



## **Expositions aux particules inorganiques : comment poser la question ?**

Catherine Cavalin, Mickaël Catinon, Odile Macchi, Michel Vincent, Paul-André Rosental

### **► To cite this version:**

Catherine Cavalin, Mickaël Catinon, Odile Macchi, Michel Vincent, Paul-André Rosental. Expositions aux particules inorganiques : comment poser la question ?. Emmanuelle Duwez; Pierre Mercklé. Un panel français. L'Étude longitudinale par Internet pour les sciences sociales (Elipss), INED, pp.185-212, 2021, Grandes Enquêtes, 9782733260494. <hal-03483612>

**HAL Id: hal-03483612**

**<https://hal.science/hal-03483612v1>**

Submitted on 16 Dec 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Expositions aux particules inorganiques : comment poser la question ?

Catherine Cavalin, Mickaël Catinon, Odile Macchi, Michel Vincent  
et Paul-André Rosental

in E. Duwez et Pierre Mercklé (dirs), *Un panel français. L'Étude longitudinale par Internet pour les sciences sociales (Elipss)*, Paris, INED, 2021, Coll. Grandes Enquêtes, p. 185-212.

## Introduction

Quels sont les niveaux d'exposition à la silice cristalline en population générale ? Dans quels contextes surviennent ces expositions ? Quels groupes sociaux concernent-elles particulièrement ? Avec quelles conséquences sur l'état de santé ? Ces questions peuvent sembler exotiques pour le profane, pour qui la « silice cristalline » ne signifie rien ou est, au mieux, synonyme de « sable ». Quel bénéfice y aurait-il à connaître les expositions communes à la substance chimique la plus répandue sur Terre ? Et doit-on y voir un risque sanitaire ? Ce chapitre propose de répondre à ces questions en mobilisant les deux *vagues\** fructueuses de l'enquête Elipssilice (Santé, travail et environnement. Enquête sur les expositions aux poussières inorganiques) portées par ELIPSS, avec des *taux de réponse\** supérieurs à 80 %. Elipssilice 1 a permis d'interroger 825 personnes en 2013-2014<sup>1</sup>, et Elipssilice 2 a recueilli les réponses de 2 739 personnes en 2016<sup>2</sup> (figure 1). Les deux vagues de cette enquête apportent une contribution aux questions de recherche soulevées par le projet Silicosis<sup>3</sup>, qui étudie les risques de santé liés à diverses formes d'exposition à la silice cristalline.

En partant d'une question en apparence anodine et d'un champ restreint, ce chapitre traite d'une problématique étendue, très ancienne en santé au travail comme en santé environnementale et qui reçoit aujourd'hui une nouvelle actualité. Ici, il s'agit non seulement d'utiliser ELIPSS pour ce qu'elle est au premier degré – une enquête en population générale qui, par le biais d'Elipssilice, permet de quantifier les expositions à la silice cristalline (essentiellement) et à quelques autres particules inorganiques (secondairement) sur la vie entière des personnes interrogées –, mais aussi de croiser ces résultats avec ceux que le même questionnaire permet d'obtenir auprès de patients diagnostiqués comme ayant des maladies dont les causes, complexes, sont inconnues et cependant suspectées d'être liées à ces mêmes expositions. L'intérêt de la démarche est double : produire des résultats inédits sur les expositions concernées, dont l'étendue des possibles dégâts sanitaires ne cesse d'être redécouverte depuis quelque vingt-cinq ans ; atteindre cet objectif par une approche de quantification qui croise statistique sociale en population générale et mode

---

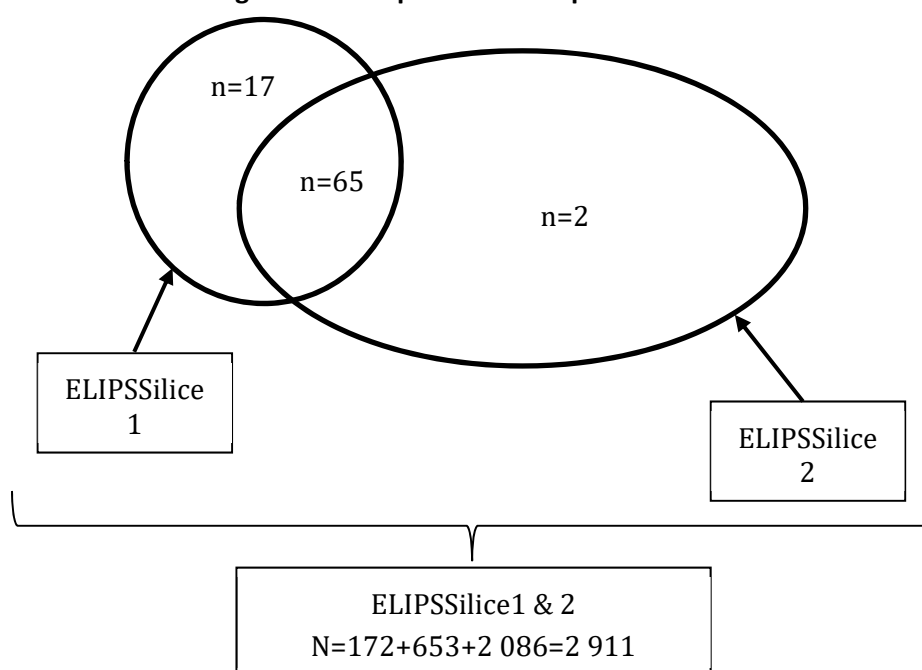
<sup>1</sup>Catherine Cavalin, Paul-André Rosental, Michel Vincent, équipe Silicosis, équipe ELIPSS [auteurs] : Santé, travail et environnement. Enquête sur les expositions aux poussières inorganiques (Elipssilice), vague 1, 2013 [fichier électronique], Fondation nationale des sciences politiques (FNSP) [producteur], Centre de données socio-politiques (CDSP) [diffuseur], version 0.

<sup>2</sup>Catherine Cavalin, Paul-André Rosental, Michel Vincent, équipe Silicosis, équipe ELIPSS [auteurs] : Santé, travail et environnement. Enquête sur les expositions aux poussières inorganiques (Elipssilice), vague 2, 2016 [fichier électronique], Fondation nationale des sciences politiques (FNSP) [producteur], Centre de données socio-politiques (CDSP) [diffuseur], version 0.

<sup>3</sup>Projet financé par le Conseil européen de la recherche (European Research Council, ou ERC) au Centre d'études européennes et de politique comparée de Sciences Po (2012-2017). Principal investigator: Paul-André Rosental; Contract grant number: ERC-2011-ADG\_20110406^Project ID: 295817, <http://www.sciencespo.fr/silicosis/fr> (page consultée le 29/12/2018).

d'enquête épidémiologique, tout en faisant un usage original de la comparaison de « cas » et de « témoins ».

**Figure 1. Les répondants d'Elipssilice 1 et 2**



*Champ* : panélistes ELIPSS, *représentatifs\** des 19-76 ans (Elipssilice 1), puis des 18-79 ans (Elipssilice 2) résidant en France.

*Lecture* : Elipssilice 1 et 2 ont interrogé 2 911 répondants, dont 653 ont participé aux deux vagues de l'enquête.

*Source* : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP.

Elipssilice est une source unique par la taille de son échantillon, suffisante pour comparer statistiquement en son sein des personnes qui se déclarent malades et non-malades, par sa répétition dans le temps sur un *panel\** élargi, par son usage croisé avec un questionnaire identique mobilisé auprès de patients diagnostiqués et suivis pour des maladies chroniques dans des centres hospitaliers universitaires (CHU) et, enfin, par le caractère novateur de son questionnement détaillé des expositions professionnelles et extra-professionnelles à la silice cristalline en population générale. La cible de cette recherche se constitue d'une demi-douzaine de pathologies systémiques, inflammatoires et/ou auto-immunes d'étiologie méconnue et dont la silice cristalline est suspectée d'être une possible cause (entre autres causes), ou un facteur déclencheur ou aggravateur.

Après avoir explicité les questions de recherche auxquelles vient contribuer Elipssilice, ce chapitre présente le score d'empoussièrément mis en œuvre pour mesurer l'exposition à la silice et à quelques autres particules inorganiques, et la manière dont il permet de comparer les vagues d'Elipssilice entre elles, puis leurs résultats avec des données recueillies dans une enquête spécifique auprès de patients diagnostiqués. L'objectif est tout à la fois de tester les propriétés métrologiques d'Elipssilice 1 et Elipssilice 2, ainsi que leurs limites, et d'utiliser autant que possible leurs résultats pour avancer vers une épidémiologie sociale de maladies de causes inconnues.

## I. Un fragile problème de santé publique

### 1. Une ubiquité hors normes

La silice cristalline – dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) dont les polymorphes sont le quartz, la cristobalite et la tridymite – paraît aussi banale que le sable, dont elle est le composant majeur, et son ubiquité est sans égale. Le silicium (Si), composant le quart de l'écorce terrestre, est omniprésent dans le dioxyde de silicium, qui relève des aérocontaminants caractérisant d'innombrables activités manufacturières. Outre les activités minières (intenses empoussièvements, milieu confiné), l'agriculture, le bâtiment et les travaux publics émettent dans l'air des matières minérales (labourage d'une terre peu humide, balayage à sec sur un chantier). Mais les expositions à la silice cristalline ne passent pas uniquement par la voie aérienne et dépassent le contexte professionnel. Cette substance entre dans la composition d'un nombre presque infini de produits de la vie courante, qui peuvent émettre des particules dans l'air (poudres à récurer jusqu'aux années 1990, talc, litière pour chats, pneumatiques, etc.) ou se trouver en contact avec la peau ou les muqueuses (poudres à récurer ou talc, encore, masques d'argile, pansements gastriques, prothèses articulaires, etc.).

### 2. La fraction de silice dans l'air : un défi métrologique

En 1996, un rapport de l'Environmental Protection Agency (EPA) [National Center for Environmental Assessment et US Environmental Protection Agency, 1996] soulignait la difficulté de connaître la fraction de silice se trouvant « en moyenne » dans l'air respiré. Or la question est éminemment d'actualité, comme le montre l'intérêt qu'y portent dans les dernières années de nombreuses agences sanitaires nationales, notamment française pour la dernière en date (Anses, 2019). La silice participe de la pollution particulaire liée aux phénomènes naturels comme aux activités humaines : feux de forêt, vents de sable, émissions industrielles, agricoles, etc. Il faudrait disposer de capteurs innombrables pour quantifier les expositions de la population générale. De surcroît, la silice cristalline est portée par des vents qui modifient la composition de l'air ambiant à de grandes distances (par exemple, de l'ouest de l'Afrique jusqu'aux Caraïbes). Elle participe aux modifications climatiques en contribuant à la formation des nuages ou, par ses propriétés d'absorption de la lumière, en modifiant les propriétés de l'albédo (pouvoir réfléchissant d'une surface) des zones couvertes d'un manteau neigeux (George *et al.*, 2015). Faute de pouvoir mesurer une exposition « représentative » à la silice cristalline dans l'air, des mesures variées sont opérées : dans et hors du milieu urbain, plus ou moins près de sites émissifs (par exemple, des carrières), en périodes caractérisées ou non par une pollution particulaire globale (« épisodes sahariens »). Il reste ensuite délicat de transposer les valeurs-limites d'exposition professionnelle (VLEP), du fait d'une grande variété des paramètres entre contextes professionnels et « environnementaux ».

### 3. (Re-)découvrir « d'autres » maladies de la silice

La silice est identifiée de longue date comme un agent chimique associé à des risques sanitaires, dont la silicose constitue la pointe émergée de l'iceberg. Cette maladie invalidante compte parmi les pneumoconioses (maladies pulmonaires liées à l'inhalation de poussières), que des questions épidémiologiques et immunologiques à l'origine d'Elipssilice viennent renouveler. Connue depuis l'Antiquité, la « silicose », ainsi nommée depuis 1871 (Rovida, 1871), a été définie en 1930, en termes médicalégaux, comme une entité nosologique d'origine professionnelle, concernant essentiellement les mineurs de fond (Rosental, 2017). Alors que l'on avait tôt compris que d'autres activités manufacturières étaient concernées par des expositions à la silice (taille de pierre, fabrication de prothèses dentaires, tâches agricoles), la plupart ont échappé à la vigilance sanitaire, et il n'a donc pas été prévu d'indemnisation au titre de maladies professionnelles reconnues (Lengwiler et Moses, 2017). En outre, la définition originelle de la silicose a retenu la description d'une maladie chronique liée à des expositions à la silice relativement modérées et au

long cours sur la vie professionnelle, mettant de côté des expositions plus intenses, potentiellement associées à des pathologies aiguës (Rosental *et al.*, 2015), et négligeant des connaissances pourtant anciennes sur d'autres effets pathologiques possibles de la silice (Collis November, 1915a ; Collis October, 1915b).

L'histoire de la silicose rappelle par bien des aspects celle de bon nombre de maladies professionnelles. Sous-diagnostiquée et sous-déclarée, comme le sont ces dernières (Bonin, 2017 ; Cavalin *et al.*, 2020), que les médecins sont insuffisamment formés à reconnaître (Gisquet *et al.*, 2011), la silicose fait l'objet d'une information tronquée, notamment parce que les enjeux économiques de son indemnisation sont immenses. Cette troncature engendre une production de doute et d'ignorance, selon les termes de l'agnotologie (Proctor et Schiebinger, 2008). En témoignent les débats actuels sur la carcinogénicité possible de la silice. Son classement, en 1997, comme cancérigène certain pour les humains par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a mobilisé les industriels de la silice pour tenter d'empêcher qu'elle soit inscrite par l'Union européenne sur la liste des cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) [Musu et Sapir, 2006].

En reconnaissant tardivement la carcinogénicité des procédés de production impliquant la silice cristalline, la directive européenne 2017/2398<sup>4</sup> fixe la valeur-limite d'exposition professionnelle à 0,1 mg/m<sup>3</sup> d'air<sup>5</sup>, soit un seuil que des connaissances récentes permettent d'estimer comme très peu exigeant pour la prévention des risques (Anses, 2019). Et depuis une vingtaine d'années, des connaissances émergentes en immunologie renouvellent les questions, tandis que l'effondrement du World Trade Center en 2001 a mis en lumière des conséquences inattendues : chez les sauveteurs et les pompiers ayant secouru les victimes ou les personnes recrutés pour déblayer les gravats après l'attentat, l'incidence de maladies dysimmunitaires interroge sur les effets des expositions très intenses à des particules inorganiques – en particulier à la silice cristalline (Webber *et al.*, 2015 ; Webber *et al.*, 2016).

La silicose touche encore des dizaines de milliers de personnes dans les pays où l'extraction minière bat son plein (Chine, Inde), frappe universellement des secteurs « traditionnels » (taille de la pierre), mais résulte aussi d'expositions nouvelles, comme le sablage des jeans (Ozmen *et al.*, 2010) ou l'emploi de sable comme agent de soutènement dans la fracturation hydraulique (Moitra *et al.*, 2015 ; Quail, 2017). La survenue de cette pathologie, ou les seules expositions à la silice cristalline (sans silicose) peuvent aussi s'accompagner de celle de maladies auto-immunes, comme dans la découpe de pierres artificielles à forte teneur en silice<sup>6</sup> utilisées par les cuisinistes et en aménagement intérieur.

## II. La mesure des expositions et de leurs effets sanitaires par Elipssilice

### 1. Elipssilice comparée à Sumer

Des données spécifiques manquent encore, pour répondre aux questions de santé publique attachées aux expositions à la silice cristalline. L'enquête Elipssilice permet de combler ces lacunes en complétant l'apport de l'enquête Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels (Sumer), seule enquête de la statistique publique française qui fournit des informations sur ces expositions. Représentative, depuis 2016-2017, de plus de 9 salariés

---

<sup>4</sup>Plus précisément : directive (UE) 2017/2398 du Parlement européen et du Conseil du 12 décembre 2017 modifiant la directive 2004/37/CE concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes ou mutagènes au travail.

<sup>5</sup>Valeur-limite sur une période de référence de 8 heures, applicable au plus tard le 17 janvier 2020 par les États membres. Cette valeur ne change rien à la réglementation en vigueur en France, selon les termes fixés par le Code du travail (valeurs limites d'exposition réglementaires contraignantes, article R. 4412-149).

<sup>6</sup>Clusters de patients en Israël (Shtraichman *et al.*, 2015 ; Kramer *et al.*, 2012), en Australie (Hoy *et al.*, 2018), en Italie (Paolucci *et al.*, 2015), aux États-Unis (OSHA-NIOSH, 2015 ; Bang *et al.*, 2015) et en Espagne (Pérez-Alonso *et al.*, 2014 ; Cavalin et Menéndez-Navarro, 2020).

sur 10 travaillant en France, Sumer établissait à 11 salariés sur 1 000 (en 2003), puis à 14 (en 2010), la *prévalence*\* des expositions à la silice cristalline (Cavet *et al.*, 2015).

Malgré la qualité de ses données, la taille de son *échantillon*\*, le détail des secteurs d'activité qu'elle couvre et la représentativité qu'autorise sa passation par un réseau national de médecins du travail, Sumer comporte des limites : une période de référence des expositions cantonnée à la dernière semaine travaillée ; une sensibilité du repérage des expositions certainement insuffisante (Cavalin *et al.*, 2013) ; la difficulté, même pour des médecins du travail experts à détecter certaines tâches atypiques comme des sources d'exposition possibles. Là où Sumer tente de couvrir quelque 300 expositions à l'ensemble des produits potentiellement toxiques, Elipssilice pose 150 questions sur la seule silice cristalline ou, plus succinctement, sur d'autres particules (bois, métaux, amiante).

S'appuyant sur des enseignements de sociologie du travail (Friedmann et Naville, 1961), Elipssilice s'intéresse à l'« activité » effective, plutôt que de classer *a priori* les professions ou les « postes » de travail. Elle développe des questions sur des expositions clairement reconnues, mais prend aussi en compte celles qui font l'objet de « cas cliniques » (Drent *et al.*, 2012), auxquels la hiérarchie des preuves normalisée en épidémiologie prête un statut inférieur (Haynes *et al.*, 2006). Sur ce périmètre très large, le questionnaire Elipssilice désigne de manière aussi explicite que possible des produits sous leurs noms commerciaux, savants ou communs, et décrit des gestes, équipements ou types de contextes dans lesquels ces substances sont mobilisées. L'objectif est d'atteindre un niveau de sensibilité élevé (mais pas trop, sous peine d'enregistrer de nombreux faux positifs) et un niveau de spécificité très élevé.

Elipssilice couvre les dimensions professionnelle et non-professionnelle des expositions aux particules inorganiques, ce qui en fait, à notre connaissance, un questionnaire unique<sup>7</sup>.

Dernière différence majeure : alors que Sumer comporte très peu de questions sur l'état de santé, Elipssilice cherche à tester des *corrélations*\* entre expositions et pathologies chroniques (encadré 1).

#### Encadré 1. Les questionnaires d'Elipssilice 1 et Elipssilice 2

- Tronc commun du panel ELIPSS (dont caractéristiques sociodémographiques et socio-économiques).
- Santé et protection sociale, dont une liste de maladies : tuberculose ; emphysème ; bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) ; asbestose, plaques pleurales ; silicose ; fibrose pulmonaire idiopathique ; cancer du poumon ; sarcoïdose ; toute « autre maladie pulmonaire » ; polyarthrite rhumatoïde (voir précisions *infra*) ; lupus systémique ; autres connectivites (maladie de Gougerot-Sjögren, dermatomyosites) ou vascularites (maladie de Wegener, Horton) ; « une autre maladie qui a été causée par des poussières, soit que vous le sachiez par vous-même, soit qu'un médecin vous l'ait dit ». Il est toujours possible de répondre que la maladie est passée, même lorsque la chronicité théorique d'une maladie donnée se prolonge sur toute la vie. Il s'agit de maladies systémiques, inflammatoires ou auto-immunes, toutes de causes inconnues, suspectées comme génétiques et environnementales. Même la tuberculose, dont l'agent causal est le bacille de Koch, ne survient que dans des environnements favorisant une certaine immunité et des contextes sociosanitaires spécifiques (Cottreau, 1978).
- Expositions professionnelles à la silice cristalline (questionnées en détail) et à quelques autres particules inorganiques (plus brièvement) [une centaine de questions, posées selon le schéma de la figure 2] : activités exposantes ou non ; si oui, quelle durée cumulée d'exposition au cours de la vie ? avec quel degré de protection (efficace/systématique ou non) contre les poussières ? Par exemple : « Au cours de votre vie professionnelle, avez-vous déjà exercé une activité dans l'agriculture ? Oui/Non. » Si oui : « Était-ce pour des activités de labourage, de récolte, en utilisant des équipements

<sup>7</sup>Même par rapport à d'autres questionnaires également focalisés sur la silice, comme le questionnaire développé par OccIDEAS pour le projet *Australian Worker Exposure Study* (Darcey *et al.*, 2016).

mécanisés ? Oui/Non. » Si oui : « a) Combien de temps au total dans votre vie l'avez-vous fait ? Moins de 1 an / Entre 1 et 5 ans / Plus de 5 ans. b) Étiez-vous équipé-e d'une protection contre les poussières (masque, aspiration à la source...) ou d'un dispositif limitant l'empoussièrement ? Jamais de protection ou protection toujours inefficace / Parfois protégé-e ou protection modérément efficace / Toujours protégé-e de manière efficace. »

- Expositions extra-professionnelles [une cinquantaine de questions, posées selon le schéma de la figure 2] : même schéma, mais avec des durées d'exposition encore plus complexes à reconstituer (combien d'heures ou de jours de bricolage cumulés dans la vie, pour une activité qu'on a pu pratiquer de manière très intermittente). Par exemple : « En dehors de vos activités professionnelles, exercez-vous ou avez-vous exercé régulièrement, à certaines périodes de votre vie, des activités de bricolage ? Oui/Non. » Si oui : « Avez-vous été exposé-e dans des travaux de découpe, polissage, ponçage, limage, soudure, utilisation de produits abrasifs (sablage, papiers abrasifs...), etc., à des particules minérales, de bois, métalliques ou à des particules artificielles (résines, polymères) respirables ? Oui/Non. » Si oui : « a) Combien de temps au total dans votre vie ? Moins de 1 an / Entre 1 et 5 ans / Plus de 5 ans. b) Étiez-vous équipé-e d'une protection contre les poussières (masque, aspiration à la source, etc.) ou d'un dispositif limitant l'empoussièrement ? Jamais de protection ou protection toujours inefficace / Parfois protégé-e ou protection modérément efficace / Toujours protégé-e de manière efficace. »

- Quelques modifications à la marge du questionnaire entre la vague 1 et la vague 2, après avoir tiré quelques leçons d'Elipssilice 1 et de l'usage du même questionnaire auprès de patients. Primo, quelques questions sur des expositions ont été ajoutées (par exemple, tatouage(s) et éventuelles réactions inflammatoires associées) ; pour faire des comparaisons entre les deux vagues, on travaille donc à périmètre constant de questionnaire. Secundo, la question sur la survenue de la polyarthrite rhumatoïde a été précisée, sa formulation dans Elipssilice 1 ouvrant certainement trop la porte à des faux positifs ; le but était d'éviter une confusion entre le nom de cette maladie et divers problèmes articulaires (rhumatismes, arthrose, etc.) ou vasculaires (artérite), en demandant aux panélistes si cette maladie avait été diagnostiquée, précisément sous ce nom de « polyarthrite rhumatoïde », par un médecin.

## 2. Proposer un score synthétique d'exposition

Analytique dans son mode de questionnement, le questionnaire Elipssilice l'est aussi pour l'exploitation des données : les réponses sont autant de briques élémentaires, agrégables à façon, pour connaître la part des répondants concernés par l'exposition à la silice cristalline *via* tel ou tel produit, en contextes professionnels ou non-professionnels, selon le secteur d'activité, etc., ou toutes expositions confondues.

Le taux d'exposition global aux particules de silice cristalline et aux autres particules inorganiques atteint 90,7 % sur l'ensemble des répondants (N = 2 911) d'Elipssilice 1 et 2, résultat à comparer avec les 1,4 % de salariés exposés à la silice cristalline en milieu professionnel au cours de la dernière semaine travaillée, selon Sumer 2017<sup>8</sup>. Cet écart mesure l'effet attendu – mais spectaculaire – d'un cadrage des expositions sur le cours entier de la vie, par un questionnement qui prend le temps d'une description spécifique et détaillée, et qui englobe les expositions professionnelles et non-professionnelles.

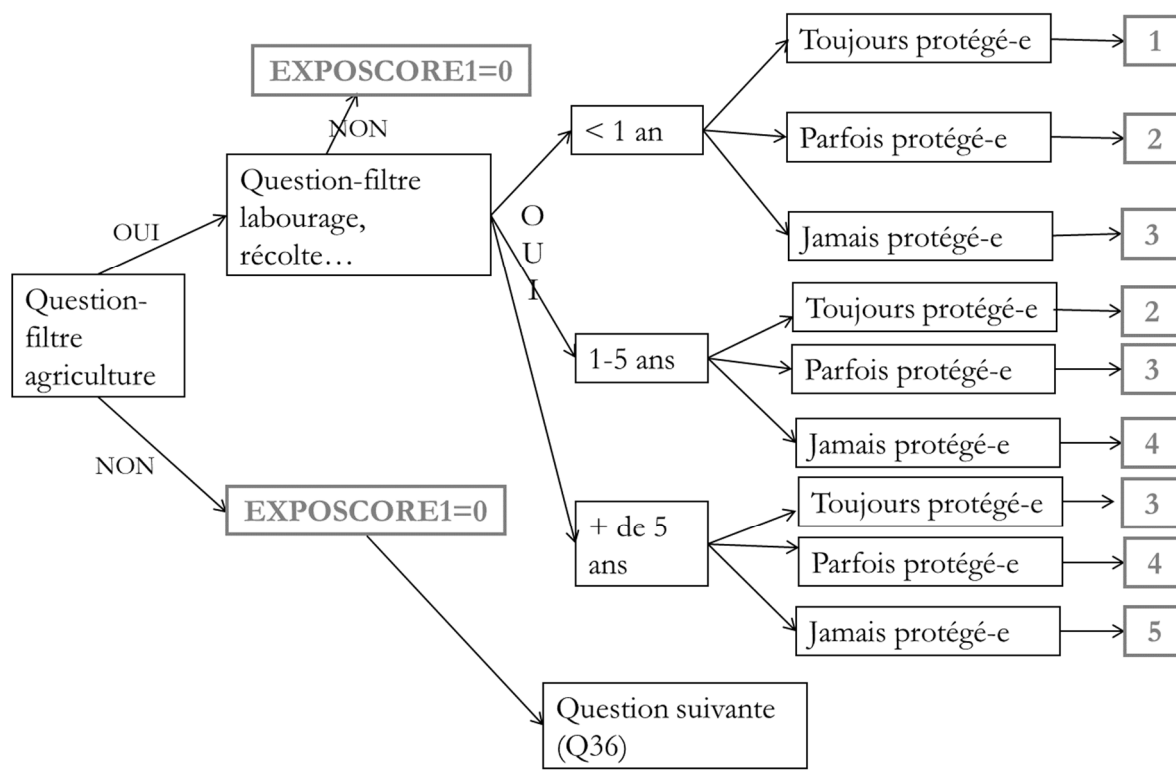
Elipssilice 1 et 2 y ajoutent des données sur la durée cumulée d'exposition au cours de la vie et le port éventuel de protections contre l'émission de poussières (cf. encadré 1). Or, on l'a vu, la littérature ne fournit pas la mesure de la variation des risques pour la santé d'une exposition à la silice selon ces deux derniers paramètres. Confrontée à cette absence de gradient *a priori* du

---

<sup>8</sup>Taux non pondérés. On préfère ici raisonner sur des effectifs et des taux bruts, pour éviter de normaliser la représentation d'un phénomène à explorer (et qui présente donc de nombreuses inconnues dans les caractéristiques de sa distribution sociale). Cet argument vaut plus encore pour les comparaisons ci-après entre des patients diagnostiqués et les répondants d'Elipssilice.

risque, la présente étude propose une méthode de calcul d'un *score\** d'empoussièrement incluant les déclarations d'exposition, les durées cumulées d'exposition et les protections (ou leur absence) [figure 2].

**Figure 2. Calcul d'un score d'empoussièrement synthétique. Exemple des tâches agricoles professionnelles**



*Note* : pour une réponse positive à une question certifiant l'exposition (labourage, récolte, etc.), la durée cumulée d'exposition, associée à un degré variable de protection contre les poussières, débouche sur un sous-score « Agriculture » allant de 1 à 5 points. Ce score croît avec le nombre d'expositions, leur durée cumulée et l'absence de protections. Plus de 90 % des sous-scores sont calculés sur ce modèle dans le questionnaire. Dans les autres cas, une incrémentation du score est réalisée par analogie. Par exemple, en cas d'exposition sans protection par définition (talc appliqué sur une peau abrasée), on se place dans le scénario « jamais protégé-e ».

*Source* : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP.

En l'absence d'une échelle externe de référence qui viendrait étalonner le score, il est impossible de construire ou lire un score individuel de manière cardinale. Par exemple, il n'est pas possible de présumer qu'une durée d'exposition double signifierait un risque doublé d'être malade. La méthode de calcul crée une hiérarchie ordinale des scores individuels. Elle s'appuie sur des hypothèses d'équivalence<sup>9</sup> contestables mais impossibles à remplacer de manière idéale, faute de connaître l'étalonnage du risque silice. On veut tester le caractère discriminant des niveaux de score entre les individus et chercher à voir si ce classement ordinal est corrélé au fait de déclarer avoir ou avoir eu l'une des maladies d'intérêt.

<sup>9</sup>Par exemple : « être parfois protégé-e en étant exposé-e moins de 1 an » = « être toujours protégé-e en étant exposé-e entre 1 et 5 ans » = 2 points de score.

### 3. Comparer : tester la cohérence interne du score d'exposition

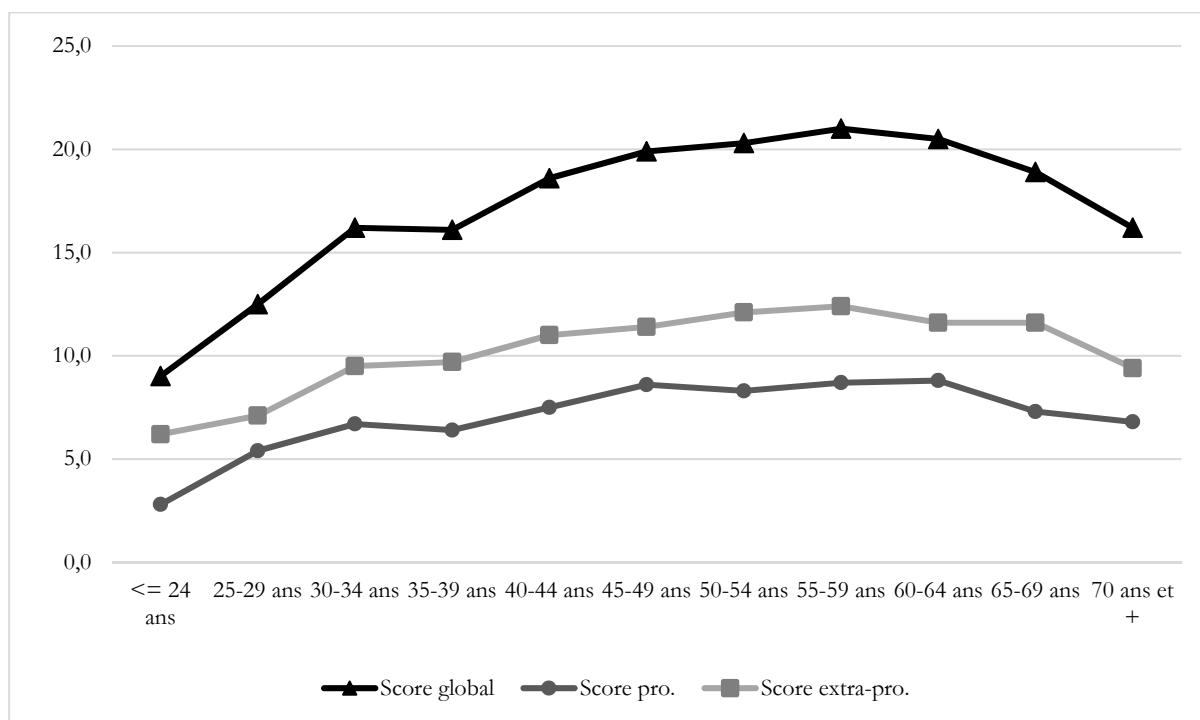
Les comparaisons en coupe et longitudinale débouchent sur deux observations préliminaires.

Sur les comparaisons des résultats en coupe, tout d'abord, le score d'empoussièrement croissant avec les durées cumulées d'exposition, il devrait croître aussi tendanciellement d'une tranche d'âge à l'autre (des plus jeunes aux plus âgés des répondants), sous l'hypothèse que ces personnes n'ont pas des caractéristiques cachées (hétérogénéité inobservée) très dissemblables dans leur probabilité d'exposition<sup>10</sup>. La figure 3 confirme et nuance cette tendance. Elle n'est avérée que jusqu'à la tranche d'âge 55-59 ans, avec un score global d'exposition qui atteint alors son maximum (21 points). À partir de la tranche d'âge 60-64 ans, les scores extra-professionnels moyens enregistrés baissent, puis les scores professionnels moyens pour les 65 ans et plus. Non continue avec l'âge, la croissance des niveaux d'exposition rappelle de nombreuses autres mesures de prévalence rapportée, comme les discriminations ou les violences (Cavalin, 2010a ; Cavalin, 2010b). Avec des entremêlements complexes d'effets d'âge, de génération et de mémoire (Grémy, 2007), au-dessus d'un certain âge, la remémoration des situations vécues fait certainement intervenir des oublis et des tris plus ou moins volontaires dans les réponses données. La baisse des scores d'exposition professionnelle à partir d'un âge qui est communément celui de la cessation d'activité donne du crédit à une telle interprétation. On ne peut exclure que les personnes les plus exposées subissent aussi une mortalité supérieure aux autres ; dans ce cas, la diminution du niveau moyen des expositions pour les tranches d'âge supérieures pourrait également être liée à un *biais de sélection*\* endogène : le risque étudié participe lui-même d'une déformation de ce qui est observable, par impossibilité de prendre en compte les personnes qui décèdent du fait même du risque. Le mécanisme serait d'une nature analogue à ce que, dans les recherches sur la santé au travail, l'on caractérise comme le « *healthy worker effect* ». En définitive, la pente des courbes de la figure 3 apporte un signal encourageant sur la capacité de l'autoquestionnaire Elipssilice à capturer les souvenirs d'exposition.

---

<sup>10</sup>Ce serait le cas si, par exemple, tout-es les plus jeunes étaient des ouvrier·ères du bâtiment ou des mineur·es de fond, et les plus âgé·es des employé·es de bureau qui ne bricolent pas le dimanche. Même si ce biais ne peut totalement être exclu comme une hypothétique possibilité, il faut tout de même préciser qu'il est très peu plausible !

**Figure 3. Scores d'exposition selon l'âge des répondants à Elipssilice 1 et Elipssilice 2**



*Champ* : résidents en France métropolitaine (hors Corse) ; panélistes ELIPSS, vagues 1 et 2 (N = 2 911), représentatifs des 19-76 ans (Elipssilice 1), puis des 18-79 ans (Elipssilice 2) résidant en France.

Lecture : parmi les 2 911 personnes qui ont répondu à Elipssilice 1 ou 2 (172 pour la vague 1 uniquement, 653 pour les deux vagues, 2 739 pour la vague 2 uniquement), les scores d'exposition moyens obtenus par les personnes âgées au plus de 24 ans sont : score professionnel = 2,8 ; score extra-professionnel = 6,2 ; score global = 9. Le score global moyen est maximal (21 points) pour les 55-59 ans. Le score global d'exposition croît jusqu'à la tranche d'âge 55-59 ans (maximum de 21 points). À partir de la tranche d'âge 60-64 ans, les scores moyens d'exposition extraprofessionnelle diminuent ; les scores moyens d'exposition professionnelle pour les 65 ans et plus. Dans ce résultat, on ne peut démêler les possibles effets d'âge, de génération et de mémoire. Il est néanmoins possible de faire l'hypothèse que cette dernière joue (négativement quand l'âge croît) dans la capacité à reconstituer les expositions vécues.

Source : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP.

Pour ce qui concerne, ensuite, une comparaison longitudinale des scores d'exposition des 653 répondants de la vague 1 (v1) réinterrogés en vague 2 (v2), celle-ci soumet à plus rude épreuve la robustesse métrologique du questionnaire Elipssilice. Pour un même individu, les scores individuels devraient augmenter entre Elipssilice 1 et Elipssilice 2, avec des durées cumulées d'exposition égales ou supérieures et d'éventuelles nouvelles sources d'exposition entre v1 et v2. Or, pour 346 questionnaires, l'un au moins des scores (professionnel, non-professionnel) diminue dans le temps (tableau 1).

Ces « incohérences » ne surprennent pas. Les « erreurs » de réponse ainsi commises par des panélistes sont déjà documentées (Mercklé et Octobre, 2015)<sup>11</sup>, et d'autant plus probables que les questions qui « poussent » à « l'erreur », à la fois rétrospectives et longitudinales (Safi, 2010), sont nombreuses dans Elipssilice (questions posées en v1 et v2 et incluant la même période de référence : la vie entière). Le défi lancé par l'autopassation du questionnaire Elipssilice, en lieu et place d'une passation par un enquêteur expert en hygiène industrielle, est par ailleurs ambitieux et ne peut prétendre obtenir une cohérence intra-individuelle et inter-temporelle que d'autres enquêtes en panel n'atteignent pas non plus.

<sup>11</sup>Et étudiées en détail dans le chapitre 5.

**Tableau 1. Évolutions intra-individuelles/inter-temporelles des scores d'empoussièrément entre Elipssilice 1 et Elipssilice 2**

Entre V1 et la V2 (653 répondants aux deux vagues)	Nombre de personnes dont le score stagne ou augmente (« cohérents »)	Les scores en moyenne augmentent de...	Nombre de personnes dont le score diminue strictement (« incohérents »)	Les scores en moyenne diminuent de...
<b>Score global</b>	363	9,1 points	290	8,6 points
<b>Score professionnel</b>	498	2,9 points	155	7,1 points
<b>Score extraprofessionnel</b>	379	6,1 points	274	6,7 points
	307 (les scores professionnel et extraprofessionne l stagnent ou augmentent)	9,8 points (score global)	346 (le score professionnel ou le score extraprofessionne l diminue)	6,3 points (score global)

*Champ* : résidents en France métropolitaine (hors Corse) ; panélistes ELIPSS interrogés dans Elipssilice 1 et 2 (N = 653), représentatifs des 19-76 ans (vague 1), puis des 18-79 ans (vague 2).

*Lecture* : parmi les 653 panélistes interrogés en v1 et v2, 363 voient leur score global d'exposition à la silice cristalline et à des particules inorganiques stagner ou augmenter (de 9,1 points) dans le temps (« réponse cohérente »). Sur ces 653 répondants, 307 sont « totalement cohérents », l'augmentation de leur score global (en moyenne de 9,8 points) provenant d'une augmentation des deux sous-scores (professionnel et extraprofessionnel), tandis que 346 sont « incohérents », puisque qu'au moins un de leurs deux scores (professionnel et extraprofessionnel) diminue entre v1 et v2, et qu'en moyenne, leur score global diminue de 6,3 points.

*Source* : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP.

Pour celles et ceux dont le score global augmente (N = 363), la hausse moyenne est de 9,1 points entre les deux vagues, donc supérieure à la baisse moyenne (- 8,6 points) qu'enregistrent ceux (N = 290) dont le score global diminue. Cela contribue à expliquer que, pour les 653 répondants (v1 + v2), les scores globaux soient en moyenne supérieurs (17,3 points) à ce qu'ils étaient en v1 (16,1 points).

Parler d'« incohérences » des panélistes dans le temps est sujet à caution : ce serait oublier qu'il existe d'autres « erreurs » invisibles (des scores qui croissent, sans traduire pour autant les expositions vécues) et ne pas prendre au sérieux les réponses collectées, en négligeant leur possible sens sociologique<sup>12</sup>. Dans ce registre, l'évolution réputée « cohérente » entre v1 et v2 est plus fréquente pour la composante professionnelle (498 répondants sur 653, soit 76,3%, voient leur score professionnel augmenter) que pour la composante extra-professionnelle du score (58 % « seulement » des 653 répondants voient leur score extra-professionnel stagner ou augmenter de v1 à v2). Il est possible d'éclairer cette différence par quelques hypothèses prudentes d'interprétation sociologique. On peut notamment supposer que les expositions que l'enquête laisse percevoir comme des « risques » apparaissent plus compatibles avec ce que les répondants, en contexte professionnel, peuvent connaître comme tels. La sous-estimation (connue) par les travailleurs des risques auxquels ils sont exposés est certainement encore plus vraie pour des situations domestiques. Cette perception différentielle du risque engendrerait une variabilité de la réponse dont les déterminants sont impossibles à quantifier.

En élargissant les interprétations possibles, on peut également insister sur le fait que la part de l'écriture (ou de la réécriture) biographique est difficile à estimer dans les réponses données sur

<sup>12</sup>Même si des déclarations sur des expositions à des particules inorganiques n'ont certainement pas le même statut (biographique, symbolique) que celles portant sur des sorties ou pratiques culturelles (Mercklé et Octobre, 2015).

des expositions (professionnelles ou non) à des particules inorganiques. Comment les individus se représentent-ils leurs activités sociales en rapport avec la « poussière » ? Des entretiens biographiques menés par ailleurs dans le projet Silicosis montrent que la réponse n'a rien d'évident. Interrogés en début d'entretien pour dire spontanément ce que « poussières » ou « particules » signifient dans leur vie, les répondants vont de l'étonnement stupéfait et de l'absence de réponse à de longs discours argumentés qui, le plus souvent, s'infléchissent au fil des questions désignant spécifiquement des produits ou activités (comme dans le déroulé des questionnaires Elipssilice 1 et 2) .

Au total, et conformément aux conclusions du chapitre 5 du présent ouvrage, cette comparaison des réponses entre les vagues 1 et 2 d'Elipssilice encourage à accorder de la valeur aux réponses collectées, sans les discréditer comme « vraies » ou « fausses » à un instant T. Rien ne peut objectiver le caractère « vrai » ou « faux » des réponses à deux moments différents.

#### *4. Comparer des malades à des non-malades autodéclarés*

L'objectif visé par Elipssilice 1 était de réaliser un cadrage statistique inédit des expositions, sur la vie entière, à la silice cristalline et à quelques autres particules inorganiques. Établir des corrélations entre ces expositions et la survenue des maladies étudiées était plus incertain, vu la rareté relative de celles-ci en population générale<sup>13</sup>. Or, le nombre de personnes autodéclarées malades s'est révélé statistiquement suffisant pour pouvoir, dès la première vague, comparer les expositions des malades et des non-malades. Pour les deux vagues d'enquête (tableau 2), les personnes déclarant avoir (ou avoir eu dans le passé) au moins une des maladies d'intérêt ont des scores d'exposition *significativement\** plus élevés que celles qui déclarent n'en jamais avoir souffert.

---

<sup>13</sup>Plusieurs sont « rares » au sens du critère européen d'une prévalence inférieure à 1 cas pour 2 000 personnes. Toutes maladies d'intérêt confondues, elles touchent cependant plus d'un million de personnes en France.

**Tableau 2. Scores d'exposition des personnes autodéclarées malades comparés à ceux des personnes autodéclarées non-malades**

	Personnes autodéclarées malades	Personnes autodéclarées non-malades	Personnes autodéclarées non-malades avec appariement (sexe/âge/tabac)
<b>Elipssilice 1</b>	N = 187	N = 638	N = 544
Moyenne score global	20,4	16	15,8
Médiane score global	13	10	10
<i>P-value</i> test de Wilcoxon		0,006**	0,007**
Moyenne score professionnel	8,3	5,8	5,8
Médiane score professionnel	0	0	0
<i>P-value</i> test de Wilcoxon		0,01*	0,02*
Moyenne score extraprofessionnel	12,1	10,1	10
Médiane score extraprofessionnel	9	7	7
Test de Wilcoxon		p = 0,01*	p = 0,009**
<b>Elipssilice 2</b>	N = 536	N = 2 203	N = 1 873
Moyenne score global	27,8	21,9	16,9
Médiane score global	20	16	11
<i>P-value</i> test de Wilcoxon		<0,0001****	< 0,0001****
Moyenne score professionnel	10,7	7,3	6,5
Médiane score professionnel	4	0	0
<i>P-value</i> test de Wilcoxon		< 0,0001****	< 0,0001****
Moyenne score extraprofessionnel	17,1	14,6	10,4
Médiane score extraprofessionnel	14	12	8
<i>P-value</i> test de Wilcoxon		0,0009***	0,0032**

*Légende* : \* : p < 0,05 ; \*\* : p < 0,01 ; \*\*\* : p < 0,001 ; \*\*\*\* : p < 0,0001.

*Champ* : résidents en France métropolitaine (hors Corse) ; panélistes ELIPSS interrogés dans Elipssilice 1 (N = 825) et Elipssilice 2 (N = 2 739), respectivement représentatifs des 19-76 ans et des 18-79 ans.

*Lecture* : primo, le score global moyen d'exposition atteint 20,4 points pour les 187 personnes qui, dans Elipssilice 1, se déclarent malades. Pour les 638 personnes se déclarant non-malades dans la même enquête, il est de 16 points. L'écart entre les niveaux de scores, évalué par le test de Wilcoxon\*, est significatif au seuil de 1 % (p = 0,006). Secundo, quand on échantillonne, dans Elipssilice1, des non-malades autodéclarés pour les comparer à des malades autodéclarés auxquels on les apparie sur des critères d'âge, de sexe et de statut tabagique, les malades gardent des expositions globales significativement supérieures à celles des non-malades appariés (témoins) au seuil de 1 % (p = 0,007). Ces deux résultats plaident en faveur d'une surexposition significative à la silice cristalline et à quelques autres particules inorganiques (amiante, particules métalliques, etc.) des personnes ayant les pathologies visées, par rapport à celles qui ne les ont jamais eues. L'accroissement de la taille du panel ELIPSS conforte l'ampleur du résultat en montrant des écarts encore plus grands d'exposition entre malades et non-malades.

*Remarque* : scores calculés sur les périmètres respectifs des questionnaires des vagues 1 et 2 d'Elipssilice.

*Source* : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP.

Dans Elipssilice 1 et 2, les personnes qui déclarent être ou avoir été malades ont des scores d'exposition aux particules inorganiques significativement plus élevés que celles qui déclarent ne

pas l'être et ne l'avoir jamais été. Cet écart significatif est confirmé lorsqu'on mobilise les données d'Elipssilice 1 et 2 comme s'il s'agissait d'études cas-témoins : les malades autodéclarés rapportent des niveaux d'exposition significativement supérieurs à ceux des non-malades autodéclarés, respectivement échantillonnés dans Elipssilice 1 et 2 en les appariant aux malades sur des caractéristiques d'âge, de sexe et de statut tabagique. On tire des échantillons de non-malades dans chaque strate d'âge, de sexe et de statut tabagique : jusqu'à 4 témoins (non-malades autodéclarés) au maximum sont échantillonnés par strate, appariés à un malade autodéclaré sur ces trois caractéristiques. Que l'on apparie ou non, les écarts entre les scores globaux des malades et des non-malades ne sont pas très différents (cf. tableau 2, colonne 3 *versus* colonne 4). En revanche, l'accroissement de la taille de l'échantillon dans Elipssilice 2 creuse les écarts statistiques entre malades et non-malades autodéclarés.

Enfin, que l'on compare en les appariant ou non les malades et les non-malades autodéclarés dans Elipssilice 2, les expositions très significativement supérieures des malades reposent essentiellement sur leur surexposition *professionnelle* à la silice cristalline et à des particules inorganiques.

### III. Comparer Elipssilice à des enquêtes auprès de patients diagnostiqués

Au sein du projet Silicosis, d'autres terrains d'investigation permettaient d'interroger, avec le même questionnaire, des patients souffrant de maladies systémiques et diagnostiqués par des équipes hospitalo-universitaires.

Les résultats qui précèdent montrent qu'Elipssilice met en lumière, pour les malades autodéclarés, des surexpositions à la silice cristalline et à des particules inorganiques, par rapport à des non-malades autodéclarés. Les comparaisons entre les deux vagues d'Elipssilice peuvent ici se prolonger par des comparaisons *entre* sources : entre répondants à Elipssilice et patients diagnostiqués. On se limitera à deux maladies : la polyarthrite rhumatoïde (PR) [Smolen *et al.*, 2016] et la sclérodémie systémique (SSc<sup>14</sup>) [Denton et Khanna, 2017].

#### 1. Comment comparer des maladies autodéclarées et des maladies diagnostiquées ?

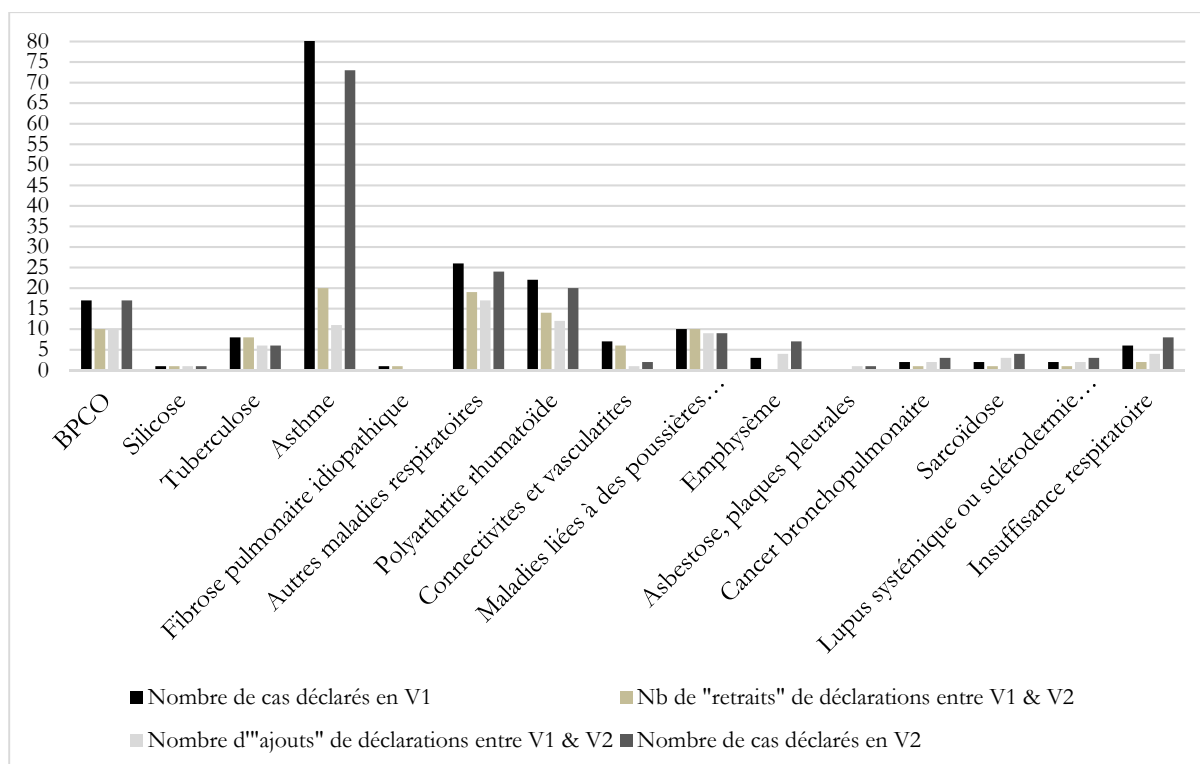
Interroger des répondants en autopassation sur tablette à propos des expositions à un risque chimique, qui plus est en leur demandant d'évaluer des durées cumulées d'exposition, était un défi ardu. Elipssilice devait en relever un second, connu des enquêtes statistiques de santé, d'autant plus grand qu'ELIPSS est auto-administrée : faire déclarer<sup>15</sup> des pathologies chroniques aux répondants. À nouveau, se pose la question de savoir si les réponses reçues sont « fiables » et ce qu'il faut entendre par là. Pour traiter les discordances nombreuses des déclarations de maladies observées entre les deux vagues d'enquête (figure 4), deux stratégies d'exploitation des données ont été mises en œuvre.

---

<sup>14</sup>Abréviation usuelle, même dans les textes francophones, qui reprend la dénomination anglophone « *systemic sclerosis* ».

<sup>15</sup>L'éventuel recodage (nosologie savante) des maladies chroniques fait l'objet d'une attention spécifique dans les enquêtes en population générale, car elles sont sous-déclarées ou déclarées en potentiel désaccord avec un « vrai » diagnostic (Dauphinot *et al.*, 2006). Cela explique les procédés de collecte renforcés (cartes-codes lues par les répondants, formation des enquêteurs et enquêtrices sur des listes détaillées, etc.) [Cavalin, 2010a].

**Figure 4. Déclarations de maladies chroniques par les panélistes ayant répondu à Elipssilice 1 et Elipssilice 2**



**Champ :** résidents en France métropolitaine (hors Corse) ; panélistes ELIPSS interrogés dans Elipssilice 1 et 2 (N = 653), représentatifs des 19-76 ans (vague 1), puis des 18-79 ans (vague 2).

**Lecture :** 17 répondants d'Elipssilice 1 ont déclaré avoir ou avoir eu une BPCO (broncho-pneumopathie chronique obstructive). Pour Elipssilice 2, 10 de ces 17 personnes retirent leur déclaration, et 10 personnes qui avaient répondu négativement en v1 répondent cette fois positivement. L'effectif de répondants indiquant avoir ou avoir eu une BPCO est inchangé entre v1 et v2, mais 10 des 17 personnes concernées ne sont plus les mêmes en v2 par rapport à v1. En « théorie », c'est-à-dire si les répondants confirmaient parfaitement la déclaration des maladies qu'ils ont eues entre les deux vagues d'Elipssilice, on devrait ne constater aucun retrait de déclaration, et éventuellement des ajouts, donc un nombre final de maladies égal ou supérieur en v2 par rapport à v1.

**Source :** enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP.

Dans la première stratégie (tableau 2), il s'agit de considérer comme « malades » et « non-malades » (« autodéclarés », par différence avec « diagnostiqués ») les personnes qui se déclarent tels en v1 d'une part, en v2 d'autre part. Ce choix est cohérent avec le fait – déjà évoqué – que le travail développé ici, trouvant de l'intérêt à « l'incohérence » profane des réponses sur les expositions, opte pour ne pas les corriger (Mercklé et Octobre, 2015) – comme on le ferait dans un traitement statistique qu'habituellement on qualifierait d'« apurement ». De plus, une hypothèse mobilisée consiste à penser que la plupart des maladies étudiées ici échappent pour partie aux incertitudes de l'autodéclaration d'autres pathologies (Dauphinot *et al.*, 2006). Par exemple, une « fausse » déclaration de sarcoidose paraît peu probable, plusieurs patients rapportant en entretien ignorer jusqu'au nom de cette maladie avant d'en recevoir le diagnostic. Même si « malades » et « non-malades » seraient sans doute départagés différemment par un diagnostic, les « erreurs » d'autodéclaration de maladies ne paraissent pas devoir être invalidées. Des discussions avec les équipes médicales partenaires vont dans ce sens, en confortant l'intérêt de ces résultats pour Elipssilice (1 puis 2).

La seconde stratégie teste les relations entre maladies et exposition aux particules inorganiques en comparant Elipssilice avec d'autres enquêtes qui, mobilisant le même questionnaire, ont interrogé des patients diagnostiqués. Ici, il s'agit de comparer les scores d'exposition de ces

patients au seul périmètre des 2 203 non-malades autodéclarés d'Elipssilice 2. Sont exclus les 638 malades autodéclarés d'Elipssilice 1 en tirant les conséquences des retraits (entre v1 et v2) de déclarations de maladies incurables (comme la silicose) et, surtout, du questionnement insuffisamment spécifique de la polyarthrite rhumatoïde (PR) en v1 (voir encadré 1), la maladie d'intérêt la plus prévalente (dans notre étude comme en population générale), en espérant éviter en v2 des « faux positifs » trop manifestes.

Il faut toutefois évaluer au préalable les possibles effets du mode de collecte d'Elipssilice sur les niveaux de score d'exposition obtenus. À la différence des panélistes ELIPSS, les patients diagnostiqués dans deux CHU avec une polyarthrite rhumatoïde ou une sclérodermie systémique ont en effet été interrogés par un enquêteur ou une enquêtrice (sociologue ou médecin formé au questionnaire), par téléphone ou en face à face<sup>16</sup>. Pour contrôler de possibles effets du mode de passation, nous comparons les scores d'exposition des malades autodéclarés dans Elipssilice 2 avec ceux des patients diagnostiqués, puis nous réitérons cette comparaison en échantillonnant les premiers pour les apparier aux seconds sur des critères de sexe, d'âge et de statut tabagique (tableau 3).

---

<sup>16</sup> Une vérification a été menée par ailleurs (résultats qui ne peuvent être présentés ici) : les scores d'exposition des patients ayant une SSc ou une PR ne sont pas significativement différents selon que les personnes ont été interrogées en face à face ou par téléphone. Quelques dizaines de patients ayant un lupus systémique ou une uvéite ont également répondu deux fois successivement (en autopassation, puis hétéropassation) : on n'a pas relevé de différence significative des scores dans cette comparaison longitudinale entre deux modes de collecte.

**Tableau 3. Scores d'exposition aux particules inorganiques comparés entre des patients diagnostiqués présentant une sclérodémie systémique (SSc) ou une polyarthrite rhumatoïde (PR) et les malades autodéclarés dans Elipssilice 2**

	Score global moyen	Score global médian	p-value (test de Wilcoxon)	Score professionnel moyen	Score professionnel médian	p-value (test de Wilcoxon)	Score extraprofessionnel	Score extraprofessionnel médian	p-value (test de Wilcoxon)
<b>(1) Tous répondants autodéclarés malades dans Elipssilice 2 (N = 536) comparés à...</b>	27,8	20		10,7	4		17,1	14	
<b>...197 patients diagnostiqués (100 SSc + 97 PR)</b>	27,8	25	0,037*	13,4	10	$9,98 \times 10^{-8***}$	14,5	13	0,22
<b>...dont</b> • 100 SSc • 97 PR	27,2 28,4	22,5 26	0,3037 0,032*	13,8 13,1	9,5 10	0,0002*** $7,51 \times 10^{-6***}$	13,7 15,3	12 15	0,085 0,90
<b>(2) Répondants autodéclarés malades échantillonnés dans Elipssilice 2 et appariés (sexe, âge et statut tabagique) (N = 330) comparés à...</b>	27,5	19		10,1	2		17,4	14,5	
<b>197 patients diagnostiqués (100 SSc + 97 PR)</b>	27,8	25	0,026*	13,4	10	$1,30 \times 10^{-8***}$	14,5	13	0,27
<b>...dont</b> • 100 SSc • 97 PR	27,2 28,4	22,5 26	0,23 0,021*	13,8 13,1	9,5 10	$4,12 \times 10^{-5***}$ $8,72 \times 10^{-7***}$	13,7 15,3	12 15	0,11 0,92

*Champ* : résidents en France métropolitaine (hors Corse) ; panélistes ELIPSS interrogés dans Elipssilice 2 et déclarant être ou avoir été atteints d'une des maladies d'intérêt (N = 536), représentatifs des 18-79 ans, comparés aux patients diagnostiqués et suivis en CHU et présentant une SSc ou une PR.

*Lecture* : primo, avec un score moyen de 27,8 points et un score *médian*\* de 25 points mesurant, sur la vie entière, les expositions à la silice cristalline et à d'autres particules inorganiques, les 197 patients atteints de SSc ou de PR déclarent des expositions significativement supérieures (au seuil de 5 % ; p = 0,037) à celles des panélistes qui, dans Elipssilice 2, déclarent être (ou avoir été) atteints d'une des maladies d'intérêt. Secundo, en échantillonnant jusqu'à 4 panélistes autodéclarés malades dans Elipssilice 2 pour chacun des 197 patients (tirage stratifié pour appariement sur des critères d'âge, de sexe et de statut tabagique), les patients diagnostiqués restent significativement surexposés par rapport aux panélistes autodéclarés malades (au seuil de 5 % ; p = 0,026).

*Source* : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP ; enquête auprès de 197 patients suivis en CHU et ayant un diagnostic de SSc ou de PR.

À l'exception des écarts de scores d'exposition entre les patients ayant une sclérodémie systémique (SSc) et les malades autodéclarés d'Elipssilice 2, les scores d'exposition sont significativement supérieurs pour les patients diagnostiqués par rapport aux malades autodéclarés. L'autodéclaration dans Elipssilice 2 crée-t-elle un *biais*\* de sous-évaluation des

expositions, qui invaliderait l'usage de cette enquête pour tester des niveaux comparés d'exposition ?

Cette question reçoit d'abord une réponse positive : la surexposition relative des patients diagnostiqués par rapport aux panélistes autodéclarés malades, que l'on apparie ou non les premiers aux seconds, peut indiquer que la collecte des données auto-administrée sur tablette est moins sensible que l'hétéropassation du questionnaire. Tout en notant qu'un résultat de sens inverse (une autopassation qui aurait entraîné des déclarations d'exposition plus fréquentes) aurait été surprenant et épineux à expliquer, il reste à savoir quelles conclusions tirer du fait que l'écart est statistiquement significatif (test de Wilcoxon). Trois éléments peuvent servir à nuancer cette première réponse.

Les scores plus bas obtenus par les malades autodéclarés d'Elipssilice 2 pourraient ne pas illustrer seulement un écart entre modes de collecte. On peut faire l'hypothèse que les patients diagnostiqués constituent un « noyau dur » de la maladie, comparés aux panélistes autodéclarés malades, parmi lesquels figurent sans doute des faux positifs (selon des critères diagnostiques). Les scores significativement plus élevés des premiers par rapport aux seconds signifieraient alors que la maladie est bel et bien associée à un niveau d'exposition élevé. L'hypothèse alimenterait une confirmation du rôle possible des expositions dans les maladies systémiques d'intérêt, sans que l'on puisse évoquer *stricto sensu* un biais de collecte des expositions en mode auto-administré.

L'écart significatif entre les niveaux d'exposition rapportés par les panélistes autodéclarés malades dans Elipssilice 2 et par 197 patients diagnostiqués en CHU repose sur un écart important entre la médiane des scores des patients ayant une polyarthrite rhumatoïde (PR) et celle des panélistes (tableau 3), le test de Wilcoxon s'appuyant sur une comparaison des médianes. Cet écart n'est pas vérifié pour les patients présentant une sclérodémie systémique (SSc). Le fait que la significativité de l'écart entre panélistes autodéclarés malades et patients diagnostiqués varie selon les maladies n'invalide pas non plus Elipssilice comme pivot de comparaison en population générale : l'autopassation n'apparaît pas, en soi, comme un facteur de sous-estimation des expositions.

Enfin, même si une population d'étude de 197 patients sur la SSc et la PR constitue un effectif rarement atteint dans la statistique sur ces maladies, on peut suggérer que l'écart entre les scores d'exposition des patients diagnostiqués et des panélistes autodéclarés malades devra être réexaminé en poursuivant l'enquête auprès d'un plus grand nombre de patients.

En définitive, une moindre sensibilité probable de l'enregistrement (auto-administré) des expositions par Elipssilice est possible ou probable, plusieurs arguments ne décourageant toutefois pas d'utiliser cette enquête comme base de sondage pour échantillonner des « témoins », à comparer avec des patients diagnostiqués.

## 2. Les expositions professionnelles aux particules inorganiques sur la sellette

En conséquence de ce qui précède, Elipssilice 2 permet de comparer les expositions déclarées par les répondants et les expositions déclarées par 197 patients diagnostiqués comme ayant une SSc ou une PR. Cet usage croisé d'Elipssilice avec des enquêtes menées auprès de patients diagnostiqués fournit un moyen original et fructueux – en raison du mode de tirage d'ELIPSS en population générale – de réaliser une analyse cas-témoins par comparaison entre des sources. Elipssilice aide ici à surmonter la difficulté récurrente des études épidémiologiques et cliniques à sélectionner des témoins dans de bonnes conditions méthodologiques (Newington et Metcalfe, 2014 ; Tishler et Bartholomae, 2002).

Pour chaque patient diagnostiqué, jusqu'à 4 témoins (personnes autodéclarées non-malades) sont échantillonnés dans Elipssilice 2, dans des strates définies par l'âge, le sexe et le statut tabagique. Cet échantillonnage de témoins est proposé selon deux scénarios distincts, qui définissent différemment les « témoins » (tableau 4). Cette double approche cherche à mettre à l'épreuve la robustesse des résultats.

**Tableau 4. Comparaison des expositions à des particules inorganiques de patients et de panélistes autodéclarés non-malades, échantillonnés dans Elipssilice 2**

	Sclérodermie systémique (SSc)						Polyarthrite rhumatoïde (PR)					
	Scénario 1			Scénario 2			Scénario 1			Scénario 2		
	Patientes (N = 100)	Témoins appariés (N = 394)	<i>p-value</i> test de Wilcoxon	Patientes (N = 100)	Témoins appariés (N = 380)	<i>p-value</i> test de Wilcoxon	Patientes (N = 97)	Témoins appariés (N = 388)	<i>p-value</i> test de Wilcoxon	Patientes (N = 97)	Témoins appariés (N = 388)	<i>p-value</i> test de Wilcoxon
<b>Score global</b>			<b>0,001**</b>			<b>0,001**</b>			<b>4,026.10<sup>-7</sup>***</b>			<b>4,626.10<sup>-7</sup>***</b>
Moyenne	27,4	21,9		27,4	21,9		28,4	20,0		28,4	19,9	
Médiane	23	16		23	17		26	15		26	15,5	
<b>Score professionnel</b>			<b>2,068.10<sup>-10</sup>***</b>			<b>1,186.10<sup>-11</sup>***</b>			<b>p&lt;2,2.10<sup>-16</sup>***</b>			<b>p&lt;2,2.10<sup>-16</sup>***</b>
Moyenne	13,8	6,7		13,8	6,1		13,1	5,0		13,1	5,1	
Médiane	9,5	0		9,5	0		10	0		10	0	
<b>Score extraprofessionnel</b>			<b>0,60</b>			<b>0,27</b>			<b>0,17</b>			<b>0,23</b>
Moyenne	13,7	15,2		13,7	15,8		15,3	15,0		15,3	14,8	
Médiane	12	13		12	13		15	12		15	13	

*Champ* : résidents en France métropolitaine (hors Corse) ; panélistes ELIPSS interrogés dans Elipssilice2 et déclarant ne pas être (et n'avoir jamais été) atteints d'une des maladies d'intérêt (N = 2 203), représentatifs des 18-79 ans, comparés aux patients diagnostiqués et suivis en CHU qui présentent une SSc ou une PR.

*Légende* : \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$ .

*Note* : dans les comparaisons entre patients diagnostiqués et témoins autodéclarés (Elipssilice2), les témoins sont appariés aux patients sur des caractéristiques de sexe, d'âge et de statut tabagique : dans le scénario 1 (SSc et PR), le terme « témoin » désigne une personne n'ayant jamais eu la maladie avec laquelle la comparaison (avec appariement) est faite ; dans le scénario 2 (SSc et PR), il désigne une personne n'ayant n'ayant eu aucune des maladies d'intérêt (donc ni la maladie avec laquelle la comparaison est réalisée, ni aucune autre). Score global = score professionnel + score extraprofessionnel.

*Lecture* : les scores d'exposition des personnes échantillonnées parmi celles qui déclarent ne pas avoir et n'avoir jamais eu une SSc sont significativement inférieurs à ceux des patients atteints de SSc ( $p = 0,001$ ), la surexposition significative des patients à des particules inorganiques étant surtout professionnelle ( $p = 2,068.10^{-10}$ ) et l'écart des scores extraprofessionnels n'étant pas significatifs ( $p = 0,60$ ). Quelle que soit la définition retenue des « témoins » (scénario 1 ou scénario 2), les patients diagnostiqués pour chacune des maladies ont été significativement plus exposés *professionnellement* à de la silice cristalline ou à d'autres particules inorganiques. Patients (« cas ») et témoins ne présentent pas de différences significatives d'expositions extraprofessionnelles. Ce résultat penche dans le sens d'une incrimination des expositions professionnelles comme un des facteurs possibles intervenant dans le déclenchement, le phénotype ou la gravité des maladies d'intérêt.

*Source* : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 1 (2016), ELIPSS/CDSP ; enquête auprès de 197 patients suivis en CHU et ayant un diagnostic de SSc ou de PR.

Quelle que soit la définition des témoins (Scénarios 1 et 2), les patients ont des scores globaux d'exposition significativement plus élevés que les témoins échantillonnés dans Elipssilice 2. Cela est vrai pour les deux maladies, et plus encore pour la PR que pour la SSc (Scénario 1). Cet écart significatif repose sur des écarts très différenciés dans les expositions professionnelles – et, là

encore, davantage pour la PR que pour la SSc. Les expositions extraprofessionnelles sont, pour leur part, plus importantes pour les témoins que pour les patients souffrant de SSc, mais la différence n'est pas significative ; pour la PR, c'est l'inverse mais, cette fois encore, l'écart n'est pas significatif.

Par « transitivité », ces résultats sont cohérents avec les précédents :

- les malades autodéclarés dans Elipssilice 1 et Elipssilice 2 ont des expositions aux particules inorganiques significativement supérieures à celles des non-malades autodéclarés (que les seconds soient ou non appariés aux premiers), surtout du fait de leur surexposition dans la sphère professionnelle (tableau 2) ;
- les expositions professionnelles des patients diagnostiqués comme souffrant d'une PR d'un côté, d'une SSc de l'autre sont significativement supérieures à celles des malades autodéclarés dans Elipssilice 2. Dans le cas des patients atteints de PR, cette surexposition professionnelle est si marquée que ces patients sont globalement surexposés, bien que non surexposés de manière significative hors du milieu professionnel. Dans le cas des patients ayant une SSc, on ne mesure pas de surexposition professionnelle ni globalement de surexposition (tableau 3) ;
- logiquement, on constate *in fine* (tableau 4) que les patients diagnostiqués, surtout ceux qui présentent une PR (parce qu'ils sont encore plus massivement surexposés professionnellement que les patients atteints de SSc), ont des scores d'exposition aux particules inorganiques significativement supérieurs à ceux des non-malades autodéclarés dans Elipssilice 2.

### 3. Vers une épidémiologie sociale des maladies systémiques d'étiologie inconnue

Ces résultats, produits tout en éprouvant les outils, la méthode et les possibles biais de mesure, ouvrent des pistes pour poursuivre des recherches entre équipes de sciences sociales, de médecine et d'épidémiologie. Un dernier résultat brièvement présenté en portera témoignage.

La prévalence de la SSc et de la PR touche à plus de 70 % des femmes. Or, parmi les 197 personnes atteintes de SSc ou de PR, les hommes ont des scores d'exposition significativement plus élevés que les femmes (tableau 5). Plus marqué dans le cas de la SSc que dans celui de la PR, cet écart repose, pour les deux pathologies, sur les différences liées aux expositions en contexte professionnel. Les niveaux d'exposition extraprofessionnelle sont moins élevés pour les femmes que pour les hommes dans le cadre d'une SSc, mais plus élevés dans le cadre d'une PR. Cet écart, toutefois, quel que soit son sens, n'est pas significatif au seuil de 5 %.

**Tableau 5. Comparaison des scores d'exposition à la silice cristalline et à des particules inorganiques entre des patientes et des patients atteints de sclérodémie systémique (SSc) et de polyarthrite rhumatoïde (PR)**

	SSc (n=100)			PR (n=97)		
	Femmes (N = 74)	Hommes (N = 26)	<i>p-value</i> test de Wilcoxon	Femmes (N = 77)	Hommes (N = 20)	<i>p-value</i> test de Wilcoxon
Score Global			<b>1,27.10<sup>-7</sup></b>			<b>0,002</b>
Moyenne	20,7	46,5		25,3	40,1	
Médiane	17,5	47		25	42,5	
Score professionnel			<b>3,37.10<sup>-9</sup></b>			<b>4,11.10<sup>-6</sup></b>
Moyenne	8,0	30,0		9,6	26,5	
Médiane	6	26		7	23,5	
Score extraprofessionnel			0,08			0,31
Moyenne	12,7	16,4		15,7	13,5	
Médiane	11	15,5		15	12	

*Champ* : patients diagnostiqués et suivis en CHU présentant une SSc ou une PR.

**Lecture** : avec des scores d'exposition moyen et médian respectifs de 20,7 et 17,5 points, les 74 patientes présentant une SSc ont un niveau global d'exposition à la silice cristalline et à d'autres particules inorganiques significativement inférieur à celui des 26 patients diagnostiqués avec la même maladie ( $p = 1,2.10^{-7}$ ). Cette écart très significatif repose sur une différence très significative d'exposition professionnelle ( $p = 3,37.10^{-9}$ ), tandis que les expositions en contextes extraprofessionnels ne diffèrent pas significativement, au seuil de 5 % ( $p = 0,08$ ). Mis en évidence pour des maladies qui touchent en très grande majorité des femmes, ces résultats alimentent l'hypothèse suivante : les formes souvent plus graves de ces maladies que développent les (relativement) rares hommes qui en souffrent pourraient être liées à leur surexposition significative à des particules inorganiques (de silice au premier chef) dans leurs activités professionnelles.

**Source** : enquête auprès de 197 patients suivis en CHU et ayant un diagnostic de SSc ou de PR.

Ce résultat obtenu auprès de patients diagnostiqués présente un grand intérêt étant donné que dans ces maladies, comme dans d'autres, la *variable\** de sexe, souvent abusivement désignée comme *gender* dans les publications épidémiologiques anglophones, tend à réifier une prétendue différence biologique « explicative » entre hommes et femmes (Shim, 2002 ; Shim *et al.*, 2014). Ces comparaisons entre les expositions des hommes et des femmes souffrant de ces maladies mettent en évidence, contre le caractère pseudo-explicatif du sexe biologique, le rôle d'activités sociales (professionnelles et extraprofessionnelles) sexuées.

Un tel résultat se complète et s'éclaire par des croisements renouvelés avec Elipssilice, en comparant des femmes ou des hommes malades, avec des non-malades échantillonnés dans Elipssilice et appariés à ces patients par strate d'âge, de sexe et de statut tabagique (tableau 6).

**Tableau 6. Scores d'exposition de femmes et d'hommes diagnostiqués comme ayant une sclérodermie systémique (SSc) ou une polyarthrite rhumatoïde (PR) versus scores des panélistes (témoins appariés) autodéclarés non-malades dans Elipssilice 2**

	SSc Femmes (n=74)			SSc Hommes (n=26)			PR Femmes (n=77)			PR Hommes (n=20)		
	Patientes (n=74)	Témoins scénario 1 (n=290)	p-value (Wilcoxon)	Patients (n=26)	Témoins scénario 1 (n=104)	p-value (Wilcoxon)	Patientes (n=77)	Témoins scénario 1 (n=308)	p-value (Wilcoxon)	Patients (n=20)	Témoins scénario 1 (n=80)	p-value (Wilcoxon)
<b>Score GLOBAL</b>			0,24			$3,79.10^{-5}$			$6,55.10^{-6}$			0,00521
Moyenne	20,7	19,8		46,5	27,6		25,3	18,2		40,1	25,7	
Médiane	17,5	16		47	19,5		25	14		42,5	17,5	
<b>Score PRO</b>			$8,65.10^{-7}$			$1,36.10^{-6}$			$8,28.10^{-14}$			$4,445.10^{-6}$
Moyenne	8	4,25		30	13,4		9,6	3,7		26,6	10,4	
Médiane	6	0		26	4,5		7	0		23,5	2,5	
<b>Score EXTRA-PRO</b>			0,09			0,1			0,045			0,66
Moyenne	12,7	15,6		16,4	14,2		15,7	14,5		13,6	15,4	
Médiane	11	13		15,5	11		21	12		12	14	

**Champ** : résidents en France métropolitaine (hors Corse) ; panélistes ELIPSS interrogés dans Elipssilice2 et déclarant ne pas être (et n'avoir jamais été) atteints de PR ni de SSc, comparé-es à des patients diagnostiqués et suivis en CHU qui présentent une SSc ou une PR.

**Lecture** : comparaison réalisée avec tirage stratifié de témoins sur des caractéristiques d'âge, de sexe et de statut tabagique, en appariant jusqu'à 4 témoins par patient dans chaque strate. En considérant globalement les expositions professionnelles et extraprofessionnelles à la silice cristalline et à des particules inorganiques, celles des 74 femmes présentant une SSc ne sont pas significativement différentes (au seuil de 5 % ;  $p = 0,24$ ) de celles des 290 témoins de même sexe appariés. Les patientes rapportent des expositions professionnelles significativement plus importantes que leurs témoins appariés ( $p = 8,65.10^{-7}$ ), mais des expositions extraprofessionnelles non significativement différentes (au seuil de 5 % ;  $p = 0,09$ ). Les résultats présentés dans ce tableau complètent ceux du tableau précédent : aux surexpositions professionnelles des hommes malades par rapport aux femmes malades vient s'ajouter le constat d'une surexposition significative de ces dernières par rapport à celles qui ne le sont pas. Les hypothèses d'un rôle étiologique possible des expositions à la silice cristalline et à quelques autres particules inorganiques se renforcent ainsi.

**Source** : enquêtes Elipssilice 1 (2013-2014) et Elipssilice 2 (2016), ELIPSS/CDSP ; enquête auprès de 197 patients suivis en CHU et ayant un diagnostic de SSc ou de PR.

Les patients apparaissaient surexposés à des particules inorganiques par rapport aux patientes (tableau 5), surtout du fait des niveaux d'exposition professionnelle beaucoup plus élevés qu'ils enregistraient. Le tableau 6 renforce la place prééminente des expositions professionnelles dans l'analyse : même si les patientes sont moins exposées que les patients, elles se différencient – à âge et statut tabagique égal – des femmes non-malades par leur niveau également très élevé d'exposition professionnelle. Le facteur professionnel joue... puis rejoue : en différenciant les expositions des patients de celles des patientes (plus encore dans la SSc que dans la PR), puis en singularisant les expositions des patientes par rapport à des témoins de même sexe appariés (plus encore dans la PR que dans la SSc).

## Conclusion

D'autres analyses suivront ces derniers résultats qui, portant par exemple sur les inégalités de niveaux de vie entre patients et répondants d'Elipssilice 2 autodéclarés non-malades, continueront de venir construire l'épidémiologie sociale – encore à faire – de ces pathologies.

Des enquêtes spécifiques auprès de patients, combinées aux deux vagues d'Elipssilice menées avec le même questionnaire, permettent ainsi d'effectuer différents types de comparaisons. Au sein même de chaque source et par des croisements entre elles, le questionnaire est mis à l'épreuve tout en produisant des résultats comparatifs et originaux par rapport à ce qu'usuellement on peut entendre par « validation » d'un questionnaire en clinique ou en épidémiologie.

En mobilisant Elipssilice pour révéler les niveaux statistiquement élevés des expositions à des particules inorganiques de patients atteints de maladies systémiques (PR et SSc), ces résultats ne prétendent pas révéler des causes simples à ces pathologies plurifactorielles. Ils mettent toutefois au jour des corrélations dont, selon les critères définis par Austin Bradford Hill (1965), les caractéristiques méritent examen dans le cadre d'une réflexion sur la causalité.

Pour ces maladies systémiques de causes inconnues, ces résultats encouragent, enfin, à faire fructifier la collaboration entre sciences sociales et médecine. Le sentier de recherche sur lequel ils se placent fait travailler ensemble *survey research* et méthodes d'enquête en sciences sociales, au service de questions médicales, d'histoire et de sociologie des sciences. L'objectif est de décrire des inégalités socio-écologiques de santé de manière inédite, c'est-à-dire notamment complémentaire et critique de ce que propose l'approche -omique à travers la notion d'exposome (Wild, 2005 ; Wild, 2012 ; Cavalin, 2018).

## Références bibliographiques

ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), 2019, « Dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline », Avis de l'Anses, Rapports d'expertise collective, Maisons-Alfort, Anses.

BANG K.M., MAZUREK J.M., WOOD J.M., WHITE G.E. *et al.*, 2015, "Silicosis mortality trends and new exposures to respirable crystalline silica – United States, 2001–2010", *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 64(5), p. 117-120.

BONIN J.-P. (dir.), 2017, Rapport de la commission instituée par l'article L. 176-2 du Code de la sécurité sociale, présidée par M. Jean-Pierre Bonin, conseiller-maître honoraire de la Cour des comptes, Paris, Cour des comptes.

CAVALIN C., HENRY E., JOUZEL J.-N., PELISSE J. (dir.), 2020, *Cent ans de sous-reconnaissance des maladies professionnelles*, Paris, Presses des Mines.

Catherine CAVALIN C., 2018, « Exposome et sciences sociales : la promesse d'une rencontre ? », in *Encyclopédie de l'environnement*. URL : <https://www.encyclopedie-environnement.org/societe/exposome-sciences-sociales-rencontre/>

CAVALIN C., 2010a, « Panorama des violences subies et des personnes qui s'en déclarent victimes », in F. Beck, C. Cavalin, F. Maillochon (dir.), *Violences et santé en France : état des lieux*, Paris, La Documentation française, p. 71-83.

CAVALIN C., 2010b, « Comment questionner les violences subies ? Comparaison des sources statistiques françaises récentes », in F. Beck, C. Cavalin, F. Maillochon (dir.), *Violences et santé en France : état des lieux*, Paris, La Documentation française, p. 17-33.

Cavalin C., Rosental P.-A., Vincent M., 2013, « Peut-on prendre la mesure du risque silice ? Enquêtes santé, enquêtes travail et outils de veille sanitaire », communication au colloque Sondages du 5-7 novembre 2012, Rennes, p.1-21.

CAVALIN C., MENENDEZ-NAVARRO A., 2020, « L'émergence de la silicose des travailleurs de la pierre artificielle en Espagne. Le défi de nouveaux risques pour les politiques de santé au travail », in C. Cavalin, E. Henry, J.-N. Jouzel, J. Pélisse (dir.), *Cent ans de sous-reconnaissance des maladies professionnelles*, Paris, Presses des Mines, p. 145-164.

CAVET M., MEMMI S., LEONARD M., 2015, « Les expositions aux cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques. Un zoom sur huit produits chimiques », *Dares Analyses*, 74, p. 10.

COLLIS E.L., 1915, "Industrial pneumoconioses, with special reference to dust phthisis. Dust-phthisis or pulmonary silicosis", *Public Health*, 29(10), p. 11-20.

COLLIS E.L., 1915, "Industrial pneumoconioses, with special reference to dust phthisis. Dust-phthisis or pulmonary silicosis", *Public Health*, 29(11), p. 37-44.

COTTEREAU A., 1978, « La tuberculose : maladie urbaine ou maladie de l'usure au travail ? », *Sociologie du travail*, 20(2), p. 192-224.

DARCEY E., CAREY R., REID A., FRISTCHI L., 2016, The Australian Work Exposure Study (AWES): Carcinogen Exposure in the Agriculture industry, Canberra, Safe Work Australia.

DAUPHINOT V., NAUDIN F., GUEGUEN R., PERRONNIN M., SERMET C., 2006, « Écarts entre morbidité déclarée et morbidité diagnostiquée. L'exemple de l'obésité, de l'hypertension artérielle et de l'hypercholestérolémie », *Questions d'économie de la santé*, 114.

DENTON C.P., KHANNA D., 2017, "Systemic sclerosis: advances and prospects", *The Lancet*, 390(10103), p. 1624.

DRENT M., WIJNEN P., BOOTS A., BAST A., 2012, "Cat litter is a possible trigger for sarcoidosis", *European Respiratory Journal*, 39(1), p. 221-222.

FRIEDMANN G., NAVILLE P. 1961, *Traité de sociologie du travail*, Paris, Armand Colin.

GEORGE C., AMMANN M., D'ANNA B., DONALDSON D., NIZKOROV S.A., 2015, "Heterogeneous photochemistry in the atmosphere", *Chemical Reviews*, 115(10), p. 4218-4258.

GISQUET E., CHAMMING'S S., PAIRON J.-C., GILG SOIT ILG A. *et al.*, 2011, « Les déterminants de la sous-déclaration des maladies professionnelles. Le cas du mésothéliome », *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 59, p. 393-400.

GREMY J.-P., 2007, « Les "défaillances de la mémoire" dans les enquêtes de victimation », *Bulletin de méthodologie statistique*, 94, p. 39-56.

HAYNES R.B., SACKETT D.L., GUYATT G.H., TUGWELL P., 2006, *Clinical Epidemiology. How to do Clinical Practice Research*, 3<sup>rd</sup> edition, Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins.

HILL A.B., 1965, "The environment and disease: association or causation?", *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58(5), p. 295-300.

HOY R.F., BAIRD T., HAMMERSCHLAG G., HART D. *et al.*, 2018, "Artificial stone-associated silicosis: a rapidly emerging occupational lung disease", *Occupational and Environmental Medicine*, 75, p. 3-5.

KRAMER M., BLANC P.D., FIREMAN E., AMITAL A. *et al.*, 2012, "Artificial stone silicosis [corrected]: disease resurgence among artificial stone workers", *Chest*, 142(2), p. 419-424.

- LENGWILER M., MOSES J., 2017, "The politics of recognition and its limitations. A transnational process?", in P.-A. Rosental (ed), *Silicosis. A World History*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, p. 105-139.
- MERCKLE P., OCTOBRE S., 2015, « Les enquêtés mentent-ils ? Incohérences de réponse et illusion biographique dans une enquête longitudinale sur les loisirs des adolescents », *Revue française de sociologie*, 56(3), p. 561-591.
- MOITRA S., PURI R., PAUL D., HUANG Y., 2015, "Global perspectives of emerging occupational and environmental lung diseases", *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 21(2), p. 114-120.
- MUSU T., SAPIR M., 2006, « Silice : l'accord empêchera-t-il l'UE de légiférer ? », *HESA Newsletter*, 30-31, p. 4-9.
- NATIONAL CENTER FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT, 1996, *Ambient Levels and Noncancer Health Effects of Inhaled Crystalline and Amorphous Silica: Health Issue Assessment*, Research Triangle Park, US EPA.
- NEWINGTON L., METCALFE A., 2014, "Factors influencing recruitment to research: qualitative study of the experiences and perceptions of research teams", *BMC Medical Research Methodology*, 14(10), p. 11.
- OSHA-NIOSH, 2015, "Worker exposure to silica during countertop manufacturing, finishing and installation", *Hazard Alert*, 106, p. 1-8.
- OZMEN C.A., NAZAROGLU H., YILDIZ T., BAYRAK A.H. *et al.*, 2010, "MDCT findings of denim-sandblasting-induced silicosis: a cross-sectional study", *Environmental Health*, 9, p. 1-8.
- PAOLUCCI V., ROMEO R., SISINNI A.G., BARTOLI D. *et al.*, 2015, "Silicosis in workers exposed to artificial quartz conglomerates: does it differ from simple chronic silicosis?", *Archivos de Bronconeumología*, 51(12), p. e57-e60.
- PÉREZ-ALONSO A., CÓRDOBA-DOÑA J.A., MILLARES-LORENZO J.-L., FIGUEROA-MURILLO E. *et al.*, 2014, "Outbreak of silicosis in spanish quartz conglomerate workers", *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 20(1), p. 26-32.
- PROCTOR R.N., SCHIEBINGER L.L., 2008, *The Making and Unmaking of Ignorance*, Stanford, Stanford University Press.
- QUAIL T., 2017, "Overview of silica-related clusters in the United States: will fracking operations become the next cluster?", *Journal of Environmental Health*, 79(6), p. 20-27.
- ROSENTAL P.-A., 2017, *Silicosis. A World history*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- ROSENTAL P.A., ROSNER D., BLANC P.D., 2015, "From silicosis to Silica hazards: an experiment in medicine, history and the social sSciences", *American Journal of Industrial Medicine*, 58, p. S3-S5.
- ROVIDA C., 1871, « Un caso di silicosi del polmone, con analisi chimica », *Annali di Chimica Applicata alla Medicina*, 53, p. 102-106.
- SAFI M., 2010, « La dimension temporelle des faits sociaux : l'enquête longitudinale », in S. Paugam (dir.), *L'enquête sociologique*, Paris, PUF, p. 311-332.
- SHIM J.K., 2002, "Understanding the routinised inclusion of race, socioeconomic status and sex in epidemiology: the utility of concepts from technoscience studies", *Sociology of Health and Illness*, 24(2), p. 129-150.
- SHIM J.K., WEATHERFORD DARLING C., LAPPE M.D., THOMSON L.K. *et al.*, 2014, "Homogeneity and heterogeneity as situational properties: producing – and moving beyond? – race in post-genomic science", *Social Studies of Science*, 44(4), p. 579-599.
- SHTRAICHMAN O., BLANC P.D., OLLECH J., FRIDEL L. *et al.*, 2015, "Outbreak of autoimmune disease in silicosis linked to artificial stone", *Occupational Medicine*, 65, p. 444-450.
- SMOLEN J.S., ALETAHA D., MCINNES I.B., 2016, "Rheumatoid arthritis", *The Lancet*, 388(10055), p. 2023-2038.

TISHLER C.L., BARTHOLOMAE S., 2002, "The recruitment of normal healthy volunteers: a review of the literature on the use of financial incentives", *Journal of Clinical Pharmacology*, 42, p. 365-375.

WEBBER M., MOIR W., CROWSON C., COHEN H. *et al.*, 2016, "Post-september 11, 2001. Incidence of systemic autoimmune diseases in World Trade Center – Exposed firefighters and emergency medical service workers", *MayoClinics Proceedings*, 91(1), p. 23-32.

WEBBER M., MOIR W., ZEIG-OWENS R., GLASER M. *et al.*, 2015, "Nested case-control study of selected systemic autoimmune diseases in World Trade Center rescue/recovery workers", *Arthritis and Rheumatology*, 67(5), p. 1369-1376.

WILD C.P., 2005, "Complementing the genome with an "exposome": the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology", *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 14, p. 1847-1850.

WILD C.P., 2012, "The exposome: from concept to utility", *International Journal of Epidemiology*, 41, p. 24-32.