action. Nous pensons en premier lieu aux Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA).

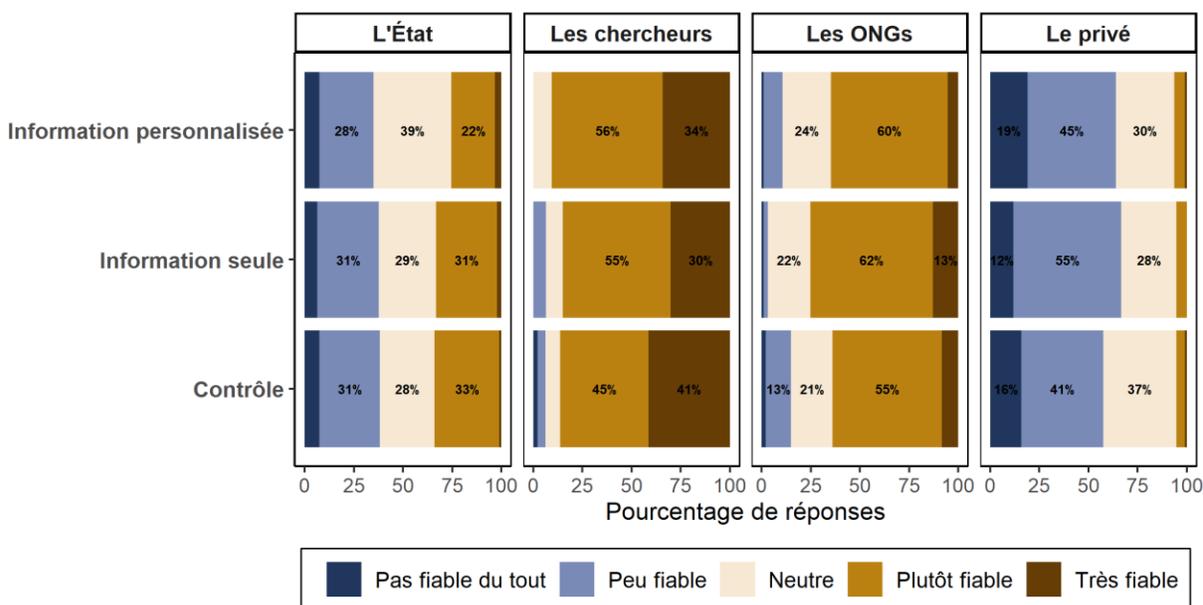


Figure 8 : Confiance dans l'information sur la qualité de l'air intérieur. Réponses à la question « Comment évaluez-vous la fiabilité des sources d'information ci-dessous en ce qui concerne les effets de la pollution de l'air sur l'environnement et la santé ? »

Dimensions éthiques

En bref : Notre action ayant pour conséquence de dégrader l'image du chauffage au bois auprès d'utilisateurs, nous avons retenu en priorité des ménages utilisant le chauffage au bois comme appoint ou agrément, donc pouvant aisément basculer sur un autre mode de chauffage.

Nous avons obtenu l'approbation de notre protocole expérimental par le comité d'éthique de l'École d'économie de Paris, et avons pré-enregistré nos analyses conformément aux meilleures pratiques du domaine.

Protection des ménages participants

Au cours des ateliers de préparation, nous avons identifié un ensemble d'enjeux éthiques pour cette intervention.

Le mode de chauffage Par construction, notre intervention visait à diminuer le recours au chauffage au bois, ce qui entraînait quasi-mécaniquement un report au moins partiel vers d'autres modes de chauffage. Le risque était alors triple :

- que ce report fasse peser un coût financier disproportionné à des ménages en situation de précarité énergétique ;
- que les ménages n'aient pas d'autre moyen de chauffage vers lequel se reporter, faute d'équipements installés ;
- que le report se fasse vers des moyens de chauffage plus polluants.

Le choix de viser des ménages utilisant, de leur propre aveu, le feu de bois à titre d'agrément ou comme chauffage d'appoint éliminait par construction l'absence de solution de report, et dans une large partie le risque de recruter des ménages précaires. De fait, les données socio-démographiques des ménages candidats ne correspondent pas à ce type de profil. De même, nous avons anticipé des conséquences limitées de l'effet de report. D'une part, l'usage d'agrément avait peu de chances de faire l'objet d'un report sur d'autres types de chauffage, et d'autre part les équipements majoritairement utilisés pour ces usages sont très peu performants, avec des émissions supérieures à celles de la plupart des autres solutions de chauffage (électricité ou fioul domestique).

Message de recrutement Il était important dans la phase de recrutement de ne pas souligner *a priori* la place du chauffage au bois. Cela risquait en effet de biaiser le recrutement, et d'entraîner une attention particulière à ce mode de chauffage chez le groupe de contrôle. Nous avons donc présenté initialement l'expérimentation comme une étude sur la qualité de l'air intérieur dans les ménages.

Bien que ce type de pratique soit un standard dans l'économie expérimentale, nous avons tenu à respecter l'esprit de ce message dans les communications effectuées et dans les résultats finaux de l'expérimentation. Pour ce faire :

- Nous avons transmis à tous les ménages non-retenus une documentation générale, proposée par l'ADEME, sur les causes de la pollution de l'air intérieur et les bonnes pratiques pour la limiter ;
- Les premières vagues d'information transmises aux participants portaient sur l'ensemble des sources de particules dans l'air intérieur, nous ne nous sommes que progressivement concentrés sur le chauffage au bois ;
- Un des résultats de l'expérience est effectivement une base de mesures unique en son genre, qui va permettre des progrès importants dans la connaissance des niveaux et des dynamiques d'exposition aux particules dans l'air intérieur des ménages.

Image du feu de bois Une conséquence inévitable de notre expérimentation est que les ménages verraient se dégrader leur perception du feu de bois : d'une pratique aussi écologique qu'agréable, ils y verraient désormais une activité engendrant une pollution et un risque sanitaire significatif. Nous avons estimé que la pollution et ses risques sanitaires sont suffisamment établis par l'état des connaissances pour que le gain en termes de santé individuelle et collective soit supérieur à la perte de bien-être.

L'ensemble du protocole d'intervention a été examiné et approuvé par le comité d'éthique (*Institutional Review Board*) de l'École d'économie de Paris, qui applique les standards internationaux en la matière.

Protection de l'intégrité des analyses

Dans une expérience de ce type, les chercheurs collectent une quantité appréciable de données. Pour cette expérimentation, il existait *a priori* de nombreuses manières de construire à partir des relevés bruts la grandeur utilisée comme objectif. Le risque dans un tel cas est d'utiliser *a posteriori* la construction fournissant le résultat le plus favorable, ou, de manière similaire, la méthode d'estimation des effets conduisant aux effets les plus flatteurs.

Afin de se prémunir contre toute suspicion de ce type, les expériences contrôlées ont adopté la pratique d'un enregistrement public du plan d'analyse des données (*pre-analysis plan*) avant de commencer la collecte des données. De cette manière, il est possible de vérifier que les analyses ont été menées conformément au plan prévu, et n'ont pas été sensiblement modifiées afin d'influencer sur les résultats finaux au regard des données effectivement obtenues.

Nous avons suivi cette pratique en pré-enregistrant notre expérimentation sur la plate-forme *Open Science Framework* du *Center for Open Science*, qui constitue une des plate-formes de référence en la matière. Le pré-enregistrement est consultable à l'adresse : <https://osf.io/5br8y/>

Lorsque l'ensemble des analyses auront été effectuées, nous ajouterons sur cette même plateforme :

- La base anonymisée des mesures de pollution
- La base anonymisée des réponses aux questionnaires initiaux et finaux
- Les programmes informatiques utilisés pour l'obtention des résultats.

Messages et informations

En bref : Afin d'augmenter la perception des risques pour la santé associés au chauffage au bois, les messages informationnels envoyés de manière hebdomadaire étaient centrés sur les risques sanitaires des émissions de particules fines par le chauffage au bois dans l'air intérieur pour les utilisateurs, ainsi que les bonnes pratiques pour diminuer les émissions de particules fines. Le groupe *information personnalisée* a reçu, de plus, un feedback informationnel personnalisé sous forme de graphiques d'exposition hebdomadaire, ainsi que des éléments leur permettant de comparer leur consommation à celle d'un échantillon de ménages comparables.

Méthode de construction

A l'issue de deux ateliers de co-construction en présence des partenaires, la structure générale des supports d'information de nos huit campagnes, ainsi que le format graphique et le contenu de ces campagnes ont été conçus.

Information

Nous attirons l'attention des usagers sur la pollution associée au bois afin d'aller à l'encontre de l'image positive associée à ce mode de chauffage, en utilisant des informations scientifiques et saillantes.

Le dépliant fournissait des informations sur la contribution du chauffage au bois à la pollution et les risques pour les utilisateurs, ainsi que les bonnes pratiques pour diminuer les émissions de particules fines. Cela permet de surmonter l'obstacle le plus évident obstacle au changement de comportement ; la vaste ignorance des effets néfastes de la combustion du bois. Le rapport préparé par BVA en 2015 montre que seuls 7 % des ménages utilisant le chauffage au bois la mentionnent comme l'une des principales sources de pollution perçue ; 21 % des utilisateurs occasionnels croient que le chauffage au bois a un impact sur la qualité de l'air à l'intérieur de leur maison, et seuls 16 % pensent qu'il a un impact sur la qualité de l'air extérieur.

Des leviers comportementaux ont été utilisés pour faciliter la compréhension des messages et augmenter leur saillance en les couplant avec des illustrations, graphiques, des visuels chocs et des équivalences avec d'autres pollueurs plus connus comme le tabac et les voitures diesel.

Concernant le **choix du messager**, des informations et des citations de médecins ou de scientifiques ont été utilisés, ces derniers étant perçus par 89 % des répondants au questionnaire comme une source d'information fiable ou très fiable sur les questions de santé liées à la pollution de l'air.

Un cadrage axé sur la santé

Nous avons agi sur la motivation des individus à préserver leur propre santé. Pour cela, des messages permettant d'appréhender intuitivement les risques sanitaires associés au chauffage au bois ont été conçus.

Il existe de nombreuses preuves que la façon dont les messages et les informations sont transmis a un impact sur le comportement des individus^{vi}. L'état de l'art scientifique suggère que les informations cadrées en termes de risques pour la santé sont perçues comme plus pertinentes et touchent un public plus large que les informations cadrées en termes de dommages environnementaux en rendant « le problème plus pertinent, plus important et plus compréhensible pour les membres du public^{vii} ».

En effet, l'enquête précédemment citée de BVA sur le chauffage au bois a montré que la santé personnelle des utilisateurs et celle de leurs proches est un élément déterminant pour les Franciliens qui l'invoquent comme l'une des deux raisons principales qui pourraient les inciter à changer leur équipement. Augmenter la perception des risques pour la santé associés au chauffage au bois peut donc être une motivation pour changer les comportements.

Feedback informationnel personnalisé

Les messages destinés aux usagers du chauffage au bois contiennent un graphique d'émission de particules fines personnalisé pour surmonter la barrière d'incrédulité et renforcer la crédibilité des messages.

Nous savions grâce au sondage ADEME/BVA que le simple apport d'une information sur la contribution du chauffage au bois à la pollution peut heurter les préconceptions des usagers. Dans le sondage, 30 % des usagers d'agrément à qui on dit que le chauffage au bois représente 25% des émissions de particules fines en Île-de-France n'accordent aucun crédit à cette information. Ce rejet pouvait constituer un frein majeur à la mise à jour de la perception du chauffage au bois comme un risque sanitaire.

Afin de surmonter cet obstacle, nous avons inclus dans les messages envoyés au troisième groupe (dit *Information personnalisée*) une section restituant les mesures de concentration de PM2.5 effectués dans leur logement depuis le précédent message. Cette restitution prend la forme d'une courbe d'exposition - le pas de temps de cinq minutes des mesures permettant une

finesse temporelle importante - avec une indication des deux plus importants pics de concentration mesurés au cours de la semaine. Ce graphique permet aux ménages de prendre conscience de ces pics d'exposition et de les mettre en relation avec leurs activités domestiques émettrices de particules, dont le chauffage au bois. Nous pensons que ce faisant, ils surmontent le biais de salience - la pollution aux particules est invisible, mais elle prend là un caractère concret, en lien avec des activités quotidiennes ainsi que la barrière d'incrédulité puisqu'ils peuvent constater la correspondance entre les relevés et leurs activités effectives. La crédibilité des messages d'information sur les conséquences du chauffage au bois s'en trouve ainsi renforcée.

Normes sociales

Les messages destinés aux usagers du chauffage au bois contiennent des éléments leur permettant de comparer leur consommation à celle d'un échantillon de ménages comparables.

Les normes sociales constituent un levier puissant pour inciter les personnes à changer de comportement. Ce levier est d'autant plus efficace que le groupe social choisi pour construire la norme sociale est proche de l'individu^{viii}. Les messages contiennent donc un classement hebdomadaire des participants en termes de qualité de l'air intérieur sur un échantillon de 100 ménages comparables, appartenant au groupe de contrôle, pour permettre une marge de progrès à tous les participants. Cela permet d'agir sur la comparaison sociale mais aussi fournit un retour d'information positif qui récompense le changement de comportement.

Fréquence et modes d'envoi

Les messages ont été transmis par courrier sous forme d'un dépliant papier A5 de 4 pages, aux participants des groupes *Information seule* et *Information personnalisée*. Chaque vague s'est focalisée sur un message principal, accompagné de visuel et infographies correspondants :

- Message 1 : Les sources de pollutions en particules fines dans les ménages.
- Message 2 : Les effets néfastes des particules fines sur la santé.
- Message 3 : Le chauffage au bois est une source de pollution intérieure invisible.
- Message 4 : Comparaison de la fumée de tabac à celle de la combustion du bois.
- Message 5 : Comparaison avec la pollution issue des voitures diesel.
- Message 6 : Focus sur les effets sanitaires de la pollution sur les enfants.
- Message 7 : L'impact du feu de bois sur la qualité de l'air extérieur.
- Message 8 : Angle positif ; « Nous pouvons le faire ! »

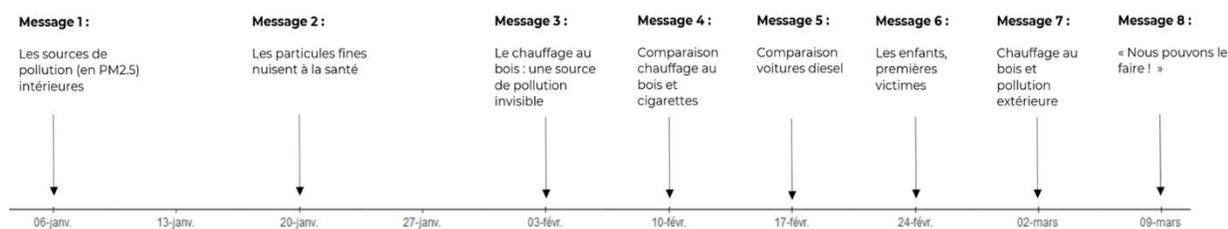


Figure 9 : Chronologie d'envoi des messages

Les dépliants ont été envoyés en huit vagues, de Janvier 2020 à mars 2020, chaque 2 semaines pour les 2 premières vagues, puis chaque semaine pour les 6 dernières. La figure ci-dessous détaille les dates d'envois de chaque message :

Pour le groupe personnalisé, chaque message contient les éléments A) Information et B) Cadrage axé sur la santé mentionnés dans la section précédente. Pour le groupe personnalisé, les messages contenaient, en plus, les éléments de C) Feedback personnalisé et D) Normes sociales. Les figures ci-dessous représentent un exemple de message envoyé aux participants.

Couverture

Qui? Groupes Information seule et Information personnalisée

Leviers :

- Saillance : visuels-chocs + slogan

Information générique

Qui? Groupes Information seule et Information personnalisée

Leviers:

- Axe santé
- Saillance de l'information (infographique, illustrations, graphiques, équivalences)
- Messenger: scientifiques

Figure 10 : Exemple de support envoyé aux participants. Ici, la couverture et une page commune aux groupes Information seule et Information personnalisée.

Profil d'exposition

Qui? Groupe Information personnalisée

Leviers :

- feedback aux utilisateurs sur leur activité et exposition personnelle;
- Valeurs repères pour faciliter la compréhension
- Messenger : Médecins

Comparaison sociale

Qui? Groupe Information personnalisée

Leviers :

- Norme sociale

Information générique : bonnes pratiques pour limiter les particules fines

Qui? Groupes Information seule et Information personnalisée

Figure 11 : Exemple de support envoyé aux participants. Ici, une page et un cadre spécifiques aux ménages du groupe Information personnalisée et un cadre de bonnes pratiques commun aux deux groupes traités.

Résultats

En bref : Nous observons une diminution de 20 % des niveaux de PM 2.5 à l'intérieur des logements au sein du groupe qui a reçu un retour d'information personnalisé sur sa pollution intérieure. Nous n'observons aucun changement pour le groupe recevant uniquement des informations génériques.

Les données qualitatives recueillies montrent que les deux groupes traités identifient plus souvent le chauffage au bois comme une source de pollution intérieure et extérieure, et déclarent avoir l'intention d'utiliser leur équipement moins fréquemment au cours de la prochaine période hivernale.

Ainsi, si les deux types d'information ont été efficaces pour modifier les connaissances et perceptions des ménages, seule l'information personnalisée est efficace pour modifier les comportements en passant de l'intention à l'action (au moins à court terme).

Effets sur l'exposition aux particules

Critère de résultat : l'exposition aux PM2.5

Nous prenons comme critère de résultat l'exposition moyenne aux PM 2.5, telle que mesurée par ces capteurs. Ce choix repose sur une double motivation :

- D'une part, il s'agit de la mesure sur laquelle nous avons le plus communiqué, tant dans les messages génériques que par la courbe personnalisée.
- D'autre part, il s'agissait de la mesure pour laquelle notre degré de confiance était le plus élevé, par comparaison avec une mesure beaucoup plus hypothétique du nombre d'utilisation autodéclaré (voir la discussion à ce sujet).

Une réduction de 20% de l'exposition dans le groupe personnalisé

L'approche économétrique, détaillée dans l'annexe 4, nous permet de mesurer l'impact propre des différents types de messages sur l'exposition moyenne en PM2.5 des ménages dans leur air intérieur. Qualitativement, une propriété importante de notre méthode est que nous avons construit des triplets de ménages, un ménage dans chaque groupe, sur la base des caractéristiques qui, initialement, prédisaient le mieux le niveau d'exposition *avant* le début de l'expérience. Notre mesure reflète grâce à cela les différences d'exposition entre ménages initialement comparables dans leur niveau d'exposition.

Nous mettons ainsi en évidence une réduction moyenne de 20% du niveau d'exposition (par rapport au groupe de contrôle) chez les ménages ayant reçu à la fois les informations génériques et une information personnalisée sur leur exposition et leur classement par rapport au groupe de contrôle. Cet écart est significatif au seuil de confiance de 95%, habituellement utilisé dans ce type d'expérience. En revanche, nous ne mesurons pas de différence significative entre le groupe *Information seule* et le groupe de contrôle.

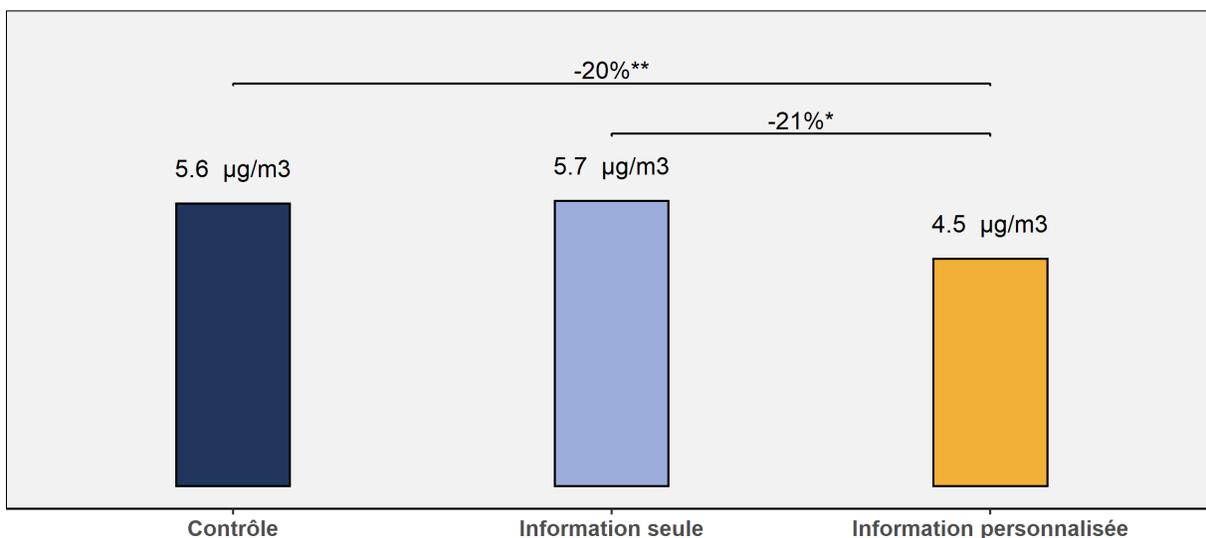


Figure 12 : Effet des campagnes : Moyenne de PM2.5 dans les 3 groupes

Notes :

Les moyennes sont calculées sur la période allant du 06 janvier (premier envoi) au 30 mars (2 semaines après le dernier envoi). Une étoile (*) signifie que la différence entre les moyennes est statistiquement significative au seuil de confiance de 90 %, tandis que deux étoiles (**) signifient que la différence est statistiquement significative au seuil de confiance de 95%.

La réduction du niveau d'exposition dans le groupe *Information personnalisée* est visible sur toute la durée de l'expérience. Ainsi que le montre la Figure 13, les trois groupes présentaient initialement des niveaux d'exposition similaires. Le niveau moyen d'exposition mesuré dans le groupe *Information personnalisée* s'écarte progressivement des niveaux mesurés chaque semaine dans le groupe de contrôle et dans le groupe *Information seule*. Ce décalage vers des niveaux d'exposition inférieurs commence dès le 6 janvier, et se poursuit au moins deux semaines après la réception du huitième et dernier message.

Une analyse économétrique similaire à celle utilisée pour mesurer l'impact d'ensemble montre que l'écart entre le groupe *Information personnalisée* et les deux autres groupes devient significatif au seuil de 90% dès la deuxième vague de messages, et au seuil de 95% pour près de la moitié des semaines de l'expérience (semaines 5, 6, 7, 8, 11 en partant de la première vague de messages). Il faut noter ici que l'obtention d'un effet significatif sur une semaine donnée est nettement plus exigeant que l'obtention d'un effet sur l'ensemble de la période du fait des fluctuations statistiques naturellement présentes d'une semaine à l'autre. Le fait que nous

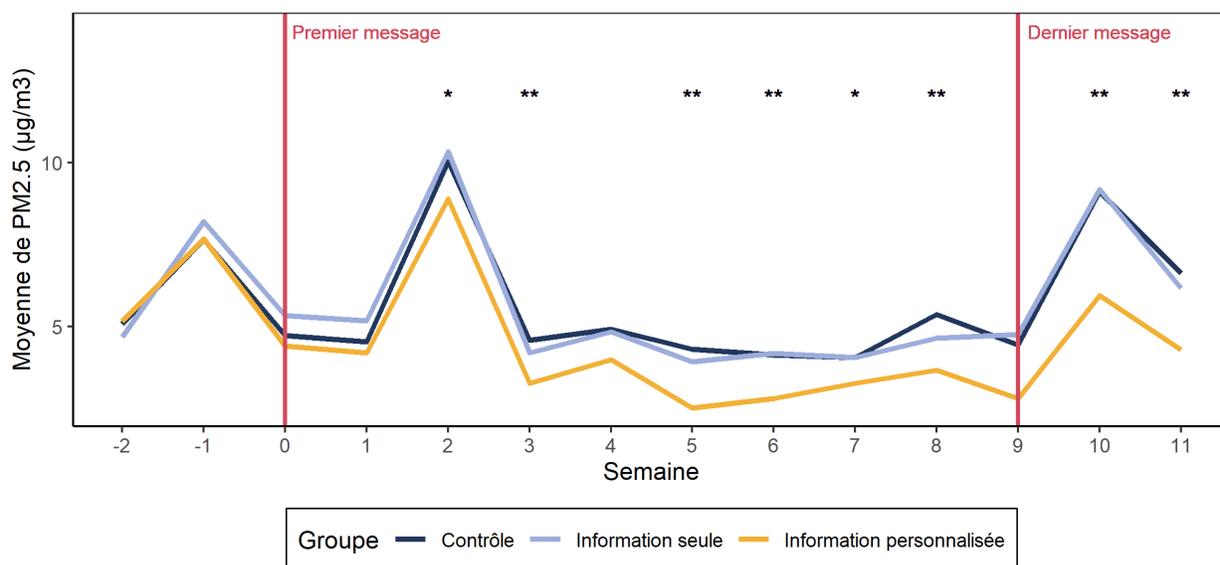


Figure 13 : Moyennes hebdomadaires brutes de PM2.5 à l'intérieur des ménages des 3 groupes

soyons en mesure d'obtenir des effets statistiquement significatifs sur plusieurs semaines différentes montre que l'effet d'ensemble mesure bien un changement des comportements sur la majeure partie de la durée de l'expérience, et non un effet ponctuel sur une ou deux semaines particulières.

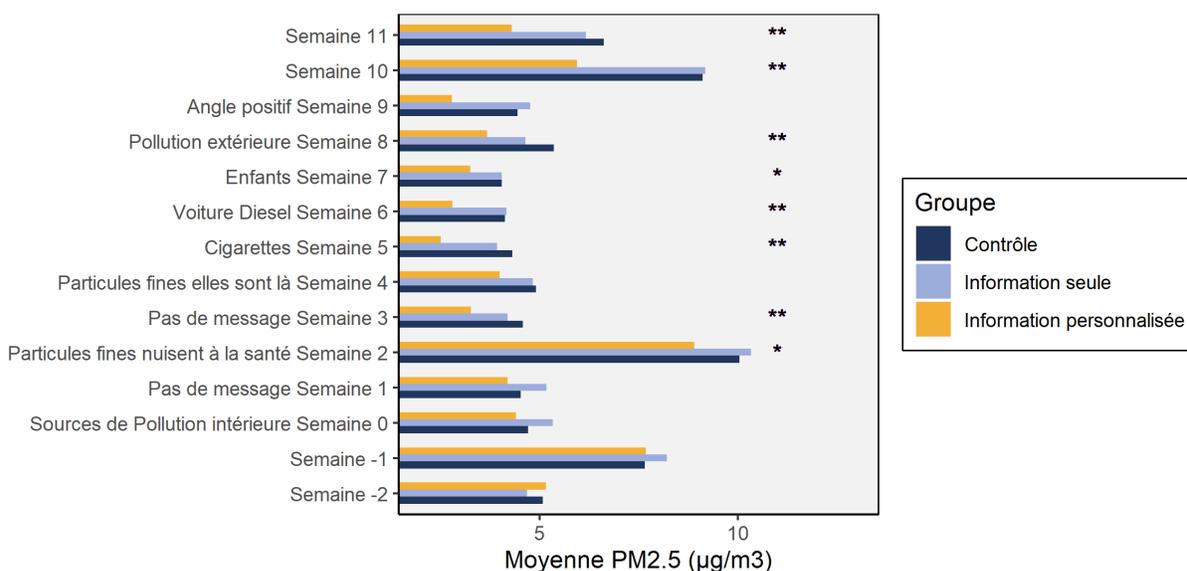


Figure 14 : Effet des campagnes – Moyenne hebdomadaires de PM2.5 dans les 3 groupes

Note : Une étoile (*) signifie que la différence entre les moyennes pour la semaine concernée est statistiquement significative au seuil de confiance de 90 %, tandis que deux étoiles (**) signifient que la différence est statistiquement significative au seuil de confiance de 95%

Effets sur les attitudes et représentations

Pour compléter l'évaluation quantitative de l'impact, nous avons également recueilli des données supplémentaires pour mieux comprendre comment les attitudes et les croyances des participants ont changé suites aux interventions, à travers un questionnaire final. On n'observe pas d'impact significatif sur la perception du risque sanitaire de la pollution (Figure 16).

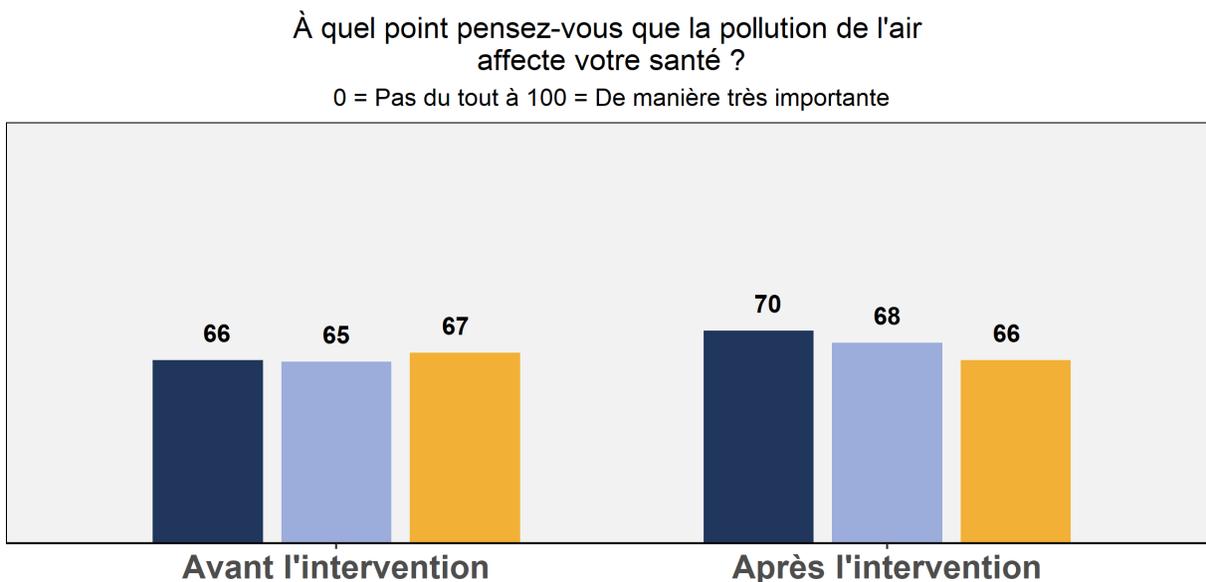


Figure 16 : Perceptions de l'effet de la pollution sur la santé avant et après l'intervention, dans les trois groupes

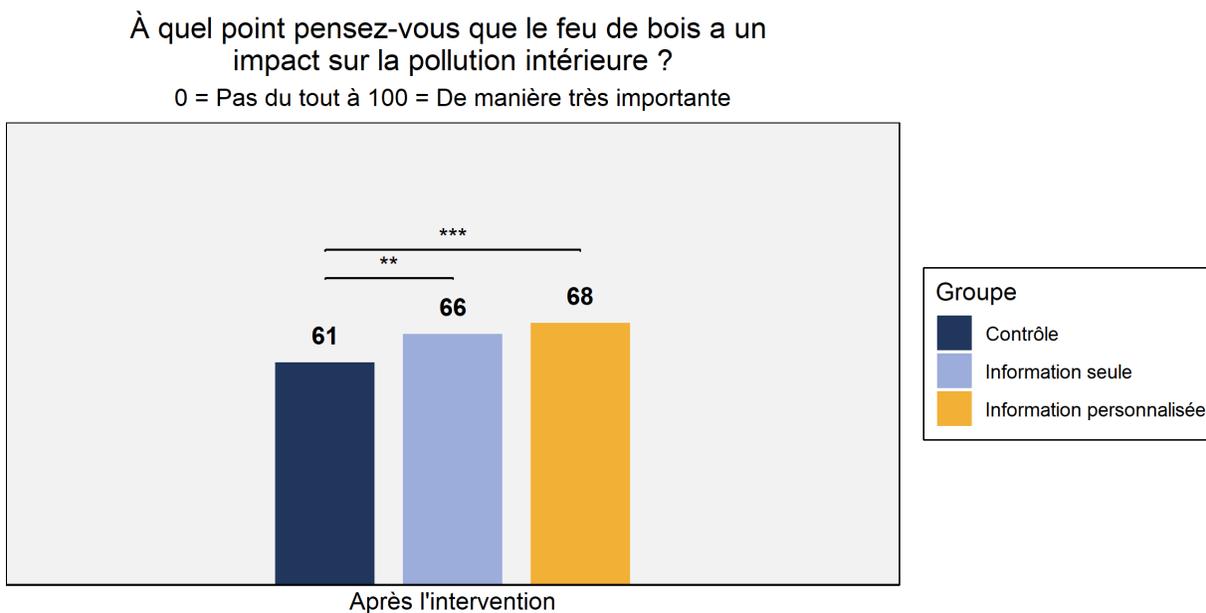


Figure 15 : Perception de l'impact du chauffage au bois sur la pollution intérieure

Note : Une étoile (*) signifie que la différence entre les moyennes pour la semaine concernée est statistiquement significative au seuil de confiance de 90 %, tandis que deux étoiles (**) signifient que la différence est statistiquement significative au seuil de confiance de 95%

On observe en revanche une augmentation de la perception de l'impact du chauffage au bois sur la pollution intérieure déclarée par les groupes traités. Elle augmente de 16% pour le groupe *Information personnalisée* et de 12% pour le groupe *Information seule* (Figure 15).

De manière logique, la part des participants qui mentionnent le chauffage au bois comme source de pollution intérieure augmente de 19 points de pourcentage pour le groupe *Information personnalisée* et de 29 points de pourcentage pour le groupe *Information seule* (Figure 17). Cela signifie que les messages n'ont pas modifié la conscience des effets de la pollution sur la santé, mais en revanche ils ont augmenté la conscience de l'effet de la combustion du bois sur la pollution de l'air intérieur.

Pourcentage des participants qui ont mentionné le chauffage au bois comme source principale de pollution intérieure

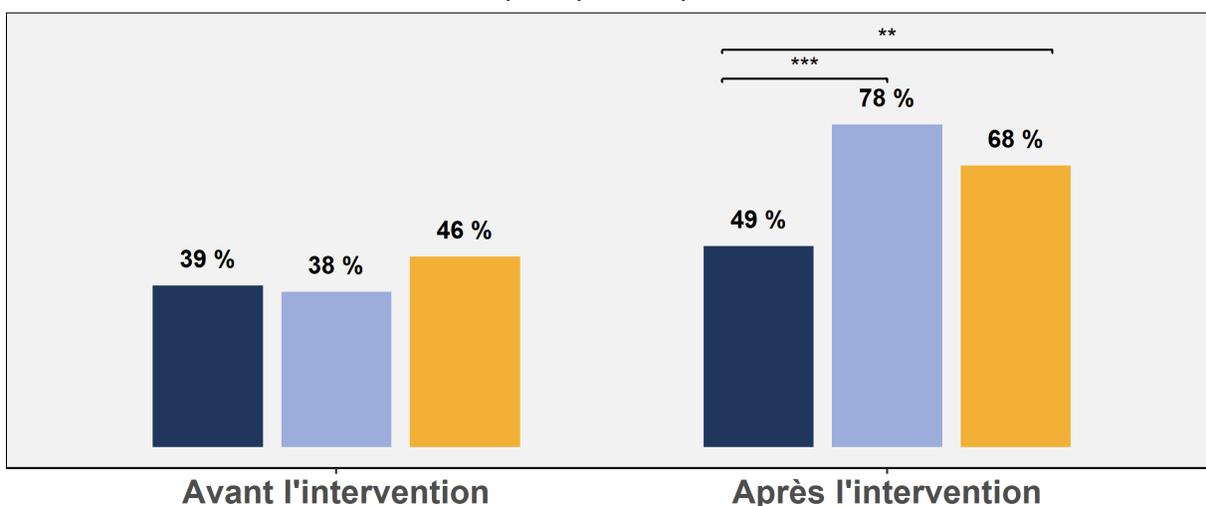


Figure 17 : Mentions du chauffage au bois comme principale source de pollution de l'air intérieur

Note : Une étoile (*) signifie que la différence entre les moyennes pour la semaine concernée est statistiquement significative au seuil de confiance de 90 %, tandis que deux étoiles (**) signifient que la différence est statistiquement significative au seuil de confiance de 95%

De même, la conscience que le chauffage au bois est une source majeure de pollution extérieure augmente pour les 2 groupes traités. La part des participants qui mentionnent le chauffage au bois comme une des 3 sources principales de pollution extérieure augmente de 13 points de pourcentage pour le groupe *Information personnalisée* et de 18 points de pourcentage pour le groupe *Information seule* (Figure 18).

Pourcentage des participants qui ont mentionné le chauffage au bois comme source principale de pollution extérieure

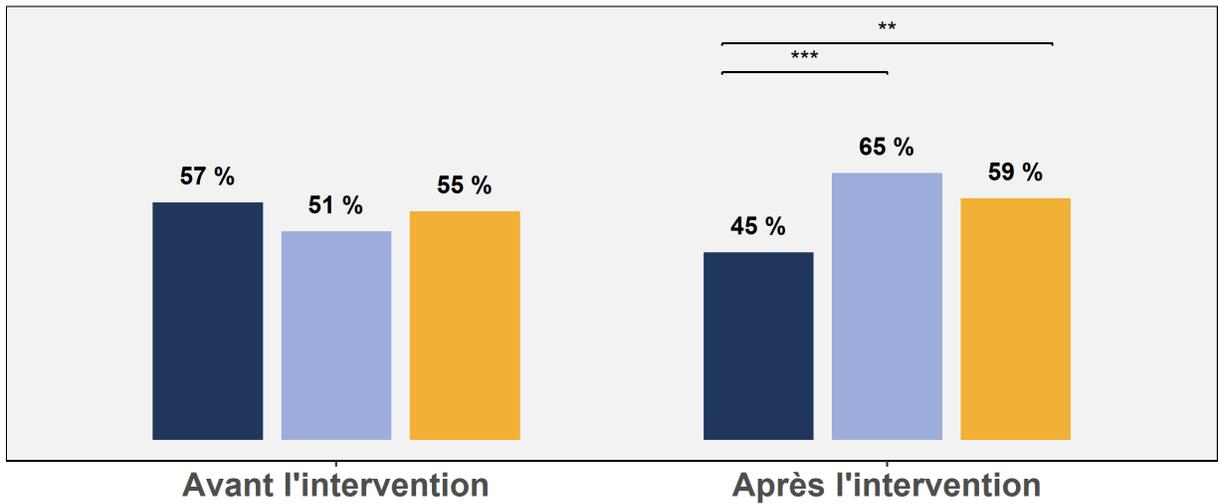


Figure 18 : Mentions du chauffage au bois comme source de pollution de l'air extérieur

Note : Une étoile (*) signifie que la différence entre les moyennes pour la semaine concernée est statistiquement significative au seuil de confiance de 90 %, tandis que deux étoiles (**) signifient que la différence est statistiquement significative au seuil de confiance de 95%

Les groupes traités sont en fin d'enquête légèrement plus favorables à une réglementation plus stricte de l'utilisation du chauffage au bois en France. Cette différence n'est toutefois pas statistiquement significative à l'échelle de notre échantillon. L'expérience a peu fait évoluer les représentations sur ce point, et n'a pas introduit d'écart mesurable entre les différents groupes.

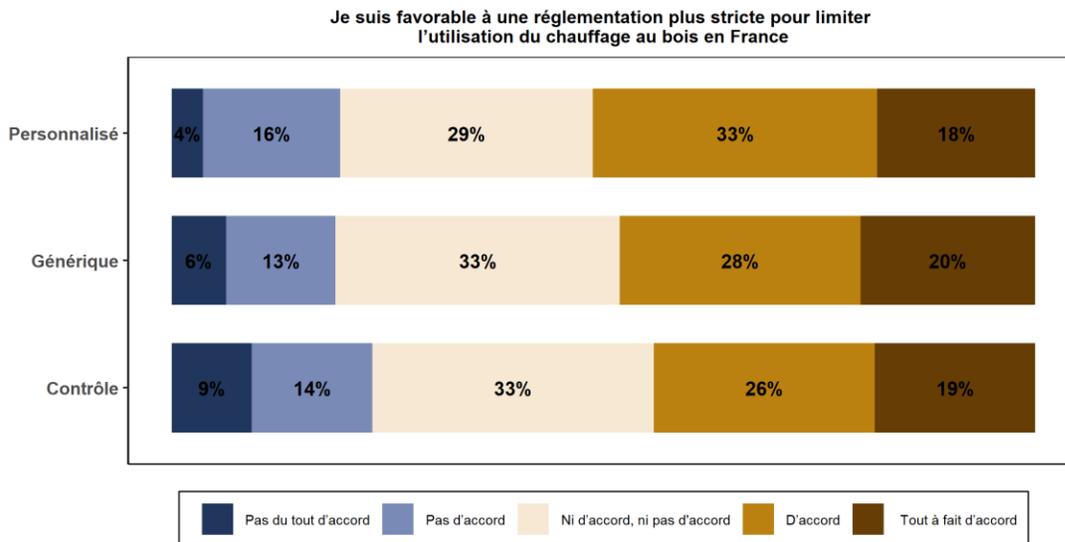
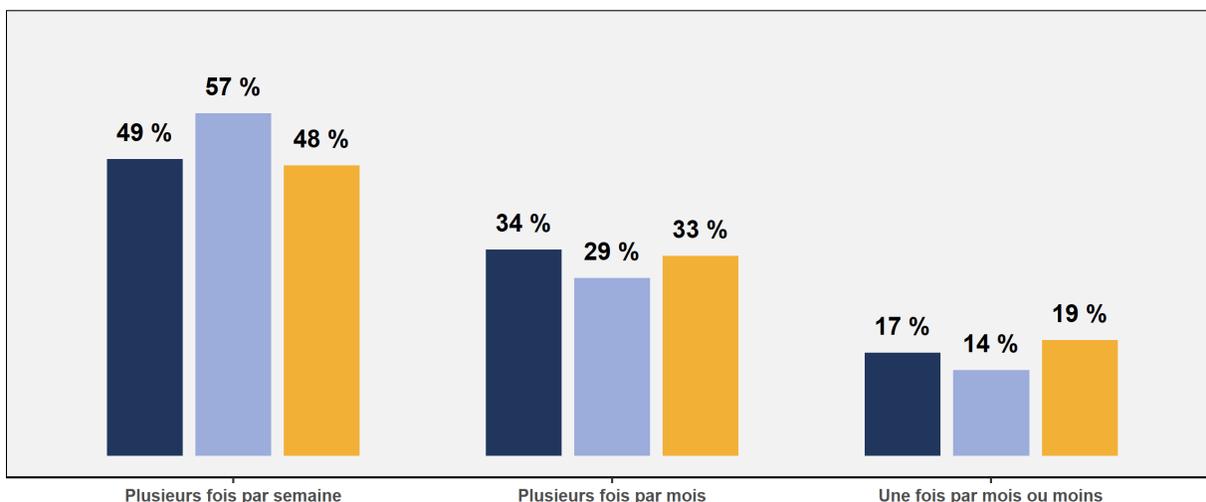


Figure 19 : Attitudes envers une réglementation plus stricte du chauffage au bois en France dans les 3 groupes

En complément des mesures directes, nous avons demandé aux ménages d'estimer directement leur fréquence moyenne d'utilisation du feu de bois.

En moyenne au cours de l'hiver, vous avez allumé votre cheminée :
Avant l'intervention



En moyenne au cours de l'hiver, vous avez allumé votre cheminée :
Après l'intervention

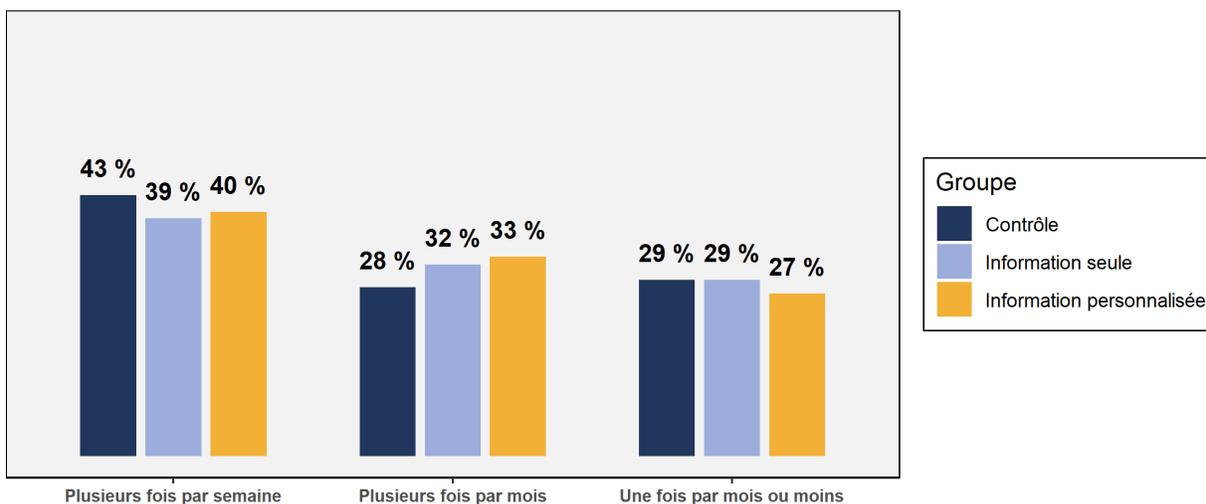


Figure 20 : Fréquence d'utilisation du chauffage au bois au cours de l'hiver déclarée avant et après l'intervention, dans les 3 groupes

Nous observons que tous les groupes déclarent avoir réduit leur utilisation du feu de bois, avec une baisse des réponses « plusieurs fois par semaine » et une augmentation des réponses « une fois par mois ou moins ». Nous ne constatons toutefois pas de différence statistiquement significative entre les trois groupes.

L'intention d'utilisation dans le futur, en revanche, diminue dans les groupes traités ; la part des participants qui déclarent vouloir utiliser le chauffage au bois plusieurs fois par semaine diminue de 27 % pour le groupe personnalisé et de 16 % pour le groupe *Information seule*.

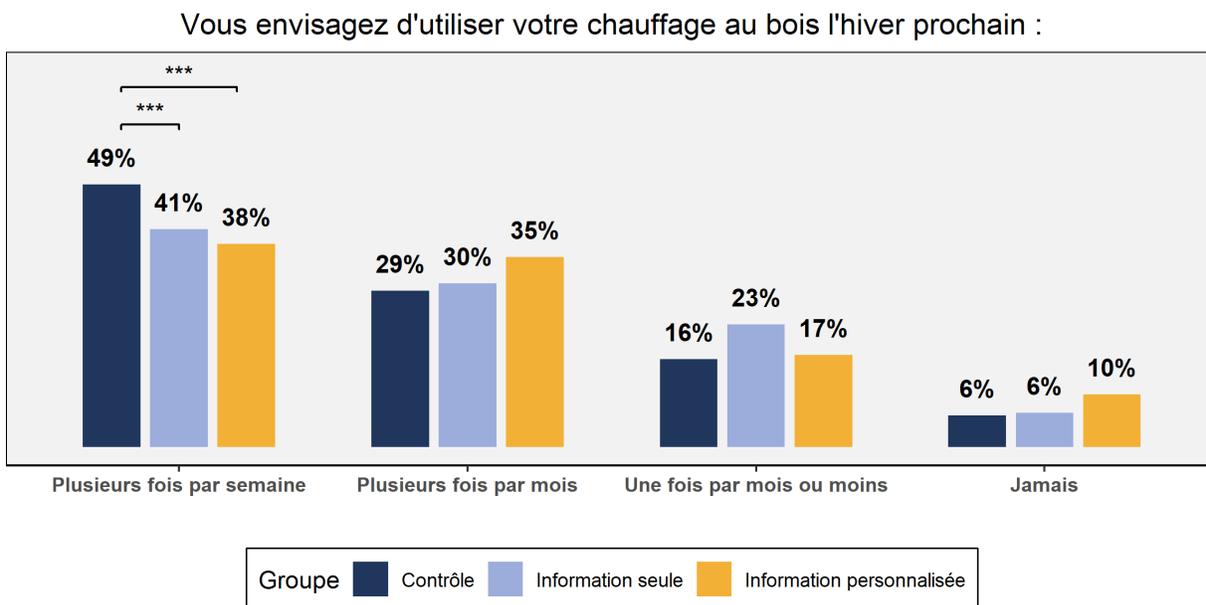


Figure 21 : Fréquence d'utilisation future du chauffage au bois déclarée par les 3 groupes

Note : Une étoile (*) signifie que la différence entre les moyennes pour la semaine concernée est statistiquement significative au seuil de confiance de 90 %, tandis que deux étoiles (**) signifient que la différence est statistiquement significative au seuil de confiance de 95 %

Une base de mesures inédite

À notre connaissance, le dispositif que nous avons déployé est inédit par le nombre de ménages participants, la fréquence et la durée des mesures. Bien que la précision des mesures effectuées soit limitée par la technologie des capteurs utilisés, et que leur comparabilité le soit par un placement des capteurs variable selon les ménages, cette base présente un intérêt majeur pour la connaissance des niveaux d'exposition des ménages. Au-delà des niveaux d'exposition eux-mêmes, elle permet également un couplage avec des éléments socio-démographiques des ménages concernés, ainsi que leurs attitudes et représentations telles que mesurées par les questionnaires.

Par conséquent, nous mettons cette base de données en libre accès sur le portail de données ouvertes de l'État (data.gouv.fr) ainsi que sur le site <https://osf.io/5br8y> sous la Licence Ouverte 2.0 établie par Etalab.

Limites de l'expérimentation

En bref : Bien que conduite dans les règles de l'art, notre expérimentation repose sur un nombre limité de ménages volontaires. Ses résultats doivent donc être confirmés sur des échantillons plus importants et représentatifs. Par ailleurs, la saison de chauffe a été particulièrement douce, limitant le nombre de feux et donc potentiellement les différences mesurables entre groupes.

Un effectif limité et non représentatif

Bien que cette expérimentation ait eu une ampleur inédite dans le domaine, nous avons été limités pour des questions de budget à un échantillon d'environ 300 ménages actifs. Cette taille d'échantillon limite la capacité statistique à mettre en évidence des différences de comportement entre les groupes. Ainsi, le tirage aléatoire a conduit à des écarts, heureusement minimes dans la composition socio-démographique des trois groupes. De tels écarts sont statistiquement inévitables pour de tels effectifs.

Par construction, le placement de capteurs de pollution ne pouvait se faire que chez des ménages volontaires. Notre campagne de recrutement mobilisait un désir de mieux connaître l'exposition à la pollution dans l'air intérieur. Nous avons donc par construction recruté en majorité des ménages déjà sensibilisés aux enjeux de la pollution de l'air – ce qui explique peut-être l'absence d'évolution sur ces questions générales entre le questionnaire initial et le questionnaire final. Nous ne sommes pas en mesure de déterminer de quelle manière ce biais dans le recrutement affecte nos résultats.

D'une part, on peut s'attendre à ce qu'une population sensibilisée aux questions de pollution de l'air réagisse fortement à la réalisation que leur utilisation du chauffage au bois les expose à une telle pollution. L'absence de réaction du groupe *Information seule* indique ainsi que soit cet effet est faible, soit que l'apport d'information ne suffit pas à entraîner un changement immédiat de comportement, même dans une population sensibilisée. Ce biais peut par ailleurs impliquer que la réaction du groupe *Information personnalisée* est plus forte qu'elle ne l'aurait été dans une population moins sensibilisée.

À l'inverse, on peut également penser qu'une population sensibilisée a déjà partiellement réduit les sources de pollution intérieure dont elle avait conscience – y compris un usage initial plus limité du chauffage au bois. Dans ce cas, on pourrait s'attendre à une réduction plus importante de l'usage dans une population initialement moins bien informée. L'effet net sur les comportements est donc ambigu.

Des limitations opérationnelles et techniques

Un hiver doux... donc peu de feux de bois

Le chauffage au bois en France est une activité structurellement saisonnière. L'hiver 2019-2020 a été particulièrement doux. Les ménages ont donc vraisemblablement limité dans tous les groupes leur utilisation du chauffage au bois, ce qui réduit mécaniquement les écarts, même relatifs, entre groupes.

La difficile mesure des comportements

Initialement, nous espérions pouvoir combiner les relevés de concentrations de particules, de température et d'humidité afin d'identifier précisément les phases d'allumage, de réapprovisionnement et d'extinction des feux de bois. Une expérience initiale dans deux foyers suggérait que les profils seraient suffisamment distincts pour qu'un sous échantillon de quelques ménages notant leurs heures d'utilisation suffise à construire des critères d'identification utilisables par un algorithme. À cette fin, nous avons demandé à 7 foyers qui pour des raisons exogènes n'avaient pas pu être inclus dans l'expérience principale de noter leur utilisation du chauffage au bois. Malheureusement, ces ménages n'ont pas rempli de manière fiable et régulière les carnets. Nous avons également demandé à la fin de l'expérience à d'autres ménages de nous indiquer des dates et heures auxquelles ces personnes étaient certaines d'avoir fait du feu. Là aussi, les déclarations présentaient des décalages temporels significatifs avec les pics d'exposition mesurés. Nous n'avons donc pas disposé au final d'un échantillon d'observations confirmées qui aurait permis de déterminer les critères ou d'entraîner un dispositif d'apprentissage automatisé.

En raison de cette limitation, nos résultats portent sur l'exposition d'ensemble aux particules et sur l'usage déclaré du chauffage au bois, plutôt que sur un usage déduit. Il demeure toutefois possible qu'une expérimentation dédiée mettant en regard des mesures comparables et des carnets d'utilisation réguliers puisse isoler de tels critères et donc permettent une exploitation plus fine de notre base de mesures.

Un capteur discret, mais pas invisible

Nous avons délibérément choisi un capteur qui ne restitue pas d'autre information à l'utilisateur que son statut de fonctionnement. Son apparence en fait par ailleurs un objet discret, si on excepte le clignotement de la LED indiquant l'état du capteur. Toutefois, nous ne pouvons complètement exclure que la conscience de la présence du capteur ait eu un effet sur l'ensemble des ménages participants. Un tel effet affectant les trois groupes à la fois, il est difficile d'en connaître l'effet sur les changements de comportement. D'autres expériences pourraient utilement examiner les conséquences éventuelles de la simple présence d'un capteur.

Limites techniques des capteurs

Nous avons couvert les limitations techniques des capteurs ainsi que leurs conséquences dans la section de ce rapport dédié au choix des capteurs. Nous invitons nos lectrices et lecteurs à s'y référer.

Conclusions et recommandations

En bref : Dans cette expérience, la campagne d'information générale sur les dangers sanitaires du chauffage au bois a affecté les intentions mais pas les comportements des ménages. L'ajout de données personnalisées a en revanche induit une modification mesurable des comportements.

Cela suggère que les démarches d'information achoquent sur l'écart entre intentions et actions, et que le prêt temporaire de dispositifs de mesure, avec une restitution directe à l'utilisateur, pourrait aider à combler cet écart. Pour ce faire, des dispositifs plus simples que celui utilisé dans cette expérience pourraient être testés.

L'information personnalisée, un levier efficace

Notre expérimentation montre l'efficacité pour changer les comportements d'usage du feu de bois d'un dispositif comportant :

1. Une information de fond, centrée sur les effets sanitaires des particules et la contribution du chauffage au bois à l'émission de telles particules ;
2. Une restitution individualisée des niveaux d'exposition avec un classement de la personne par rapport à un groupe de référence.

À la lumière de ces résultats, il semble possible d'obtenir des résultats similaires avec un dispositif opérationnel plus léger que celui employé dans le cadre de cette expérimentation. Une généralisation fondée sur ces résultats pourra ainsi :

- Réutiliser tout ou partie des supports d'information que nous avons élaborés pour cette expérience ;
- Utiliser la base de mesures réalisées pour établir une grille de classement des ménages (une forme de score) sans avoir à les faire sur un nouveau groupe de contrôle ;
- Utiliser des capteurs conçus dès le départ pour un usage en air intérieur, et qui restituent directement à l'utilisateur son niveau d'exposition (sur le capteur lui-même ou sur une interface, smartphone ou ordinateur). L'utilisation de tels capteurs aurait comme avantage opérationnel supplémentaire d'alléger une partie des contraintes légales liées à la collecte de données, puisque celles-ci pourraient rester intégralement couvertes par un accord entre le fabricant des capteurs et l'utilisateurs, sans tiers.
- L'obtention d'un effet dès les premières semaines suggère qu'il n'est peut-être pas nécessaire que l'action soit conduite durant l'intégralité de la saison de chauffe. Il serait

donc possible de faire passer les capteurs d'un ménage à l'autre au cours de la saison, démultipliant ainsi le nombre de ménages traités pour un nombre donné de capteurs.

Quelle place pour les grandes campagnes d'information ?

Les campagnes d'information sur les effets du feu de bois menées par des organismes publics ont à ce jour insisté sur des éléments différents – empreinte écologique dans l'air extérieur, contribution à l'air intérieur, etc. Bien que fondée sur le levier qui nous semblait *a priori* le plus puissant en termes comportementaux, celui de l'impact sur la santé des émissions dans l'air intérieur, notre campagne ne semble pas avoir fait significativement évoluer les comportements d'utilisation des ménages. Ce résultat négatif ne constitue toutefois pas un verdict d'inefficacité des campagnes d'information. Nous montrons en effet que notre campagne a fait évoluer l'image que les ménages ont du feu de bois, ancrant la position de celui-ci comme un facteur majeur de pollution de l'air intérieur. La poursuite de campagnes de ce type peut ainsi aider à ce qu'une meilleure compréhension du feu de bois se diffuse progressivement dans la société, abaissant la barrière de scepticisme que nous soulignons dans notre diagnostic, et donc ouvrant la porte à des changements de comportement de plus grande ampleur et non mesurables dans notre expérience – par exemple dans le choix du mode de chauffage lors d'une nouvelle construction ou d'une rénovation.

De manière plus prospective, l'écart entre le groupe ayant reçu uniquement de l'information et celui ayant reçu en plus une information personnalisée se joue dans les comportements, alors que les deux groupes ont évolué dans leurs représentations. Ce constat suggère qu'une limite des campagnes d'information se trouve dans l'écart entre l'intention et l'action. Par conséquent, il serait intéressant de tester d'autres dispositifs que les capteurs qui seraient susceptibles d'agir précisément à ce point, en favorisant le passage à l'action une fois la représentation mise à jour.

La question du recrutement

Notre campagne de recrutement a montré qu'il existe un véritable intérêt pour les questions de pollution de l'air intérieur, y compris lorsqu'il s'agit comme ici d'installer chez soi un capteur de pollution sans contrepartie particulière. Il semble donc possible de conduire des études et expérimentations d'assez grande ampleur sur ce thème. Il serait vraisemblablement possible d'entrer en contact avec un nombre beaucoup plus important de volontaires dans le cadre d'expérimentations atteignant plus directement et massivement les citoyens, par exemple *via* des appels dans les écoles. À ce titre, l'implication directe des collectivités locales constitue un élément-clef pour le recrutement. Nous n'avons malheureusement pas pu obtenir un tel engagement, les sujets d'environnement étant jugés trop sensibles à quelques mois des élections municipales.

Dispositif logistique et d'accompagnement

Afin de contrôler finement l'information restituée aux participants, nous avons choisi un capteur requérant un niveau minimal de manipulation de la part des participants. En théorie, et ce fut le cas pour la majorité des ménages, il suffisait de brancher le capteur sur une prise de courant standard. Cependant, les imperfections de couverture du réseau 2G ainsi que les dysfonctionnements de certains capteurs ont imposé un suivi important sur une fraction des ménages. Il a selon les cas fallu leur demander de débrancher et rebrancher ailleurs leurs capteurs afin de faire une mise à jour, voire de ré-expédier les capteurs. Les capteurs eux-mêmes ont été expédiés *via* La Poste sur un service Colissimo. Les ménages étaient invités à conserver l'emballage d'expédition pour le retour du capteur, pour lequel nous leur avons transmis un bordereau pré-payé. Par ailleurs, nous avons systématiquement téléphoné aux ménages volontaires afin de leur faire confirmer leurs coordonnées ainsi que leur consentement à participer à l'étude.

En pratique, nous avons mobilisé deux personnes pendant trois mois (deux temps plein) sur la préparation de l'expédition, le support des ménages et les expéditions et retours. Sur la phase logistique elle-même, les collectivités disposent de services et de compétences spécialisés qui seront plus efficaces en la matière. La présence d'un support technique disponible et compétent apparaît toutefois critique pour que les équipements proposés soient correctement installés et utilisés. La charge humaine est ainsi concentrée dans la phase initiale de recrutement des volontaires et d'expédition des capteurs, puis dans la phase de retour des capteurs.

Nos résultats montrant un rôle essentiel de l'information restituée directement à l'utilisateur, une généralisation pourra se faire avec un équipement technique différent. Ainsi, il sera possible d'utiliser des capteurs conçus pour le grand public et reposant sur une connexion avec le smartphone des participants. On pourra ainsi impliquer plus directement les personnes dans l'acte de mesure, et s'appuyer pour le support technique sur les ressources du fabricant des capteurs.

En termes de ressources humaines, nous recommandons de dédier des personnes à plein temps dans les phases initiales et finales, sur des fonctions de logistique et de support technique. Par ailleurs, une personne de référence doit pouvoir être sollicitée ponctuellement pour le temps de l'expérience afin d'orienter les participants vers des ressources (supports de l'ADEME, etc.) en réponse à des questions de fond concernant la pollution de l'air intérieur.

Annexes

Annexes techniques

Annexe 1

Caractéristiques socio-démographiques des groupes

	Contrôle N=94	Information seule N=93	Information Personnalisée N=94
Age Moyenne (écart type)	47.9 (11.5)	48.1 (11.4)	51.1 (12.1)
Niveau d'éducation :			
Niveau baccalauréat ou moins	17%	10%	14%
Diplôme de niveau bac + 2 à + 4	34%	43%	41%
Diplôme de niveau bac + 5 ou plus	46%	46%	45%
Pas de réponse	3%	1%	0%
Niveau de revenu mensuel :			
Moins de 3 400	19%	16%	23%
3400 à 5000	39%	34%	39%
Plus de 5 000	30%	38%	30%
Pas de réponse	12%	12%	7%
Taille du ménage Moyenne (écart type)	3.4 (1.4)	3.3 (1.2)	3.2 (1.3)

Annexe 2

Utilisation du chauffage au bois par groupes

	Contrôle N=94	Information seule N=93	Information Personnalisée N=94
Fréquence d'utilisation :			
Plusieurs fois par semaine	49%	56%	48%
Plusieurs fois par mois	34%	29%	33%
Une fois par mois ou moins	17%	14%	19%
Type d'équipement:			
Insert ou une cheminée à foyer fermé	49%	32%	39%
Poêle à bois	24%	31%	32%
Poêle/chaudière à granulés	6%	3%	5%
cheminée à foyer ouvert	18%	31%	18%
Autre	3%	3%	6%

Annexe 3

Approche économétrique et résultats

L'impact a été estimé en effectuant la régression suivante :

$$Y_{i,j,post} = \alpha + \beta T_{1,i} + \gamma T_{2,i} + \theta_j + \varepsilon_{i,j} \quad (1)$$

$Y_{i,j,post}$ représente la mesure de pollution intérieure (moyenne de PM2.5) pour le ménage i dans la strate (triplet comparable) j , de la période post-première intervention. T_1 est une variable binaire prenant la valeur 0 si l'individu est dans le groupe *contrôle* ou le groupe *information seule* et 1 dans le cas où l'individu est dans le groupe *information personnalisée*. T_2 est une variable binaire prenant la valeur 0 si l'individu est dans le groupe témoin ou le groupe personnalisé et 1 dans le cas où l'individu est dans le groupe générique. θ_j désigne un vecteur d'effets fixes de strate qui permet de comparer les résultats au sein des triplets comparables créés lors de la randomisation. $\varepsilon_{i,j}$ est le terme d'erreur.

Le terme β reflète alors l'effet du traitement *information personnalisée*, tandis que le terme γ correspond à l'effet du traitement *information seule*. Les termes d'erreur sont robustes afin de corriger l'hétéroscédasticité.

Pour pouvoir mesurer l'impact hebdomadaire, la régression suivante a été utilisée :

$$Y_{i,j,w} = \alpha + \sum_{w=1}^T \beta_w W_w * T_{1,i} + \gamma_w W_w * T_{2,i} + \theta_j + \varepsilon_{i,j} \quad (2)$$

$Y_{i,j,w}$ représente la mesure de pollution intérieure (moyenne de PM2.5) pour le ménage i dans la strate (triplet comparable) j , durant la semaine w . W_w est une variable binaire prenant la valeur 1 dans la semaine w . Les autres variables du modèle sont définies comme précédemment (équation 1). Le terme β_w reflète alors l'effet du traitement *information personnalisée* durant la semaine w , tandis que le terme γ_w correspond à l'effet du traitement *information seule* durant la semaine w .

Tableau 1 : Résultat des régression (1) et (2)

Moyenne PM2.5								
Coefficient (écart type)								
	Total période post- traitement	Semaine -2	Semaine - 1	Semaine 0	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Information seule (γ)	-0.312 (0.559)	-0.456 (0.872)	0.242 (0.610)	0.465 (0.621)	0.431 (0.552)	0.195 (0.707)	-0.867 (0.642)	-0.182 (0.573)
Information personnalisée (β)	-1.333** (0.555)	0.875 (1.045)	-0.125 (0.609)	-0.334 (0.604)	-0.126 (0.552)	-1.034* (0.577)	-1.630** (0.674)	-0.806 (0.634)

Moyenne PM2.5							
Coefficient (écart type)							
	Semaine 5	Semaine 6	Semaine 7	Semaine 8	Semaine 9	Semaine 10	Semaine 11
Information seule (γ)	-0.870 (0.800)	-0.054 (0.652)	-0.852 (0.814)	-0.803 (0.803)	0.103 (0.924)	0.021 (1.118)	-0.674 (0.989)
Information personnalisée (β)	-2.154** (0.840)	-1.200** (0.575)	-1.449* (0.789)	-1.730** (0.877)	-1.418 (0.882)	-2.445** (1.027)	-2.080** (0.968)

Notes: (*)= valeur $p < 0.1$; (**)= valeur $p < 0.05$

Kit de communication

Nous présentons ici l'intégralité des visuels produits. Ceux-ci sont disponibles en format PDF ainsi qu'au format Adobe Illustrator, qui permet d'en reprendre des éléments. Pour certains visuels, nous avons reproduit avec leur aimable autorisation des supports produits par l'ADEME ou la DRIEE Île-de-France.

Visuels et mise en page par Marion Tessier (Noneti).



QUEL AIR RESPIREZ-VOUS?

L'air que vous respirez chez vous est-il de bonne qualité? Nous vous proposons de participer à une étude scientifique avec des micro capteurs de pollution pour le découvrir!

Rendez-vous sur: monair-idf.fr



NOUS PASSONS 80%
DE NOTRE TEMPS À L'INTERIEUR,
OÙ L'AIR EST 2 À 5 FOIS PLUS POLLUÉ QU'À
L'EXTÉRIEUR.



**CONNAISSEZ VOUS LES PRINCIPALES
SOURCES DE POLLUTION DE VOTRE AIR ?**

www.monair-idf.fr

LES PRINCIPAUX POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR SONT DES :

POLLUANTS CHIMIQUES :

composés organiques volatils (COV) ou semi-volatils, oxydes d'azote (NOx), monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), etc.

BIO CONTAMINANTS :

moisissures et leurs dérivés, allergènes d'acariens, d'animaux domestiques et de blattes, pollens, etc.

POLLUANTS PHYSIQUES :

radon, particules fines, fibres...

PARTICULES FINES ET FIBRES :

amiante, fibres minérales artificielles, particules inertes, etc. La concentration de particules fines est l'indicateur le plus souvent utilisé pour quantifier la pollution de l'air.

Source: Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur.

Toutes ces pollutions ne se valent pas ! Les particules fines (nommées PM) affectent **plus de personnes que n'importe quel autre polluant.** SOURCE: OMS

DANS L'AIR INTÉRIEUR LES PARTICULES FINES SONT ESSENTIELLEMENT ÉMISES PAR LES ACTIVITÉS DE COMBUSTION.

CHAUFFAGE AU BOIS



Le chauffage au bois contribue de façon importante à la pollution extérieure, et c'est aussi la principale source de pollution de l'air intérieur aux particules fines. Le chauffage au bois peut émettre des gaz toxiques pour la santé en cas de combustion incomplète.

CUISSON DES ALIMENTS



La cuisson de la graisse animale émet des hydrocarbures aromatiques polycycliques. La cuisson des aliments en général émet des particules fines.



LES PM, QU'EST-CE QUE C'EST ? Les PM sont des éléments de petite taille en suspension dans l'air, de nature très variée : pollens, poussières naturelles, spores, allergènes, produits de combustion... Elles peuvent aussi être le support de polluants, de virus et de bactéries. Leurs effets (rhumes, problèmes respiratoires, cancers...) dépendent de leur taille et de leur composition. Votre capteur mesure les PM2.5, c'est à dire les PM dont le diamètre est inférieur ou égal à 2,5 µm. Ces particules sont très nocives pour la santé

ENCENS, BOUGIES, LAMPES BERGER

Leur combustion dégage de nombreux polluants (COV, formaldéhyde, hydrocarbure aromatiques polycycliques) et augmente beaucoup la concentrations de particules fines dans l'air intérieur.



TABAGISME



Les cigarettes contiennent toutes sortes de polluants chimiques. La fumée du tabac émet également des grandes quantités de particules fines.

ACTIVITÉS DOMESTIQUES



Certaines activités domestiques non liées à la combustion, ont aussi un impact sur le niveau de particules fines (spray désodorisant, aspirateur, sèche-cheveux, etc.). Mais cet impact est plus faible.

AIR EXTÉRIEUR



Quand ces principaux polluants ne sont pas actifs, la pollution de l'air intérieur devient proche de celle de l'air extérieur, qui est 2 à 5 fois moins pollué que l'air intérieur.

LES BONS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



BONNES PRATIQUES



CHAUFFAGE

LIMITEZ L'USAGE DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS (POÊLE, CHEMINÉE, ETC.).



TABAC

NE PAS FUMER À L'INTÉRIEUR, MÊME AVEC LES FENÊTRES OUVERTES.



CUISSON

METTEZ UN COUVERCLE SUR LES CASSEROLLES LORSQUE VOUS CUISEZ, ET ALLUMEZ UNE HOTTE ASPIRANTE.



BOUGIES, ENCENS

LIMITEZ LES BOUGIES ET L'ENCENS. IL EST INDISPENSABLE D'AÉRER APRÈS LEUR UTILISATION.
Néanmoins les niveaux de polluants volatils émis par les bougies sont plus faibles que ceux relevés pour les encens.



VENTILATION

ENTRETENEZ BIEN LES SYSTÈMES DE VENTILATION.



AÉRATION

AÉREZ AU MOINS 10 MINUTES PAR JOUR, MÊME EN HIVER.

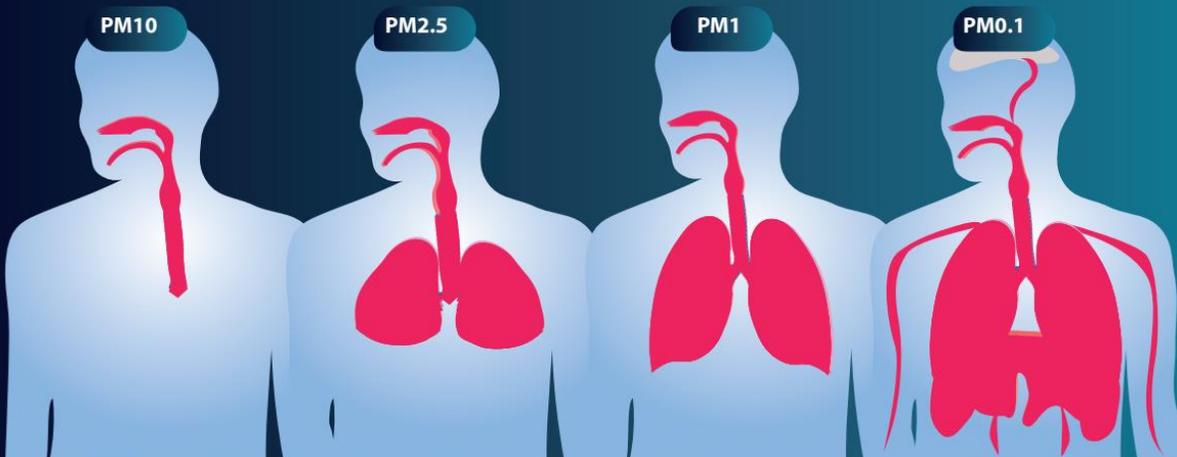


POUSSIÈRE

FAITES RÉGULIÈREMENT LA POUSSIÈRE.



LES PARTICULES FINES (PM) NUISENT À VOTRE SANTÉ



LES PM10
pénètrent dans l'appareil respiratoire

LES PM2.5
atteignent les poumons

LES PM1
pénètrent dans les alvéoles pulmonaires

LES PM0.1
passent dans le sang et atteignent tous les organes, dont le cerveau

LA POLLUTION DE L'AIR INTÉRIEUR EN FRANCE, C'EST
16 000 DÉCÈS PRÉMATURÉS PAR AN

Source : ANSES

www.monair-idf.fr

LA POLLUTION DE L'AIR : QUELS EFFETS SUR LA SANTÉ ?

LA POLLUTION DE L'AIR INTÉRIEUR PEUT AVOIR DES EFFETS IMMÉDIATS OU À LONG TERME. CES EFFETS DÉPENDENT DE PLUSIEURS FACTEURS :

Taille des particules : plus les particules sont petites, plus elles sont dangereuses.

Age et état de santé : les enfants, les personnes âgées et les personnes en mauvaise santé sont plus vulnérables.

Durée d'exposition : l'exposition à une pollution chronique aux PM2.5, même à un niveau très faible peut avoir un impact encore plus négatif sur la santé que les pics de PM2.5.

YEUX, NEZ, GORGE

Irritations, difficultés respiratoires, allergies...



COEUR ET SANG



Accidents vasculaires cérébraux (AVC), troubles cardiaques, hypertension, augmentation de la coagulabilité, formation de caillots...

Les particules fines, notamment les PM2.5, sont la principale source de pollution de l'air intérieur. En France, les particules fines sont responsables de **66% des décès prématurés** liés à la pollution de l'air intérieur.

SOURCE: Observatoire de la Qualité de l'Air

La pollution de l'air est le **plus grand risque sanitaire environnemental** en Europe !

SOURCE: OMS



CERVEAU



Maux de tête, anxiété, maladies neurodégénératives (par ex., maladie d'Alzheimer), performances cognitives diminuées, développement intellectuel de l'enfant ralenti...

POUMONS



Irritations, inflammations, réduction des capacités respiratoires, broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), asthme, cancer...

SYSTÈME REPRODUCTEUR

Troubles de la fertilité, fausses couches, naissance prématurée, petit poids de naissance...



EFFETS GLOBAUX



Dégradation des défenses de l'organisme aux infections microbiennes, retard de croissance chez les enfants très exposés...

LES BONNS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



SUR L'AIR INTÉRIEUR, C'EST VOUS QUI AVEZ LA MAIN !



AÉRATION

Aérez au moins 10 minutes par jour, même en hiver.



CHAUFFAGE

Limitez l'usage des appareils de chauffage au bois (poêle, cheminée, etc.).



VENTILATION

Entretenez bien les systèmes de ventilation.



TABAC

Ne fumez pas à l'intérieur, même avec les fenêtres ouvertes.



CUISSON

Mettez un couvercle sur les casseroles lorsque vous cuisinez et allumez une hotte.



POLLUANTS

Limitez les bougies et l'encens. Il est indispensable d'aérer après leur utilisation.



POUSSIÈRE

Faites régulièrement la poussière.



LES PARTICULES FINES
ON NE LES VOIT PAS,
MAIS ELLES SONT LÀ !



www.monair-idf.fr

LE CHAUFFAGE AU BOIS : UNE MENACE INVISIBLE ?

LES PARTICULES FINES SONT PRÉSENTES DANS **TOUTES LES FUMÉES** :

Les Français sont très informés des risques associés à la fumée de cigarette et aux gaz d'échappement, mais ils sont moins informés des **risques associés à la fumée du chauffage au bois**. Pourtant, les scientifiques pensent aujourd'hui que les particules fines sont **toutes toxiques**, quelle que soit leur origine et leur composition. Pourquoi ? Parce qu'elles contiennent des substances nocives et en raison de leur très petite taille, elles peuvent s'infiltrer dans tout le corps. (Source : OMS)

AIR INTÉRIEUR

La concentration intérieure de particules fines est plus élevée dans les logements équipés d'un chauffage au bois que dans la moyenne des logements français.

(Source : ~~ADEME~~)*



ÉQUIPEMENT



Parmi les différents équipements de chauffage au bois, les cheminées ouvertes sont les plus polluantes. Mais tous les équipements, même récents, polluent l'air intérieur. Les tests de performance permettant d'attribuer les labels sous-estiment les émissions parce qu'ils sont réalisés en conditions idéales de laboratoire et non en conditions réelles.

(Source : Ineris, CSTB)

Si vous sentez l'odeur du feu de bois, c'est que vous êtes en train d'inhaler les polluants émis par la fumée. Mais au fait, d'où vient l'odeur du feu ?

Réponse : du benzène, un composé cancérigène émis par la combustion du bois.



SANTÉ

Le chauffage au bois nuit à la santé des usagers. A long terme, cela peut causer des maladies cardiaques et pulmonaires. A court terme, cela peut aggraver l'asthme et provoquer des troubles respiratoires. (Source : OMS)

POLLUANTS

Dans l'air intérieur, le chauffage au bois émet un cocktail de 200 substances cancérigènes et suffocantes comme le monoxyde de carbone, le benzène, les HAP et les particules fines.

(Source : Ineris).



MORTALITÉ



La pollution provenant du chauffage au bois des particuliers est à l'origine d'environ 60 000 décès prématurés chaque année en Europe. (Source : OMS)

COÛTS

Les effets néfastes de cette pollution sur la santé entraînent des coûts estimés à près de 75 milliards d'euros par an en Europe. (Source : Agence européenne pour l'environnement)



* Nous avons par erreur indiqué l'ADEME comme source de cette information. Il s'agit d'une interprétation par l'équipe projet du rapport d'étude INERIS n°DRC-08-70801-15219 (page 120 et 121).

LES BONS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



LIMITEZ AU MAXIMUM LE CHAUFFAGE AU BOIS. SI VOUS UTILISEZ CE MODE DE CHAUFFAGE, VOS ÉMISSIONS PEUVENT ÊTRE RÉDUITES PAR DES ACTIONS SIMPLES :



ALLUMAGE

Démarrez votre feu sans papier journal et par le haut.



UN BOIS SEC

Brûlez uniquement des bûches bien sèches (moins de 20 % d'humidité), et rien d'autre.



ENTRETIEN

Faites entretenir votre équipement chaque année par un professionnel.



LAISSEZ LE FEU DÉMARRER

Attendez 30 minutes après l'allumage avant de réduire le tirage.



SURVEILLEZ LE TIRAGE

Si la vitre se noircit, vos poumons aussi: augmentez le tirage.

ALLUMEZ PAR LE HAUT :

Contrairement à ce que l'on croit, il vaut mieux allumer le feu par le haut ! Lorsqu'un feu prend par le bas, les grosses bûches du dessus sont chauffées sans brûler et dégagent des particules nocives. Quand on allume par le haut, ces particules brûlent.

1 - Ouvrez toutes les arrivées d'air de l'appareil.

2 - Empilez les bûches, celles du plus petit diamètre en haut. Ne surchargez pas



3 - Placez des petits morceaux de résineux secs et un cube d'allumage (sans produit pétrolier) sur le dessus.

4- Allumez le cube et fermez la porte.

5 - Baissez les apports d'air au bout de 30 à 40 minutes si votre foyer était froid à l'allumage et au bout de 10 minutes si le foyer était chaud.

TOUTES LES FUMÉES TUENT



La fumée de bois (non filtrée) nuit gravement à votre santé et à celle de votre entourage

www.monair-idf.fr

LA FUMÉE DE FEU DE BOIS : PIRE QUE LA FUMÉE DE TABAC ?

LES PARTICULES FINES SONT PRÉSENTES DANS **TOUTES LES FUMÉES** :

Les particules fines sont présentes dans toutes les fumées : le feu de bois, la fumée de cigarette, les gaz d'échappement, la fumée de barbecue, etc. Les fumées de feu de bois respirées dans un espace fermé provoquent des effets sanitaires comparables au **tabagisme passif**.



La fumée de bois contient plus de 100 substances toxiques et cancérigènes également contenues dans la fumée de cigarette, telles que les particules fines, le monoxyde de carbone, le formaldéhyde, le benzène, le toluène, la dioxine, les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).



La fumée de bois produit beaucoup plus de particules fines (PM2.5) que la fumée de cigarette. Par exemple, brûler 1 kg de bois produit autant de PM2.5 que 225 cigarettes.



Un feu qui brûle pendant une heure génère 4 300 fois plus de HAP dans l'air qu'un paquet de cigarettes. Les HAP sont cancérigènes.



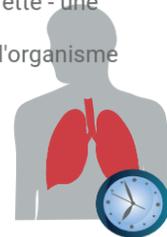
Le risque de cancer lié à la fumée de bois est 12 fois plus élevé que pour une quantité similaire de fumée de cigarette.

Si vous êtes fumeur

Les études scientifiques montrent que respirer de la fumée de bois réduit votre fonction pulmonaire encore davantage et augmente votre risque de développer des maladies liées au tabagisme telles que la bronchite chronique et la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO)



Pourquoi? Parce que les radicaux libres dangereux présents dans la fumée de bois sont chimiquement actifs 40 fois plus longtemps que ceux de la fumée de cigarette - une fois inhalés, ils sont donc nocifs pour l'organisme pendant une durée plus longue.



LES BONS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



LIMITEZ AU MAXIMUM LE CHAUFFAGE AU BOIS. SI VOUS UTILISEZ CE MODE DE CHAUFFAGE, VOS ÉMISSIONS PEUVENT ÊTRE RÉDUITES PAR DES ACTIONS SIMPLES :



ALLUMAGE

Démarrez votre feu sans papier journal et par le haut.



Les émissions de particules d'un feu dépendent beaucoup du bois utilisé. Pour votre santé, n'utilisez que du bois **de chauffage de bonne qualité**



UN BOIS SEC

Brûlez uniquement des bûches bien sèches (moins de 20 % d'humidité), et rien d'autre.

1 - Jamais de bois peint, souillé ou verni : ils dégagent des substances très toxiques !

2 - Ne brûlez que des bûches sèches : pas plus de 20% d'humidité, elles résonnent quand on les cogne, émettent des flammes bleues quand elles brûlent.



ENTRETIEN

Faites entretenir votre équipement chaque année par un professionnel.

4- Fendez votre bois et stockez-le dans un espace adapté.

5 - Privilégiez les bois certifiés. Les bois PEFC et FSC proviennent de forêts gérées durablement.



LAISSEZ LE FEU DÉMARRER

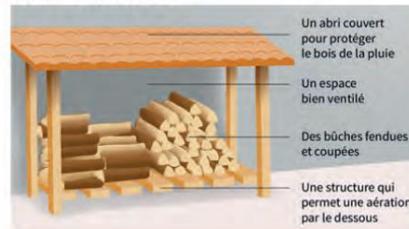
Attendez 30 minutes après l'allumage avant de réduire le tirage.



SURVEILLEZ LE TIRAGE

Si la vitre se noircit, vos poumons aussi: augmentez le tirage.

UN ABRI BIEN VENTILÉ ET AÉRÉ



Source: ADEME, *le chauffage au bois : mode d'emploi*, 2018, p.7

TOUTES LES FUMÉES TUENT

Équivalence en PM2.5 :

1
Équipement de chauffage performant

=

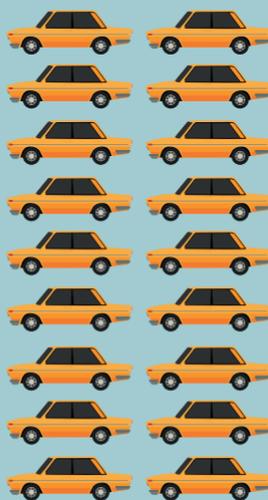
18
Voitures diesel

=

6
Poids lourds diesel



Un poêle 5Kw - Directive européenne écho design 2022 = 3,1g/h de PM2,5*



Une voiture standard Euro 5/6 à 33 km/h 5Kw = 0,17g/h de PM2,5*



Un véhicule moderne standard 6 à 33 Km/h = 0,5g/h de PM2,5*

*Estimations basées sur des tests standardisés. L'émission réelle est susceptible de varier.

Source : Groupe d'Experts sur la Qualité de l'Air (AQEG, Royaume-Uni), 2017

www.monair-idf.fr

LA FUMÉE DE FEU DE BOIS : PIRE QUE LES VOITURES ?

Les particules fines sont présentes dans **toutes les fumées** : le feu de bois, la fumée de cigarette, les gaz d'échappement, la fumée de barbecue, etc.

Le chauffage au bois représente 42% des émissions de PM2,5 sur une année en Ile-de-France soit plus que les émissions de l'ensemble du trafic routier (30%) (Airparif, 2015).



Une année de chauffage au bois par une cheminée ou un poêle ancien émet autant de PM10 qu'une voiture diesel récente qui parcourt 1.2 millions de km, soit plus de 30 fois le tour de la Terre (6 tours pour un poêle performant) !



Plus de la moitié des émissions de chauffage au bois proviennent de cheminées **d'agrément**.



Polluant	Voiture diesel	Cigarette	Feu de bois
Particules fines	✓	✓	✓
Benzène (classé par le CIRC comme cancérogène avéré pour l'homme)	✓	✓	✓
Dioxine (classé par le CIRC comme cancérogène avéré pour l'homme)	✓	✓	✓
Formaldéhyde (classé par le CIRC comme cancérogène avéré pour l'homme)	✓	✓	✓
Plomb (Élément toxique pour les humains)	✓	✓	✓
Méthane (Gaz à effet de serre)	✓		✓
Dioxyde d'azote (gaz toxique-irritant, inflammations, oxydant)	✓	✓	✓
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (cancérogènes puissants, neurotoxiques)	✓	✓	✓

"La fumée de bois est naturelle, elle est donc inoffensive!" **FAUX !** Les effets négatifs de la fumée de la combustion de bois sur une multitude de problèmes de santé des usagers sont maintenant documentés dans des centaines d'études scientifiques.



LES BONS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



LIMITEZ AU MAXIMUM LE CHAUFFAGE AU BOIS. SI VOUS UTILISEZ CE MODE DE CHAUFFAGE, VOS ÉMISSIONS PEUVENT ÊTRE RÉDUITES PAR DES ACTIONS SIMPLES :



ALLUMAGE

Démarrez votre feu sans papier journal et par le haut

UN BOIS SEC



Brûlez uniquement des bûches bien sèches (moins de 20 % d'humidité), et rien d'autre (pas de journaux, de boîtes d'oeufs, de cagettes, etc.)



ENTRETIEN

Faites entretenir votre équipement chaque année par un professionnel



LAISSEZ LE FEU DÉMARRER

Attendez 30 minutes après l'allumage avant de réduire le tirage.

1- La vitre d'un appareil récent ne doit pas s'encrasser. Si elle s'encrasse, il y a un problème de tirage ou d'installation

2- À l'allumage, fermez le foyer et ouvrez toutes les clefs d'entrée d'air

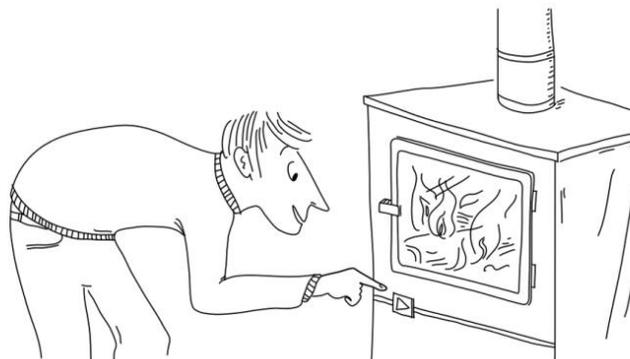
3- Si votre bois brûle mal, fume ou que la vitre s'encrasse, augmentez le tirage

4- Si votre vitre s'encrasse alors que le tirage est au maximum, vérifiez que le conduit est étanche, et que vos VMC ou une fenêtre ouverte ne contrarient pas le tirage

5- Si les flammes sont aspirées par le conduit, réduisez le tirage



Avec la qualité du bois, le tirage est le principal élément de contrôle sur un insert ou un poêle. Apprenez à bien le gérer !



Source: ADEME, le chauffage au bois : mode d'emploi, 2018, p.7

ET SI ON ARRÊTAIT DE
FUMER À L'INTÉRIEUR ?



LES ENFANTS, PREMIÈRES VICTIMES DE LA POLLUTION DE L'AIR

Les enfants, les personnes âgées et les personnes avec des maladies respiratoires ou cardiaques sont particulièrement sensibles aux effets nocifs des particules fines.

Les enfants sont plus sensibles à la fumée et aux particules fines pour **plusieurs raisons** :

- Leur système respiratoire est encore en développement.
- Ils absorbent plus de polluants parce qu'ils respirent plus rapidement que les adultes et ils respirent par leur bouche, ce qui limite l'effet de filtrage du nez.
- Rapportée à leur poids, la dose d'exposition aux particules fines est plus importante chez l'enfant que chez l'adulte.

Les effets néfastes de la fumée de bois et des particules PM2.5 sur la santé des enfants et des nourrissons :

Augmentation du risque d'autisme, des troubles des apprentissages, des retards du développement mental et moteur, et des troubles du comportement.



Risque accru de faible poids à la naissance, de naissance prématurée, et de leucémie lymphoblastique.

Risque accru de développer de l'asthme, un retard de développement des poumons, une réduction de la fonction pulmonaire, des bronchiolites, pneumonies, bronchites, ou des symptômes respiratoires graves. Le risque de développer un cancer du poumon est également plus élevé, ainsi que des infections aiguës des voies respiratoires, notamment la grippe et les infections de la gorge.

Risque accru de cardiopathies, de diabète et d'AVC à l'âge adulte.

« A cause de la pollution de l'air, on fabrique des enfants avec des maladies chroniques. Elle ne fait pas qu'aggraver des maladies préexistantes, mais les génère. »

Pr Jocelyne Just, pneumo-allergo-pédiatre.

LES BONS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



LIMITEZ AU MAXIMUM LE CHAUFFAGE AU BOIS. SI VOUS UTILISEZ CE MODE DE CHAUFFAGE, VOS ÉMISSIONS PEUVENT ÊTRE RÉDUITES PAR DES ACTIONS SIMPLES :



ALLUMAGE

Démarrez votre feu sans papier journal et par le haut



UN BON BOIS

Brûlez uniquement des bûches bien sèches (moins de 20 % d'humidité), et rien d'autre (pas de journaux, de boîtes d'oeufs, de cagettes, etc.)



ENTRETENEZ

Faites entretenir votre équipement chaque année par un professionnel



LAISSEZ LE FEU DÉMARRER

Attendez 30 minutes après l'allumage avant de réduire le tirage.



SURVEILLEZ LE TIRAGE

Si la vitre s'encrasse, vos poumons aussi : augmentez le tirage



Un appareil de chauffage bien entretenu émet beaucoup moins de particules, et vous chauffe beaucoup plus efficacement. Ne négligez pas l'entretien !

1 - Videz fréquemment les cendres : Votre appareil fonctionnera mieux, et vous n'aurez pas de cendres qui volent jusqu'à vos poumons !

2 - Nettoyez régulièrement la vitre de votre insert ou de votre poêle. Astuce : une chiffon humide et de la cendre fine sont aussi efficaces que les produits du commerce et ne détériorent pas le film d'étanchéité de la vitre.

3 - Si votre bois brûle mal, fume ou que la vitre s'encrasse, augmentez le tirage.

4 - Faites ramoner votre conduit !

Il est obligatoire de faire ramoner le conduit au moins une fois par an.

Vous éviterez les incendies, et gagnerez en efficacité : 1 mm de suie dans le conduit augmente de 10 % votre consommation de bois.



www.monair-idf.fr

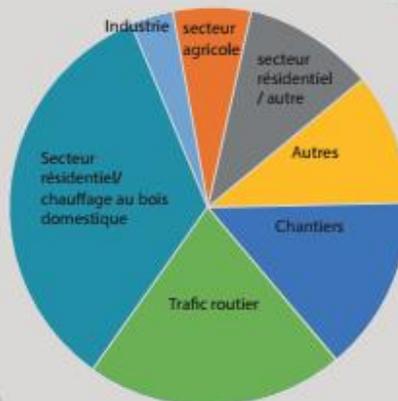
LE CHAUFFAGE AU BOIS
ÉMET PLUS DE PM2.5
QUE LE TRAFFIC ROUTIER



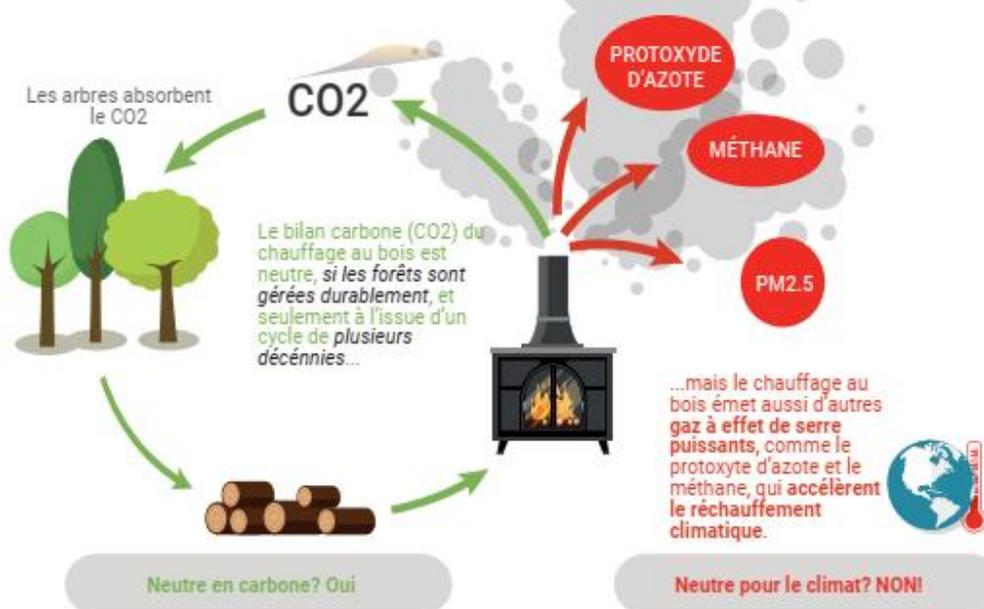
www.monair.fr

LE CHAUFFAGE AU BOIS, UNE SOURCE DE POLLUTION

- Le chauffage au bois représente 42% des émissions de PM2,5 sur une année en Ile-de-France soit plus que les émissions de l'ensemble du trafic routier (30%).
- Plus de la moitié des émissions de chauffage au bois proviennent de **cheminées d'agrément** (Airparif, 2015).



“LE CHAUFFAGE AU BOIS :
C’EST NEUTRE POUR LE CLIMAT ?”
PAS SI SIMPLE !



Réduire les émissions liées au chauffage domestique peut donc avoir des effets positifs direct sur la santé mais aussi court terme sur le climat et ainsi ralentir le réchauffement (Source: Observatoire National de santé, 2018).



LES BONS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



- Le geste le plus efficace, c'est l'arrêt des activités qui polluent le plus votre air intérieur.
- Tous les types de chauffage au bois ont un impact sur la qualité de l'air intérieur.
- Mais certains chauffages sont pires que d'autres !
- Les cheminées ouvertes utilisées comme chauffage principal émettent 30 fois plus de particules fines que les foyers fermés labellisés flamme verte. Leur rendement est également 8 fois moins bon.



Des aides financières existent pour vous aider à passer à un équipement plus performant.



Le programme FAIRE :

Les particuliers peuvent y trouver un interlocuteur pour les aider et les conseiller dans leur démarche.

<https://www.faire.fr/>



Prime "MaPrimeRénov" :

Depuis Janvier 2020, MaPrimeRénov' permet aux ménages modestes de réaliser des travaux de rénovation énergétique à moindre coût et propose notamment une aide pour le changement des équipements de chauffage.

<https://www.maprimerenov.gouv.fr>



Aide du fonds Air:

Pusieurs collectivités ont mis en place un système d'aide au remplacement des équipements de chauffage au bois.

Pour consulter les fonds en place :

<https://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/financez-projet/renovation/aide-fonds-air>

We Can Do It!



NOUS POUVONS LE FAIRE !

Image : J. Howard Miller - 1943

www.monair.fr

Pour cette dernière vague, nous avons utilisé des visuels de publicités anciennes afin de montrer à quel point des représentations communes à une époque encore récente peuvent aujourd'hui nous sembler incongrues. Possible dans le cadre d'une expérience scientifique, cette pratique serait plus délicate dans une action menée par une collectivité publique. Ce visuel est ainsi le seul qui ne soit pas réutilisable en l'état.

COLLECTIVEMENT, NOUS AVONS
RÉUSSI À RELEVER DE NOMBREUX
DÉFIS DE SANTÉ PUBLIQUE.

Notre histoire montre que nous sommes capables de changer de comportement quand un nouveau risque sanitaire est identifié. Pour la pollution de l'air intérieur, c'est la même chose !



Marlboro, Philip Morris Tobacco, 1951
Cointreau, Réclame, 1935. DR
© Lufthansa/ DPA, 1970

LES BONS GESTES

Pour réduire les particules fines dans votre logement



SUR L'AIR INTÉRIEUR, C'EST VOUS QUI AVEZ LA MAIN !

La qualité de l'air est l'affaire de tous. Vous en savez maintenant beaucoup, mais tout le monde n'a pas cette chance ! Partagez vos connaissances et améliorez la santé de vos amis et de votre entourage. Consultez aussi le site de l'ademe pour les actions à mener chez vous et sur votre lieu de travail : <https://www.ademe.fr/>



PARTAGE

Partagez les flyers que vous avez reçus !



LE GUIDE PRATIQUE

Consultez les guides pratiques de l'ADEME



PARLEZ-EN

Parlez-en avec vos amis, votre famille : **vous** êtes une personne de confiance



INFORMEZ-VOUS

Continuez de vous informer : la science avance, les bonnes pratiques aussi !

Nous espérons qu'à l'aide de nos dépliants, vous en savez maintenant plus sur la qualité de l'air intérieur et sur les bons gestes pour l'améliorer. Nous aimerions que cela ne s'arrête pas là ! Scientifiques et organismes font de leur mieux pour informer le public, rien de tel que les conversations entre amis et en famille. Parlez autour de vous de ce que vous avez appris, et partagez les ressources que nous mettons à votre disposition !



Bibliographie

AIRLAB, « Challenge Microcapteurs 2018 : annonce des résultats », Paris, AirLab, 2018, [En ligne : <http://www.airlab.solutions/fr/projets/challenge-microcapteur-%C3%A9dition-2018>].

ALLCOTT, Hunt, « Social norms and energy conservation », *Journal of Public Economics*, vol. 95 / 9, octobre 2011, (« Special Issue: The Role of Firms in Tax Systems »), p. 1082-1095.

ASENSIO, Omar, « Information Strategies and Energy Conservation Behavior: A Meta-analysis of Experimental Studies from 1975-2011 », p. 49.

CARDWELL, Francesca S et ELLIOTT, Susan J, « Making the links: do we connect climate change with health? A qualitative case study from Canada », *BMC Public Health*, vol. 13, mars 2013, p. 208.

CORNWALLJAN. 5, Warren, 2017 et AM, 9:00, « Is wood a green source of energy? Scientists are divided », [En ligne : <https://www.sciencemag.org/news/2017/01/wood-green-source-energy-scientists-are-divided>]. Consulté le 29 mai 2020.

GERBER, Alan S. et ROGERS, Todd, « Descriptive Social Norms and Motivation to Vote: Everybody's Voting and so Should You », *The Journal of Politics*, vol. 71 / 1, The University of Chicago Press, janvier 2009, p. 178-191.

INSEE, « Diplôme le plus élevé selon l'âge et le sexe », Paris, Insee, 2020, (« Chiffres-clés »), [En ligne : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2416872#tableau-figure1>].

KAHNEMAN, Daniel et TVERSKY, Amos, « Choices, values, and frames », *American Psychologist*, vol. 39 / 4, 1984, p. 341-350.

LAI, Mengkuan et KUO, Chung-Chi, « Preventing piracy use intention by rectifying self-positivity bias », *Social Behavior and Personality*, vol. 35 / 7, août 2007, p. 961-974-974.

MAIBACH, Edward W., NISBET, Matthew C., BALDWIN, Paula K., [et al.], « Reframing climate change as a public health issue: an exploratory study of public reactions », *BMC public health*, 2010.

MYERS, Samuel S. et PATZ, Jonathan A., « Emerging Threats to Human Health from Global Environmental Change », *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 34 / 1, 2009, p. 223-252.

OPINIONWAY POUR LE CEVIPOF, « Baromètre de la confiance politique - Vague 11 bis spéciale coronavirus », SciencesPo, 2020, [En ligne : <https://www.sciencespo.fr/cevipof/sites/sciencespo.fr/cevipof/files/OpinionWay%20pour%20le%20CEVIPOF-Sowell-Barome%CC%80tre%20de%20la%20confiance%20en%20politique%20-%20vague11b%20Comparaison%20%281%29-1-1.pdf>].

PERONA, Mathieu, « Les Français et la science », *Note de l'Observatoire du Bien-être*, avril 2020, [En ligne : <http://www.cepremap.fr/2020/04/note-de-lobservatoire-du-bien-etre-n2020-04-les-francais-et-la-science/>].

QIN, Wei et BROWN, J. Lynne, « Public reactions to information about genetically engineered foods: effects of information formats and male/female differences », *Public Understanding of Science*, vol. 16 / 4, octobre 2007, p. 471-488.

Table des figures

Figure 1 : Distribution géographique des participants en France dans les 3 groupes de traitement	15
Figure 2 : Distribution géographique des participants en Île-de-France dans les 3 groupes de traitement	15
Figure 3 : Répartition du niveau d'éducation des participants	16
Figure 4 : Revenu mensuel brut des ménages participants	16
Figure 5 : Distribution des âges des répondants	17
Figure 6 : Fréquence d'utilisation et type d'équipement du chauffage au bois dans les ménages	17
Figure 7 : Réponses au questionnaire de recrutement sur des questions d'attitudes vis-à-vis de l'environnement « Le gouvernement devrait agir pour réduire la pollution » « Je suis prêt à accepter une réduction de mon niveau de vie si cela permet de protéger l'environnement » « Je suis favorable à une augmentation des impôts et des taxes si cela sert à protéger l'environnement »	18
Figure 8 : Confiance dans l'information sur la qualité de l'air intérieur. Réponses à la question « Comment évaluez-vous la fiabilité des sources d'information ci-dessous en ce qui concerne les effets de la pollution de l'air sur l'environnement et la santé ? »	19
Figure 9 : Chronologie d'envoi des messages	24
Figure 10 : Exemple de support envoyé aux participants. Ici, la couverture et une page commune aux groupes Information seule et Information personnalisée.	25
Figure 11 : Exemple de support envoyé aux participants. Ici, une page et un cadre spécifiques aux ménages du groupe Information personnalisée et un cadre de bonnes pratiques commun aux deux groupes traités.	25
Figure 12 : Effet des campagnes : Moyenne de PM2.5 dans les 3 groupes	27
Figure 13 : Moyennes hebdomadaires brutes de PM2.5 à l'intérieur des ménages des 3 groupes	28
Figure 14 : Effet des campagnes – Moyenne hebdomadaires de PM2.5 dans les 3 groupes	28
Figure 15 : Perceptions de l'effet de la pollution sur la santé avant et après l'intervention, dans les trois groupes	29
Figure 16 : Perception de l'impact du chauffage au bois sur la pollution intérieure	29
Figure 17 : Mentions du chauffage au bois comme principale source de pollution de l'air intérieur	30
Figure 18 : Mentions du chauffage au bois comme source de pollution de l'air extérieur	31

Figure 19 : Attitudes envers une réglementation plus stricte du chauffage au bois en France dans les 3 groupes	31
Figure 20 : Fréquence d'utilisation du chauffage au bois au cours de l'hiver déclarée avant et après l'intervention, dans les 3 groupes	32
Figure 21 : Fréquence d'utilisation future du chauffage au bois déclarée par les 3 groupes	33

ⁱ Warren Cornwall Jan. 5, 2017 et 9:00 Am, « Is wood a green source of energy? Scientists are divided », [En ligne : <https://www.sciencemag.org/news/2017/01/wood-green-source-energy-scientists-are-divided>]. Consulté le 29 mai 2020.

ⁱⁱ AirLab, « Challenge Microcapteurs 2018 : annonce des résultats », Paris, AirLab, 2018.

ⁱⁱⁱ Insee, « Diplôme le plus élevé selon l'âge et le sexe », Paris, Insee, 2020, (« Chiffres-clés »).

^{iv} Mathieu Perona, « Les Français et la science », *Note de l'Observatoire du Bien-être*, avril 2020.

^v opinionway pour le CEVIPOF, « Baromètre de la confiance politique - Vague 11 bis spéciale coronavirus », SciencesPo, 2020.

^{vi} Daniel Kahneman et Amos Tversky, « Choices, values, and frames », *American Psychologist*, vol. 39 / 4, 1984, p. 341-350. Mengkuan Lai et Chung-Chi Kuo, « Preventing piracy use intention by rectifying self-positivity bias », *Social Behavior and Personality*, vol. 35 / 7, août 2007, p. 961-974-974. Wei Qin et J. Lynne Brown, « Public reactions to information about genetically engineered foods: effects of information formats and male/female differences », *Public Understanding of Science*, vol. 16 / 4, octobre 2007, p. 471-488.

^{vii} Samuel S. Myers et Jonathan A. Patz, « Emerging Threats to Human Health from Global Environmental Change », *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 34 / 1, 2009, p. 223-252. Francesca S Cardwell et Susan J Elliott, « Making the links: do we connect climate change with health? A qualitative case study from Canada », *BMC Public Health*, vol. 13, mars 2013, p. 208. Edward W. Maibach, Matthew C. Nisbet, Paula K. Baldwin, [et al.], « Reframing climate change as a public health issue: an exploratory study of public reactions », *BMC public health*, 2010. Omar Asensio, « Information Strategies and Energy Conservation Behavior: A Meta-analysis of Experimental Studies from 1975-2011 », p. 49.

^{viii} Hunt Allcott, « Social norms and energy conservation », *Journal of Public Economics*, vol. 95 / 9, octobre 2011, (« Special Issue: The Role of Firms in Tax Systems »), p. 1082-1095. Alan S. Gerber et Todd Rogers, « Descriptive Social Norms and Motivation to Vote: Everybody's Voting and so Should You », *The Journal of Politics*, vol. 71 / 1, The University of Chicago Press, janvier 2009, p. 178-191.