

> **SOMMAIRE // Contents**

ARTICLE // Article

Structuration évolutive d'une surveillance multi-sources pour répondre à une infection émergente : l'expérience française face à la Covid-19
// Building a dynamic, multi-source surveillance system for an emerging infectious disease: Experience with COVID-19 in Francep. 2

Julie Figoni et coll.
Santé publique France, Saint-Maurice

ARTICLE // Article

L'exposition professionnelle à la silice cristalline en France en 2017 : une question toujours d'actualité
// Occupational exposure to crystalline silica in France in 2017: An ongoing issuep. 16

Laurène Delabre et coll.
Santé publique France, Saint-Maurice

REMERCIEMENTS AUX RELECTEURS..... p. 25

La reproduction (totale ou partielle) du BEH est soumise à l'accord préalable de Santé publique France. Conformément à l'article L. 122-5 du code de la propriété intellectuelle, les courtes citations ne sont pas soumises à autorisation préalable, sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source, et qu'elles ne portent pas atteinte à l'intégrité et à l'esprit de l'œuvre. Les atteintes au droit d'auteur attaché au BEH sont passibles d'un contentieux devant la juridiction compétente.

Retrouvez ce numéro ainsi que les archives du Bulletin épidémiologique hebdomadaire sur <https://www.santepubliquefrance.fr/revues/beh/bulletin-epidemiologique-hebdomadaire>

Directeur de la publication : Laëtitia Huiart, directrice scientifique, adjointe à la directrice générale de Santé publique France
Rédactrice en chef : Valérie Colombani-Cocuron, Santé publique France, redaction@santepubliquefrance.fr
Rédactrice en chef adjointe : Frédérique Bilon-Debernardi
Responsable du contenu en anglais : Chloé Chester
Secrétariat de rédaction : Léa Manchec
Comité de rédaction : Raphaël Andler, Santé publique France ; Thierry Blanchon, Iplesp ; Florence Bodeau-Livinec, EHESP ; Julie Boudet-Berquier, Santé publique France ; Kathleen Chamli, Santé publique France ; Bertrand Gagnière, Santé publique France - Bretagne ; Isabelle Grémy, ORS Île-de-France ; Anne Guinard / Damien Mouly, Santé publique France - Occitanie ; Nathalie Jourdan-Da Silva, Santé publique France ; Philippe Magne, Centre national de gestion des praticiens hospitaliers et des personnels de direction de la fonction publique hospitalière ; Valérie Olié, Santé publique France ; Alexia Peyronnet, Santé publique France ; Hélène Therre, Santé publique France ; Sophie Vaux, Santé publique France ; Isabelle Villena, CHU Reims.
Santé publique France - Site Internet : <https://www.santepubliquefrance.fr>
Préresse : Luminess
ISSN : 1953-8030

STRUCTURATION ÉVOLUTIVE D'UNE SURVEILLANCE MULTI-SOURCES POUR RÉPONDRE À UNE INFECTION ÉMERGENTE : L'EXPÉRIENCE FRANÇAISE FACE À LA COVID-19

// BUILDING A DYNAMIC, MULTI-SOURCE SURVEILLANCE SYSTEM FOR AN EMERGING INFECTIOUS DISEASE: EXPERIENCE WITH COVID-19 IN FRANCE

Julie Figoni (julie.figoni@santepubliquefrance.fr), Christine Campèse, Guillaume Spaccaferri, Patrick Rolland, Céline Caserio-Schönemann, Didier Che, au nom du groupe Surveillance de la Covid-19*

Santé publique France, Saint-Maurice

* Collaborateurs du groupe surveillance de la Covid-19 à Santé publique France :

Cellule qualité, maîtrise des risques et juridique : Clothilde Hachin, Stéphane Nardy.

Direction alerte et crise : Caroline Alleaume, Sacha Camail, Marie Hamsany, Emmanuel Lahaie, Philippe Magne, Nicole Pelletier, Guillaume Richard, Morgane Stempfelet, Anouk Tabai.

Direction appui, traitements et analyses de données : Jebraïel Ben Raies, Christophe Bonaldi, Édouard Chatignoux, Perrine de Crouy-Chanel, Julien Durand, Myriam Fayad, Cécile Forgeot, Anne Fouillet, Aurélie Fouquet, Jessica Gane, Sarah Gorla, Delphine Jezewski-Serra, Yann Le Strat, Étienne Lucas, Jérôme Naud, Gaëlle Pedrono, Camille Pelat, Isabelle Pontais, Johnny Platon, Adam Proust, Jean-Baptiste Richard, Leïla Saboni, Sabira Smaili, Cécile Sommen, Jeanne Sudour, Benjamin Taisne, Marie-Michèle Thiam, Véréne Wagner.

Direction générale et scientifique : Geneviève Chêne, Jean-Claude Desenclos, Laetitia Huiart, Marie-Anne Jacquet, Martial Mettendorff.

Direction des maladies infectieuses : Pauline Adam, Fatima Ait el Belghiti, Denise Antona, Vincent Auvigne, Anne-Sophie Barret, Jonathan Bastard, Ghaya Ben Hmidene, Anne Berger-Carbonne, Sibylle Bernard-Stoecklin, Clara Blondel, Anne Bozograd, Javier Castro Alvarez, Fanny Chereau, Bruno Coignard, Mélanie Colomb-Cotinat, Roxane Curtet, Côme Daniau, Kostas Danis, Marina Dorfmueller, Henriette de Valk, Adeline Feri, Laure Fonteneau, Camille Fortas, Lucie Fournier, Léa Franconeri, Scarlett Georges, Eline Hassan, Gabrielle Jones, Yu Jin Jung, Audrey Léon, Stéphane Le Vu, Daniel Lévy-Bruhl, Florence Lot, Alexandra Mailles, Anna Maisa, Nicolas Methy, Harold Noel, Michael Padget, Juliette Paireau, Isabelle Parent du Châtelet, Alessandro Pini, Isabelle Poujol de Mollins, Charlotte Robert de La Tour, Claire Sauvage, Justine Schaeffer, Alexandra Septfons, Jessica Soyer, Mathieu Tourdjman, Sophie Vaux, Delphine Viriot.

Direction des maladies non transmissibles et traumatiques : Julie Boudet-Berquier, Alexandra Doncarli, Anne Gally, Eugénia Gomes, Camille Lecoffre-Bernard, Nolwenn Regnault, Aymeric Ung.

Direction de la prévention et de la promotion de la santé : Enguerrand du Roscoât, Christophe Léon, Jean-Michel Lecrique, Pierre Arwidson, Isabelle Bonmarin, Oriane Nassany, Linda Lasbeur.

Direction des régions : Frank Assogba, Nahida Atiki, Marie Barrau, Thomas Bénet, Pascale Bernillon, Clémentine Calba, Pascal Chaud, Jamel Daoudi, Elise Daudens-Vaysse, Joël Deniau, Cécile Durand, Amélie Duvaux, Laurent Filleul, Florian Franke, Bertrand Gagnière, Gaëlle Gault, Franck Golliot, Sophie Grellet, Carine Grenier, Yvonnick Guillois, Mohamed Hamidouche, Valérie Henry, Guillaume Heuzé, Bruno Hubert, Dominique Jeannel, Frédéric Jourdain, Lisa King, Anne Laporte, Sophie Larrieu, Alain Le Tertre, Ghislain Leduc, Lucie Léon, Agnès Lepoutre, Jean Loup Chappert, Philippe Malfait, Mélanie Martel, Charlotte Maugard, Luce Menudier, Alizé Mercier, Esra Morvan, Damien Mouly, Ursula Noury, Ronan Ollivier, Laurence Pascal, Mathilde Pivette, Damien Pognon, Valérie Pontiers, Jérôme Pouey, Hélène Prouvost, Lauriane Ramalli, Olivier Retel, Mathieu Rivière, Stéphanie Rivière, Jacques Rosine, Cyril Rousseau, Christine Saura, Leslie Simac, Tiphonie Succo, Arnaud Tarantola, Garance Terpent, Élodie Terrien, Sabrina Tessier, Emmanuelle Vaissière, Michel Vernay, Pascal Vilain, Nicolas Vincent, Karine Wyndels, Jennifer Yai, Hassani Youssouf.

Direction santé environnement et travail : Laurence Guldner, Marion Hulin, Frédéric Moisan.

Direction des systèmes d'information : Adel Arfaoui, Paul-Henri Lampe, Minh Canh Quan, Michel Slimane.

Internes de santé publique : Guillaume Cassouret, Yves Gallien, Ophélie Guyonvarch, Laurian Lassara, Sébastien Monluc, Julian Rozenberg, Béranger Thomas, Pierre-Étienne Toulemonde, Florian Verrier.

Soumis le 30.06.2022 // Date of submission: 06.30.2022

Résumé // Abstract

L'émergence de la Covid-19 a confronté l'ensemble des pays à de nombreux défis, tant sanitaires qu'économiques, sociétaux et politiques. L'un d'entre eux a été le déploiement rapide d'un système de surveillance multi-sources réactif, adaptable au cours du temps, permettant de produire les indicateurs épidémiologiques nécessaires à la gestion de l'épidémie. Cet article décrit la construction du système de surveillance de la Covid-19 en France par Santé publique France et ses partenaires à partir du mois de janvier 2020 et son évolution au cours de la pandémie. La progression rapide des connaissances sur le SARS-CoV-2, en particulier sur sa transmission, l'infection qu'il provoque, les populations qu'il affecte le plus et les

différents facteurs de risque de maladie, d'hospitalisation ou de décès, a rendu le défi d'autant plus grand, nécessitant une adaptation continue des modalités de surveillance et des mesures de prévention contre la diffusion du virus.

The emergence of COVID-19 confronted every country in the world with numerous challenges, primarily concerning health but equally involving the economic, social and political spheres. One of these challenges was the fast structuration and implementation of a responsive multi-source surveillance system, flexible to adaptation, which would provide epidemiological indicators relevant to decisions on disease control. This article describes how the national public health agency, in collaboration with its partners, proceeded to build such a system in January 2020; a system that would continue monitoring COVID-19 trends in France throughout the course of the pandemic. The rapid advances in knowledge on SARS-CoV-2, particularly its transmission, its clinical presentation, the most affected populations and the numerous risk factors associated with serious illness, hospitalisation or death, added further complexity to the task because the surveillance methods and tools required constant adaptation, as did the preventive measures to curb the spread of the virus.

Mots-clés : Surveillance, Covid-19, Émergence, Santé publique

// **Keywords:** Surveillance, COVID-19, Emergence, Public health

Introduction

La construction d'un système de surveillance est guidée en premier lieu par des objectifs qui doivent être déterminés en amont de son élaboration¹⁻². Dans les suites de l'apparition d'une maladie émergente, trois phases peuvent se succéder : l'introduction de l'agent pathogène en cause dans un territoire, sa diffusion (limitée dans un premier temps, puis soutenue au sein de la population) et sa pérennisation. Afin de mettre en place les mesures de gestion pour éviter ou ralentir le passage d'une phase à la suivante, un système de surveillance doit être déployé au plus tôt après la détection de l'émergence. Ce déploiement rapide nécessite de disposer d'une infrastructure de santé publique performante et réactive. Celle-ci doit être dotée d'une capacité de surveillance et d'investigation épidémiologique, clinique et microbiologique opérationnelle de haut niveau scientifique mobilisable à tout moment. Le premier objectif de la surveillance doit être la détection rapide des premiers cas sur le territoire à des fins d'investigation et de mise en place de mesures de contrôle rapides (ex : isolement, retrait d'un aliment potentiellement contaminé du marché, lutte anti-vectorielle, etc.). Si une transmission interhumaine est suspectée (puis documentée) lorsque les premiers cas, souvent sporadiques, sont détectés, l'objectif suivant est d'éviter l'apparition de chaînes de transmission secondaires et de cas groupés. Pour cela, l'investigation des cas doit intégrer l'identification et le suivi de l'ensemble des personnes contacts qu'ils ont pu contaminer (*contact-tracing*). Dans les premières phases de l'émergence, les mécanismes de transmission ne sont pas nécessairement connus (mode de transmission, période d'infectiosité au regard des manifestations cliniques, contagiosité des personnes asymptomatiques, etc.). Il est donc nécessaire d'émettre des hypothèses sur la base de la description des premiers cas et d'expériences passées, dont les plus récentes en France en lien avec des coronavirus étaient les épidémies de SARS (ou SRAS : syndrome respiratoire aigu sévère) en 2003³ et MERS-CoV (coronavirus du syndrome

respiratoire du Moyen-Orient) en 2012⁴. Ces hypothèses permettent d'élaborer les premières définitions de cas et de proposer les mesures de gestion qui pourront être mises en œuvre autour des cas et de leurs contacts. Ce sont ensuite les résultats de la recherche (clinique, microbiologique, etc.) et des investigations épidémiologiques autour des premiers cas qui permettent de mieux caractériser le phénomène et d'affiner au mieux les outils de la surveillance et de gestion. Il est donc nécessaire d'impliquer dès le début les acteurs de la recherche, d'entretenir des liens privilégiés avec ceux-ci et de développer en amont les partenariats avec les acteurs au niveau territorial pour mener des actions. Lorsque des chaînes de transmission sont découvertes et qu'elles se multiplient, il est important de poursuivre l'identification des cas et de leurs contacts afin de ralentir la diffusion de la maladie sur le territoire. En effet, tous les outils de prévention à l'échelle d'une population ne sont pas nécessairement disponibles dans les premiers temps d'une épidémie (*a fortiori* d'une pandémie liée à un virus émergent), en particulier la vaccination. Néanmoins, dès l'identification des premiers cas, il est nécessaire d'anticiper l'évolution de la surveillance pour être en mesure d'apprécier l'ampleur de la diffusion de la maladie et en évaluer l'impact potentiel sur la population et le système de santé.

Santé publique France, Agence nationale de santé publique sous tutelle du ministère de la Santé et de la Prévention (MSP), a pour missions, entre autres, la mise en place et la coordination de la surveillance des maladies ainsi que la prévention et l'alerte sanitaire. Cette agence d'expertise scientifique est constituée d'un siège en région parisienne et d'équipes en régions, afin d'assurer la continuité entre les missions d'expertise et les mesures de gestion relatives à la santé au sein des territoires.

La construction du système de surveillance de la Covid-19 en France s'est fondée sur des expériences passées de surveillance épidémiologique des maladies infectieuses, qu'il s'agisse de modalités existantes concernant les risques d'importation de maladies émergentes (Ebola, SARS, MERS-CoV,

grippe A(H1N1)_{pdm09}, etc.) ou le suivi d'épidémies d'infections respiratoires saisonnières (grippe, virus respiratoire syncytial (VRS), etc.), voire d'événements exceptionnels non infectieux tels que la canicule. Le dispositif de surveillance a également pu être influencé par les recommandations et besoins à l'échelle internationale, notamment européenne, en maintenant des liens forts avec l'ECDC (*European centre for disease prevention and control*) et les agences de santé publique internationales. De manière très réactive devant l'ampleur et la rapidité de la propagation de l'épidémie, des systèmes de surveillance existants ont été adaptés et complétés par la mise en place de nouvelles modalités adaptées aux caractéristiques de cette infection émergente et des besoins d'action en santé publique (figure 1). À la dimension individuelle de la surveillance initiale centrée autour des cas, s'ajoute alors une dimension populationnelle, les deux types de surveillance ayant coexisté pendant plusieurs mois.

L'objectif de cet article est de décrire la construction du dispositif de surveillance multi-sources pour l'aide à la décision (mesures de contrôle, organisation des soins, évaluation des actions etc.), son adaptation progressive, ses forces et ses limites dans un contexte de pandémie. Les résultats issus de ce dispositif ne sont pas détaillés dans cet article.

Chronologie de la construction de la surveillance de la Covid-19

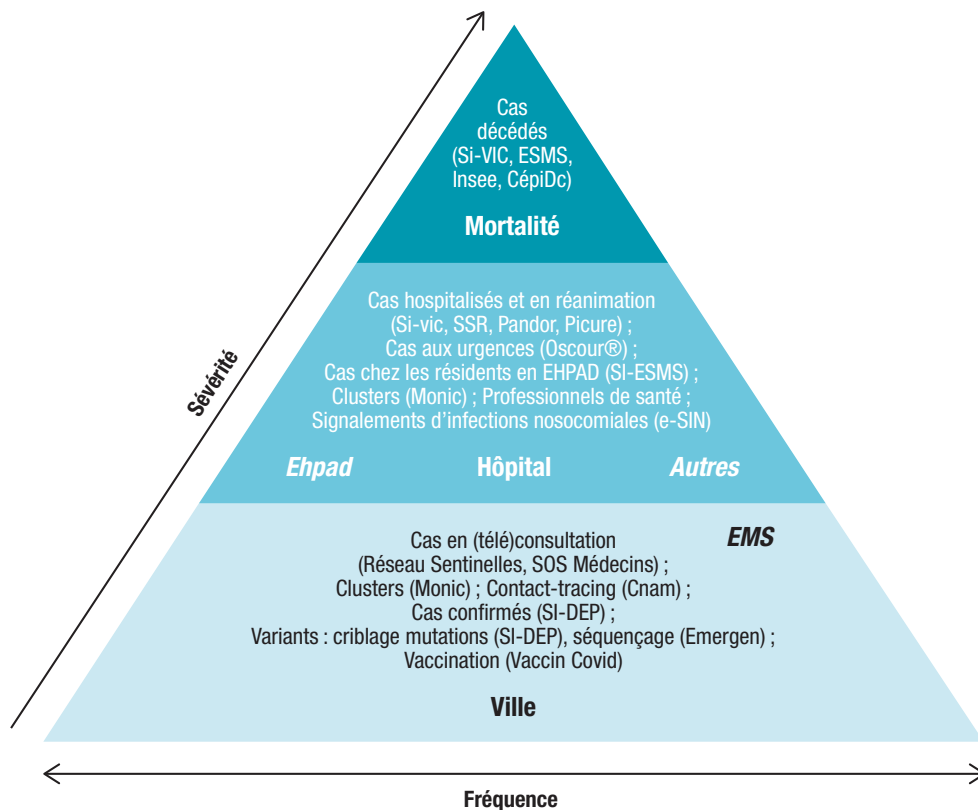
Chaque méthode de surveillance est élaborée afin de produire des indicateurs devant répondre aux objectifs identifiés lors des différentes phases de l'épidémie. L'ensemble des systèmes mis en place répondent aux missions de Santé publique France et suivent les règles du Code de la santé publique français (articles L. 1413-7 and L. 1413-8) et de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil). Certains systèmes ont été mis en place suite à la loi n° 2020-290 du 23 mars 2020 d'urgence pour faire face à l'épidémie de Covid-19 et ses différentes prolongations, et leur adaptation à la sortie de l'état d'urgence est en cours d'élaboration.

Phase précédant l'introduction du SARS-CoV-2 en France : détecter une potentielle introduction

Les premières informations concernant un cluster de pneumopathies d'origine inconnue lié à la fréquentation d'un « *wet market* » dans la ville de Wuhan (Chine) ont été diffusées fin décembre 2019 (message Promed n°20191230.6864153), avant que les autorités de santé chinoises n'alertent l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) de manière formelle le 31 décembre 2019. Dès le 10 janvier 2020,

Figure 1

Pyramide de la surveillance de la Covid-19 en France



CépiDc : Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès ; Ehpads : Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes ; EMS : Établissement médico-social ; ESMS : Établissement social et médico-social ; Insee : Institut national de la statistique et des études économiques ; Monic : Système d'information de monitoring des clusters ; Oscour® : Organisation de la surveillance coordonnée des urgences ; SI-DEP : Système d'informations de dépistage ; SI-VIC : Système d'information des victimes ; SSR : Services sentinelles de réanimation/soins intensifs ; Picure : réseau de surveillance des hospitalisations des enfants en réanimation pédiatrique ; Pandor : réseau de surveillance des hospitalisations des enfants en pédiatrie générale ; Cnam : Caisse nationale d'assurance maladie.

Santé publique France, en lien avec le ministère des Solidarités et de la Santé (MSS) et en collaboration avec le Centre national de référence des virus des infections respiratoires (CNR-VIR), les cliniciens experts des maladies émergentes de la mission Coreb (Coordination opérationnelle – Risque épidémique et biologique) et les infectiologues, élaborait une première définition de cas d'infection au nouveau coronavirus. Cette définition de cas, adaptée de celle utilisée pour identifier les cas d'infection par le MERS-CoV⁴, constituait une première étape essentielle de la stratégie de surveillance. En effet, elle permettait de structurer et d'organiser la prise en charge des signalements de cas suspects d'infection par le SARS-CoV-2, en définissant les cas possibles, probables et confirmés. Une technique de diagnostic fiable et sensible a été mise au point par le CNR-VIR le 16 janvier 2020, grâce au partage des premières séquences par la Chine, afin de permettre la confirmation des premiers cas⁵. Les enjeux du système de surveillance étaient, à ce stade, de pouvoir détecter tous les cas d'introduction de cette nouvelle infection respiratoire sur le territoire national afin d'éviter une transmission autochtone de la maladie, avec une remontée centralisée des signalements au niveau national, et d'enrichir les connaissances disponibles. Pour cette raison, la définition de cas devait être sensible pour en identifier le maximum tout en tenant compte des capacités d'hospitalisation en établissement de santé de référence pour le Risque épidémique et biologique et des capacités de diagnostic biologique. Cette surveillance nécessitait l'information et la communication d'outils (définition de cas, conduite à tenir, modalités d'envoi des prélèvements au CNR-VIR) à l'intention des professionnels de santé pour l'identification des cas suspects et leur signalement aux autorités de santé (agences régionales de santé – ARS – et Santé publique France pour centraliser les données)⁽¹⁾.

Phase d'introduction : éviter les chaînes de transmission autochtones

Les trois premiers cas ont été confirmés par le CNR-VIR le 24 janvier 2020⁶. La définition de cas a ensuite évolué, avec les connaissances sur sa diffusion au plan international, permettant ainsi d'adapter régulièrement les zones à risque d'importation de la maladie. La surveillance est restée fondée sur le signalement des cas suspects aux ARS par les cliniciens, leur classement en cas possible par les équipes en région, puis l'envoi des prélèvements au CNR-VIR pour confirmation dans les premiers temps. Les cas possibles ont été enregistrés individuellement au niveau national dans une base de données simple où étaient collectées des informations démographiques, cliniques et d'exposition. Chaque cas confirmé a donné lieu à une investigation pour l'identification de l'ensemble des personnes contacts à risque sur le territoire afin d'éviter ou

d'interrompre toute chaîne de transmission par l'isolement, le dépistage des personnes contacts asymptomatiques et le diagnostic des personnes contacts en cas de symptômes.

Premières chaînes de transmission – premiers regroupements de cas (clusters) : éviter la diffusion

Début février 2020, une première chaîne de transmission locale a été identifiée, mais les investigations réactives autour des cas et l'isolement des personnes-contacts ont permis de l'interrompre. Au total, 12 cas ont été confirmés dans une station de sports d'hiver dans les Alpes⁷. Si le nombre total de cas confirmés est resté limité durant cette période en France, le système en place, très sensible, a permis l'identification d'un grand nombre de cas suspects, mettant ainsi en exergue la nécessité de faire rapidement évoluer l'outil de recueil d'informations. Un nouvel outil, « Go.Data » (initialement développé par l'OMS pour les investigations de fièvres hémorragiques virales en Afrique subsaharienne), a été adapté et mis en place, afin de recueillir au sein d'une même base de données les informations sur les cas suspects et leurs contacts. En parallèle, dans l'objectif de répondre à la nécessité d'augmenter le volume de tests diagnostiques à la suite de l'identification d'un nombre toujours croissant de cas suspects, la technique de diagnostic a été progressivement transférée par le CNR-VIR aux laboratoires hospitaliers, puis aux laboratoires de ville (avec validation initiale des premiers résultats par le CNR-VIR). Devant le nombre croissant de laboratoires acquérant la technique de diagnostic (technique du CNR-VIR, PCR « maison » pour certains laboratoires ou kits commerciaux progressivement mis sur le marché) et l'augmentation du nombre de tests réalisés, le système de surveillance a évolué : un circuit d'envoi de tous les résultats des laboratoires hospitaliers vers les ARS et Santé publique France (niveaux régional et national) a été mis en place fin février 2020. Le réseau 3-Labos, déjà utilisé pour la surveillance de plusieurs maladies infectieuses (dont les arboviroses) et composé de laboratoires privés centralisateurs, représentait une part importante des prélèvements réalisés hors-hôpitaux sur le territoire (laboratoires Pasteur-Cerba et Eurofins-Biomnis initialement, rejoints par Inovie ensuite). Il a été également sollicité et a ainsi permis une mise à disposition rapide des résultats des RT-PCR recherchant le SARS-CoV-2 prélevés, notamment dans les laboratoires de ville, dès le 14 mars 2020. Bien que ne couvrant qu'une proportion des prélèvements réalisés sur le territoire, le réseau a permis la production du taux de positivité, l'un des premiers indicateurs de circulation du virus et son suivi dans le temps.

Phase de diffusion et de circulation du virus

Un premier cluster dans l'Oise, puis un événement de super-propagation dans le Haut-Rhin, détectés fin février 2020, ont donné lieu à un nombre

(1) <https://www.santepubliquefrance.fr/dossiers/coronavirus-covid-19/covid-19-outils-pour-les-professionnels-de-sante>

exponentiel de cas de Covid-19 et à des chaînes de transmission dans de très nombreuses régions. Dans ce contexte de diffusion, les outils de détection des cas et de suivi des contacts en place ont été rapidement dépassés, engendrant l'impossibilité de mener autour de chaque cas sur l'ensemble du territoire une investigation épidémiologique détaillée, des actions d'identification des contacts et la mise en place de mesures individualisées (*contact-tracing*). Les objectifs ont ainsi été adaptés à une surveillance populationnelle visant à suivre l'impact de la maladie en termes de dynamique temporo-spatiale et de sévérité, et ses conséquences sur le système de santé. En parallèle, l'identification des cas et de leurs contacts à risque se poursuivait pour continuer à ralentir la diffusion de l'épidémie et préserver le système de soins, mais également aider à cibler les mesures de gestion et en évaluer l'impact.

Les premiers indicateurs de surveillance ont été construits à partir de systèmes et de collaborations existants, (notamment ceux de la surveillance de la grippe) et ont été adaptés à la Covid-19 (figure 2). La surveillance syndromique, basée sur des indicateurs sanitaires non spécifiques et déjà opérationnelle à Santé publique France, a été adaptée dès fin février 2020 à la surveillance de la Covid-19. Ceci a permis d'apporter des données complémentaires aux résultats des cas confirmés des laboratoires de biologie médicale. Elle a permis une surveillance des cas suspects de Covid-19 provenant des données des associations SOS Médecins et des services d'urgence hospitaliers (réseau Oscour®)⁸⁻⁹. Ces deux dispositifs, établis sur une remontée automatique des actes avec diagnostics médicaux, quasi-exhaustifs et en temps réel depuis plusieurs années, ont permis de suivre de manière plus sensible et réactive les tendances épidémiologiques dans les différentes classes d'âges et à différentes échelles géographiques en s'affranchissant du délai de confirmation virologique. Ces systèmes ont assuré en parallèle le maintien de la surveillance des pathologies autres que la Covid-19 motivant un recours aux soins d'urgence. Leur principale limite résidait, *a contrario*, dans le manque de spécificité de la définition de cas, reposant au moins au début de l'épidémie uniquement sur des données cliniques. Par ailleurs, pour la médecine de ville, les médecins généralistes du réseau Sentinelles ont complété la surveillance des cas suspects de Covid-19¹⁰.

Afin de suivre la dynamique épidémique et d'estimer son poids sur le système hospitalier, une surveillance des cas hospitalisés a été construite à partir d'un outil préexistant : le Système d'information pour le suivi des victimes d'attentats et de situations sanitaires exceptionnelles (SI-VIC). Cet outil, initialement conçu pour évaluer l'impact des attentats sur l'hôpital, a été adapté pour produire, dès le 18 mars 2020, des indicateurs hospitaliers quotidiens à différentes échelles géographiques. Ces indicateurs hospitaliers, basés sur un enregistrement exhaustif des cas confirmés

biologiquement ou radiologiquement, ont permis, avant l'implémentation d'un outil de remontée automatisée des cas confirmés biologiquement, le suivi de la dynamique épidémique, à la différence des premiers indicateurs provenant des données de laboratoires (ces dernières étaient incomplètes avant la généralisation de l'outil Si-DEP, décrit ci-après, et très dépendantes de la capacité de tests des laboratoires, au recours au diagnostic en cas de symptômes ou aux politiques de dépistage destinées à identifier les infections asymptomatiques).

Pour répondre au besoin d'identification des nouveaux cas, un nouveau système de surveillance virologique, le Système d'information de dépistage (SI-DEP), a été conçu dans le but d'obtenir une remontée automatique de tous les tests réalisés par l'ensemble des laboratoires de biologie médicale sur le territoire français. Cette automatisation, moins contraignante pour les laboratoires, était nécessaire pour une remontée exhaustive et rapide des résultats. Le système a été développé en deux mois et activé en mai 2020 au sortir de la première vague. Pour répondre aux objectifs identifiés, des indicateurs épidémiologiques de suivi de l'évolution de l'épidémie ont été construits, produits et mis à disposition de manière quotidienne à partir du SI-DEP. Cette base de données permettait également d'alimenter celle de l'Assurance maladie (Contact-Covid, Caisse nationale de l'assurance maladie – Cnam), qui a été chargée à partir de ce moment d'assurer le *contact-tracing*, en relais des ARS et des équipes de Santé publique France en région. Santé publique France a également produit, analysé et restitué à différents échelons géographiques les indicateurs issus de la base de données Contact-Covid en collaboration avec l'Assurance maladie.

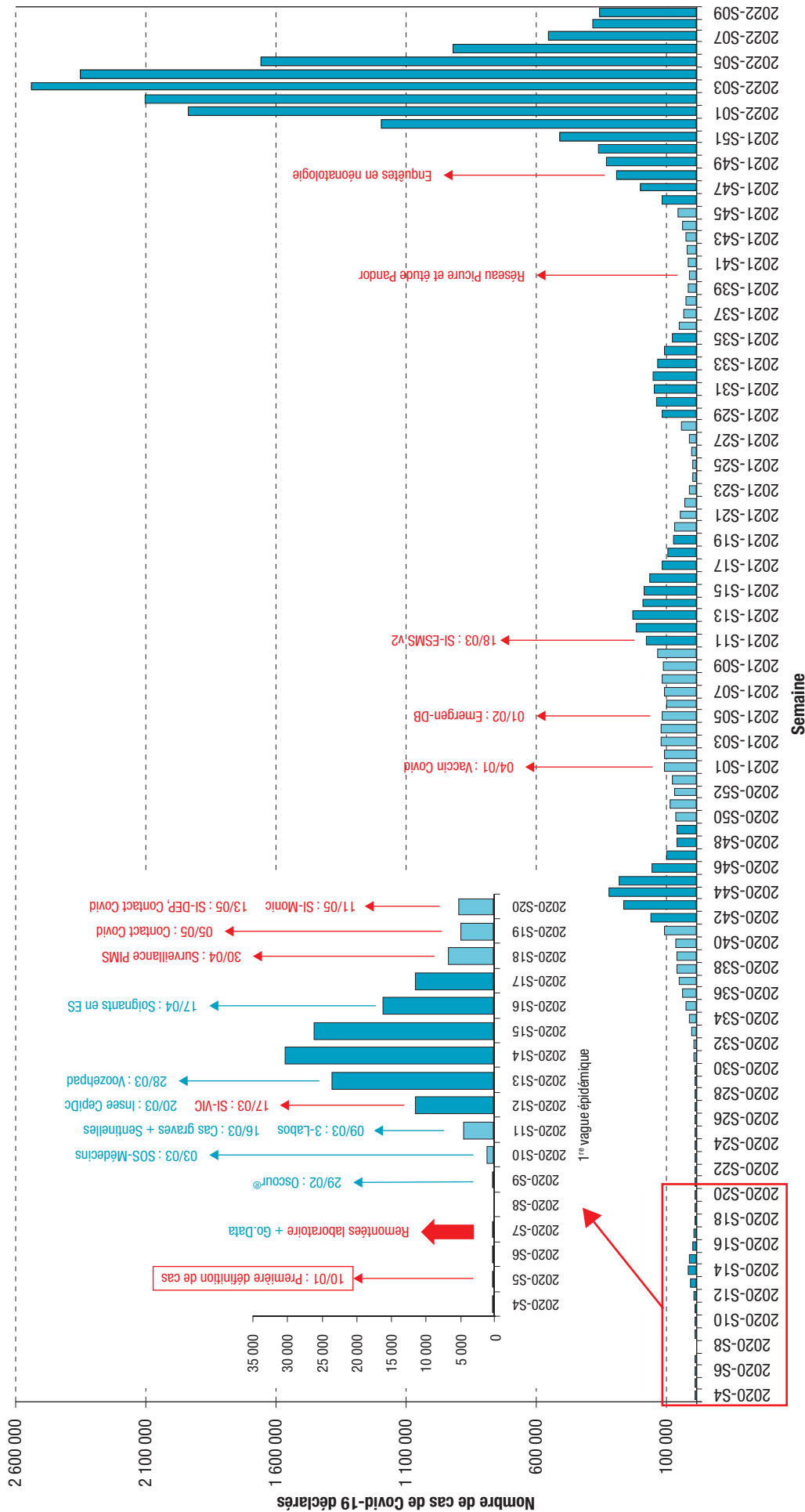
Le délai nécessaire à la consolidation des données de laboratoires (en moyenne trois jours) et les variations de stratégies de dépistage instaurées au cours du temps impactant les indicateurs produits à partir de SI-DEP ont imposé le maintien d'une surveillance multi-sources, afin de détecter les modifications de tendances de manière précoce.

Au-delà du suivi quotidien de l'épidémie *via* ces données d'observation, la mise en place, en collaboration avec l'Unité de modélisation des maladies infectieuses de l'Institut Pasteur, du suivi des nombres de reproduction effectifs des cas (*i.e* le nombre de cas secondaires générés par un cas source), des passages aux urgences ou des hospitalisations a permis d'apprécier en temps réel la dynamique épidémique et les tendances prévisibles pour les semaines à venir, sous l'hypothèse de l'absence de modification des comportements individuels ou des mesures de contrôle collectives¹¹.

Alors que le nombre de cas diminuait, à la suite de la première vague épidémique, l'attention s'est de nouveau portée sur la surveillance des clusters. En effet, lorsque l'incidence est redevenue basse,

Figure 2

Nombre de cas de Covid-19 détectés par semaine en France et systèmes de surveillance principaux mis en place, Santé publique France, janvier 2020-mars 2022



Semaine

- Hors vagues épidémiques
- Vagues épidémiques
- ← Systèmes préexistants adaptés à la Covid-19
- ← Systèmes spécifiques à la Covid-19

Go.Data : outil initialement développé par l'OMS pour les investigations de fièvres hémorragiques virales en Afrique subsaharienne. Oscour® : Organisation de la surveillance coordonnée des urgences ; SI-VC : Système d'information des victimes ; Insee : Institut national de la statistique et des études économiques ; CePIDc : Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès ; Voozepad : application de saisie en ligne pour les établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes ; ES : établissement social ; Pims : *Pediatric inflammatory multisystem syndrome* ; SI-Monic : Système d'information de monitoring des clusters ; SI-DEF : Système d'informations de dépistage ; Emergen-DB : base de données du consortium Emergen pour la surveillance et la recherche sur les infections à pathogènes émergents via la génomique microbienne ; SI-ESMS : Système d'information des établissements sociaux et médico-sociaux ; Picure : réseau de surveillance des hospitalisations des enfants en réanimation pédiatrique ; Pandor : réseau de surveillance des hospitalisations des enfants en pédiatrie générale.

les clusters pouvaient être à l'origine de la plupart des nouvelles contaminations, et donc de reprises épidémiques, s'ils n'étaient pas maîtrisés rapidement. Un outil de surveillance à visée d'alerte a été mis en place en population générale au sein de chaque région *via* la base de données de monitoring des clusters (Monic), permettant leur description, leur suivi, et une évaluation de leur criticité en termes de sévérité et de risques de diffusion communautaire. Ces données ont permis d'informer rapidement les autorités de santé nationales, mais également locales, pour la mise en œuvre d'actions spécifiques autour de ces situations à risque¹². La surveillance des clusters a également permis de mieux comprendre les modes de transmission et d'amplification de l'épidémie au sein de collectivités ou secteurs d'activité.

Surveillance de la sévérité et impact sur le système de soins

Parallèlement au suivi de la dynamique de l'épidémie, les systèmes mis en place ont également permis d'évaluer l'impact et le poids de la maladie sur la population et le système de santé en France.

Le système SI-VIC a permis d'évaluer en temps réel les formes sévères de la maladie et le niveau de saturation des hôpitaux français tout au long de la crise selon le type de service, notamment dans les services de soins critiques, dont les réanimations. En complément des travaux de modélisation déjà mentionnés, les indicateurs hospitaliers ainsi générés, mis à disposition en temps réel des équipes de modélisation, ont permis d'estimer la sévérité de la maladie chez les personnes infectées en début d'épidémie¹³, puis de réaliser des projections sur la dynamique de l'épidémie au niveau hospitalier selon différentes hypothèses quant aux mesures de contrôle mises en œuvre au niveau individuel ou collectif. L'une des limites concernant les données issues de SI-VIC est liée aux évolutions dans le temps des modalités d'admission à l'hôpital ou en soins critiques, en particulier en fonction de l'âge et du degré de saturation des services hospitaliers. Par ailleurs, les indicateurs issus de SI-VIC ne pouvaient être déclinés qu'en régions ou départements d'hospitalisation, alors que la majorité des indicateurs de circulation du virus l'étaient en régions ou départements de résidence. De plus les transferts de patients entre régions, du fait de pressions hospitalières variables selon les territoires, ont dû être pris en compte pour interpréter l'évolution des indicateurs hospitaliers aux échelons départementaux.

Afin de limiter la charge de travail liée à la saisie des données dans le dispositif SI-VIC et en assurer la qualité et l'exhaustivité, très peu d'informations concernant les caractéristiques des cas hospitalisés y sont recueillies. Pour compléter cette surveillance avec des données plus précises sur les caractéristiques des cas graves, une surveillance sentinelle, basée sur l'expérience de la grippe et un réseau de services de réanimation volontaires a été également mise en place. Grâce à ce système sentinelle, nous

avons pu obtenir des données détaillées sur les comorbidités, le degré de sévérité (modalités de prise en charge) ou le devenir des patients hospitalisés en réanimation.

Enfin, pour estimer et suivre la mortalité liée à la Covid-19, plusieurs sources de données ont été rapidement adaptées. Ainsi, les décès des patients infectés par le SARS-CoV-2 ont été rapportés par les établissements de santé (décès hospitaliers notifiés dans SI-VIC), par les établissements et services médico-sociaux (ESMS) (décès des résidents à l'hôpital ou en ESMS) et par la certification électronique des décès, qui représente un échantillon du nombre total de décès en France. En revanche, les décès survenus en milieu communautaire incluant les décès survenus à domicile n'ont pas pu être pris en compte avec réactivité, en raison de la trop faible utilisation de la certification électronique des décès en dehors des établissements de santé. Par ailleurs, la surveillance de l'excès de mortalité toutes causes à partir des données d'état civil transmises par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee)¹⁴⁻¹⁵ a permis de montrer, dès les premières semaines de la diffusion de la maladie, le poids direct et indirect de la propagation de la Covid-19 dans la population française en termes de mortalité, et de pointer également des différences à l'échelle régionale, ou même départementale.

Surveillances spécifiques de sous-groupes de population

Les différentes populations à risque ont été identifiées dès les premières semaines, notamment les personnes les plus âgées résidant dans les établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (Ehpad), où un nombre important de cas groupés a été détecté avec des taux de mortalité très élevés. Adaptée également de la surveillance de la grippe, une surveillance spécifique de la Covid-19 dans les collectivités de personnes âgées (Ehpad-Ehpa et autres) et les autres types d'établissements médico-sociaux (EMS) a été construite. Un outil spécifique a été mis à disposition de ces établissements par Santé publique France *via* le portail des signalements du ministère de la Santé à partir du 28 mars 2020.

Les personnels de santé, s'ils ne sont pas à risque de formes plus sévères, ont été nettement plus exposés que la population générale à la Covid-19 et ont représenté, de ce fait, une population à risque d'infection, en plus d'être indispensables au bon fonctionnement du système de santé. Un protocole de surveillance des professionnels salariés d'établissements de santé publics et privés incluant un outil spécifique de recueil des données, a été déployé à partir de fin avril 2020 par Santé publique France, en partenariat avec le Groupe d'étude sur le risque d'exposition des soignants aux agents infectieux (Geres) et avec l'appui des centres d'appui pour la prévention des infections associées aux soins (Cpias), des équipes opérationnelles d'hygiène et de médecine du travail.

Le système de signalement des infections associées aux soins (e-SIN) a inclus, à partir du 3 mars 2020, les cas de Covid-19 se déclarant au sein des établissements de soins, permettant ainsi d'évaluer leur impact sur le système de soins et de contribuer au dispositif de surveillance des clusters à visée d'alerte.

Fin avril 2020, en France et dans d'autres pays, des cas de myocardites évocatrices de maladie de Kawasaki chez des enfants ayant un antécédent récent de Covid-19 ont été signalés. Santé publique France et l'ensemble des sociétés savantes de pédiatrie ont mis en place, dès le 30 avril 2020, une surveillance active de ces syndromes, recensés sous l'appellation de « syndromes inflammatoires multi-systémiques pédiatriques » (Pims : *Pediatric inflammatory multisystem syndrome*), afin d'évaluer l'incidence et d'améliorer les connaissances pour leur prise en charge¹⁶. Deux réseaux de surveillance des hospitalisations des enfants ont été alors construits par les professionnels au sein de services volontaires, l'un en réanimation pédiatrique (réseau Picure) et l'autre en service de pédiatrie générale (étude Pandor), afin d'évaluer et documenter la sévérité de la Covid-19 et de ses potentielles complications chez l'enfant.

En 2021, plusieurs signalements relatifs à la survenue de complications particulièrement graves chez les femmes enceintes infectées par le SARS-CoV-2 durant la grossesse et le péri-partum, ainsi que chez les nouveau-nés ont été partagés avec Santé publique France. Un système de surveillance du nombre de nouveau-nés nés dans un contexte d'infection au SARS-CoV-2 et hospitalisés en soins critiques de niveau 3 a été mis en place en novembre 2021, en collaboration avec la Société française de néonatalogie.

Surveillance virologique (séquençage et criblage)

Après plusieurs mois de circulation du virus, l'amélioration des connaissances sur la diffusion du SARS-CoV-2 et ses caractéristiques virologiques ont permis de mieux comprendre la dynamique de son évolution et de mettre en évidence dès fin 2020 l'émergence de mutations et lignages impactant de manière significative sa transmission ou sa capacité d'adaptation au système immunitaire de l'hôte, sa sévérité et la performance des tests de diagnostic. Ainsi, l'émergence des variants Alpha fin 2020, puis Bêta et Gamma dans les départements et régions d'outre-mer (DROM), Delta au printemps 2021 et enfin Omicron fin 2021 à l'échelle mondiale ont donné lieu à des modifications épidémiologiques majeures conduisant la France à renforcer la surveillance génomique du SARS-CoV-2, initialement conduite sous l'égide du seul CNR-VIR. Le consortium Emergen⁽²⁾ (consortium pour la surveillance et la recherche sur les infections à pathogènes

émergents *via* la génomique microbienne) a donc été créé en janvier 2021 par Santé publique France et l'Agence nationale de recherches sur le sida et les hépatites virales | Maladies infectieuses émergentes (ANRS|MIE) pour fédérer l'ensemble des capacités de séquençage publiques et privées disponibles. En plus des indications de séquençage à visée interventionnelle en cas de cluster, d'échec vaccinal, de réinfection ou chez les cas au retour d'un séjour à l'étranger, ses objectifs étaient de caractériser les variants circulants, au moyen d'enquêtes représentatives répétées de manière régulière (enquêtes Flash hebdomadaires) et d'être en capacité de détecter de manière précoce tout nouveau variant émergent. Les données de cette surveillance ont été par ailleurs utilisées pour des analyses de risque conduites deux fois par mois, puis de manière mensuelle par Santé publique France et le CNR-VIR pour classifier les différents variants selon leurs caractéristiques (les variants qualifiés de préoccupants – VOC, *variant of concern* – faisant l'objet de mesures de gestion ciblées) et leur impact potentiel sur la santé publique.

Les délais propres au transfert des prélèvements et au séquençage (plusieurs jours) étaient toutefois incompatibles avec un rendu de résultat permettant d'orienter ces mesures de gestion. Ainsi, une stratégie de dépistage exhaustive et réactive des mutations spécifiques de certains VOC (L452R et variants Delta, 501Y et Alpha, par exemple) a été mise en place dans tous les laboratoires sur la base de RT-PCR dites « de criblage », dont le résultat est disponible en quelques heures. L'intégration des résultats de ces tests était réalisée au sein de la base SI-DEP, afin d'alimenter les données de surveillance et celles du *contact-tracing*, et ainsi mettre en place certaines mesures différenciées en amont des résultats de séquençage, mais également de suivre la diffusion temporo-spatiale des variants préoccupants de manière plus réactive dans les régions et territoires.

Surveillance sérologique populationnelle

La diffusion du SARS-CoV-2 dans la population, de même que la vaccination dans un second temps, ont engendré progressivement une augmentation de la séroprévalence, conférant une immunité relative naturelle à une grande partie de la population exposée. Des études de séroprévalence répétées dans le temps sur des échantillons prélevés à partir du mois de mars 2020 ont été réalisées pour connaître la part de la population exposée au virus ayant développé des anticorps contre le SARS-CoV-2¹⁷, qu'ils soient liés à une immunité naturelle ou vaccinale. Ces études sont réalisées à partir de « fonds de tubes » issus de prélèvements sanguins effectués en laboratoires de biologie médicale privés ou publics dans le cadre d'un examen de biologie spécialisée autre que la recherche du SARS-CoV-2 (examens réalisés par les laboratoires Cerba ou Eurofins Biomnis). Ces analyses permettent de prendre en compte les formes asymptomatiques, dont seule une proportion est captée

⁽²⁾ <https://www.santepubliquefrance.fr/dossiers/coronavirus-covid-19/consortium-emergen>

par les stratégies de dépistage, ainsi que l'ensemble des formes symptomatiques (incluant donc celles ne faisant pas l'objet d'un test diagnostic).

Surveillance de la couverture vaccinale

En parallèle du début de la campagne de vaccination contre la Covid-19, une surveillance de la couverture vaccinale dans la population française élaborée par Santé publique France a été mise en place en février 2021. La base de données VAC-SI, alimentée par les professionnels de santé pratiquant la vaccination et gérée par la Cnam, a été analysée quotidiennement pour estimer les couvertures vaccinales par classe d'âge, par lieu de vaccination, mais également par population spécifique, comme les professionnels de santé ou les résidents et les professionnels exerçant en Ehpad.

Des études de couvertures vaccinales plus ciblées ont également été mises en œuvre auprès de ces populations spécifiques et ont été reproduites à plusieurs reprises afin d'en suivre l'évolution et de guider les mesures de sensibilisation dans les territoires ou groupes de populations les moins bien vaccinés.

Enquêtes de suivi de l'évolution des comportements et de la santé mentale

Dès le 23 mars 2020, Santé publique France a mis en place une série d'enquêtes en population générale appelées « CoviPrev », par le moyen de questionnaires auto-administrés en ligne à un échantillon de 2 000 personnes, de manière répétée. Ces enquêtes visent à mesurer les comportements liés directement à la pandémie et leur degré d'adoption (gestes barrières, confinement, intention vaccinale) et ceux indirects (consommation d'alcool, de tabac, alimentation, activité physique). Un volet évalue également l'évolution au cours de la pandémie de l'état de santé mentale de la population.

Analyse intégrant l'ensemble des indicateurs et rétro information

Si chaque indicateur, de manière séparée, permet d'évaluer un aspect épidémiologique (tendance de la dynamique de circulation du virus, gravité, mortalité, etc.), leur analyse conjointe a permis d'évaluer les situations à des échelles géographiques très fines ou dans des sous-groupes de population et de contribuer à mettre en place d'éventuelles mesures de gestions ciblées (figure 3). Ainsi, l'apparition de cas groupés difficilement maîtrisables dans certaines zones géographiques ont permis de mettre en place des actions de santé publique pour en limiter la diffusion¹⁸. L'analyse fine des indicateurs par classe d'âge parmi les enfants a permis de mettre en place des mesures ciblées en milieu scolaire, dans l'objectif de ralentir la propagation du virus, tout en maintenant au maximum les écoles ouvertes¹⁹. Le suivi des indicateurs issus de Contact-Covid (Cnam), incluant les lieux d'exposition présumés des cas, ont permis

d'appuyer certaines hypothèses sur l'interprétation des tendances évolutives (par exemple, l'augmentation du taux d'incidence chez les enfants et celle des contacts en milieu scolaire lors des rentrées des classes, ou encore l'augmentation du taux d'incidence chez les jeunes adultes avec l'augmentation de la fréquentation des bars et restaurants etc.). Ces dispositifs, ainsi que les enquêtes CoviPrev, ont permis d'apporter des éléments d'orientation pour des actions de prévention et des mesures de gestion adéquates, et d'évaluer certaines dynamiques épidémiques, ainsi que les mesures mises en place au cours de la crise.

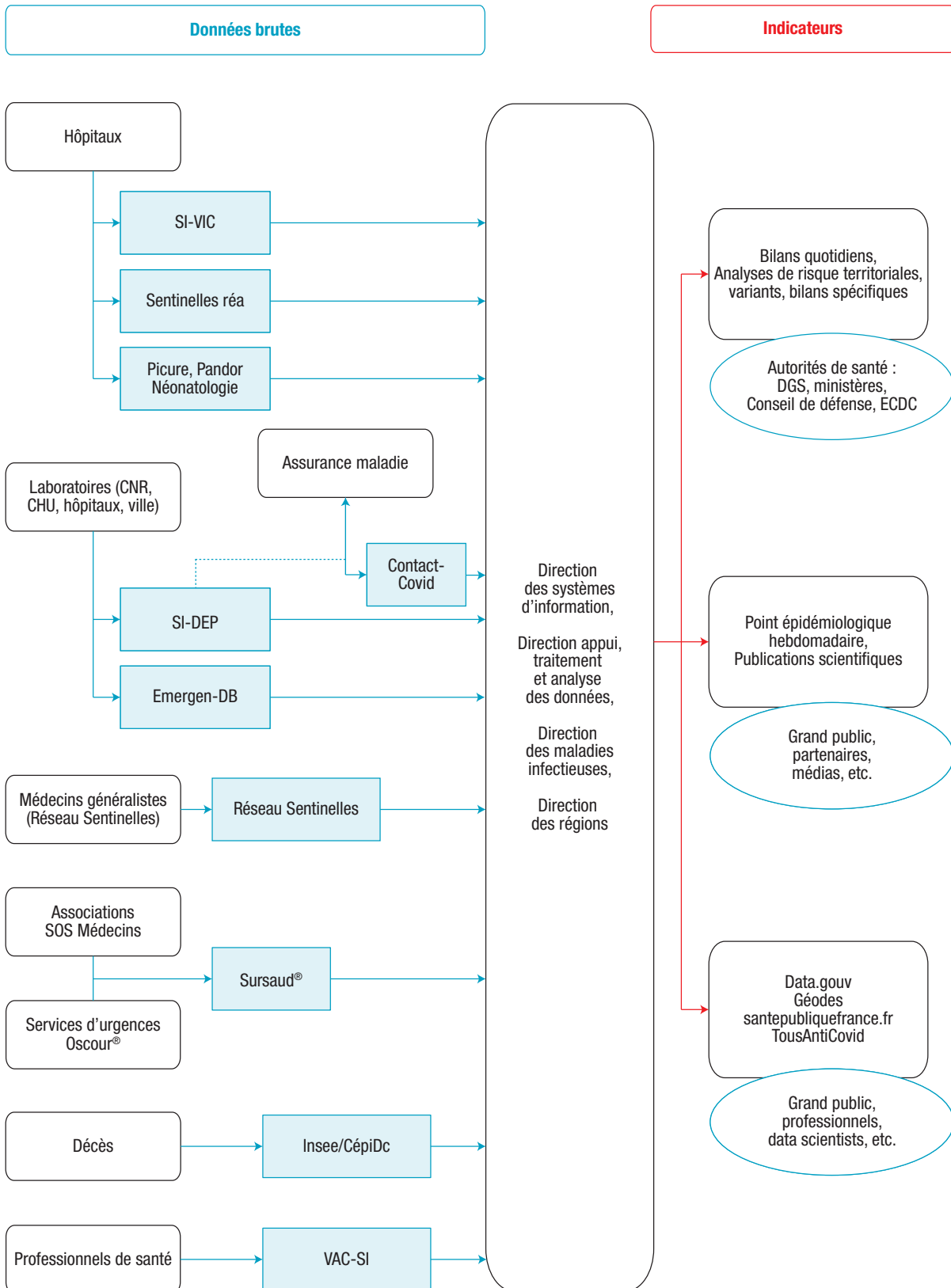
L'ensemble de ces indicateurs ont été partagés avec les autorités sanitaires sous différentes formes. Les indicateurs de circulation du SARS-CoV-2 et de couverture vaccinale étaient transmis quotidiennement dans un bilan à destination du Centre de crise sanitaire de la Direction générale de la santé et ont alimenté les décisions des Conseils de défense. Au niveau territorial, l'ensemble des indicateurs analysés par les équipes en région de Santé publique France étaient partagés en temps réel avec les ARS. Plus d'une centaine d'indicateurs produits par Santé publique France à partir des bases de données SI-DEP, SI-VIC, VAC-SI, Sursaud® (réseaux SOS Médecins et Oscour®, certification électronique des décès), étaient restitués sur l'observatoire cartographique Géodes, où les premières données de surveillance de la Covid-19 ont été partagées dès le 18 mars 2020 ainsi que sur la plateforme data.gouv.fr du gouvernement. Ces indicateurs ont également été mis en ligne sur le tableau de bord (InfoCovidFrance)⁽³⁾ de l'agence à partir du 24 novembre 2022. La plupart de ces données étaient mises à jour quotidiennement, week-ends compris. Les indicateurs en *open data* servaient à alimenter différents outils – publics ou non – de restitution des données (tableaux de bord nationaux ou internationaux, application TousAntiCovid, etc.).

En parallèle de ces indicateurs, une analyse complète des situations nationale et régionales a été réalisée chaque semaine. Elle a été partagée publiquement dans les points épidémiologiques nationaux et régionaux disponibles sur le site internet de l'agence et accompagnée d'un temps d'échange avec les médias pour décrire la situation et rendre plus accessible la compréhension des indicateurs. Une analyse de risque territorialisée contextualisée était également menée par les cellules régionales de Santé publique France de manière quotidienne, puis hebdomadaire, pour alimenter les concertations avec les ARS et les acteurs locaux, mais également avec le ministère de la Santé (incluant le Centre de crise sanitaire, la Direction générale de l'offre de soins, la Direction générale de la cohésion sociale et la Cnam).

⁽³⁾ <https://www.santepubliquefrance.fr/dossiers/coronavirus-covid-19/coronavirus-chiffres-cles-et-evolution-de-la-covid-19-en-france-et-dans-le-monde>

Figure 3

Schéma de production et de remontée des données des principales sources de suivi des cas de Covid-19, mars 2022*



* Les données des enquêtes CoviPrev n'apparaissent pas sur cette figure limitée aux systèmes de surveillance ayant généré des indicateurs pérennes de l'impact de la Covid-19 sur la population.

SI-VIC : Système d'information des victimes ; réa : réanimation ; Picure : réseau de surveillance des hospitalisations des enfants en réanimation pédiatrique ; Pandor : réseau de surveillance des hospitalisations des enfants en pédiatrie générale ; CNR : centre national de référence ; CHU : centre hospitalier universitaire ; SI-DEP : Système d'informations de dépistage ; Emergen-DB : base de données du consortium Emergen pour la surveillance génomique du SARS-CoV-2 en France ; DGS : Direction générale de la Santé ; ECDC : Centre européen de prévention et de contrôle des maladies ; Oscour® : organisation de la surveillance coordonnée des urgences ; Sursaud® : surveillance sanitaire des urgences et des décès ; CépiDc : Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès ; Insee : Institut national de la statistique et des études économiques ; VAC-SI : système d'information Vaccin Covid.

Par ailleurs, des bilans fréquents ont été réalisés sur différentes thématiques, comme l'évolution des contaminations chez les enfants en âge scolaire, les Pims ou l'évolution des contaminations des personnels soignants en établissement de santé. L'agence a aussi partagé l'ensemble des données épidémiologiques françaises avec l'ECDC, quotidiennement puis de manière hebdomadaire au travers du système Tessy (The European Surveillance System), par le projet EuroMomo (*European mortality monitoring*) pour les données d'excès de mortalité, et avec l'initiative internationale Gisaid (*Global initiative on sharing avian influenza data*). Elle a participé aux échanges internationaux par les différents canaux de réponse aux crises sanitaires (*Early Warning and Response System*, par exemple). En retour, elle a contribué par l'analyse des données internationales (ECDC et OMS) à l'évaluation de risque d'importation des virus depuis les pays étrangers et à la définition de la stratégie aux frontières.

Discussion

La mise en place de ce système de surveillance multi-sources, qui a évolué au fil du temps pour tenir compte de l'accumulation progressive des connaissances, mais aussi des mesures mises en place au fur et à mesure de l'évolution de la pandémie, a permis de produire les indicateurs nécessaires au suivi et à la compréhension de la dynamique épidémique en temps réel en France, au plus près des territoires. L'expertise de Santé publique France, ses multiples partenariats, les réseaux préexistants et un effort collectif sans précédent ont été un levier pour la mise en place de ce système complexe et pour son évolution et sa constante adaptation. Aucun indicateur seul n'étant suffisant pour interpréter les tendances observées, c'est la diversité et la complémentarité des sources qui a permis tout au long de l'épidémie, quel que soit le niveau de circulation du virus et les mesures mises en place, de pouvoir interpréter avec un niveau de confiance important les tendances épidémiologiques observées à tous les échelons géographiques. En effet, les modifications des tendances observées sur certains indicateurs ont pu être confirmées ou infirmées grâce à la concordance des données issues des autres sources. Et inversement, lorsqu'un événement pouvait être identifié comme perturbant un indicateur précis, la tendance pouvait être suivie grâce aux sources non impactées par cet événement. Par exemple, en mai 2020, alors que les systèmes spécifiques n'étaient pas encore déployés sur l'ensemble du territoire, les critères de déconfinement ont été définis sur la base des données issues du système syndromique Oscour®. Lors de la mise en place des différentes politiques de dépistages (mise à disposition des tests antigéniques, augmentation du dépistage en prévision des fêtes de fin d'année et des rassemblements, mise en place du Passe sanitaire, déremboursement des tests), qui impactaient fortement les indicateurs

(taux de dépistage, d'incidence et de positivité), il était possible de focaliser l'analyse de la situation sur les surveillances syndromique et hospitalière, beaucoup moins touchées par ces événements. Ce système de surveillance mis en place en France correspond ainsi à la définition d'un système intégré en termes techniques et institutionnels, malgré quelques limites décrites ci-après. Il a aussi permis une intégration de l'évaluation de la réponse en termes de gestion et de lien avec les politiques publiques²⁰. Une surveillance plus large des effets de la Covid-19 sur la population générale moins développée dans ce manuscrit a également été intégrée, telle que recommandée par l'OMS²¹. Parmi les limites identifiées de ce système de surveillance, certaines sont bien connues. Le temps nécessaire à la collecte et à la consolidation des données, la difficulté à intégrer les inégalités sociales et territoriales dans les indicateurs de suivi, ou les systèmes nécessitant une saisie supplémentaire d'informations par les professionnels de santé sur le terrain en sont quelques exemples. De même, l'exhaustivité était difficile à évaluer pour certaines sources, notamment dans les premières phases de l'épidémie, avant la mise en place de SI-DEP²². L'exhaustivité globale de la surveillance dépendait aussi de la disponibilité des tests au cours du temps et de l'accès aux soins pour certaines populations, en particulier les plus précaires²³. Compte tenu des enjeux majeurs que cette crise a mis en lumière (enjeux sanitaires d'abord, mais aussi économiques, sociétaux, politiques et médiatiques), la gestion de l'épidémie a imposé à l'ensemble des acteurs un besoin de réactivité sans précédent, en s'affranchissant du mieux possible du temps réel, de la pression et des incertitudes qu'il engendre. C'est la raison pour laquelle un certain nombre d'indicateurs étaient basés sur des données à J-3 (par exemple, les indicateurs issus de SI-DEP), pour garantir la réactivité nécessaire à la prise de décision et le recul suffisant pour que les données soient consolidées. Cela a pu également amener à choisir des indicateurs plus réactifs, mais parfois moins robustes, comme, par exemple, les données par date de déclaration plutôt que par date d'événement (date de prélèvement d'un test ou date d'admission à l'hôpital). Ces choix ne permettaient pas nécessairement de toujours respecter le temps de consolidation des données avant leur partage, amenant parfois à créer des artefacts de surveillance nécessitant par la suite une correction. Par ailleurs, lors des premiers temps d'une émergence, les définitions de cas doivent respecter un difficile équilibre entre sensibilité, pour ne pas rater un cas, et spécificité, pour éviter de surcharger les laboratoires référents, les équipes spécialisées de soins et de santé publique en charge des investigations avec de « faux » cas. Ces définitions ont permis d'identifier rapidement les premiers cas symptomatiques rapportés après l'alerte lancée par la Chine. Il a cependant été montré dans les mois suivants que des patients présentant des anticorps spécifiques contre le SARS-CoV-2 dès le mois de novembre 2019 avaient été possiblement

exposés dans les semaines, voire les mois précédents²⁴⁻²⁵. Ces patients n'ont cependant pas semblé avoir contribué à une diffusion soutenue du SARS-CoV-2 dans la population avant le mois de février 2020. Ces différents éléments soulignent la difficulté de reconnaître un phénomène émergent dans les toutes premières phases de son introduction, comme cela a pu déjà être le cas²⁶. Cela pose également la question de la performance du dispositif d'identification des introductions durant la première phase en termes de capacité à identifier les importations. En effet, les cas importés identifiés dans les premières semaines n'ont pas été à l'origine de transmissions secondaires connues, et la plupart des « événements super propagateurs » ont été identifiés alors que les premières chaînes de transmission étaient déjà installées, indiquant qu'à l'époque, de nombreuses introductions n'avaient pas été détectées.

Enfin, l'une des limites majeures identifiées au cours de la crise Covid-19 a été la construction de systèmes de surveillance ayant peu d'interopérabilité entre eux, ou ne permettant pas l'interconnexion définissant en partie l'intégration d'un système de surveillance²⁷. Il est en effet important de pouvoir rapprocher les bases de données individuelles pour relier, par exemple, le statut vaccinal des cas ou le type de variant en cause avec les données d'hospitalisation et limiter au maximum les efforts de saisies multiples par les professionnels. Ces rapprochements, au sein de Santé publique France, n'ont été que ponctuels, dans des cas très précis, comme des études d'efficacité vaccinale ou sur la sévérité des cas²⁸. L'appariement des bases de données pour lesquelles l'identifiant était un pseudonyme créé à partir des traits d'identité (nom, prénom, date de naissance) a montré des limites importantes liées à la difficulté d'assurer le respect de la procédure de création du pseudonyme par l'ensemble des acteurs de la surveillance. Les barrières réglementaires qui n'ont pu être levées dans les temps très contraints de l'urgence liée à la diffusion rapide du SARS-CoV-2 n'ont pas permis à Santé publique France d'accéder à un identifiant unique robuste tel que l'INS (identifiant national de santé) ou un identifiant créé à partir de l'INS. Faire en sorte que cet accès soit possible pour la gestion de futures émergences, voire plus largement pour certaines surveillances de routine, apparaît comme une priorité à mettre en œuvre au décours de la crise, tout en veillant au respect strict des règles en termes de protection de l'anonymat des personnes.

Les données produites par Santé publique France ont été mises à disposition de nombreux partenaires pour l'aide à la décision ou à des fins de recherche. Les données ont été mises en *open data* dès le 29 février 2020, de manière quotidienne, afin d'améliorer leur transparence dans une période critique en termes de communication, et parfois de défiance envers la communauté scientifique et les autorités de santé²⁹. Au-delà de la rétro-information

quotidienne et hebdomadaire de ces données aux autorités de santé nationales, elles ont alimenté de nombreux travaux des équipes de modélisation partenaires de l'agence et ont été partagées avec les différents comités d'experts (Haut Conseil de la santé publique, Haute Autorité de santé, Conseil scientifique de la Covid-19, etc.). Elles ont ainsi contribué à guider certaines décisions publiques (couvre-feux, confinements ou stratégies de vaccination)³⁰⁻³². Les données étaient également mises à disposition de l'ensemble des acteurs locaux dans les différents territoires et ont permis l'élaboration de mesures, telles que le renforcement des gestes barrières (port du masque dans différents lieux) ou les campagnes de vaccination ciblées dans le cas de situations critiques. Enfin, les données de surveillance ont pu être utilisées afin d'évaluer l'impact de ces différentes mesures de gestion tout au long de la crise³⁰⁻³³.

Le système de surveillance multi-source mis en place en France a répondu aux principaux objectifs de la surveillance d'une infection respiratoire contagieuse, mais aussi aux principales attentes et standards internationaux en termes d'effets couverts (directs et indirects) et de qualité des données⁽⁴⁾. Les choix dans les modes de surveillance dépendent de multiples facteurs, tels que l'organisation des soins, les ressources techniques et humaines disponibles, ou mêmes les pratiques diagnostiques de chaque pays. Des choix différents ont été proposés dans d'autres pays, et notamment au Royaume-Uni, où des enquêtes de prévalence répétées dans le temps ont permis une évaluation de la circulation virale populationnelle. À notre connaissance, un tel dispositif n'a pas fait l'objet d'une évaluation formelle en termes de contribution à la gestion et à la limitation du nombre de cas de Covid-19. Le suivi du taux de positivité des tests au cours du temps a permis, entre autres indicateurs moins impactés par les différentes politiques de dépistage en France, d'avoir une estimation correcte du poids et de la dynamique de l'infection dans la population.

Par ailleurs, la rétro-information du grand public et la mise à disposition très large des données de surveillance ont probablement été à l'origine d'effets directs sur la dynamique de circulation du virus. En effet, il a été observé lors des annonces d'aggravation de la situation épidémiologique que les comportements se modifiaient probablement en amont des prises de décisions telles que les couvre-feux ou confinements³³. Une étude dont l'objectif est de décrire les facteurs sociodémographiques, comportements et pratiques associés à l'infection par le SARS-CoV-2 (ComCor) a été menée par l'Institut Pasteur, en partenariat avec la Cnam, l'institut Ipsos et Santé publique France. Elle a ainsi permis d'identifier les lieux et les circonstances de contamination³⁴. Des études

(4) <https://www.ecdc.europa.eu/en/Covid-19/surveillance/study-protocols>

de surveillance des connaissances, attitudes et pratiques répétées dans le temps (enquête CoviPrev) ont également permis de mesurer l'impact des campagnes d'information et de la rétro-information sur la population et ses comportements (exemple : adhésion aux mesures barrière)³⁵. Enfin, nous récapitulons dans cet article les méthodes de surveillance de la maladie et ses impacts directs, mais de nombreuses études épidémiologiques et programmes de surveillance ont également été menés ou utilisés pour en évaluer les impacts indirects, comme ceux des mesures de contrôle sur la santé mentale³⁶, sur la sédentarité³⁷, ou sur les recours aux soins pour des pathologies cardiovasculaires³⁸. Une surveillance réactive des indicateurs de santé mentale a également été mise en place mi-2020 à partir des recours aux services d'urgences du réseau Oscour® et des consultations SOS Médecins. Une analyse complète de la situation est réalisée chaque semaine et partagée publiquement dans un point épidémiologique disponible sur le site Internet de l'agence.

La pandémie de Covid-19 et la situation de crise qui en a découlé ont permis d'apprécier notre capacité à penser et mettre en œuvre un système de surveillance pour produire de nombreux indicateurs, mais également de tirer des leçons quant à ses faiblesses. Certaines difficultés ont pu être surmontées, et des systèmes de grande envergure ont été élaborés en un temps très contraint, comme SI-DEP, qui a notamment permis de contourner le problème d'accès généralisé à des données structurées des laboratoires. La pérennisation et l'extension d'un tel outil devrait permettre d'améliorer la surveillance de nombreuses autres maladies infectieuses ou non transmissibles dans le futur. De la même manière, les activités de séquençage se sont développées en France depuis plusieurs années, notamment au sein des CNR (ex : salmonelles, méningocoques), mais l'absence de recensement de ces capacités sur le territoire et leur coordination insuffisante ne permettaient pas, dans un contexte de crise comme celle de la Covid-19, de les coordonner autour d'un même pathogène et objectif. La mise en place du consortium Emergen a permis de mettre en commun ces compétences, les développer et les coordonner pour produire de nouveaux indicateurs utiles à la surveillance de la Covid-19. Sa pérennisation devra ouvrir la voie à un élargissement de son utilisation pour la surveillance génomique d'autres agents pathogènes dans le futur.

L'un des points mis en exergue par la crise est également la nécessité d'intégrer la Covid-19 à celle des infections virales saisonnières (virus de la grippe, de la bronchiolite, de la gastro-entérite). Une telle surveillance est désormais en cours d'élaboration. Enfin, la pandémie de Covid-19 rappelle l'importance du partage des données et des méthodes de recueil de ces dernières afin de mieux comprendre les dynamiques épidémiologiques nationales, mais également internationales des infections émergentes et le besoin permanent d'adapter les outils.

Il est notamment nécessaire de développer des systèmes d'information automatisés s'appuyant sur les logiciels métiers existants qui anticipent leur interopérabilité. Il paraissait également nécessaire de déployer plus largement la certification électronique des décès afin de permettre une surveillance de la mortalité réactive par causes en tout lieu de décès incluant l'hôpital, les Ehpad, le domicile et la voie publique. À ces fins, le décret n° 2022-284 en date du 28 février 2022 renforce l'obligation d'établir les certificats de décès par voie électronique, en précisant que l'élaboration ou la transmission du certificat de décès sur support papier sera possible à titre exceptionnel. Le système présenté ici a donc vocation à poursuivre son évolution dans les mois et années à venir afin d'être en capacité de répondre aux nouveaux enjeux qui se présenteront. L'expérience accumulée au cours des dernières décennies à la faveur de plusieurs crises majeures (canicule de 2003, pandémie grippale de 2009, Ebola en 2014, etc.) et l'existence d'un réseau national de santé publique solide ont permis de construire ce dispositif complexe impliquant de nombreux acteurs. Il est nécessaire d'anticiper la survenue d'autres maladies émergentes dans le futur, qui continueront à mobiliser l'ensemble de ces acteurs. Pour cela, il nous faudra maintenir, voire renforcer la robustesse de notre système de santé et de santé publique pour y répondre dans les meilleures conditions. ■

Remerciements

Les équipes de Santé publique France remercient l'ensemble de leurs partenaires impliqués dans la surveillance depuis le début de la pandémie de Covid-19 :

Le Centre national de référence-virus des infections respiratoires (Institut Pasteur, Hospices civils de Lyon), le ministère des Solidarités et de la Santé (Direction générale de la santé, Direction générale de l'organisation des soins, Direction générale de la cohésion sociale, Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques), les agences régionales de santé, la Caisse nationale d'assurance maladie, l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm, Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès, CépiDc), l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), la Fédération des observatoires régionaux des urgences (Fedoru), le Groupe d'étude sur le risque d'exposition des soignants aux agents infectieux (Geres), les établissements hospitaliers, la Coordination opérationnelle – Risque épidémique et biologique (Coreb), les médecins hospitaliers, libéraux (SOS Médecins, Réseau Sentinelles), le Service d'aide médicale urgente (Samu), le Centre 15, les laboratoires de biologie médicale hospitaliers et de ville, les sociétés savantes d'infectiologie (Spilf), de réanimation, de médecine d'urgence (SFMU), de pédiatrie, le réseau de laboratoires de l'Agence nationale de recherches sur le sida et les hépatites virales | Maladies infectieuses émergentes (ANRS|MIE), les partenaires du consortium pour la surveillance et la recherche sur les infections à pathogènes émergents *via* la génomique microbienne (Emergen), et tous les professionnels de santé impliqués dans la surveillance et la prise en charge de la Covid-19.

Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

Références

- [1] Bitar D, Che D, Capek I, de Valk H, Saura C. Veille sanitaire et appréciation du risque infectieux émergent: méthode et critères d'analyse du risque. *Med Mal Infect.* 2011;41(2):53-62.
- [2] Che D, Lefranc A, Thelot B. Concevoir et mettre en œuvre un système de surveillance. In: Dabis F, Desenclos JC (Dir). *Épidémiologie de terrain : Méthodes et applications.* 2^e édition. Arcueil: John Libbey Eurotext; 2017. p. 99-107.
- [3] Desenclos JC, van der Werf S, Bonmarin I, Levy-Bruhl D, Yazdanpanah Y, Hoen B, *et al.* Introduction of SARS in France, March-April, 2003. *Emerg Infect Dis.* 2004;10(2):195-200.
- [4] Mailles A, Blanckaert K, Chaud P, van der Werf S, Lina B, Caro V, *et al.* First cases of Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV) infections in France, investigations and implications for the prevention of human-to-human transmission, France, May 2013. *Euro Surveill.* 2013;18(24):pii=20502
- [5] Corman VM, Landt O, Kaiser M, Molenkamp R, Meijer A, Chu DK, *et al.* Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Euro Surveill.* 2020;25(3):2000045.
- [6] Bernard-Stoecklin S, Rolland P, Silue Y, Mailles A, Campese C, Simondon A, *et al.* First cases of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in France: Surveillance, investigations and control measures, January 2020. *Euro Surveill.* 2020;25(6):2000094.
- [7] Danis K, Epaulard O, Benet T, Gaymard A, Campoy S, Botelho-Nevers E, *et al.* Cluster of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the French Alps, February 2020. *Clin Infect Dis.* 2020;71(15):825-32.
- [8] Caserio-Schönemann C, Bousquet V, Fouillet A, Henry V, pour l'équipe projet SurSaUD[®]. Le système de surveillance syndromique SurSaUD[®]. *Bull Épidémiol Hebd.* 2014;(3-4):38-44. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2014/3-4/2014_3-4_1.html
- [9] Thiam MM, Pontais I, Forgeot C, Pedrono G, SurSa UDRFP, Medecins SOS, *et al.* Syndromic surveillance: A key component of population health monitoring during the first wave of the COVID-19 outbreak in France, February-June 2020. *PLoS One.* 2022;17(2):e0260150.
- [10] Flahault A, Blanchon T, Dorleans Y, Toubiana L, Vibert JF, Valleron AJ. Virtual surveillance of communicable diseases: A 20-year experience in France. *Stat Methods Med Res.* 2006;15(5):413-21.
- [11] Lefrancq N, Paireau J, Hoze N, Courtejoie N, Yazdanpanah Y, Bouadma L, *et al.* Evolution of outcomes for patients hospitalised during the first 9 months of the SARS-CoV-2 pandemic in France: A retrospective national surveillance data analysis. *Lancet Reg Health Eur.* 2021;5:100087.
- [12] Spacciferri G, Calba C, Vilain P, Garras L, Durand C, Pilorget C, *et al.* COVID-19 hotspots through clusters analysis in France (may-October 2020): where should we track the virus to mitigate the spread? *BMC Public Health.* 2021;21(1):1834.
- [13] Salje H, Tran Kiem C, Lefrancq N, Courtejoie N, Bosetti P, Paireau J, *et al.* Estimating the burden of SARS-CoV-2 in France. *Science.* 2020;369(6500):208-11.
- [14] Vestergaard LS, Nielsen J, Richter L, Schmid D, Bustos N, Braeye T, *et al.* Excess all-cause mortality during the COVID-19 pandemic in Europe – preliminary pooled estimates from the EuroMOMO network, March to April 2020. *Euro Surveill.* 2020;25(26):2001214.
- [15] Fouillet A, Pontais I, Caserio-Schonemann C. Excess all-cause mortality during the first wave of the COVID-19 epidemic in France, March to May 2020. *Euro Surveill.* 2020; 25(34).
- [16] Belot A, Antona D, Renolleau S, Javouhey E, Hentgen V, Angoulvant F, *et al.* SARS-CoV-2-related paediatric inflammatory multisystem syndrome, an epidemiological study, France, 1 March to 17 May 2020. *Euro Surveill.* 2020;25(22).
- [17] Le Vu S, Jones G, Anna F, Rose T, Richard JB, Bernard-Stoecklin S, *et al.* Prevalence of SARS-CoV-2 antibodies in France: Results from nationwide serological surveillance. *Nat Commun.* 2021;12(1):3025.
- [18] Beaumont A, Durand C, Ledrans M, Schwoebel V, Noel H, Le Strat Y, *et al.* Seroprevalence of anti-SARS-CoV-2 antibodies after the first wave of the COVID-19 pandemic in a vulnerable population in France: A cross-sectional study. *BMJ Open.* 2021;11(11):e053201.
- [19] Auvigne V, Bastard J, Parent du Château I, Che D. Expérimentation du dépistage réactif du SARS-Cov-2 en écoles primaires. Analyse après cinq semaines de mise en œuvre. Saint-Maurice: Santé publique France; 2021. 18 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/view/content/397587/full/1/469414>
- [20] Morgan OW, Aguilera X, Ammon A, Amuasi J, Fall IS, Frieden T, *et al.* Disease surveillance for the COVID-19 era: Time for bold changes. *Lancet.* 2021;397(10292):2317-9.
- [21] World Health Organization. Strengthening population health surveillance: A tool for selecting indicators to signal and monitor the wider effects of the COVID-19 pandemic. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2021. 36 p. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/340720>
- [22] Pullano G, Di Domenico L, Sabbatini CE, Valdano E, Turbelin C, Debin M, *et al.* Underdetection of cases of COVID-19 in France threatens epidemic control. *Nature.* 2021; 590(7844):134-9.
- [23] Vandentorren S, Smaili S, Chatignoux E, Maurel M, Alleaume C, Neufcourt L, *et al.* The effect of social deprivation on the dynamic of SARS-CoV-2 infection in France: A population-based analysis. *Lancet Public Health.* 2022;7(3): e240-e9.
- [24] Carrat F, Figoni J, Henny J, Desenclos JC, Kab S, de Lamballerie X, *et al.* Evidence of early circulation of SARS-CoV-2 in France: Findings from the population-based "CONSTANCES" cohort. *Eur J Epidemiol.* 2021;36(2):219-22.
- [25] Deslandes A, Berti V, Tandjaoui-Lambotte Y, Alloui C, Carbonnelle E, Zahar JR, *et al.* SARS-CoV-2 was already spreading in France in late December 2019. *Int J Antimicrob Agents.* 2020;55(6):106006.
- [26] Al-Abdallat MM, Payne DC, Alqasrawi S, Rha B, Tohme RA, Abedi GR, *et al.* Hospital-associated outbreak of Middle East respiratory syndrome coronavirus: A serologic, epidemiologic, and clinical description. *Clin Infect Dis.* 2014;59(9): 1225-33.
- [27] George J, Hasler B, Mremi I, Sindato C, Mboera L, Rweyemamu M, *et al.* A systematic review on integration mechanisms in human and animal health surveillance systems with a view to addressing global health security threats. *One Health Outlook.* 2020;2:11.
- [28] Auvigne V, Vaux S, Le Strat Y, Schaeffer J, Fournier L, Tamandjou C, *et al.* Severe hospital events following symptomatic infection with Sars-CoV-2 Omicron and Delta variants in France, December 2021 – January 2022: A retrospective, population-based, matched cohort study. *EClinicalMedicine.* 2022;48:101455.
- [29] Nikiforova A. Timeliness of open data in open government data portals through pandemic-related data: A long data way from the publisher to the user. 2020 Fourth International Conference on multimedia computing, networking and applications (MCNA); 2020. p. 131-8. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9264298>
- [30] Cauchemez S, Kiem CT, Paireau J, Rolland P, Fontanet A. Lockdown impact on COVID-19 epidemics in regions across metropolitan France. *Lancet.* 2020;396(10257): 1068-9.

[31] Gaymard A, Bosetti P, Feri A, Destras G, Enouf V, Andronico A, *et al.* Early assessment of diffusion and possible expansion of SARS-CoV-2 Lineage 201/501Y.V1 (B.1.1.7, variant of concern 202012/01) in France, January to March 2021. *Euro Surveill.* 2021;26(9).

[32] Tran Kiem C, Crepey P, Bosetti P, Lévy-Bruhl D, Yazdanpanah Y, Salje H, *et al.* Lockdown as a last resort option in case of COVID-19 epidemic rebound: A modelling study. *Euro Surveill.* 2021;26(22).

[33] Spaccaverri G, Larrieu S, Pouey J, Calba C, Benet T, Sommen C, *et al.* Early assessment of the impact of mitigation measures to control COVID-19 in 22 French metropolitan areas, October to November 2020. *Euro Surveill.* 2020;25(50).

[34] Galmiche S, Charmet T, Schaeffer L, Paireau J, Grant R, Cheny O, *et al.* Exposures associated with SARS-CoV-2 infection in France: A nationwide online case-control study. *Lancet Reg Health Eur.* 2021;7:100148.

[35] Lasbeur L, Lecrique JM, Raude J, Léon C, Bonmarin I, du Roscoät E, *et al.* Adoption des mesures de prévention recommandées par les pouvoirs publics face à l'épidémie de Covid-19 pendant la période de confinement en France métropolitaine. *Enquête CoviPrev, 2020. Bull Epidemiol Hebd.* 2020; (16):324-33. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/16/2020_16_1.html

[36] Chan-Chee C, Léon C, Lasbeur L, Lecrique JM, Raude J, Arwidson P, du Roscoät E. La santé mentale des Français face au Covid-19 : prévalences, évolutions et déterminants de l'anxiété au cours des deux premières semaines de confinement (Enquête CoviPrev, 23-25 mars et 30 mars-1^{er} avril 2020). *Bull Epidemiol Hebd.* 2020;(13):260-9. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/13/2020_13_1.html

[37] Escalon H, Deschamps V, Verdout C. Activité physique et sédentarité des adultes pendant la période de confinement lié à l'épidémie de Covid-19 : état des lieux et évolutions perçues (CoviPrev, 2020). *Bull Epidemiol Hebd.* 2021;(Cov_3):2-13. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/Cov_3/2021_Cov_3_1.html

[38] Olie V, Carcaillon-Bentata L, Thiam MM, Haeghebaert S, Caserio-Schonemann C. Emergency department admissions for myocardial infarction and stroke in France during the first wave of the COVID-19 pandemic: National temporal trends and regional disparities. *Arch Cardiovasc Dis.* 2021;114(5):371-80.

Citer cet article

Figoni J, Campèse C, Spaccaverri G, Rolland P, Caserio-Schonemann C, Che D. Structuration évolutive d'une surveillance multi-sources pour répondre à une infection émergente : l'expérience française face à la Covid-19. *Bull Epidemiol Hebd.* 2023;(1):2-16. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2023/1/2023_1_1.html

ARTICLE // Article

L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE À LA SILICE CRISTALLINE EN FRANCE EN 2017 : UNE QUESTION TOUJOURS D'ACTUALITÉ

// OCCUPATIONAL EXPOSURE TO CRYSTALLINE SILICA IN FRANCE IN 2017: AN ONGOING ISSUE

Laurène Delabre (laurene.delabre@santepubliquefrance.fr), Marie Houot, Adrianna Burtin, Corinne Pilorget

Santé publique France, Saint-Maurice

Soumis le 23.08.2022 // Date of submission: 08.23.2022

Résumé // Abstract

Contexte – La poussière de silice cristalline fait partie des expositions professionnelles les plus anciennes, du fait de sa présence dans de nombreux matériaux de construction. Elle reste cependant une problématique actuelle, d'autant plus que les travaux exposant à la silice cristalline sont classés cancérigènes en France depuis le 1^{er} janvier 2021. Pour disposer d'indicateurs d'exposition récents, Santé publique France a mis à jour sa matrice emplois-expositions (MEE) spécifique des poussières de silice cristalline dans le cadre du programme de production d'indicateurs d'exposition professionnelle dans la population générale des travailleurs à partir de matrices emplois-expositions (Matgéné).

Méthode – Cette MEE a été actualisée sur les périodes les plus récentes, puis a été croisée avec les différents recensements de population disponibles entre 1982 et 2017. Le nombre et la proportion de travailleurs exposés, par sexe et par statut du travailleur (salariés ou non-salariés) ont été estimés.

Résultats – Entre 1982 et 2017, le nombre de travailleurs exposés à la silice en France est passé de 1 400 000 (6,2%) à 975 000 (4%). En 2017, les travailleurs exposés sont majoritairement des hommes (93%) travaillant dans la construction ou occupant des emplois en lien avec des travaux de construction, qu'ils soient salariés ou non-salariés. Les femmes (65 000 exposées à cette même date) présentent un profil d'exposition un peu différent, en travaillant notamment plus dans les secteurs de la fabrication de la céramique et de la porcelaine.

Conclusion – Avant l'ajout des travaux exposant à la silice cristalline à la liste des substances ou procédés cancérigènes, un nombre important de travailleurs était exposé à la silice cristalline. De plus, la substitution de cette nuisance est complexe dans de nombreux secteurs où les travaux exposant à la silice sont réalisés sur des matériaux déjà en place. Il apparaît donc nécessaire de poursuivre la surveillance de cette exposition au niveau populationnel.

Contexte – Crystalline silica dust constitutes a longstanding occupational exposure due to the widespread presence of silica in construction materials. This remains a current issue, especially given that work involving exposure to respirable crystalline silica dust was classified as carcinogenic in January 2021. In order to address this and produce recent exposure indicators, Santé publique France, the French public health agency, updated its crystalline silica job-exposure matrix (JEM) within the framework of the Matgéné programme for indicators on occupational exposure among the working population.

Method – The JEM was updated using the most recent periods, then linked with the different French population censuses available from 1982 to 2017 in order to estimate the number and proportion of exposed workers by sex and worker status (employees or self-employed).

Results – Between 1982 and 2017, the number of exposed workers decreased from 1,400,000 (6.2%) to 975,000 (4%). In 2017, those exposed were mainly men (93%) working in the construction industry or occupying jobs linked with construction work, whether employees or self-employed. Women (65,000 exposed for the same year), showed a different exposure pattern through work in the ceramic or porcelain industries.

Conclusion – A significant number of workers found themselves exposed to silica dust before the substance and work involving exposure to it were classified as a carcinogen. Moreover, substitution of this harmful dust is difficult in many industrial sectors where exposure comes from work carried out on past constructions. It therefore appears necessary to continue surveillance of this occupational exposure at population level.

Mots-clés : Poussières de silice, Exposition professionnelle, Matrice emplois-exposition, Prévalence
// **Keywords**: Silica dust, Occupational exposure, Job-exposure matrix, Prevalence

Introduction

La silice (SiO₂) est un composant chimique très répandu qui existe sous différentes formes selon leur structure spatiale, silice cristalline (quartz, cristobalite et tridymite) ou silice amorphe. Sous sa forme cristalline, elle est naturellement présente dans de nombreux matériaux extraits des mines et carrières pour des utilisations variées dans le milieu professionnel (sable pour la fabrication du béton et du verre, argile pour le secteur de la céramique, etc.). Elle est également présente dans les aérosols particuliers émis lors, par exemple, de l'emploi d'outils rotatifs à haute énergie (perceuse, disqueuse) sur des matériaux riches en silice dans le secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) (voir encadré). Ainsi, la poussière de silice cristalline est l'une des plus anciennes expositions professionnelles connues encore présente dans de nombreuses activités¹.

En France, les affections liées à cette exposition sont reconnues au titre des maladies professionnelles (MP) depuis 1945. Ce sont principalement des pneumoconioses, dont la plus connue est la silicose, mais également des cancers broncho-pulmonaires associés à une silicose, des pathologies auto-immunes comme la sclérodémie systémique, le lupus érythémateux systémique et la polyarthrite rhumatoïde. Pour protéger les travailleurs, des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) ont été mises en place à partir de 1983⁽¹⁾, d'abord à titre indicatif avant qu'elles ne deviennent contraignantes à partir de 1997⁽²⁾. La silice cristalline est classée comme agent cancérogène avéré pour l'homme depuis 1997 par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) pour le cancer bronchique². Les autres formes de silice ne sont ni classées ni réglementées.

Une matrice emplois-expositions (MEE) spécifique de l'exposition professionnelle aux poussières de silice cristalline libre (quartz et cristobalite uniquement, la tridymite ne se retrouvant pas en milieu professionnel) a été développée par Santé publique France dans le cadre du programme Matgéné³⁻⁴ pour évaluer les expositions jusqu'en 2007. Après croisement avec un échantillon d'histoires professionnelles représentatif de la population française, il a été estimé qu'en 2007, 3,1% des travailleurs (5,6% des hommes et 0,3% des femmes) étaient exposés à la silice cristalline et que 15,6% des hommes avaient été exposés au moins une fois à cette poussière au cours de leur carrière professionnelle⁵.

Depuis ces estimations, la silice cristalline est un sujet de préoccupation pour les travailleurs et les pouvoirs publics. En effet, en décembre 2017, l'Union européenne a ajouté à la liste des procédés cancérogènes les travaux exposant à la silice cristalline, et cette disposition a été traduite en droit français par l'arrêté du 26 octobre 2020. Ainsi, en France, depuis le 1^{er} janvier 2021, les travaux exposant aux poussières de silice sont considérés comme cancérogènes, ce qui impose une substitution et un contrôle des expositions.

En 2019, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a publié un rapport d'expertise incluant une étude de filière qui mettait en lumière l'émergence de nouveaux métiers exposés à la silice cristalline à cause de l'utilisation de pierres reconstituées (notamment par les cuisinistes pour certains plans de travail)⁶. Le nombre de MP en lien avec l'exposition à la silice cristalline est quant à lui en augmentation depuis 2015, avec 246 reconnues en 2019 pour le régime général⁷.

L'exposition professionnelle à la silice cristalline reste donc une problématique actuelle. Santé publique France a souhaité mettre à jour sa MEE

⁽¹⁾ Circulaire du 21 mars 1983.

⁽²⁾ Décret n°97-331 du 10 avril 1997, abrogé par le décret 2008-244, mais sans modification des valeurs.

La silice

La silice, SiO_2 , est un composant majeur de la croûte terrestre. Elle se trouve principalement sous forme de silice libre ou de silicates (c'est-à-dire comprenant des oxydes métalliques) qui peuvent exister sous forme cristalline ou amorphe (sans structure spatiale fixe). Toutes ces formes peuvent être naturelles ou résulter d'un processus industriel. Différents exemples des formes de silice sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1

Exemples de différentes formes de silice

Formes de silice	Exemples
Silice libre cristalline naturelle	Quartz, cristobalite, trydimite
Silice libre cristalline synthétique	Monocristaux de quartz
Silice libre amorphe naturelle	Terre de diatomées
Silice libre amorphe synthétique	Silice précipitée
Silicates cristallins naturels	Argile, kaolin
Silicates amorphes naturels	Opale

Dans le cadre professionnel, la silice cristalline libre concerne essentiellement le quartz et la cristobalite. Il est très difficile de distinguer ces deux formes lors de l'évaluation des expositions.

Les principaux secteurs d'activités concernés sont :

- les mines et carrières ;
- le Bâtiment et Travaux publics (BTP), les cimenteries et la fabrication d'éléments préfabriqués en béton ;
- la fabrication de verre, de porcelaine, de céramique, de produits abrasifs, de prothèses dentaires, de bijoux, etc.
- la démolition, réparation et fabrication de fours industriels en briques réfractaires ;
- la métallurgie.

Le taux de silice cristalline dans les différents matériaux retrouvés en milieu professionnel peut varier d'un matériau à l'autre (tableau 2).

Tableau 2

Proportion de silice cristalline dans différents matériaux

Proportion de silice cristalline libre	Exemples de matériaux concernés
1-10%	<ul style="list-style-type: none"> • Charbon et gangue de charbon • Ciment
11-50%	<ul style="list-style-type: none"> • Ardoise, argile/kaolin • Béton/mortier • Minerais métalliques et gangue
≥51%	<ul style="list-style-type: none"> • Sable, granit, grès... • Pierres artificielles en composites

pour disposer d'estimations actualisées sur l'exposition professionnelle à cette nuisance.

Cet article présente l'évolution de la proportion et du nombre de travailleurs exposés entre 1982 et 2017, puis leur déclinaison selon le sexe et le statut du travailleur pour l'année 2017.

Méthode

Les MEE sont des outils fournissant, pour une nuisance donnée, des indices d'exposition pour les emplois (profession associée à un secteur d'activité)

considérés comme exposés. Avant sa mise à jour, la MEE spécifique des poussières de silice cristalline dite MEE « silice » évaluait, par emploi, les expositions professionnelles de 1947 à 2007 suivant trois indices d'exposition :

- la probabilité, définissant la proportion (en pourcentage) de travailleurs au sein de l'emploi exposés à la silice, selon les classes suivantes : [1-5],]5-15],]15-25],]25-35],]35-45],]45-55],]55-65],]65-75],]75-85],]85-95],]95-100] ;
- la fréquence, définissant le pourcentage du temps de travail pendant lequel le travailleur

est exposé selon les classes suivantes : [1-5], [5-15], [15-25], [25-35], [35-45], [45-55], [55-65], [65-75], [75-85], [85-95], [95-100] ;

- l'intensité, représentant la concentration atmosphérique moyenne à laquelle est soumis le travailleur pendant les situations exposantes selon les quatre classes suivantes : [0,02-0,1 mg/m³], [0,1-0,5 mg/m³], [0,5-1 mg/m³], et ≥1 mg/m³.

En combinant la fréquence et l'intensité d'exposition, il a été possible d'estimer le niveau moyen d'exposition de l'emploi concerné. Le niveau a été défini comme élevé lorsqu'il était supérieur à 0,1 mg/m³ (valeur correspondant à la VLEP-8h en vigueur⁽³⁾).

Les emplois au sein de la matrice étaient exprimés selon les codes issus de plusieurs nomenclatures nationales et internationales :

- pour les professions, la nomenclature française des professions et catégories socioprofessionnelles (PCS) de 1994 et 2003 et la classification internationale type des professions (CITP) de 1968 ;
- pour les secteurs d'activité, la nomenclature d'activités française (NAF) de 2000 et 2003 et la classification internationale type par industrie (CITI) de 1975⁸⁻¹¹.

Mise à jour de la MEE silice

Le travail de mise à jour de cette MEE a porté sur deux points principaux.

Tout d'abord, les trois indices d'exposition ont été mis à jour pour la période 2008-2020 à partir de recherches portant sur l'évolution de la réglementation, des techniques professionnelles, ainsi que des données de métrologie et d'exposition. Ces recherches ont été majoritairement réalisées à partir des données métrologiques des bases Colchic et Scola (évolution des techniques professionnelles) gérées par l'INRS l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)¹²⁻¹³, mais aussi des monographies du Circ, pour l'évaluation de la cancérogénicité. Les références bibliographiques identifiées dans la base de données PubMed[®] et les évolutions réglementaires d'après le site Légifrance constituent également les bases de ces recherches.

Ensuite, les emplois de la MEE exprimés en PCS2003*NAF2003 ont été transcodés en PCS2003*NAF2008 (dernières versions de nomenclatures nationales disponibles), en utilisant la table de correspondance entre les codes de la NAF 2003 et ceux de la NAF 2008 mise à disposition par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee)¹⁴. Les indices d'exposition ont alors été réévalués pour chacun des emplois obtenus.

⁽³⁾ Décret n°2008-244 du 7 mars 2008. Les VLEP-8h sont rapportées sur une durée de travail de 8 heures.

Les données de population et indicateurs estimés

La MEE a été croisée avec le recensement de la population française millésimée 2017, qui inclut les enquêtes annuelles du recensement de 2015 à 2019, fournies par l'Insee. Ce dernier comprenait, pour la population active occupée, les données d'emplois (codées en PCS2003 et NAF2008), le sexe, l'âge, le statut du travailleur (salarié, non-salarié) et les effectifs associés dans la population. Ce croisement a permis d'estimer le nombre et la part de travailleurs exposés à la silice par profession et secteur d'activité selon le sexe ou le statut du travailleur chez les actifs en emploi en France métropolitaine âgés de 20 à 74 ans en 2017. Un intervalle de sensibilité (IS) a été calculé en prenant la borne inférieure et la borne supérieure des classes de probabilité d'exposition. De la même façon, le nombre et la proportion de travailleurs exposés ont été estimés à partir des recensements de la population pour les années 1982, 1990, 1999 et 2007 chez les actifs en emploi âgés de 20 à 74 ans en France métropolitaine.

Résultats

Chez les actifs en emploi âgés de 20 à 74 ans, la proportion de travailleurs exposés à la silice a diminué entre 1982 et 1999, passant de 6,2% en 1982 (1 427 300 travailleurs exposés) à 4,0% en 1999, puis a été stable jusqu'en 2017 (975 000 travailleurs exposés, intervalle de sensibilité : [907 000-1 060 000]) (figure 1).

La proportion de travailleurs exposés à un niveau supérieur à la VLEP-8h (>0,1 mg/m³) a suivi exactement la même évolution, avec une baisse de 61% sur cette même période (3,4% en 1982 vs 1,3% en 2017).

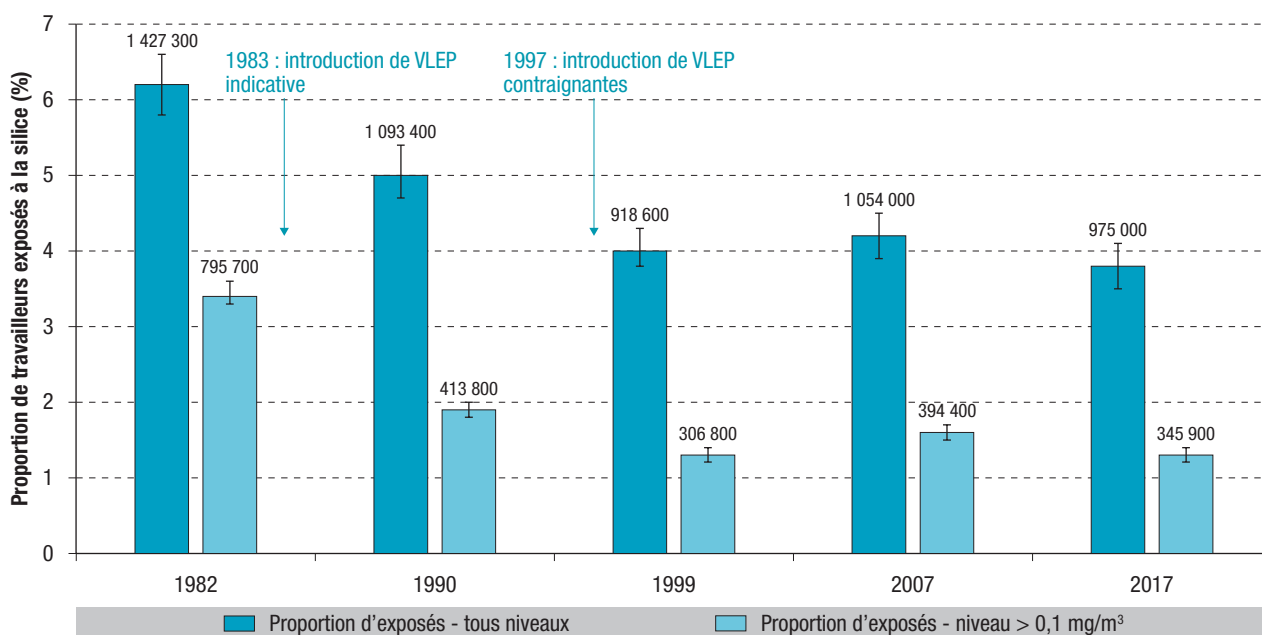
En 2017, 64% des personnes exposées professionnellement à la silice travaillaient dans le secteur de la construction⁽⁴⁾ (628 000 exposés), dont 34% dans le secteur des travaux de construction spécialisés (travaux de maçonnerie, de charpente, de couverture etc.), 25% dans le secteur des travaux d'installation électrique, plomberie et autres travaux d'installation et 16% dans celui des travaux de finition (menuiserie, revêtement des sols et murs, etc.) (tableau 3).

En dehors du secteur de la construction, 26% des exposés à la silice travaillaient dans le secteur tertiaire et 10% dans l'industrie, représentant respectivement plus de 250 000 et 93 000 travailleurs. Les secteurs principalement concernés étaient, pour le tertiaire, l'administration générale et les agences de mise à disposition de personnels intérimaires, avec respectivement 30% et 16% des exposés dans ce secteur. Pour l'industrie, il s'agissait des secteurs de la fabrication d'ouvrages en béton et en ciment (12%), la fabrication de verre et d'articles en verre (11%) et l'extraction de pierres, de sables et d'argiles (10%) (tableau 3).

⁽⁴⁾ La construction correspond à un terme générique d'un grand secteur qui intègre les activités de construction de bâtiments et les activités de construction d'ouvrages du génie civil.

Figure 1

Évolution de la proportion de travailleurs exposés à la silice en France entre 1982 et 2017



En 2017, 93% des travailleurs exposés étaient des hommes (909 000 personnes), dont 726 000 travailleurs salariés (6,5% des salariés) et 183 000 non-salariés (9% des non-salariés) (figure 2).

Les travailleurs non-salariés exposés travaillaient très majoritairement dans les secteurs de la construction, qui concentraient plus de 80% des exposés. Chez les travailleurs salariés, le secteur de la construction était également fortement représenté (environ 50%), mais d'autres secteurs employaient des salariés pour des tâches exposantes à la silice, principalement pour des emplois relatifs à des travaux de construction (administration publique et autres secteurs d'activité). Enfin, le secteur des agences de travail temporaire concernait environ 5% des travailleurs exposés, à l'intérieur duquel les emplois de la construction étaient également largement présents (figure 2).

Malgré une exposition à la silice très masculine, 65 000 femmes étaient exposées à la silice en 2017 : 56 000 travailleuses salariées (0,5% des salariées) et près de 9 000 non-salariées (0,8% des non-salariées).

Les secteurs d'activité exposant les travailleuses étaient différents de ceux exposant les hommes, et des différences de répartition étaient également observées entre les travailleuses salariées et non-salariées (figure 3). Ainsi, les femmes salariées exposées se retrouvaient, pour 27% d'entre elles dans l'administration publique, et pour 3,5% dans la fabrication de verre et d'articles en verre ; les autres travaillaient dans des secteurs très diversifiés.

Pour les femmes non-salariées, comme pour les hommes, les secteurs de la construction représentaient la majorité des exposées (65% d'entre elles). Cependant, contrairement aux hommes, d'autres secteurs concernaient des activités exposantes

pour les femmes non-salariées (16% travaillaient dans la fabrication d'autres produits en céramique et en porcelaine et 19% dans des activités diverses).

Les données disponibles ont permis une description par niveau d'exposition (tableau 4). L'analyse par niveau d'exposition dans le secteur de la construction a mis en évidence une part d'exposés à des niveaux supérieurs à la VLEP très importante, aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Suivant les secteurs, entre 7 et 71% des hommes et entre 4 et 62% des femmes étaient exposés à un niveau supérieur à 0,1 mg/m³. Les secteurs avec les niveaux d'exposition les plus élevés étaient les mêmes : les autres travaux de construction spécialisés (comprenant notamment les travaux de maçonnerie et de gros œuvre du bâtiment) et les constructions de bâtiments résidentiels et non résidentiels.

Discussion

Après une baisse jusqu'au début des années 2000, la proportion des travailleurs exposés à la silice cristalline reste stable à presque 4% de travailleurs exposés, soit 975 000 personnes en 2017. La baisse observée entre 1982 et 1999 s'explique par la mise en application des réglementations de 1983 et 1997 établissant les VLEP, et par une diminution importante des emplois exposant dans l'industrie, en particulier dans les mines. Après 2000, peu d'évolutions réglementaires ou techniques ont été mises en place, et la structure des emplois exposés, en particulier ceux de la construction, est restée identique sur la période, ce qui explique cette stabilisation.

Les personnes exposées travaillent principalement dans le secteur de la construction. Par ailleurs, le secteur de l'industrie et les emplois de la construction

Tableau 3

Les 5 secteurs d'activités représentant le plus de travailleurs exposés à la silice cristalline par grands groupes d'activité en France en 2017

Libellés des secteurs d'activité	Nombre total	Nombre d'exposés	Proportion d'exposés (%)	Répartition des exposés (%)
Agriculture¹				
Production animale (NAF=01.4)	217 366	747	0,3	25
Cultures permanentes (NAF=01.2)	134 017	558	0,4	18
Cultures non permanentes (NAF=01.1)	147 746	480	0,3	16
Culture et élevage associés (NAF=01.5)	65 508	438	0,7	14
Activités de soutien à l'agriculture et traitement primaire des récoltes (NAF=01.6)	32 976	385	1,2	13
Autres secteurs d'activités	59 173	416	0,7	14
Total	656 785	3 024	0,5	100
Construction²				
Autres travaux de construction spécialisés (NAF=43.9)	384 304	213 426	55,5	34
Travaux d'installation électrique, plomberie et autres travaux d'installation (NAF=43.2)	437 616	157 792	36,1	25
Travaux de finition (NAF=43.3)	418 882	100 480	24,0	16
Construction de bâtiments résidentiels et non résidentiels (NAF=41.2)	122 084	54 152	44,4	9
Démolition et préparation des sites (NAF=43.1)	86 118	49 486	57,5	8
Autres secteurs d'activités	175 770	53 075	30,2	8
Total	1 624 774	628 411	38,7	100
Industrie³				
Fabrication d'ouvrages en béton, en ciment ou en plâtre (NAF=23.6)	31 075	11 649	37,5	12
Fabrication de verre et d'articles en verre (NAF=23.1)	34 549	10 217	29,6	11
Extraction de pierres, de sables et d'argiles (NAF=08.1)	17 743	9 755	55,0	10
Sidérurgie (NAF=24.1)	32 514	5 556	17,1	6
Fabrication d'instruments et de fournitures à usage médical et dentaire (NAF=32.5)	50 295	5 533	11,0	6
Autres secteurs d'activités	3 022 718	50 757	1,7	54
Total	3 188 890	93 467	2,9	100
Tertiaire⁴				
Administration générale, économique et sociale (NAF=84.1)	1 760 113	75 593	4,29	30
Activités des agences de travail temporaire (NAF=78.2)	508 723	40 857	8,03	16
Activités hospitalières (NAF=86.1)	1 199 442	10 272	0,86	4
Enseignement secondaire (NAF=85.3)	819 447	7 248	0,88	3
Activités d'architecture et d'ingénierie (NAF=71.1)	348 317	6 040	1,73	2
Autres secteurs d'activités	15 638 860	110 083	0,7	44
Total	20 274 899	250 093	1,2	100

NAF : Nomenclature d'activités française version 2008.

¹ NAF 01 à NAF 03 ; ² NAF 41 à NAF 43 ; ³ NAF 05 à NAF 39 ; ⁴ Autres NAF.

exercés dans un autre secteur (ouvriers du bâtiment travaillant dans l'administration, par exemple) représentent également un nombre non négligeable de travailleurs exposés. L'exposition à la silice concerne très majoritairement les hommes. Cependant, la population exposée comprend également des femmes, qui travaillent notamment dans la fabrication de la céramique et de la porcelaine, à des postes historiquement confiés aux femmes (travaux de finition, production en petites séries...).

Ces résultats peuvent être comparés avec d'autres études. En France, l'étude Sumer 2017 (Surveillance médicale des risques professionnels) menée par la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (DARES) estimait à 358 500 le nombre de salariés exposés à la silice en 2017, soit 1,4% des salariés¹⁵, contre 780 000 salariés dans notre étude (dont 268 000 exposés à un niveau supérieur à 0,1 mg/m³). Les écarts entre ces deux estimations peuvent en partie s'expliquer par

Figure 2

Répartition des travailleurs exposés chez les hommes, par secteur d'activité, selon leur statut en France en 2017

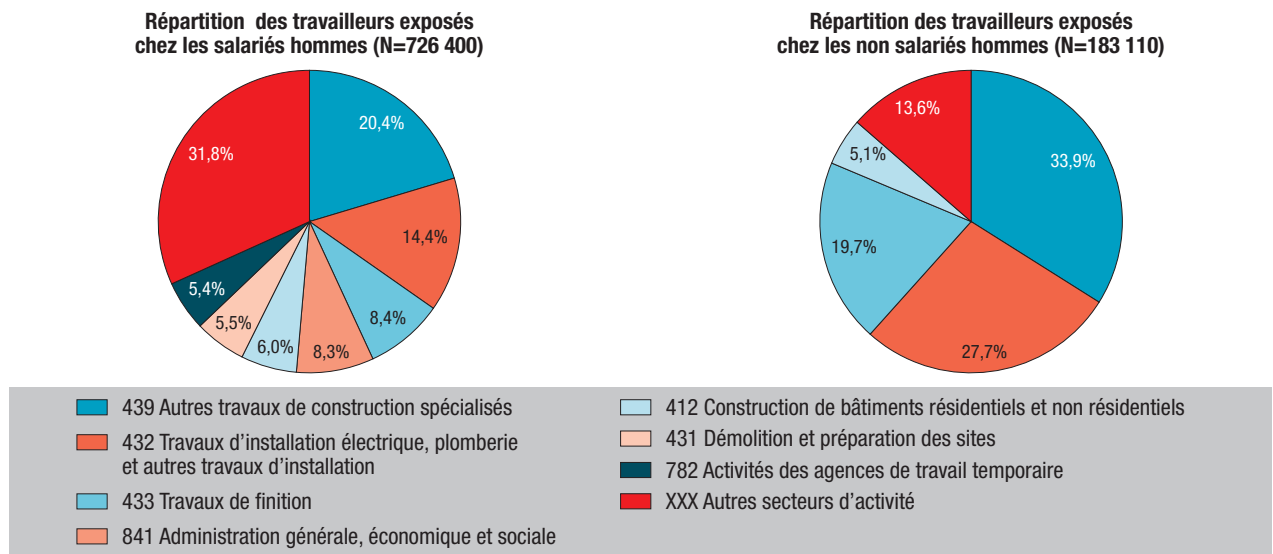
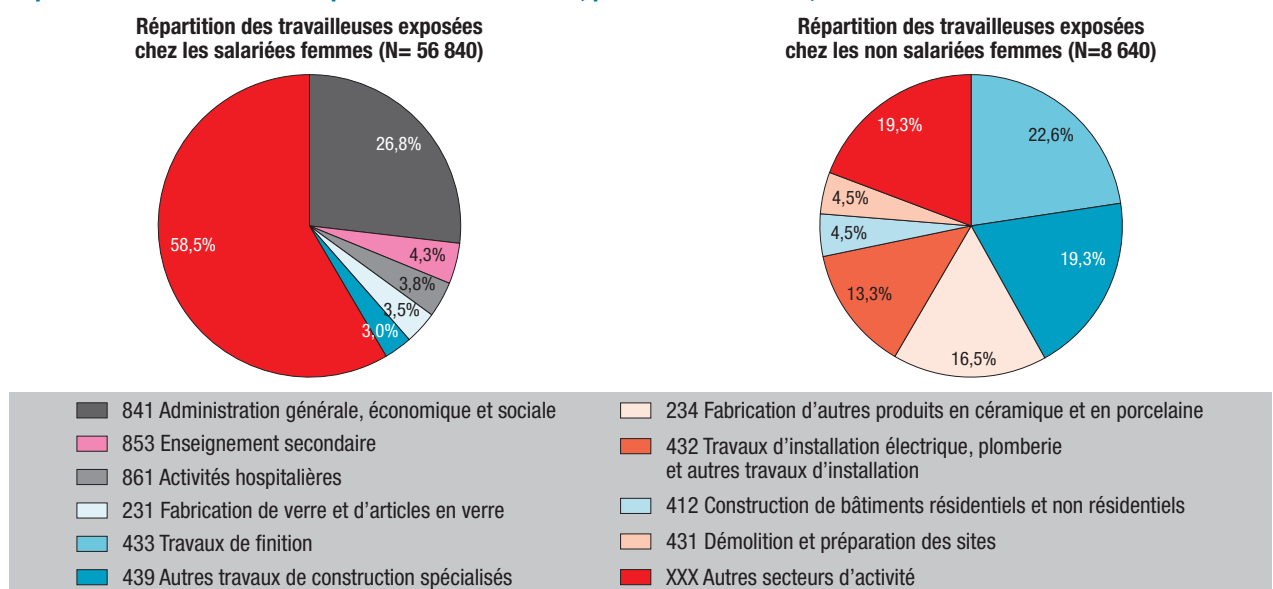


Figure 3

Répartition des travailleuses exposées chez les femmes, par secteur d'activité, selon leur statut en France en 2017



des différences de protocole entre les deux études (Sumer vs Matgéné) : méthodes d'évaluation employées (expertise individuelle des médecins du travail vs expertise de l'emploi dans la MEE), définition de la période d'exposition (dernière semaine travaillée vs exposition moyennée sur l'année), définition de l'exposition (silice issue de l'exposition au ciment non évaluée dans Sumer). Cependant, les professions et les secteurs d'activité retrouvés sont les mêmes : la construction, la fabrication du verre, de la porcelaine et la métallurgie.

En Finlande, les travaux réalisés à partir de la matrice emplois-expositions finlandaise Finjem fournissent des proportions d'exposition très stables depuis les années 1990, avec 2,2% de travailleurs exposés à la silice¹⁶ (vs 3,8% [3,5-4,1] dans notre population), à partir d'une méthode utilisée très proche de la nôtre.

Une étude réalisée par l'INRS à partir des données issues de la base métrologique Colchic de 2009 à 2018 indique qu'en termes de niveaux d'exposition, le secteur des industries extractives expose plus largement les salariés (22% des mesures réalisées dans le secteur des industries extractives dépassent la VLEP), suivi des industries manufacturières et de la construction (17% des mesures effectuées dépassent la VLEP)¹⁷. Dans notre étude, les secteurs présentant le plus grand nombre de travailleurs avec une exposition supérieure à la VLEP sont identiques : les industries extractives et la construction.

Certaines expositions professionnelles n'ont pas pu être retenues dans la matrice, du fait des nomenclatures d'emploi utilisées qui ne permettent pas toujours d'identifier une situation professionnelle particulière, ou en raison de la probabilité ou

Tableau 4

Répartition des travailleurs exposés par niveau d'exposition à la silice cristalline dans les secteurs de la construction, par sexe en 2017

NAF 2008		Hommes					Femmes				
Code (3 digits)	Libellé	Nombre total	Nombre d'exposés	Proportion d'exposés (%)	Part d'exposés au niveau <0,1 mg/m ³	Part d'exposés avec niveau ≥0,1 mg/m ³	Nombre total	Nombre d'exposées	Proportion d'exposées (%)	Part d'exposées au niveau <0,1 mg/m ³	Part d'exposées avec niveau ≥0,1 mg/m ³
43.9	Autres travaux de construction spécialisés	350 498	210 057	59,9	29	71	33 805	3 369	10,0	38	62
41.2	Construction de bâtiments résidentiels et non résidentiels	104 158	52 754	50,6	36	64	17 927	1 398	7,8	55	45
42.1	Construction de routes et de voies ferrées	71 440	33 727	47,2	51	49	7 574	416	5,5	76	24
41.1	Promotion immobilière	14 526	1 176	8,1	59	41	12 520	135	1,1	87	13
42.9	Construction d'autres ouvrages de génie civil	12 171	2 880	23,7	59	41	5 081	111	2,2	88	12
43.1	Démolition et préparation des sites	77 752	48 557	62,5	61	39	8 367	929	11,1	82	18
43.3	Travaux de finition	371 785	96 996	26,1	62	38	47 097	3 484	7,4	80	20
42.2	Construction de réseaux et de lignes	46 322	14 364	31,0	63	37	6 136	267	4,4	84	16
43.2	Travaux d'installation électrique, plomberie et autres travaux d'installation	386 656	155 006	40,1	93	7	50 960	2 786	5,5	96	4

NAF : Nomenclature d'activités française.

de la fréquence d'apparition de ces expositions professionnelles au cours de l'année. C'est notamment le cas pour l'exposition à la silice liée aux travaux agricoles, qui dépend de la nature des sols (teneur en silice), du type de culture réalisée (terrain plus ou moins sableux) et des conditions météorologiques au moment de ces tâches. Les données disponibles n'ont pas permis de considérer une exposition moyenne pour les travailleurs agricoles, bien que des expositions soient possibles lors de préparations de sols pour certaines cultures. Le rapport de l'Anses⁶ faisait également état d'expositions émergentes, notamment chez les cuisinistes, avec l'utilisation de pierres artificielles employées pour la réalisation de plans de travail à l'origine de silicoses aiguës, mais les contraintes liées à l'utilisation des nomenclatures choisies ne permettent toujours pas d'identifier ces emplois précisément. De plus, la fabrication et la découpe de ces plans de travail ne sont le plus souvent pas réalisées en France. Une réémergence de silicoses aiguës, liée à cette utilisation, a été observée en Espagne¹⁸. En revanche, l'exposition des jardiniers lors des tâches de découpe de bordures a pu être prise en compte du fait de leur identification possible *via* les codes d'emplois utilisés.

Les indicateurs présentés dans cet article fournissent une image détaillée de l'exposition professionnelle à la silice en France en 2017 et une évolution sur presque 40 ans. Les indicateurs estimés sur plusieurs décennies à partir de la MEE ont également contribué à estimer les fractions de risques attribuables (FRA) aux expositions professionnelles pour les pathologies causées par la silice. Ainsi, entre 1,1% et 3% (soit entre 322 et 912 cas) des cancers du poumon chez les hommes et entre 0% et 0,1% (soit entre 6 et 18 cas) de ceux-ci chez les femmes ont été estimés attribuables à une exposition professionnelle à la silice en France en 2017¹⁹. Entre 2015 et 2019, l'Assurance maladie a indemnisé 59 cancers broncho-pulmonaires liés au tableau 25 des MP (affections dues à la silice cristalline, aux silicates cristallins, au graphite ou à la houille), dont 5 pour l'année 2019⁷ ; ces chiffres montrent un décalage important par rapport au nombre de cas estimés, et illustrent la sous-déclaration des MP.

Bien que cette problématique soit ancienne, apparue au temps de l'exploitation des mines de charbon avec celle de la silicose, l'exposition à la silice cristalline est donc bien une préoccupation actuelle qui concerne encore un nombre important de travailleurs. Malgré le classement des travaux

exposant à la silice cristalline en tant que cancérogènes, sa substitution est complexe, du fait de sa présence dans les matériaux de construction déjà en place. L'enjeu du classement CMR (cancérogène, mutagène et reprotoxique) porte donc plus sur le contrôle des expositions (renforcement des protections collectives et si besoin équipement de protection individuelle adapté) que sur la substitution, ainsi que sur le repérage des professionnels exposés pour la mise en place d'un suivi médical spécifique par les médecins du travail. Le programme Matgéné participe activement à la surveillance de l'évolution de cette exposition, en déterminant le nombre de travailleurs exposés et son évolution, ainsi que les secteurs et professions concernés. Dans quelques années, il sera possible de voir si la nouvelle réglementation, entrée en vigueur en 2021, aura eu un impact sur la part et le nombre de travailleurs exposés, après une mise à jour de la MEE si nécessaire, mais aussi sur les niveaux d'exposition.

Cette matrice et les autres MEE du programme Matgéné sont consultables gratuitement sur le portail Exp-pro (<http://www.exppro.fr>)²⁰ et les indicateurs d'exposition dans la population générale sur le portail Géodes (<https://geodes.santepubliquefrance.fr/#c=home>). ■

Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

Références

- [1] Institut national de recherche et de sécurité. Silice cristalline. Fiche toxicologique n° 232. Paris: INRS; 2022. 12 p. https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?reftINRS=FICHETOX_232
- [2] IARC working group on the evaluation of carcinogenic risks to humans. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. Lyon: International Agency for research on cancer; 1997;(68). 520 p. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Silica-Some-Silicates-Coal-Dust-And-Em-Para-Em--Aramid-Fibrils-1997>
- [3] El Yamani M, Fréry N, Pilorget C. Évaluation des expositions professionnelles de la population des travailleurs en France : des outils et des méthodes. Bull Épidémiol Hebd. 2018;(12-13):216-20. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2018/12-13/2018_12-13_1.html
- [4] Févotte J, Dananché B, Delabre L, Ducamp S, Garras L, Houot M, et al. Matgéné: A program to develop job-exposure matrices in the general population in France. Ann Occup Hyg. 2011;55(8):865-78.
- [5] Groupe de travail Matgéné. Présentation d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre. Quelques applications à un échantillon de population en France. Saint-Maurice: Santé publique France; 2010. 6 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/presentation-d-une-matrice-emplois-expositions-aux-poussieres-alveolaires-de-silice-cristalline-libre.-quelques-applications-a-un-echantillon-de-po>
- [6] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Dangers, expositions et risques

relatifs à la silice cristalline. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Maisons-Alfort: anses; 2019. 524 p. <https://www.anses.fr/fr/content/exposition-%C3%A0-la-silice-cristalline-des-risques-%C3%A9lev%C3%A9s-pour-la-sant%C3%A9-des-travailleurs>

[7] L'Assurance maladie, risques professionnels. Rapport annuel 2019. Éléments statistiques et financiers. Paris: Cnam; 2020. 168 p. https://assurance-maladie.ameli.fr/sites/default/files/rapport_annuel_2019_de_lassurance_maladie_-_risques_professionnels_decembre_2020.pdf

[8] Institut national de la statistique et des études économiques. Nomenclature des professions et catégories socio-professionnelles PCS. 2^{de} ed. Paris: Insee; 1994.

[9] Institut national de la statistique et des études économiques. Nomenclatures d'activités et de produits françaises NAF-CPF. Paris: Insee; 1999.

[10] Classification internationale type des professions. Genève: Bureau international du travail; 1968.

[11] Nations Unies. Index de la classification internationale type par industrie, de toutes les branches d'activité économique. New York: Nations Unies; 1975.

[12] Institut national de recherche et de sécurité. Solvex. Paris: INRS; 2020. <https://www.inrs.fr/publications/bdd/solvex.html>

[13] Institut national de recherche et de sécurité. Silice cristalline et santé au travail. Paris: INRS; 2022. <https://www.inrs.fr/risques/silice-cristalline/ce-qu-il-faut-retenir.html>

[14] Institut national de la statistique et des études économiques. Tables de passage des nomenclatures d'activité françaises (NAF). Montrouge: Insee; 2017. <https://www.insee.fr/fr/information/2579599>

[15] Matinet B, Rosankis E, Léonard M. Les expositions aux risques professionnels. Les produits chimiques. Synthèse Stat'. 2020;(32). 323 p. <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/publications/les-expositions-aux-risques-professionnels-produits-chimiques>

[16] Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, Mäkinen I. Trends of Occupational Exposure to Chemical Agents in Finland in 1950-2020. Ann Occup Hyg. 2013;57(5):593-609.

[17] Mater G, Savary B, Emili A. Portrait rétrospectif (2009-2018) des expositions à la silice cristalline issues de la base Colchic. Hygiène et sécurité du travail. 2019;254:72-5.

[18] Menéndez-Navarro A, Cavalin C, García-Gómez M, Gherasim A. La reemergencia de la silicosis como enfermedad profesional en España 1990-2019. Rev Esp Salud Pública. 2021;95:26.

[19] Marant Micallé C, Charvat H, Houot MT, Vignat J, Straif K, et al. Estimated number of cancers attributable to occupational exposures in France in 2017: An update using a new method for improved estimates. J expo Sci Environ Epidemiol. 2021.

[20] Pilorget C, Garras L, Houot M. Des outils d'aide à l'évaluation des expositions professionnelles : les matrices emplois-expositions du portail Exp-Pro. 2016. 6 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/exposition-a-des-substances-chimiques/pesticides/documents/rapport-synthese-des-outils-d-aide-a-l-evaluation-des-expositions-professionnelles-les-matrices-emplois-expositions-du-portail-exp-pro>

Citer cet article

Delabre L, Houot M, Burtin A, Pilorget C. L'exposition professionnelle à la silice cristalline en France en 2017 : une question toujours d'actualité. Bull Épidémiol Hebd. 2023;(1):16-24. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2023/1/2023_1_2.html

REMERCIEMENTS AUX RELECTEURS

Le BEH remercie chaleureusement tous ceux qui ont contribué en 2022 à sa réalisation.

Merci, bien sûr, aux auteurs qui y ont proposé leurs articles.

Merci à tous les relecteurs, dont le regard critique contribue grandement à la qualité finale des travaux publiés.

Merci aux membres du Comité de rédaction et aux coordinateurs des numéros thématiques, qui mettent à la disposition du BEH leur expertise et beaucoup de leur temps.

Les membres du Comité de rédaction en 2022

Raphaël ANDLER, Santé publique France, Saint-Maurice
Thierry BLANCHON, Institut Pierre-Louis d'épidémiologie et de santé publique, Paris
Florence BODEAU-LIVINEC, École des hautes études en santé publique, Rennes, France
Julie BOUDET-BERQUIER, Santé publique France, Saint-Maurice
Kathleen CHAMI, Santé publique France, Saint-Maurice
Bertrand GAGNIÈRE, Santé publique France – Bretagne, Rennes
Isabelle GRÉMY, Observatoire régional de santé d'Île-de-France, Paris
Anne GUINARD, Santé publique France – Occitanie, Toulouse
Nathalie JOURDAN-DA SILVA, Santé publique France, Saint-Maurice
Damien MOULY, Santé publique France – Occitanie, Toulouse
Valérie OLIÉ, Santé publique France, Saint-Maurice
Philippe MAGNE, Santé publique France, Saint-Maurice
Alexia PEYRONNET, Santé publique France, Saint-Maurice
Hélène THERRE, Santé publique France, Saint-Maurice
Sophie VAUX, Santé publique France, Saint-Maurice
Isabelle VILLENA, Centre hospitalier universitaire (CHU), Hôpital Maison Blanche, Reims

Les relecteurs des articles parus (ou refusés) en 2022

Armand ABERGEL, CHU de Clermont-Ferrand
Isabella ANNESI-MAESANO, Institut Pierre Louis d'épidémiologie et de santé publique (Iplsp), Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), Université de Montpellier
Christina ASCHAN, Université Lumière Lyon 2, Bron
Thierry BEGE, Aix-Marseille Université
Thomas BÉNET, Santé publique France – Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon
Julie BIGA, Agence régionale de santé (ARS) de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Marseille
Jacques BLACHER, Hôtel-Dieu, Université de Paris
Patrice BLONDEAU, Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE), La Rochelle Université
Pierre-Yves BOËLLE, Sorbonne Université, Iplsp, Paris
Stéphane BONACORSI, Hôpital Robert-Debré, Paris
Clara BOUCHÉ, Hôpital Fondation Adolphe de Rothschild, Paris
Pierre BOYER, CHU de Strasbourg, Université de Strasbourg
Denys BRAND, Inserm-Université de Tours
Georges BROUSSE, CHU de Clermont-Ferrand
France CAZENAVE-ROBLOT, CHU de Poitiers
Christine CHAN-CHEE, Santé publique France, Saint-Maurice
Mathieu CHASSIGNET, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), Lille
Isabelle COLL, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (Lisa) Centre national de la recherche (CNRS) UMR 7583, Université Paris Est Créteil

Émilie COSTA-BURTE, Institut de recherche en santé, environnement et travail (Irset), Inserm, Rennes
Dominique COSTAGLIOLA, Iplsp, Paris
Charlotte COSTENTIN, CHU de Grenoble Alpes, Grenoble
Karna COULIBALY, Centre population et développement (Ceped) UMR 196 Université de Paris – Institut de recherche pour le développement (IRD), Equipe de recherche labellisée (ERL) Inserm U 1244
Nicolas DANCHIN, Hôpital européen Georges Pompidou, Paris
Bertrand DAUTZENBERG, Institut Arthur Vernes, Paris
Jean-Winoc DECOUSSER, CHU Henri Mondor, Assistance publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP), Créteil
Chantal DERKENNE, Ademe, Montrouge
Alain DERVAUX, Université Paris-Saclay, Établissement public de santé Barthélemy-Durand, Étampes
Jean-Claude DESENCLOS, Santé publique France, Saint-Maurice
Annabel DESGRÈES DU LOÛ, IRD, Paris
Caroline DESPRÈS, laboratoire ETRÉS, centre de recherche des Cordeliers, Université Paris Cité
Julia DINA, Inserm U1311, Université de Rouen-Normandie
Enguerrand DU ROSCOAT, Santé publique France, Saint-Maurice
Thomas EDOUARD, CHU de Toulouse
Adrian FIANU, CHU de La Réunion, Saint-Pierre
Hélène FONTAINE, Hôpital Cochin, Paris
Annick FONTBONNE, Centre de recherche en épidémiologie et santé des populations (CESP) Inserm U1018, Villejuif, Centre d'investigation clinique (CIC) Inserm 1411, Montpellier
Pierre FRANGE, Hôpital Necker – Enfants malades, Université Paris Cité, Paris
Stephan GABET, Université de Lille
Amandine GAGNEUX-BRUNON, CIC-Inserm 1408, CHU de Saint-Etienne
Mélanie GAILLET, Centre hospitalier de Cayenne
Karine GALLOPEL-MORVAN, École des hautes études en santé publique (EHESP), Rennes
Arnaud GAUTIER, Santé publique France, Saint-Maurice
Jérémy GEERAERT, Centre de recherches sociologiques sur le droit et les institutions pénales, CNRS, Guyancourt
Ludovic GICQUEL, Centre de soins ambulatoires (Cesam), centre hospitalier Henri-Laborit, Poitiers
Camille GILBERT, Institut de Santé publique, d'épidémiologie et de développement (Isped), Inserm, Bordeaux
Gabriel GIRARD, Inserm – Sciences économiques et sociales de la santé et traitement de l'information médicale (Sesstim), Marseille
Philippe GLORENNEC, EHESP, Rennes
Maud GORZA, Santé publique France, Saint-Maurice
Sylvie GRAVEL, Université du Québec, Montréal
Olivier GRIMAUD, EHESP, CNRS, Inserm, Arènes – UMR 6051, RSMS – U 1309, Rennes

Meoïn HAGEGE, Université Paris Est Créteil, CEpiA, Institut Mondor de Recherche Biomédicale (IMRB) Inserm U955, Paris

Marie-Noëlle HILLERET, Centre hospitalier de Grenoble

Bruno HUBERT, Santé publique France, Nantes

Marion HULIN, Santé publique France, Saint-Maurice

Louis JEHEL, Inserm, CESP, CHU de Amiens

Loïc JOSSEMAN, Garches, Groupe hospitalier universitaire Paris Saclay, Université de Versailles Saint-Quentin (UVSQ), Université Paris Saclay, Inserm

Alice KOPEL, Direction générale de la santé, Paris

Gilles LAZIMI, Société de formation thérapeutique du généraliste (SFTG), Paris

Hervé LE BRETON, CHU de Rennes

Stéphane LE CALVÉ, CNRS, Institut de chimie et procédés pour l'énergie, l'environnement et la santé (ICPEES), Strasbourg

Michèle LEGEAS, EHESP, Rennes

Nolwenn LEMEUR-ROUILLARD, EHESP, Rennes

Agnès LÉPOUTRE, Santé publique France, Saint-Maurice

Émeline LEQUY-FLAHAULT, Inserm, Université Paris Cité, Université Paris Saclay

France LERT, Paris sans sida

Émilie LESAINE, CHU de Bordeaux

Gaëlle LOISEAU, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae)-Occitanie, Montpellier

Florence LOT, Santé publique France, Saint-Maurice

Dominique LOUVEL, Centre hospitalier de Guyane, Cayenne

Yves MARTIN PRÉVEL, IRD, Paris

Aurélien MAYET, Centre d'épidémiologie et de santé publique des armées (Cespa), Marseille

Denis MECHALI, Praticien hospitalier retraité, bénévole associatif et médiateur médical

Pascal MENECHIER, Centre hospitalier de Mâcon

Fadi MEROUEH, USMP de Villeneuve Les Maguelone, CHU de Montpellier

Pierre MILLOT, Centre hospitalier de Mayotte, Mamoudzou

Sandrine MONNERY-PATRIS, Inrae, Dijon

Claire MORGAND, ARS Île-de-France, Saint-Denis

Anne MOSNIER, Open Rome, Paris

Philippe MOULIN, Hospices civils de Lyon, Université Lyon 1

Judith MUELLER, EHESP, Rennes

Estelle NOBECOURT, CHU de la Réunion, Saint-Pierre

Florent OCCELLI, Université de Lille

Denis OUZAN, Réseau Hépatite C ville hôpital Côte d'Azur, Institut Arnault Tzanck, Saint-Laurent du Var

Pierre PARNEIX, CHU de Bordeaux

Laurence PASCAL, Santé publique France – Provence-Alpes-Côte d'Azur – Corse, Marseille

Marie-Claire PATY, Santé publique France, Saint-Maurice

Jean PERRIOT, Dispensaire Émile-Roux, Pôle solidarités sociales, Clermont-Ferrand

Vincent POMMIER DE SANTI, Cespa, Marseille

Alexis POULHES, Laboratoire Ville Mobilité Transport (LVMT) – École nationale des ponts et chaussées (ENPC), Champs-sur-Marne

Sophie POUPLIN, CHU de Rouen

Valérie POURCHER MARTINEZ, CHU de la Pitié-Salpêtrière, Paris

Thomas POURCHET, Haute École de santé, Genève

Dolorès POURLETTE, IRD, UMR Ceped, Paris

Marie PRÉAU, Inserm U1296, Université Lyon 2, Lyon

Didier QUILLIOT, Centre hospitalier régional universitaire (CHRU) de Nancy

Jocelyn RAUDE, EHESP, Rennes

Élisabeth RIVOLIER, CHU de Saint-Étienne

Noémie ROLAND, CESP, Inserm 1018, équipe Epi-Phare (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé : ANSM), Centre hospitalier Delafontaine Saint-Denis

Isabelle ROSA, Hôpital intercommunal de Créteil

Nicolas ROUSSELOT, Département de médecine générale de l'Université de Bordeaux

Monica SAUCEDO, Inserm U1153-EPOPé, Paris

Clémence SCHANTZ, IRD, Ceped UMR 196, Paris

Jalpa SHAH, Santé publique France, Saint-Maurice

Philippe SOGNI, Université de Paris, Hôpital Cochin (AP-HP), Paris

Jean-Louis SOLET, Santé publique France – Océan Indien, Saint-Denis de La Réunion

Laurence TIBÈRE, Centre d'étude et de recherche Travail, Organisation, Pouvoir (Certop)-CNRS-Université de Toulouse 2

Pascal VILAIN, Santé publique France – Nouvelle-Aquitaine, Bordeaux