



Fiche

en avril 2020

SAPALDIA – Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults

Dans le cadre de l'étude épidémiologique à long terme SAPALDIA, coordonnée par le Swiss Tropical and Public Health Institute, les chercheurs analysent depuis 1991 les effets de l'environnement, du mode de vie, des conditions sociales et des gènes sur la santé de la population suisse. A cette fin, ils récoltent du matériel biologique et saisissent les données sanitaires de quelque 10 000 personnes sélectionnées initialement parmi la population d'Aarau, Bâle, Davos, Genève, Lugano, Montana, Payerne et Wald. Ces études ont été soutenues depuis plus de 20 ans par le Fonds national suisse, la Confédération et des cantons, ainsi que par diverses fondations.

Remise à jour de la fiche d'information: qu'y a-t-il de nouveau?

- Les concentrations de particules ultrafines sont les plus élevées au voisinage des routes et durant les heures de pointe du trafic routier ([cf. p. 3](#)).
- Une partie de ces particules ultrafines pénètrent dans les immeubles ([cf. p. 3](#)).
- Les personnes étudiées dans le programme SAPALDIA qui sont exposées longtemps à des concentrations élevées de PM10 sont plus souvent affectées par le syndrome métabolique que les personnes qui vivent dans un environnement moins pollué ([cf. p. 5](#)).
- Dans l'étude européenne en cohorte ESCAPE, des effets sur la mortalité et les marqueurs d'inflammations dans le sang ont été mis en évidence en relation avec les composants élémentaires des poussières fines ([cf. p. 14-15](#)).
- Il a été démontré que la réduction de la fonction pulmonaire due à la pollution de l'air était particulièrement marquée chez les personnes en surpoids ([cf. p. 14-15](#)).
- Une relation entre les nouveaux cas d'asthme et la pollution, ainsi qu'avec les indicateurs du trafic, ont été mis en évidence dans l'étude en cohorte ESCAPE ([cf. p. 14-15](#)).

1 Description des études

1.1 SAPALDIA depuis 1991: 3 phases d'études terminées

SAPALDIA est une étude épidémiologique de longue durée qui examine les impacts de la pollution de l'air et d'autres facteurs environnementaux, par ex. le bruit du trafic routier, ainsi que le style de vie sur la santé des populations sous observation. De 1991 à 1993, 9651 personnes de 18 à 60 ans choisies arbitrairement dans les villes d'Aarau, Bâle, Davos, Genève, Lugano, Montana, Payerne et Wald ont participé à l'étude de cohorte SAPALDIA (Swiss Study on Air Pollution and Lung and Health Diseases in Adults, ci-après SAPALDIA). Cette étude était composée de trois éléments: un entretien sur la santé des voies respiratoires et l'exposition aux polluants atmosphériques dans le cadre de la vie professionnelle et privée, ainsi que des examens médicaux. En parallèle, les chercheurs ont mesuré la qualité de l'air dans les huit localités, qui avaient été sélectionnées en fonction de leurs caractéristiques (conditions environnementales, météorologiques et sociodémographiques). Durant les périodes 2001-2003 et 2010-2011, les examens ont été renouvelés sur les mêmes personnes, et complétés, alors que les niveaux de pollution ont aussi été mesurés. Une banque d'échantillons sanguins a été constituée afin de tester les traces biologiques, que laissent la pollution dans notre organisme, à l'aide de méthodes de mesures les plus avancées.

1.2 SAPALDIA démarre une nouvelle phase

La 4^{ème} phase qui se déroulera entre 2014 et 2017 se concentre sur l'influence du style de vie, des facteurs sociaux, environnementaux et génétiques sur la santé et le vieillissement. SAPALDIA fournira ainsi une contribution scientifique en faveur de l'amélioration de la qualité de vie au cours du vieillissement.

Des informations détaillées au sujet des études entreprises sont résumées à l'annexe 1.

2 Principaux résultats de SAPALDIA

2.1 Qualité de l'air

Les participants à l'étude SAPALDIA, initialement localisés sur les 8 sites de l'étude, ont partiellement déménagé au cours des années. Il en résulte qu'il a fallu considérer la pollution sur l'ensemble de la Suisse lors de la 2^{ème} phase à l'aide de modèles. Ces modèles ont été perfectionnés afin qu'ils reflètent au mieux les niveaux d'immissions mesurées. Cela concerne les éléments suivants:

- La variation spatiale des concentrations a été améliorée grâce à un modèle de régression tenant compte de l'utilisation des sols, surtout pour les PM_{2,5} qui sont influencées par les éléments minéraux de la croûte terrestre et ceux provenant du trafic routier (Aquilera 2015).
- Plusieurs polluants présentent des évaluations semblables en particulier les concentrations en nombre des particules avec la surface des particules, qui peuvent

se déposer dans les poumons (Lung deposited surface area - LDSA), ainsi qu'avec le NO_2 et les suies mesurées par adsorption lumineuse (PM2.5 adsorbance) (Eeftens 2015).

- Les concentrations de poussières ultrafines sont les plus élevées au voisinage des routes et durant les heures de pointe du trafic routier et diminuent en fonction de la distance à la route. Cependant les différences à l'intérieur d'une ville sont plus faibles qu'entre la ville et la campagne (Meier 2015/1). En Suisse, les concentrations de poussières ultrafines sont les plus élevées en hiver et les plus faibles en été. (Ragettli 2014).
- Les polluants pénètrent aussi dans les immeubles et les logements bien que leurs concentrations y soient en général plus faibles qu'à l'extérieur des locaux. Les taux de pénétration varient selon les polluants entre 30 et 66% (Meier 2015/2,3).

2.2 Qualité de l'air et santé des voies respiratoires

SAPALDIA 1 a démontré que la qualité de l'air avait une influence sur plusieurs indicateurs de la santé respiratoire. Les résultats suivants ont été relevés pour les valeurs moyennes annuelles de PM10 enregistrées par incrément de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Leuenberger 1998):

- prévalence de dyspnée: hausse de 41 % (95 % CI 20; 65 %)
- symptômes de bronchite chronique: augmentation de 31 % (95 % CI 10; 55 %)
- fonction pulmonaire réduite (capacité vitale forcée CVF¹; 3,1 % ; 95 % CI -3,7; -2,6 %; volume expiré en une seconde au cours d'une expiration forcée FEV1² -1,1 % ; 95 % CI -1.7; -0,5 %)
- incidence de symptômes respiratoires: élévation de 11 %

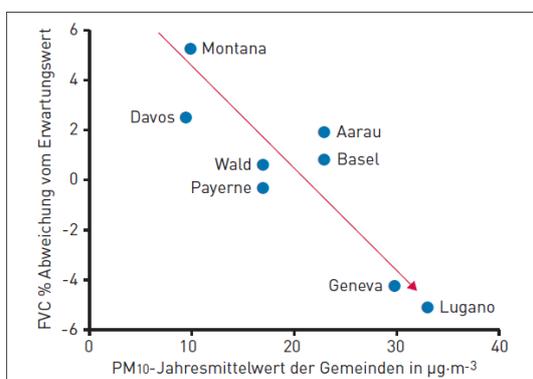


Illustration 1 : Principal résultat de SAPALDIA 1: fonction pulmonaire chez les adultes – écarts en pour-cent de la capacité vitale forcée (CVF) prédite par rapport à la concentration moyenne annuelle de PM10 dans huit communes suisses; données tirées de l'étude SAPALDIA (Ackermann-Lieblich 1997).

SAPALDIA 2 a démontré pour la première fois au monde que la réduction des PM10 a également des effets positifs à long terme sur les adultes: plus la qualité de l'air s'améliore au lieu de domicile d'une personne, plus la dégradation de sa fonction pulmonaire liée à l'âge est faible (FEV1 9 %, DEM25-75³ 16 % par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Downs 2007).

¹ Quantité d'air maximale pouvant être inspirée après une expiration maximale (forcée), correspondant à la capacité maximale de dilatation des poumons.

² Volume pouvant être expiré avec force en une seconde suite à une inspiration maximale. La mesure du FEV1 est un moyen simple de détecter un trouble pulmonaire obstructif.

³ Vitesse à laquelle une personne parvient à expulser l'air de ses poumons. Paramètre important pour poser un diagnostic, évaluer le succès d'un traitement et assurer le suivi en cas d'asthme bronchique.

L'amélioration de la qualité de l'air a également occasionné une diminution des symptômes respiratoires chroniques tels que toux ou expectorations (179 par 10 000 personnes, 95 % CI 30; 328) ainsi que respiration sifflante et essoufflement (137 ; 95 % CI 9; 266).

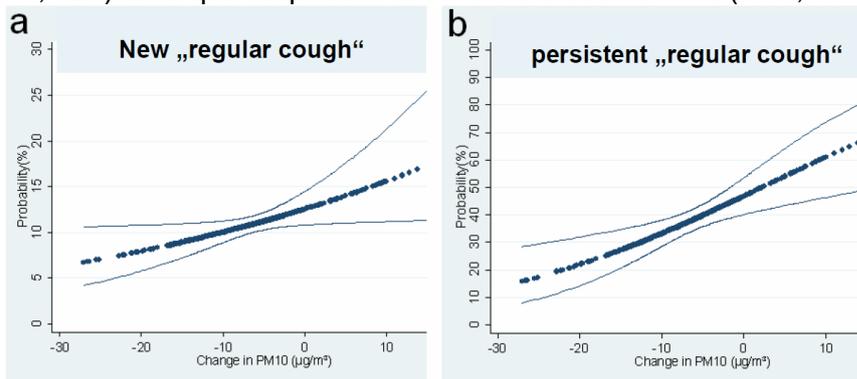


Illustration 2 : La diminution de la charge polluante en onze ans a entraîné une baisse de la prévalence des symptômes respiratoires chroniques (Schindler 2009).

Autres résultats de SAPALDIA en relation avec l'exposition à la pollution environnementale publiés dans des revues évaluées par des pairs:

- Une corrélation a été trouvée entre les PM10 émises par le trafic routier et l'apparition d'asthme bronchique chez des adultes non-fumeurs (ratio de risque exprimé en hazard ratio = 1,3 ; 95 % CI 1,05; 1,61 par $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10) (Künzli 2009).
- Les personnes habitant à moins de 20 mètres d'une route principale avaient un risque 15% plus élevé de souffrir d'expectorations régulières (95 % CI 0; 31) et les non-fumeurs résidant au même endroit un risque 34% plus grand d'avoir une respiration sifflante accompagnée de troubles respiratoires (95 % CI 0; 79) que les personnes dont le domicile était plus éloigné d'un axe routier (Bayer-Oglesby 2006).
- Il a aussi été démontré que les personnes souffrant de maladies pulmonaires obstructives chroniques étaient particulièrement affectées par les concentrations élevées de poussières fines et de dioxyde d'azote et devaient se rendre plus fréquemment chez leur médecin (Mehta 2012).

2.3 Qualité de l'air et santé du système cardio-vasculaire

- Un lien a été trouvé entre les PM10 émises par le trafic et la variabilité du rythme cardiaque des personnes sous traitement pour diminuer la pression sanguine (-4.5% par $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10; 95% CI -8.2 ; -0.5) (Adam 2012).
- Chez les femmes âgées et les personnes souffrant de maladies cardio-vasculaires, une corrélation a été découverte entre l'exposition moyenne au NO_2 et la variabilité du rythme cardiaque (-3 % par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 , 95 % CI -4; -1) (Felber Dietrich 2008).

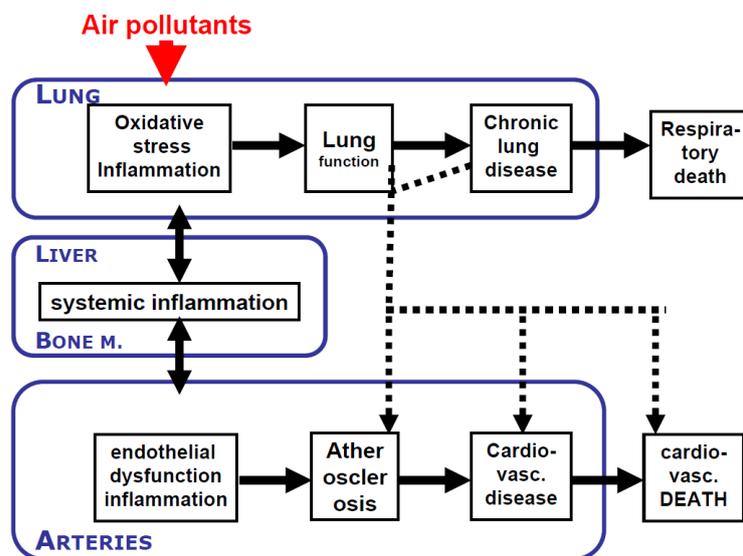


Illustration 3 : Effets de la pollution atmosphérique sur différents organes (Künzli 2005).

2.4 Qualité de l'air et troubles du métabolisme

- Les personnes étudiées dans le programme SAPALDIA qui sont exposées longtemps à des concentrations élevées de PM10 sont plus souvent affectées par des syndromes métaboliques que les personnes qui vivent dans un environnement moins pollué (Eze 2015). Le syndrome métabolique est le facteur de risque le plus important, après la fumée, pour les affections artérielles comme par ex. les maladies cardiaques coronariennes. Ce syndrome se caractérise par la perturbation métabolique glucidique (par ex. Diabetes mellitus), l'hypertension artérielle, des perturbations métabolique des lipides, de l'adiposité abdominale et l'élimination de certaines protéines dans l'urine⁴.
- Une relation a été mise en évidence entre les concentrations élevées de PM10 et de NO₂ et le diabète (Eze 2014).
- Dans une étude examinant l'influence de l'obésité sur la relation entre la pollution de l'air et la détérioration de la fonction pulmonaire, il est apparu que la réduction des PM10 et du NO₂ ne diminuait cette détérioration que dans le cas des personnes en poids normal ou en dessous de la normale (Schikowski 2013).

⁴ Alberti KG, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. Diabet Med. 1998; 15(7):539–553. PMID: 9686693

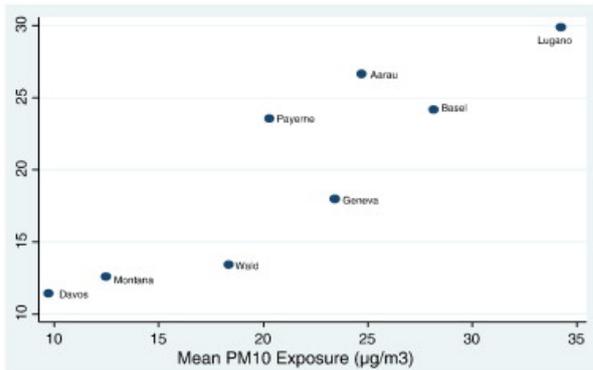


Illustration 4 : Corrélation entre le taux de prévalence du diabète en valeurs ajustées et les concentrations moyennes de PM10 mesurées sur les huit sites de l'étude (Eze 2014).

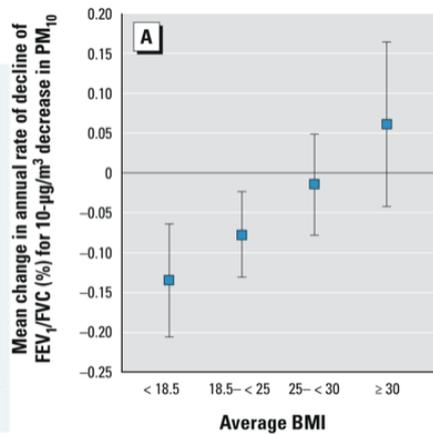


Illustration 5 : Estimation de la réduction de la fonction pulmonaire en cas d'une diminution des concentrations de PM10 de 10 µg/m³ par classe de BMI (Schikowski 2013)

2.5 Bruit et santé du système cardio-vasculaire

- Un rapport a été établi entre le bruit émis par les chemins de fer et la hausse de la pression artérielle chez les diabétiques (Dratva 2012).

2.6 Interactions gène-environnement

SAPALDIA a mis en évidence plusieurs interactions gène-environnement. Les chercheurs ont étudié l'influence des gènes sur la fonction pulmonaire et la réduction de cette dernière liée à l'âge. Il a pu être démontré que les personnes ayant un génotype donné ont un risque plus élevé de souffrir des conséquences de la pollution atmosphérique (Curjuric 2012, Curjuric 2010, Imboden 2009, Adam 2014). La variabilité génétique a aussi modifié et influencé la relation entre l'exposition de longue durée aux polluants et la détérioration de la fonction pulmonaire en fonction du vieillissement (Imboden 2014).

Un grand nombre d'autres articles ont été publiés. Ils ne traitent cependant pas des influences environnementales, mais de questions en relation avec les maladies chroniques comme par ex. l'asthme ou avec d'autres phénotypes cardio-vasculaires. De nombreuses publications utilisent les riches informations relatives aux variations génétiques et les marqueurs sanguins pour mieux comprendre les processus et mécanismes influençant la santé.

2.7 Pertinence

Les résultats obtenus dans le cadre de SAPALDIA et d'autres études sur la qualité de l'air ont servi de bases scientifiques au Conseil fédéral pour fixer les valeurs limites d'immission des PM10 introduites en 1998, qui ont été reprises en 2006 à titre de recommandation par l'Organisation mondiale de la santé.

2.8 Publications de SAPALDIA

A fin octobre 2014, plus de 150 publications relatives à SAPALDIA étaient parues dans des revues médicales. La liste complète des articles ainsi que les extraits présentés entre 2002 et 2013 lors de congrès scientifiques peuvent être consulté sur: <http://www.sapaldia.ch>

3 Principaux résultats de SAPALDIA

SAPALDIA collabore avec ALEC⁵, [ESCAPE](#)⁶, [TRANSPHORM](#)⁷, [GABRIEL](#)⁸, [Exposomics](#)⁹, [EGEA](#)¹⁰, [SALIA](#)¹¹, [ECRHS](#)¹² et [NSHD](#)¹³ et des coopérations se sont instaurées avec des groupes de recherche externes.

Dans le cadre de l'étude internationale ESCAPE sur la pollution de l'air, SAPALDIA a contribué en fournissant des données sur les relations entre l'exposition au trafic routier et la mortalité ainsi que la fonction pulmonaire. Il a été une fois de plus confirmé que la relation entre la dégradation de la fonction pulmonaire des personnes en surpoids était plus marquée que chez les personnes avec un poids dans la norme. SAPALDIA a constitué une des rares études du projet ESCAPE qui a permis d'étudier les effets de la pollution de l'air sur les différents secteurs de la santé.

SAPALDIA participe aussi à l'étude internationale EXPOSOMICS où les techniques de mesures les plus avancées sont appliquées pour déterminer plus précisément l'exposition personnelle des participants à l'étude SAPALDIA d'une part et d'autre part pour identifier avec une plateforme –omics les effets biologiques dus à la présence de milliers de molécules dans le sang résultant de la pollution atmosphérique .

SAPALDIA va aussi contribuer à l'étude européenne ALEC grâce au soutien du programme Horizon 2020 en fournissant les informations provenant de sa banque de données, puis permettra une meilleure compréhension des origines de la baisse de la

⁵ ALEC étudiera entre autre les facteurs environnementaux avant et après la naissance affectant la santé respiratoire. 8 cohortes européennes et australiennes y participent.

⁶ ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects) est un projet de recherche européen réunissant 32 études de cohorte menées dans plus de 50 localités.

⁷ TRANSPHORM (Transport related Air Pollution and Health Impacts – Integrated Methodologies for Assessing Particulate Matter) est un projet financé par l'Union européenne (FP7) afin de générer des connaissances sur l'influence des émissions des transports sur la santé en Europe.

⁸ Ce consortium européen a entrepris la plus grande étude sur la génétique en relation avec l'asthme, qui ait été effectuée jusqu'à maintenant. Ce sont 10'365 personnes, avec des cas d'asthme diagnostiqués médicalement, qui ont fait l'objet d'une étude d'association sur l'ensemble du génome et 16'110 personnes sans symptômes qui ont été examinées sur le plan du génotype à partir de 23 études spécifiques.

⁹ Exposomics est un projet européen de recherche des traces de polluants dans les fluides corporels. 12 institutions participent au projet.

¹⁰ EGEA (Etude épidémiologique des facteurs Génétiques et Environnementaux de l'Asthme, l'hyperréactivité bronchique et l'atopie) qui provoquent des maladies des voies respiratoires.

¹¹ SALIA (Study on the influence of air pollution on lung function, inflammation and aging) est une étude consacrée à l'influence de l'exposition aux poussières fines sur l'évolution de la fonction pulmonaire, les réactions inflammatoires et le processus de vieillissement chez les femmes âgées dans la région de la Ruhr.

¹² ECRHS (European Community Respiratory Health Survey) est une étude de cohorte européenne multicentrique qui a été menée parallèlement à SAPALDIA. SAPALDIA avait repris une partie du protocole d'étude de ECRHS et les participants bâlois avaient participé à la cohorte.

¹³ NSHD (National Survey for Health and Development) est une étude de cohorte à laquelle participent 5'362 personnes nées en mars 1946 en Angleterre, en Ecosse ou au Pays de Galles.

fonction pulmonaire et des COPD. Cette importante étude européenne prévoit de développer un instrument Online pour prévoir le risque de développer un COPD.

Renseignements

- Direction de SAPALDIA
 - Prof. Dr Nicole Probst-Hensch, Swiss TPH Basel, tél.: +41 61 284 83 78, courriel: Nicole.Probst@swisstph.ch

Annexes

- Annexe 1: Tableau synoptique des études SAPALDIA 1 à 4
- Annexe 2: Lieux de domicile des participants à SAPALDIA 2
- Annexe 3: Résultats principaux de l'étude européenne en cohorte ESCAPE
- Annexe 4: Bibliographie

Internet

- <http://www.bafu.admin.ch/luft/10804/10806/index.html?lang=fr>
- <http://www.sapaldia.ch>

Annexe 1

Tableau synoptique des études SAPALDIA 1 à 4

SAPALDIA 1 (1991-1993)	SAPALDIA 2 (2001-2003)	SAPALDIA 3 (2010-2011)
Entretien	Entretien	Entretien
Questionnaire supplémentaire	Questionnaire supplémentaire	Questionnaire supplémentaire
Taille	Taille	Taille
Poids	Poids	poids
		Tour de taille et de hanches
		Bioimpédance
Fonction pulmonaire	Fonction pulmonaire	Fonction pulmonaire
Réactivité bronchique	Réactivité bronchique	
		Dilatation bronchique
Monoxyde de carbone	Monoxyde de carbone	
Marqueurs allergiques (peau, sang)	Div. marqueurs sanguins (allergie +)	Div. marqueurs sanguins (allergie +)
	Biobanque	Biobanque
	Pression artérielle	Pression artérielle
	ECG 24h (variabilité du rythme cardiaque)	ECG 24h (variabilité du rythme cardiaque)
		Epaisseur de la paroi des artères
		Vitesse de l'onde de pouls
N=9651	N=8047	N≈6200

Lors de la phase 4 de SAPALDIA, les participants âgés de plus de 65 ans feront l'objet d'examens médicaux et des prises de sang seront effectuées pour la Biobank.

Etude transversale SAPALDIA 1

Parmi les paramètres examinés lors de la consultation médicale à SAPALDIA 1, une mesure de la fonction pulmonaire et du taux de monoxyde de carbone dans l'air expiré ainsi que des tests de réactivité bronchique, l'examen des paramètres sanguins, des tests d'atopie¹⁴ et d'allergie cutanée ont été effectués.

Les valeurs moyennes annuelles de NO₂ se situaient alors entre 9 et 52 µg/m³ et celles de PM10 entre 10 et 30 µg/m³.

¹⁴ Prédilection à développer des réactions d'hypersensibilité au contact de substances environnementales en soi inoffensives, l'atopie désigne la disponibilité du corps à produire un excès pathogène d'anticorps du type immunoglobuline E (IgE).

Etude des journaux personnels

Entre SAPALDIA 1 et SAPALDIA 2, plusieurs volontaires ont participé à une étude qui consistait à répertorier le débit expiratoire de pointe («peak flow»)¹⁵, les symptômes, les médicaments, les activités et les visites chez le médecin au fil des ans.

SAPALDIA 2

La deuxième étude a été menée de 2001 à 2003. Les chercheurs ont sollicité les personnes qui avaient participé au premier volet et 8'047 d'entre elles (83 %) ont participé à la deuxième phase. Ils les ont soumises aux mêmes examens que dix ans auparavant et ont mesuré en complément divers indicateurs sanguins, la pression artérielle et, auprès d'un échantillon aléatoire des 50 ans et plus, la variabilité du rythme cardiaque¹⁶. Une banque de données biologiques Biobank a été constituée. Elle contient plus d'un demi-million d'échantillons de sang et d'ADN.

Les taux de pollution atmosphérique relevés dans les localités des participants depuis 1991 ont permis de déterminer leur exposition individuelle (cf. annexe 2).

SAPALDIA 3

La troisième étude, qui s'est déroulée de 2010 à 2011, a été réalisée avec environ 6'000 personnes qui avaient participé à SAPALDIA 1. Ces personnes ont une nouvelle fois été interrogées et soumises aux mêmes examens que lors des volets précédents – fonction pulmonaire, pression artérielle et variabilité du rythme cardiaque, ainsi que la prise de sang pour la banque de données biologiques –, auxquels se sont ajoutées les mesures de l'épaisseur de la paroi de l'artère carotide¹⁷ et de la vitesse de l'onde de pouls¹⁸. La Biobank a été complétée avec des échantillons de sang et d'ADN.

Objectifs visés par SAPALDIA 3:

- Isoler les déterminants de l'obstruction des voies respiratoires et cerner leur lien avec différents indicateurs de l'état de santé;
- Identifier les déterminants de l'évolution dans le temps de la fonction autonome (notamment la variabilité du rythme cardiaque) et leur lien avec différents paramètres circulatoires;
- Caractériser l'exposition individuelle de longue durée à des polluants atmosphériques, au bruit et à d'autres facteurs environnementaux;
- Définir les effets à court et à long terme des polluants atmosphériques ainsi que du surpoids sur la santé des voies respiratoires et du système cardio-vasculaire;
- Mettre en évidence les mécanismes de l'interaction entre les polluants atmosphériques inhalés, le surpoids et la santé des voies respiratoires et du système cardio-vasculaire;
- Déterminer l'influence du statut hormonal sur la santé cardiorespiratoire et la sensibilité aux polluants atmosphériques.

¹⁵ Vitesse à laquelle une personne parvient à expulser l'air de ses poumons. Paramètre important pour poser un diagnostic, évaluer le succès d'un traitement et assurer le suivi en cas d'asthme bronchique.

¹⁶ La variabilité du rythme cardiaque indique la fluctuation de l'intervalle entre deux battements. Plus elle est grande, meilleure est en général la faculté de régulation de l'organisme.

¹⁷ Mesurer l'épaisseur des vaisseaux sanguins permet de dépister l'artériosclérose à des stades précoces.

¹⁸ Vitesse à laquelle l'onde de pression passe dans les artères. Suite aux processus de transformation intervenant pendant le vieillissement, mais aussi à des maladies comme l'artériosclérose, les parois des vaisseaux sanguins perdent leur élasticité, ce qui augmente la vitesse de l'onde de pouls.

Du fait que vingt ans se sont écoulés depuis la première étude, les chercheurs ont introduit dans ce troisième volet un nouvel objet consacré aux maladies chroniques. La grande quantité de données collectées dans le cadre de l'étude SAPALDIA permet d'étudier les agents médiateurs des maladies et la formation de ces maladies, qui prennent une importance croissante en terme de santé publique.

Exposition aux polluants atmosphériques

Durant SAPALDIA 3, l'équipe scientifique avait mis l'accent sur la qualité des mesures de polluants atmosphériques ainsi que sur leur harmonisation avec les méthodes standard appliquées par les cantons et la Confédération.

Des estimations d'exposition avaient été effectuées au domicile des participants au moyen de modèles de régression et de dispersion des concentrations de NO₂. Si les modèles de régression, fondés sur les valeurs moyennes annuelles de NO₂ et sur les paramètres géographiques, avaient donné des résultats plus parlants que les modèles de dispersion, les différences enregistrées pour une même localité étaient cependant en deçà de la réalité dans un cas comme dans l'autre. Les meilleures évaluations ont été obtenues avec des modèles hybrides utilisant les données du modèle de dispersion pour la pollution urbaine de fond, les informations géographiques (données GIS) pour affiner les caractéristiques propres aux différents sites et les variables temporelles et météorologiques pour les conditions locales.

SAPALDIA 3 avait pour but de caractériser la répartition spatiale de différentes fractions de poussières fines dans l'air extérieur et intérieur. A cette fin, les mesures ont portées sur les concentrations numériques de particules (PNC), les PM_{2.5}, les PM₁₀ et le NO₂ ainsi que sur la composition chimique des PM_{2.5}, suies, métaux à l'état de trace et ions inorganiques inclus.

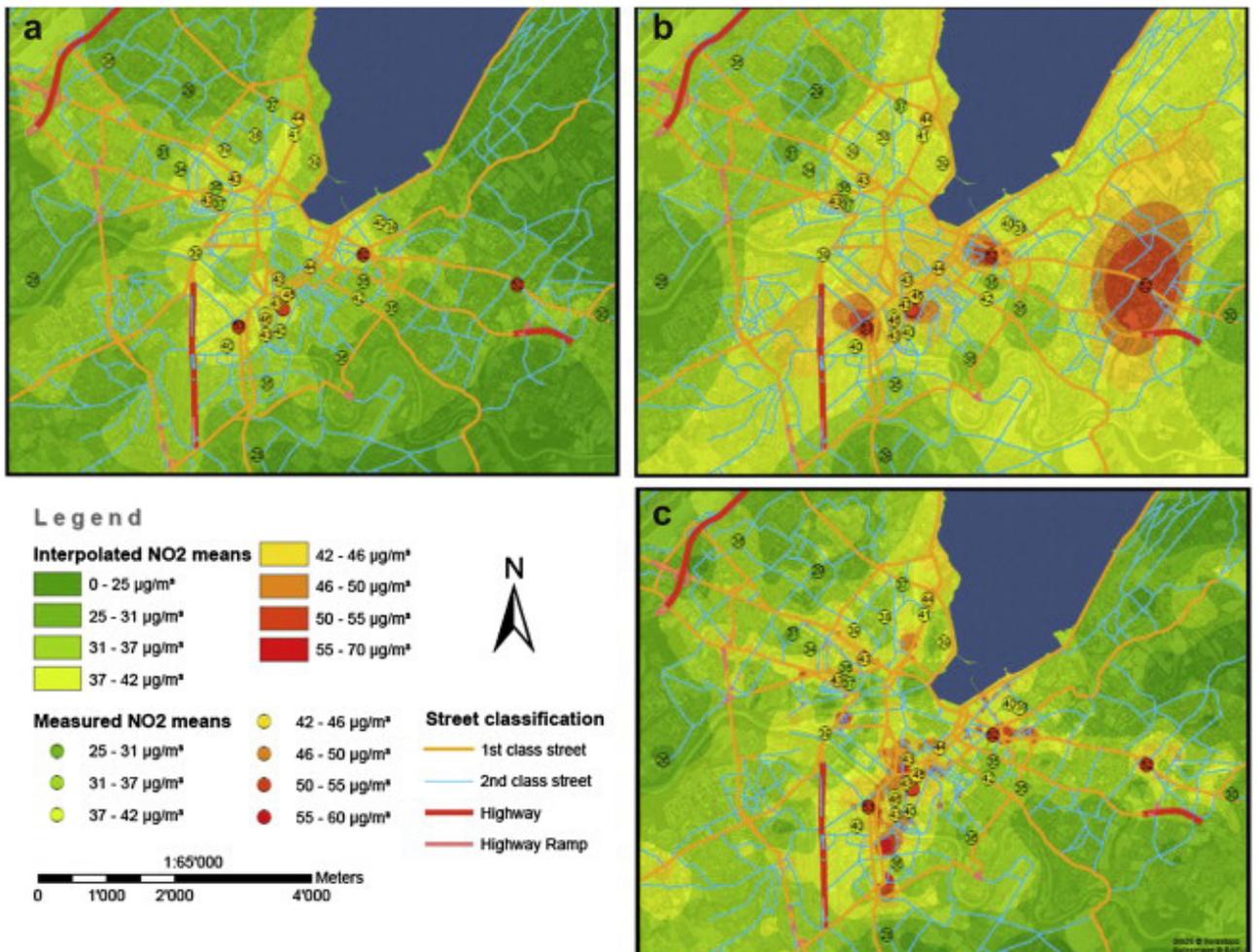


Illustration 6: Valeurs moyennes annuelles de NO₂ mesurées pour l'année 2003 à Genève dans l'air extérieur au domicile des participants, superposées à un diagramme de contour de NO₂ par interpolation a) à partir d'évaluations modélisées de dispersion, b) de mesures de l'air extérieur au domicile des participants, c) d'un modèle hybride (Liu 2012).

Bruit

Dans le cadre de SAPALDIA, l'étude SIRENE, qui est financée par le Fonds national suisse et par l'OFEV, explore la relation entre le bruit du trafic routier et les maladies cardio-vasculaires, ainsi que les maladies métaboliques. Cette étude fournit en particulier de nombreuses données biologiques (marqueurs) et devrait permettre de mieux comprendre les relations mécanistiques.

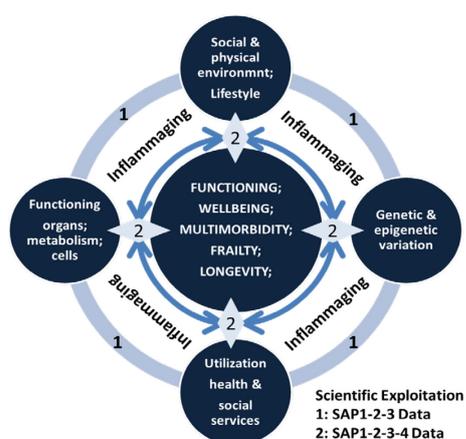
Projet-pilote SAPALDIA chez les jeunes

Parallèlement au volet SAPALDIA 3, les chercheurs ont initié auprès de plus de 300 enfants de participants à la cohorte une étude consacrée à l'influence de facteurs comme l'exposition à la fumée passive pendant la petite enfance sur l'épaisseur de la paroi des vaisseaux chez les enfants et les adolescents.

SAPALDIA 4

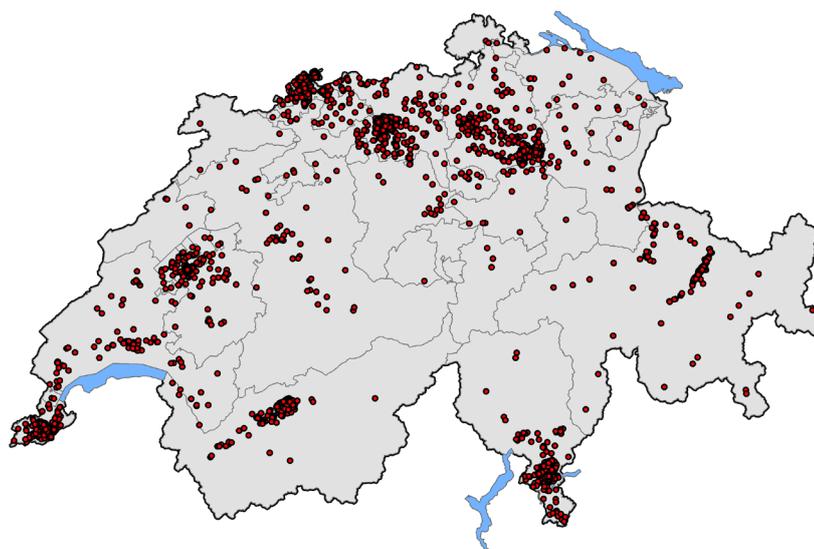
La phase 4 de SAPALDIA se concentre sur les objectifs principaux suivants :

- Clarifier les causes, les mécanismes et les conséquences du processus de vieillissement ;
- Clarifier le rôle des processus inflammatoires au cours du vieillissement (« inflammaging ») ;
- Mesurer les modifications épigénétiques ;
- Clarifier l'influence des différents composants de la pollution de l'air sur les potentiels oxydatifs et inflammatoires, ainsi que l'impact de la pollution atmosphérique sur les processus de vieillissement.



Annexe 2

Lieux de domicile des participants à SAPALDIA 3



Annexe 3

ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects)

L'étude européenne ESCAPE est un projet de recherche et d'évaluation des résultats de 32 études en cohorte qui portent sur plus de 50 sites d'études. La plupart de ces études ne servaient pas initialement à la recherche des interactions entre la pollution de l'air et la santé. Ceci engendre une certaine hétérogénéité des résultats. Plusieurs études présentaient des résultats allant dans le même sens, mais n'étaient pas statistiquement significatives. Dans le cadre d'ESCAPE, les analyses ont été effectuées selon un protocole standard. Ce sont les effets à long terme sur la santé résultant de l'exposition aux poussières fines (PM10, PM2,5-10 et PM2,5), aux suies (PM2,5 absorbance), du dioxyde d'azote, de la densité du trafic sur la route la plus proche du domicile, ainsi que la densité du trafic sur la route principale dans un rayon de 100 mètres autour du domicile.

- Les études sur les effets des moyennes annuelles élevées de polluants et de l'intensité du trafic indiquaient des impacts sur l'ensemble de la **mortalité** en relation avec les PM2,5, même en dessous des actuelles normes de qualité de l'air de l'Union européenne, cependant pour aucun des autres polluants étudiés (Beelen 2013).
- Des concentrations élevées de soufre dans les PM2,5 sont associées avec une augmentation de la mortalité. D'autres éléments tels que le cuivre, le fer, le potassium, le nickel, le silicium, le vanadium et le zinc dans les PM10 et les PM2,5 ont aussi été étudiés et tous montraient une association positive mais non-significative avec la mortalité accrue, avec une exception pour le cuivre dans les PM2,5 (Beelen 2015).
- Les marqueurs d'inflammation dans le sang sont tous plus élevés chez les personnes qui étaient exposées à des concentrations élevées de fer, de cuivre ou de zinc dans les poussières fines. Ces éléments peuvent provenir de l'abrasion des freins des véhicules (Hampel 2015).
- Une relation entre les PM10 respectivement les PM2,5 et un risque accru **d'infarctus du myocarde ou d'une angine de poitrine instable** a pu être démontrée aussi en dessous des valeurs limites de l'UE (Cesaroni 2014).
- Une légère **hypertension** a été détectée chez les personnes, ne prenant pas de médicament contre l'hypertension, en relation avec les indicateurs du trafic, mais pas avec les poussières fines (PM2.5, PM2.5-10, PM10 et PM2.5 absorbance) ou les oxydes d'azote (NO₂, NO_x) (Fuks 2014).
- Un risque accru **d'attaque cérébrale** a été détecté chez des personnes exposées à des concentrations de PM2,5 et PM10 élevées, qui n'était toutefois pas statistiquement significatif. Chez les personnes de plus de 60 ans et les non-fumeurs, les chercheurs identifièrent une corrélation positive significative des risques d'attaque cérébrale en relation avec des concentrations élevées de PM2,5. Aucun effet de ce type n'a été identifié pour les oxydes d'azote et les indicateurs du trafic (Staffoglia 2014).
- Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre les poussières fines, les oxydes d'azote et les indicateurs du trafic en ce qui concerne la **mortalité cardio-vasculaire** (Beelen 2014).
- Les chercheurs étudièrent aussi les impacts de différents éléments chimiques (Cu, Fe, K, Ni, S, Si, V, Zn) dans les poussières fines en relation avec la **mortalité cardio-vasculaire**. Ils ne trouvèrent pas de relation statistiquement significative (Wang 2014).
- Il n'a pas été démontré de risque accru de **mortalité due aux maladies respiratoires (sans les cancers)** en cas de concentrations élevées de poussières fines et d'oxydes d'azote, ainsi que lorsque la densité du trafic était élevée (Dimakeopoulou 2014).
- Les études sur la relation entre les concentrations élevées de polluants atmosphériques et les **cancers du poumon** ont montré une corrélation statistiquement

- significative pour les PM10 (Raaschou-Nielsen 2013).
- Une influence des polluants sur la **fonction pulmonaire** a été démontrée, qui était particulièrement marquée chez les personnes en surpoids (Adam 2014).
 - Les résultats de recherches fournissent des indications démontrant une relation entre les nouveaux cas d'asthme et les concentrations de polluants, ainsi qu'avec les indicateurs du trafic (Jacquemin 2015).
 - Les femmes ont présenté un risque accru de **maladie obstructive chronique du poumon** en cas de densité élevée du trafic routier. Ceci n'apparaissait pas chez les hommes et justement pas pour les poussières fines et les oxydes d'azote (Schikowski 2014).
 - Dans une méta-analyse qui a porté sur plus de 15'000 participants seuls les non-fumeurs ont laissé apparaître une corrélation entre les PM10, les PM2,5-10 et les **expectorations chroniques**. En ce qui concerne les symptômes de bronchite et de toux chroniques, il n'a pas été mis en évidence de relation avec les polluants analysés (Cai 2014).
 - Les analyses portant sur les **infections respiratoires chez les petits enfants** indiquaient une relation statistiquement significative pour tous les polluants à l'exception des PM2,5. Il apparaît un risque accru d'infections pulmonaires et des indications d'une relation avec des infections de l'oreille moyenne chez les enfants de 3 ans mais pas avec le faux-croup (MacIntyre 2014).
 - Les chercheurs ont mis en évidence une relation entre la **capacité pulmonaire réduite des enfants** et les concentrations élevées de NO₂, NO_x, PM2,5 et PM2,5 absorbance (Gehring 2013).
 - Il a aussi été mis en évidence une relation entre le faible **poids à la naissance** des nouveaux-nés et les concentrations de PM2,5-, PM10- et NO₂ ainsi que l'indicateur sur l'intensité du trafic. Cette relation apparaît aussi pour des concentrations de PM2,5 inférieures aux valeurs limites de l'UE (Pedersen 2013).

Bibliographie

Ackermann-Lieblich U, Leuenberger P, Schwartz J, Schindler C, Monn C, Bolognini G, Bongard JP, Brändli O, Domenighetti G, Elsasser S, Grize L, Karrer W, Keller R, Keller-Wossidlo H, Künzli N, Martin BW, Medici TC, Perruchoud AP, Schöni MH, Tschopp JM, Villiger B, Wüthrich B, Zellweger JP, Zemp E. Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland. Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA) Team. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997 Jan;155(1):122-9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9001300>

Adam M, Felber Dietrich D, Schaffner E, Carballo D, Barthélémy JC, Gaspoz JM, Tsai MY, Rapp R, Phuleria HC, Schindler C, Schwartz J, Künzli N, Probst-Hensch NM. Long-term exposure to traffic-related PM(10) and decreased heart rate variability: is the association restricted to subjects taking ACE inhibitors? *Environ Int*. 2012 Nov 1;48:9-16. doi: 10.1016/j.envint.2012.06.016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22820680>

Aguilera I, Eeftens M, Meier R, Ducret-Stich RE, Schindler C, Ineichen A, Phuleria HC, Probst-Hensch N, Tsai MY, Künzli N. Land use regression models for crustal and traffic-related PM2.5 constituents in four areas of the SAPALDIA study. *Environ Res*. 2015 Jul;140:377-84. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25935318>

Bayer-Oglesby L, Schindler C, Hazenkamp-von Arx ME, Braun-Fahrländer C, Keidel D, Rapp R, Künzli N, Braendli O, Burdet L, Sally Liu LJ, Leuenberger P, Ackermann-Lieblich U; SAPALDIA Team. Living near main streets and respiratory symptoms in adults: the Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults. *Am J Epidemiol*. 2006 Dec 15;164(12):1190-8. Epub 2006 Oct 10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17032694>

Curjuric I, Imboden M, Schindler C, Downs SH, Hersberger M, Liu SL, Matyas G, Russi EW, Schwartz J, Thun GA, Postma DS, Rochat T, Probst-Hensch NM; SAPALDIA team. HMOX1 and GST variants modify attenuation of FEF25-75% decline due to PM10 reduction. *Eur Respir J*. 2010 Mar;35(3):505-14. doi: 10.1183/09031936.00044309. Erratum in: *Eur Respir J*. 2010 Nov;36(5):1225. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20190330>

Curjuric I, Imboden M, Nadif R, Kumar A, Schindler C, Haun M, Kronenberg F, Künzli N, Phuleria H, Postma DS, Russi EW, Rochat T, Demenais F, Probst-Hensch NM. Different genes interact with particulate matter and tobacco smoke exposure in affecting lung function decline in the general population. *PLoS One*. 2012;7(7):e40175. Epub 2012 Jul 6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22792237>

Downs SH, Schindler C, Liu LJ, Keidel D, Bayer-Oglesby L, Brutsche MH, Gerbase MW, Keller R, Künzli N, Leuenberger P, Probst-Hensch NM, Tschopp JM, Zellweger JP, Rochat T, Schwartz J, Ackermann-Lieblich U; SAPALDIA Team. Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. *N Engl J Med*. 2007 Dec 6;357(23):2338-47. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18057336>

Dratva J, Phuleria HC, Foraster M, Gaspoz JM, Keidel D, Künzli N, Liu LJ, Pons M, Zemp E, Gerbase MW, Schindler C. Transportation noise and blood pressure in a population-based sample of adults. *Environ Health Perspect*. 2012 Jan;120(1):50-5. Epub 2011 Sep 1. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21885382>

Eeftens M, Phuleria HC, Meier R, Aguilera I, Corradi E, Davey M, Ducret-Stich R, Fierz M, Gehrig R, Ineichen A, Keidel D, Probst-Hensch N, Ragettli MS, Schindler C, Künzli N, Tsai MY. Spatial and temporal variability of ultrafine particles, NO2, PM2.5, PM2.5 absorbance, PM10 and PMcoarse in Swiss study areas. *Atmos Environ*. 2015 111:60-70.

Eze IC, Schaffner E, Fischer E, Schikowski T, Adam M, Imboden M, Tsai M, Carballo D, von Eckardstein A, Künzli N, Schindler C, Probst-Hensch N. Long-term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss cohort. *Environ Int*. 2014 Jun 6;70C: 95-105 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24912113>

Eze IC, Schaffner E, Foraster M, Imboden M, von Eckardstein A, Gerbase MW, Rothe T, Rochat T, Künzli N, Schindler C, Probst-Hensch N. Long-Term Exposure to

Ambient Air Pollution and Metabolic Syndrome in Adults. *PLoS One*. 2015 Jun 23;10(6):e0130337.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26103580>

Felber Dietrich D, Gemperli A, Gaspoz JM, Schindler C, Liu LJ, Gold DR, Schwartz J, Rochat T, Barthélémy JC, Pons M, Roche F, Probst Hensch NM, Bridevaux PO, Gerbase MW, Neu U, Ackermann-Liebrich U; SAPALDIA Team. Differences in heart rate variability associated with long-term exposure to NO₂. *Environ Health Perspect*. 2008 Oct;116(10):1357-61. doi: 10.1289/ehp.11377. Epub 2008 Jun 20. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18941578>

Imboden M, Kumar A, Curjuric I, Adam M, Thun GA, Haun M, Tsai MY, Pons M, Bettschart R, Turk A, Rochat T, Künzli N, Schindler C, Kronenberg F, Probst-Hensch NM. Modification of the Association between PM(10) and Lung Function Decline by Cadherin 13 Polymorphisms in the SAPALDIA Cohort: A Genome-Wide Interaction Analysis. *Environ Health Perspect*. 2014 Aug 15.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25127211>

Imboden M, Schwartz J, Schindler C, Curjuric I, Berger W, Liu SL, Russi EW, Ackermann-Liebrich U, Rochat T, Probst-Hensch NM; SAPALDIA Team. Decreased PM10 exposure attenuates age-related lung function decline: genetic variants in p53, p21, and CCND1 modify this effect. *Environ Health Perspect*. 2009 Sep;117(9):1420-7. doi: 10.1289/ehp.0800430. Epub 2009 May 26.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19750108>

Künzli N, Tager IB. Air pollution: from lung to heart. *Swiss Med Wkly*. 2005 Dec 10;135(47-48):697-702. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16511705>

Künzli N, Bridevaux PO, Liu LJ, Garcia-Esteban R, Schindler C, Gerbase MW, Sunyer J, Keidel D, Rochat T; Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults. Traffic-related air pollution correlates with adult-onset asthma among never-smokers. *Thorax*. 2009 Aug;64(8):664-70. Epub 2009 Apr 8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19359271>

Leuenberger P, Künzli N, Ackermann-Liebrich U, Schindler C, Bolognini G, Bongard JP, Brändli O, Defila C, Domenighetti G, Karrer W, Keller R, Medici T, Monn C, Perruchoud AP, Schöni M, Tschopp JM, Villiger B, Wüthrich B, Zellweger JP. [Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA)]. *Schweiz Med Wochenschr*. 1998 Jan 31;128(5):150-61
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9522421>

Liu LJS, Tsai MY, Keidel D, Gemperli A, Ineichen A, Hazenkamp-von Arx M, Bayer-Oglesby L, Rochat T, Künzli N, Ackermann-Liebrich U, Straehl P, Schwartz J & Schindler C. Long-term exposure models for traffic related NO(2) across geographically diverse areas over separate years. *Atmos Environ* 2012 46, 460-471 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231011009629>

Mehta AJ, Schindler C, Perez L, Probst-Hensch N, Schwartz J, Brändli O, Karrer W, Tschopp J, Rochat T, Künzli N; SAPALDIA Team. Acute respiratory health effects of urban air pollutants in adults with different patterns of underlying respiratory disease. *Swiss Med Wkly*. 2012; 142:w13681.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23076649>

Meier R, Eeftens M, Aguilera I, Phuleria HC, Ineichen A, Davey M, Ragettli MS, Fierz M, Schindler C, Probst-Hensch N, Tsai MY, Künzli N. Ambient ultrafine particle levels at residential and reference sites in urban and rural Switzerland. *Environ Sci Technol*. 2015 Mar 3;49(5):2709-15
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25648954>

Meier R, Eeftens M, Phuleria HC, Ineichen A, Corradi E, Davey M, Fierz M, Ducret-Stich RE, Aguilera I, Schindler C, Rochat T, Probst-Hensch N, Tsai MY, Künzli N. Differences in indoor versus outdoor concentrations of ultrafine particles, PM_{2.5}, PM_{absorbance} and NO₂ in Swiss homes. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2015 Sep;25(5):499-505
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25670021>

Meier R, Schindler C, Eeftens M, Aguilera I, Ducret-Stich RE, Ineichen A, Davey M, Phuleria HC, Probst-Hensch N, Tsai MY, Künzli N. Modeling indoor air pollution of outdoor origin in homes of SAPALDIA subjects in Switzerland. *Environ Int*. 2015 Sep;82:85-91
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26070024>

Ragetti MS, Ducret-Stich RE, Foraster M, Morelli X, Aguilera I, Basagaña X, Corradi E, Ineichen A, Tsai MY, Probst-Hensch N, Rivera M, Slama R, Künzli N, Phuleria HC (2014) Spatio-temporal variation of urban ultrafine particle number concentrations. *Atmos Environ* 96, 275-283

Schikowski T, Schaffner E, Meier F, Phuleria HC, Vierkötter A, Schindler C, Kriemler S, Zemp E, Krämer U, Bridevaux PO, Rochat T, Schwartz J, Künzli N, Probst-Hensch N. Improved air quality and attenuated lung function decline: modification by obesity in the SAPALDIA cohort. *Environ Health Perspect*. 2013 Sep;121(9):1034-9. doi: 10.1289/ehp.1206145
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23820868>

Schindler C, Keidel D, Gerbase MW, Zemp E, Bettschart R, Brändli O, Brutsche MH, Burdet L, Karrer W, Knöpfli B, Pons M, Rapp R, Bayer-Oglesby L, Künzli N, Schwartz J, Liu LJ, Ackermann-Liebrich U, Rochat T; SAPALDIA Team. Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Apr 1;179(7):579-87. doi: 10.1164/rccm.200803-388OC. Epub 2009 Jan 16.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19151198>