



CORTEA

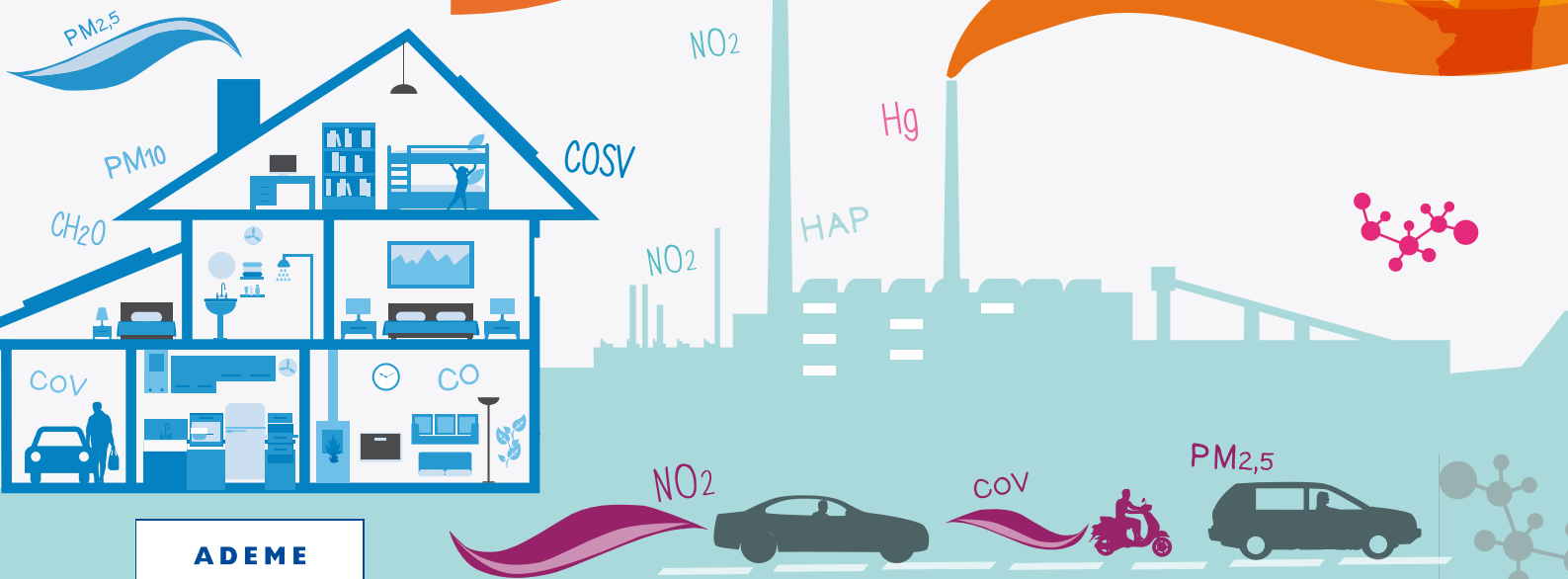
COonnaissances, Réduction à la source
et Traitement des Émissions dans l'Air



ILS L'ONT FAIT

CONNAISSANCE ET RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS DANS L'AIR

3^E RESTITUTION DU PROGRAMME CORTEA



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Quand acteurs et chercheurs se mobilisent pour améliorer la qualité de l'air

Si ces vingt dernières années, de gros efforts ont été déployés pour réduire les rejets de polluants tels que le dioxyde de soufre (SO₂) et le plomb, la France doit encore poursuivre son action pour certains polluants, comme les particules fines et leurs précurseurs, les oxydes d'azote (NOx), l'ozone (O₃), l'ammoniac (NH₃) ou encore les Composés organiques volatils (COV). En ligne de mire : les objectifs fixés par le Protocole de Göteborg et la directive NEC révisée ainsi que les valeurs limites européennes en matière de qualité de l'air, et, à terme, le respect des recommandations de l'OMS.

Piloté par l'ADEME, l'appel à projets de recherche CORTEA (ou « COnnaissances, Réduction à la source et Traitement des Émissions de l'Air ») vise à susciter des projets de recherche et de développement (R&D) orientés vers la réduction des émissions des secteurs de l'agriculture, du bâtiment, de l'industrie, de l'énergie et des transports. Les projets financés permettent d'améliorer les connaissances sur les émissions, de développer des protocoles d'estimation et des méthodes de mesure innovantes, d'affiner le calcul de facteurs d'émissions ainsi que de développer des techniques et des produits permettant d'abattre des polluants ou de limiter leur production à la source.

Depuis 2011, l'ADEME a soutenu 180 projets, pour une enveloppe globale de 20 millions d'euros d'aide. Ce sont autant d'opportunités de rapprochement entre acteurs académiques et acteurs publics, économiques et professionnels, chaque projet contribuant à fournir aux seconds des technologies, des méthodes et des conseils qui leur permettent concrètement d'améliorer la qualité de l'air.

Le détail des projets de recherche présentés ici est disponible sur le site www.ademe.fr

TRANSPORTS

Malgré le durcissement des réglementations sur les émissions, l'homologation des différents types de véhicules et la mise en œuvre, par les constructeurs, de solutions de dépollution, la question des polluants particuliers émis par les transports n'est pas réglée. Se pose en outre la problématique des composés émis par les véhicules hors combustion. Dans ce contexte, les projets de recherche soutenus par CORTEA se sont donné pour objectifs d'affiner les méthodes de mesure des émissions à l'échappement, de développer des systèmes de réduction des émissions de particules hors combustion, ou encore d'améliorer les connaissances sur les polluants présents dans les habitacles des véhicules.

À faibles émissions, systèmes de mesure plus précis

Les modèles de véhicules récents, équipés de systèmes de post-traitement comme les Filtres à particules (FAP), émettent des quantités de plus en plus faibles de polluants. Au vu de ces progrès et pour toujours être en mesure d'évaluer les émissions des nouveaux véhicules, il apparaît nécessaire de développer des systèmes de mesure plus sensibles. C'est dans cet objectif que l'IFSTTAR, à travers le projet FEVER (Facteurs d'Émission de Véhicules récents), a travaillé à améliorer les techniques d'échantillonnage et de prélèvement des gaz d'échappement des véhicules légers. Cette amélioration passe tout d'abord par la

définition d'un nouveau protocole d'analyse qui prévoit de tester divers paramètres (type de motorisation, système de dépollution, cycle de roulage...). Le projet a aussi fourni de nombreuses données d'émissions à l'échappement et a permis d'améliorer les inventaires d'émissions des transports en Europe en fournissant des informations pertinentes pour la modélisation des émissions à l'échappement des automobiles.

1 - La directive National Emission Ceilings (NEC), relative aux plafonds nationaux d'émission.

Vers une connaissance toujours plus poussée des émissions

Dans le prolongement du projet CAPPNOR qui avait déjà réuni l'IRCELYON et l'IFP énergies nouvelles en 2011, **CAPPNOR2** s'intéresse au devenir des émissions particulaires des véhicules après formation. La première phase du projet a consisté à caractériser très précisément l'évolution de la phase gazeuse des gaz d'échappement et des particules, à travers la ligne d'échappement et les organes de dépollution de deux véhicules légers Diesel. Dans une seconde phase, l'équipe a cherché à reproduire en laboratoire un mélange de gaz de composition chimique issue des caractérisations menées durant la phase précédente, pour déterminer le potentiel de transformation de certains COV, émis lors de la régénération de FAP, en Aérosols organiques secondaires (AOS) et pour identifier les espèces précurseurs et traceurs de ceux-ci. Outre la validation du protocole expérimental, la réalisation d'analyses scrupuleuses des émissions des véhicules, réalisées au moyen de nombreux appareils, a montré l'extrême efficacité des deux technologies de FAP équipant les véhicules étudiés. Comme CAPPNOR1, le projet a toutefois mis en évidence d'importantes émissions brèves lors des phases de régénération et du démarrage à froid.

Le projet **EMI 2-4** s'est quant à lui donné pour objectif d'analyser les émissions de quatre scooters 50 et 125 cm³, et de trois voitures Diesel – dont les émissions de polluants avaient été étudiées dans les années 2000-2005 pour les premiers et ne l'avaient encore jamais été pour les secondes. Menée par le laboratoire Transport et environnement de l'IFSTTAR, qui est équipé d'un banc-véhicule permettant de mesurer les polluants à l'échappement pendant un roulage réaliste, l'étude s'est intéressée aux quatre composés réglementés par les normes Euro – le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures, les NOx et les particules (PM en masse) – ainsi qu'à d'autres polluants présentant un risque sanitaire avéré (HAP, BTEX et aldéhydes). Elle a permis de montrer que les 2-roues étudiés, même équipés d'un moteur quatre-temps avec catalyseur, étaient, pour l'ensemble des paramètres, plus polluants que les voitures essence. Les « voitures » sont également plus polluantes que les voitures Diesel récentes dans les mêmes conditions d'usage urbain.

La chasse aux particules de frein

Les systèmes de freinage, comme tout système mécanique de friction, émettent des particules fines et ultrafines dont la nocivité est aujourd'hui avérée. Les passagers et les personnels des trains et métros notamment y sont extrêmement exposés, en particulier dans les milieux confinés comme les stations de métro où les particules s'accumulent et sont constamment remises en suspension. Alors que l'on estime à 25 millions le nombre quotidien d'usagers des transports en commun parisiens (train et métro), le bureau d'études Tallano Technologie, porteur du projet **TAMIC**, a décidé de développer un système de

recupération des particules de frein, émises par les matériels ferroviaires, pour diminuer l'exposition des usagers. Le principe du système TAMIC (Turbine Aspirante pour MICroparticules) est la récupération à la source : les substances nocives sont collectées par une bouche d'aspiration placée dans le flux de particules issu du freinage, avant même qu'elles soient mises en suspension dans l'air. Le système TAMIC est aujourd'hui adaptable à tous les types de freins à disque du transport ferroviaire et à la majeure partie des freins des véhicules routiers.



Quand les polluants sont du voyage

Plusieurs études françaises et internationales ont montré que les concentrations en particules des habitacles et des cabines voyageurs dans les transports étaient, du fait de leur proximité des sources d'émission (échappement, frottements mécaniques...), plus importantes et de natures différentes de celles mesurées sur les quais, dans les couloirs ou encore sur les trottoirs. Ces études ont cependant reposé sur des protocoles et des techniques rendant les résultats difficilement comparables et conservent une marge d'incertitude importante sur les concentrations massiques ; peu de données existent également sur la nature physico-chimique des particules rencontrées dans ces environnements. **Le projet QABINE** (Qualité de l'Air dans les habitacles en déplacement), porté par l'INERIS, s'est donc fixé comme objectif de définir un

protocole de mesures normalisé de la concentration massique des particules, de leur répartition par taille et par morphologie, dans l'air intérieur des transports routiers et ferroviaires, en condition de roulage. L'une des finalités du projet était d'obtenir des valeurs moyennes de concentration massique de particules pouvant être comparées aux valeurs de référence (les valeurs guides de l'OMS et les valeurs repères du HCSP²). 17 essais ont été réalisés avec une voiture instrumentée dans des contextes de pollution différents (rural, urbain et semi-urbain) : pour la majorité des essais, les concentrations de particules relevées en habitacle étaient supérieures ou égales aux valeurs repères du HCSP (malgré un niveau de pollution plutôt bas à l'extérieur). La plupart des particules détectées étaient des particules fines (PM1.0).

Deux réacteurs pour purifier l'air intérieur

Alors que la R&D portant sur la réduction des émissions de polluants à la source progresse, il apparaît qu'elle ne suffira pas à garantir une bonne qualité de l'air intérieur des habitacles automobiles. Dans ce contexte, il s'agit de trouver la solution qui permettra de réduire les polluants présents dans l'air intérieur des véhicules et ce malgré leur variabilité. C'est le défi que cherche à relever **le projet CYNTAIRE** qui a donné lieu à la conception d'un premier prototype, un appareil se composant, pour le traitement des particules d'une part, d'un « réacteur particulaire » sous forme d'un filtre électrostatique hybride et, pour le traitement des polluants gazeux minéraux et organiques d'autre part, un « réacteur moléculaire » exploitant la technique de la

photocatalyse. Les essais réalisés démontrent la capacité du système à réduire significativement les PM2,5 et PM10, ainsi que les concentrations en O₃, en dioxyde de soufre (SO₂), en diéthylamine (C₄H₁₁N) et en tétrachloroéthylène (C₂Cl₄). Ces premiers résultats laissent entrevoir le potentiel du système à dégrader une large gamme de polluants en mélange. Grâce à la poursuite de ce travail dans le cadre d'un projet CYNTAIRE II, avec notamment des essais dans un véhicule en circulation, les premiers dispositifs pourraient être mis sur le marché à partir de 2020.

2- Haut Conseil de la santé publique



AIR INTÉRIEUR

Grâce à plusieurs projets de recherche menés ces dernières années, les impacts sur la qualité de l'air intérieur des pratiques de construction, du choix des matériaux, et des conditions d'utilisation d'un bâtiment sont de mieux en mieux connus. Ceux des produits d'entretien et d'hygiène et des désodorisants d'intérieur, ou les performances et l'innocuité des systèmes d'épuration photocatalytiques le sont en revanche moins. C'est pourquoi le programme CORTEA a choisi de poursuivre le travail sur la thématique de l'air intérieur en soutenant des projets visant particulièrement ce type de produits ainsi que certains appareils et matériaux photocatalytiques se vantant de leur fonction épuratrice de l'air intérieur.

Bougies et encens, pas si innocents

Le projet EBENE s'est intéressé aux désodorisants d'intérieur à combustion : encens et bougies parfumées. Piloté par le CSTB, il s'est articulé en trois phases. La première, qui visait la caractérisation des composés volatils et particulaires émis lors de la combustion de ces produits, s'est déroulée en conditions réelles, dans la Maison automatisée pour des recherches innovantes sur l'air (MARIA) au CSTB. Ce travail a montré que les émissions de polluants volatils et particulaires des encens étaient nettement supérieures à celles des bougies. La deuxième phase du projet, menée par l'INERIS, a consisté en l'évaluation des enjeux sanitaires à partir d'une modélisation des émissions pour plusieurs scénarios d'utilisation (fréquence d'utilisation, volume de la pièce, taux de renouvellement de l'air...). Les enjeux sanitaires identifiés se sont révélés plus importants pour les encens.

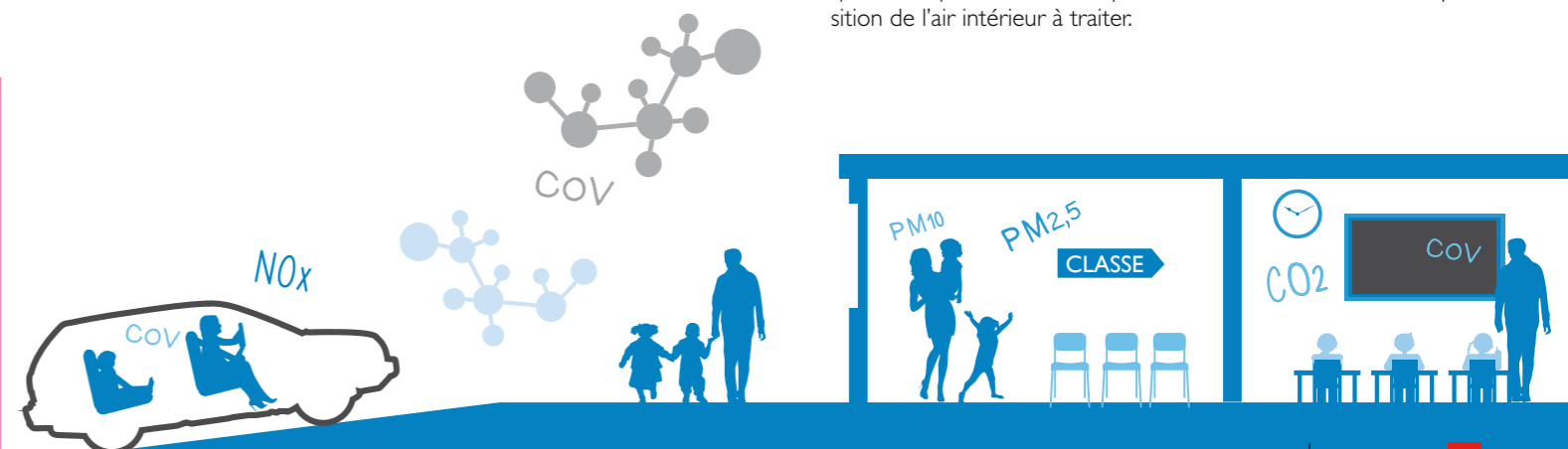
En résumé, aucune situation préoccupante n'est attendue pour les expositions chroniques associées aux usages les plus courants.

Néanmoins, certaines pratiques et certaines caractéristiques environnementales peuvent conduire à des expositions chroniques dépassant les valeurs repères usuelles principalement pour les encens, et donc nécessiterait de limiter ce type d'expositions. En outre, certains désodorisants combustibles ont généré des expositions de court terme dépassant les valeurs sanitaires retenues, ce qui suggère un besoin de limiter les émissions des produits les plus émissifs. Les porteurs du projet EBENE formulent une série de recommandations, parmi lesquelles le renforcement de l'information de la population (risques potentiels, bonnes pratiques d'utilisation, niveaux d'émissions des produits, etc.), la réglementation de la vente des produits les plus émissifs et l'approfondissement des connaissances sur les émissions et les effets des substances émises. Enfin, dans une troisième phase, le projet a permis de comparer différentes méthodes de caractérisation des émissions, et de montrer que la méthode normalisée à laquelle la Commission européenne demande aux fabricants de se référer depuis 2015 est une bonne méthode d'essai.

Epurateurs d'air autonomes, pas si efficaces

Alors que le marché est en plein essor, l'ADEME a plusieurs fois identifié des inexactitudes dans les discours techniques des fabricants de systèmes et matériaux destinés à traiter l'air intérieur par photocatalyse. Dans ce contexte, **le projet ETAPE** (Évaluation de l'innocuité des systèmes de Traitement

d'Air par PhotocatalysE) a mis au point un équipement de mesure capable d'aller au-delà des conditions minimales permises dans les tests de la norme en vigueur. Il a par ailleurs permis d'améliorer la connaissance du comportement des dispositifs photocatalytiques pour le traitement de l'air et, en particulier, de constater que leurs performances dépendaient fortement de la composition de l'air intérieur à traiter.



ÉNERGIE ET INDUSTRIE

Les émissions provenant de procédés de l'industrie manufacturière, d'installations de combustion et de procédés de traitement de déchets sont encadrées par différents textes réglementaires, nationaux, européens et internationaux, qui incitent à recourir aux Meilleures techniques disponibles (MTD) pour réduire les émissions de nombreux polluants. NO_x, COV, Polluants organiques persistants (POP) ou encore particules fines font partie de ces polluants et sont visés par plusieurs projets du programme CORTEA qui cherchent à mieux les caractériser, les mesurer, les éviter ou les traiter.

Pour une mesure en continu des rejets atmosphériques des installations industrielles

À ce jour, la réglementation des émissions industrielles ne vise que les TSP (Poussières totales en suspension) alors que l'évaluation du risque sanitaire cible une fraction de ces TSP, principalement les PM_{2,5} et PM₁₀. C'est pour établir des passerelles entre ces deux approches que la PME EuroLorraine a lancé le projet **GAEC&D+** visant l'étude fine des émissions et des immissions (concentrations ambiantes et déposées) industrielles des rejets atmosphériques de deux sites industriels – une aciérie et une raffinerie d'aluminium du secteur de la deuxième fusion. Dans un premier temps, le projet a permis de caractériser précisément la composition des rejets canalisés et diffus des deux sites, en distinguant quatre classes granulométriques (TSP, PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁) et différents constituants chimiques (BC, métaux, POP). L'analyse de la quantité et de la distribution des métaux présents dans chacune des classes granulométriques a montré que les métaux du process se retrouvaient majoritairement dans les particules de plus gros diamètre alors que les métaux indésirables et volatils

(plomb, mercure et cadmium) se concentrent dans les particules plus fines. À partir de ces observations, l'équipe a établi une modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions, qui distingue les quatre classes granulométriques, centrées sur les médianes aérodynamiques 0,5 µm, 1,75 µm, 6,25 µm et 20 µm, et leur composition chimique respective. Cette modélisation détaillée a permis d'observer que les particules les plus fines ne se dispersaient et ne se déposaient pas de la même manière que les grosses. Or la modélisation simplifiée, sur laquelle s'appuie habituellement la réglementation pour délivrer les autorisations d'émettre des installations, est basée sur une médiane aérodynamique unique des TSP. Dans un second temps, le projet GAEC&D+ a donc développé un outil de mesure en continu des concentrations en particules polluantes, capable de les distinguer selon leur granulométrie, pour une meilleure appréciation du risque sanitaire et dans la perspective d'un traitement plus efficace par les industriels.

L'évolution spatio-temporelle des émissions

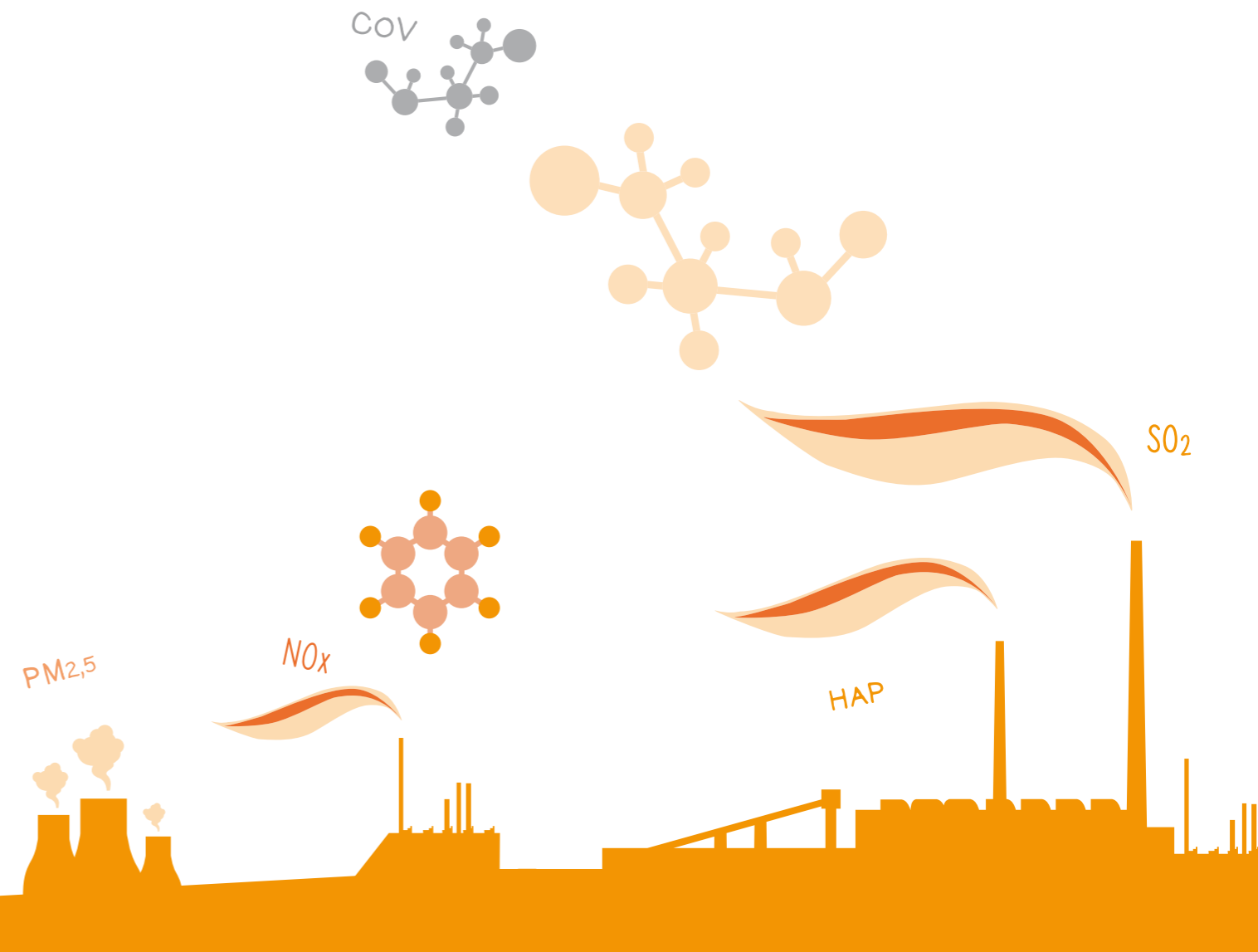
L'interaction des rejets atmosphériques avec leur environnement transforme les particules émises qui évoluent à mesure qu'elles s'éloignent de leur source d'émission. Le projet **TEMMAS**, porté notamment par l'ONERA, s'est attaché à comprendre les mécanismes de dispersion et de modification physico-chimique des particules dans l'atmosphère, entre les différentes sources de polluants, industrielles ou non. Son but : valider la modélisation numérique des processus de chimie-transport mis en jeu à petite échelle. Un panel inédit d'instruments de mesures, au sol

et aéroportés, a été mobilisé pour évaluer les rejets atmosphériques à l'intérieur et en périphérie du site de TOTAL La Mède. Plusieurs outils de modélisation ont par ailleurs été utilisés pour confronter leurs résultats. Malgré des difficultés dans la mise en œuvre des instruments de mesure du fait des conditions météorologiques, l'équipe a acquis des résultats prometteurs. Elle poursuit son travail et prévoit de réaliser des campagnes de mesure sur un temps plus long pour s'assurer de rencontrer les conditions nécessaires.

Des solvants de lavage issus de composés biosourcés et biodégradables

Parmi les MTD auxquelles ont recours les industriels pour traiter leurs émissions de COV, figure la technique de l'absorption qui consiste à laver les effluents gazeux grâce à une solution liquide et à récupérer les COV en vue de leur recyclage. Actuellement, les méthodes de lavage emploient principalement de l'eau, mais, la majorité des COV étant hydrophobes, de nombreux industriels doivent recourir à d'autres solvants de lavage. Pour répondre à ce besoin, les universités d'Artois et du Littoral Côte d'Opale, à l'origine du projet **SOLVCOV**, ont cherché à développer un solvant issu de composés biodégradables et biosourcés, c'est-à-dire à faible impact environnemental et économique (possibilité de recyclage des solutions, récupération des COV). Après une phase de préparation et de caractérisation de divers solvants, l'affinité de ces derniers avec les trois COV ciblés dans

l'étude – le toluène, le dichlorométhane et l'acétaldéhyde – a été étudiée. Les résultats montrent une grande efficacité des solvants : d'une part, ils ont absorbé entre 70 et 99 % de la quantité initiale des trois COV étudiés ; d'autre part, ils ont agi sur la plupart des COV hydrophobes ; enfin, ils sont économiques puisque leurs capacités d'absorption restent inchangées après cinq cycles de recyclage. Parmi les solvants étudiés, un solvant ininflammable contenant de l'urée et un sel de choline a largement fait ses preuves et pourra particulièrement intéresser les industries chimiques, les industries pharmaceutiques et les imprimeries. Une demande de brevet a d'ailleurs été déposée en novembre 2016 auprès de l'INPI. L'équipe souhaite maintenant tester ses résultats à l'échelle d'un pilote industriel.





L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Ecologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

Les recherches soutenues par l'ADEME sur la thématique qualité de l'air permettent de favoriser, accompagner et évaluer des solutions de préservation et d'amélioration de la qualité de l'air mises en œuvre par les entreprises et les collectivités. Elles visent également à veiller à la bonne articulation entre les différents objectifs de politiques publiques comme par exemple la poursuite simultanée de la réduction des émissions de GES et l'amélioration de la qualité de l'air.

Ainsi, l'ADEME a lancé en 2011 le programme « Connaissances, Réduction à la source et Traitement des Emissions dans l'Air » (CORTEA) dans l'objectif de faire émerger des projets de R&D orientés vers l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et extérieur, en cohérence avec les actions de l'ADEME dans les secteurs de l'agriculture, du bâtiment, de l'industrie, énergie et des transports.

CONTACT :

Nathalie Poisson (SEQA)
ademe.cortea@ademe.fr

www.ademe.fr



Réf. ADEME 010366
Novembre 2017
ISBN 979-10-297-0569-4



9 791029 705694