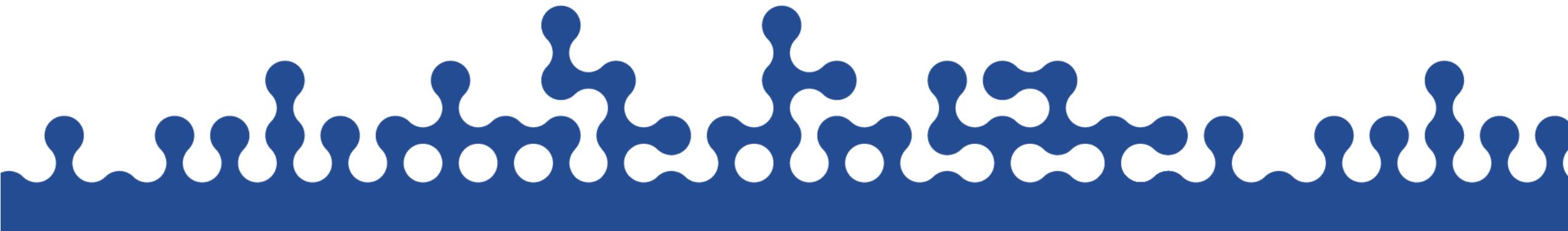


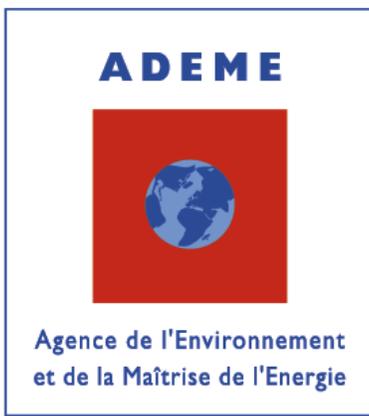
## RENCONTRES SCIENTIFIQUES



# Recherche sur l'air : sources, effets sanitaires et perspectives

17 octobre 2019 – Cité universitaire de Paris





## RENCONTRES SCIENTIFIQUES



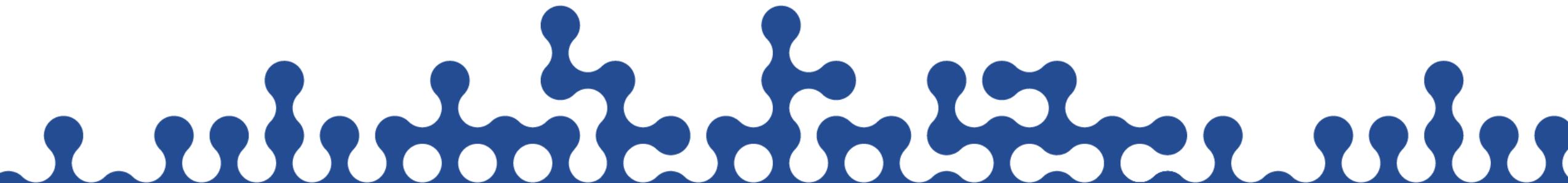
# CumulAir : Évaluation économique des effets sanitaires cumulés de la pollution de l'air intérieur et extérieur

Etude de faisabilité

Olivier Chanel (AMSE-CNRS)

Simone Schucht (INERIS)

avec la collaboration de Hyacinthe Labarrière (AMSE)



# Contexte

- La pollution de l'air (PA) est à la source d'importants effets sanitaires
  - Association entre la pollution de l'air et différents effets sanitaires démontrée par des études épidémiologiques (morbidité, mortalité)
  - Ces effets sanitaires ont des conséquences économiques importantes

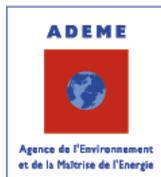
Holland, 2014 : coût de la pollution de l'air extérieur en France en 2010 (PM<sub>2,5</sub>, O<sub>3</sub>) ≈ 34 milliards €/an

CGDD, 2015 : coûts pour le système de soin français des maladies respiratoires (PM<sub>2,5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) ≈ 880 millions - 1,8 milliards €

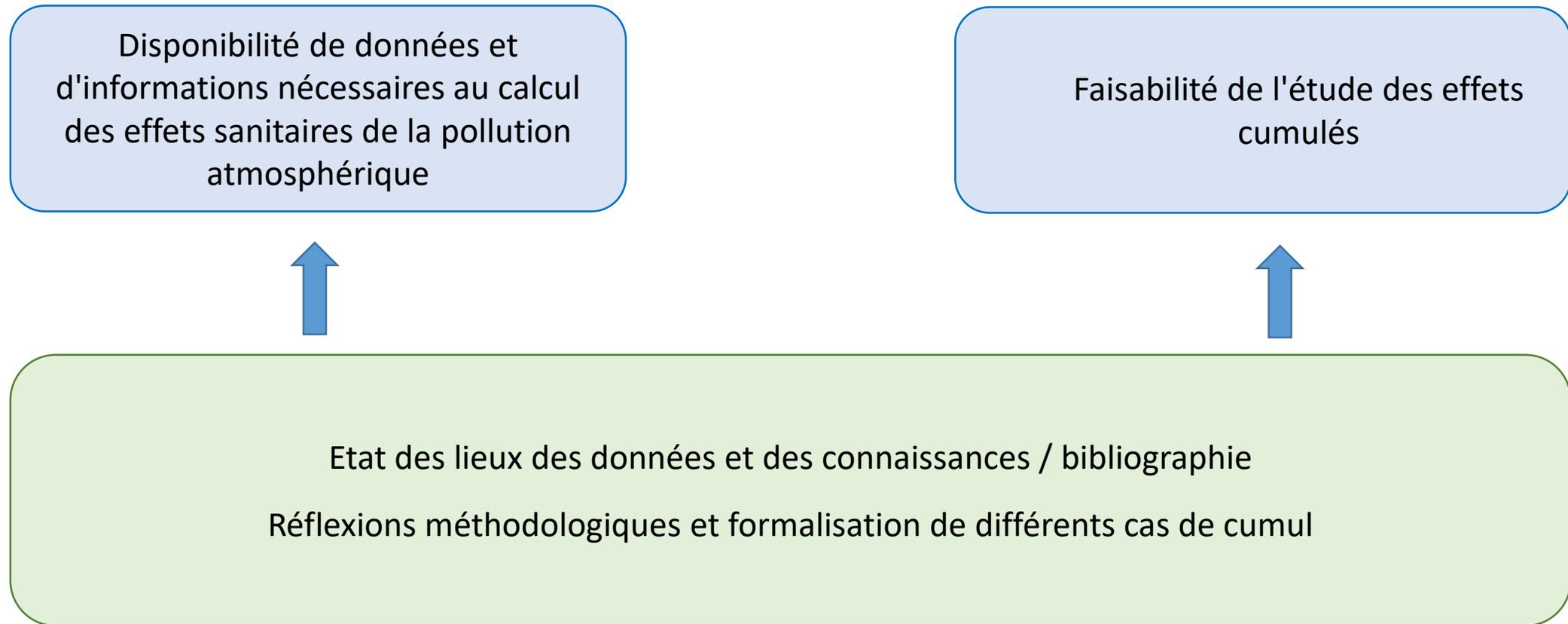
Kopp et al., 2014 : coûts de la pollution de l'air intérieur (logements) en France (benzène, radon, trichloréthylène, CO, particules ...) ≈ 19,5 milliards € en 2004

- Quantification & évaluation des effets sanitaires de la PA extérieure depuis les années 1990 (ExternE et suites, CAFE ...)
- Première étude quantifiant & monétarisant les effets sanitaires de la PA intérieure en France en 2014 (Kopp et al., 2014)
- Aucune méthode n'est actuellement proposée pour l'étude intégrée de la PA extérieure et intérieure
  - Une simple addition des effets sanitaires pour l'air intérieur et extérieur conduirait à des double-comptages

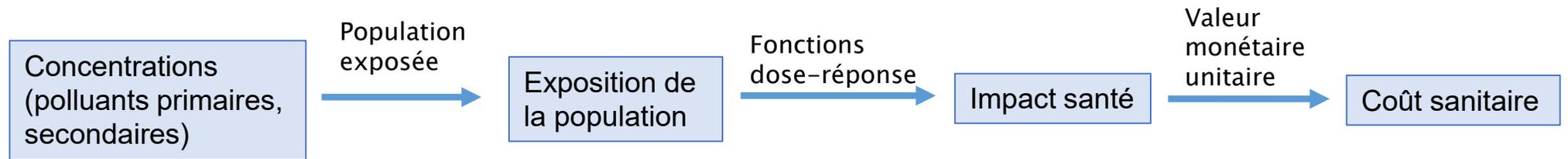
**=> CumulAir : étude de faisabilité sur l'évaluation combinée des effets sanitaires**



# Etudier la faisabilité du calcul des dommages économiques cumulés de la pollution de l'air intérieur (PAI) et extérieur (PAE)



# Disponibilité de données nécessaires à la quantification des effets sanitaires des polluants de l'air



Principaux polluants AE ➤ PM, O3, NO2 et leurs précurseurs => SO2, NOx, NH3, COV, PM2.5 primaires ➤ benzène, CO, métaux lourds, POP...	Mesurées en continu par le réseau de la qualité de l'air en France + modélisation à partir d'émissions	Estimée sur la base des lieux d'habitation	Mesures complétées par la modélisation permettent de calculer l'exposition à haute résolution spatiale	Acceptées par la communauté scientifique pour les principaux effets sanitaires	Peut être calculé sans trop d'incertitude	Disponibles	Peut être calculé sans trop d'incertitude
Principaux polluants AI (*) ➤ PM2.5, PM10, NO2, NOx, COV spécifiques (aldéhydes, benzène ...), CO, SO2, métaux lourds, radon, endotoxines, HAP...	Mesures ponctuelles faites pour des échantillons d'environnements intérieurs ou estimation sur la base des facteurs de transfert par infiltration	Peut être estimée	Calcul nécessite des hypothèses fortes (extrapolation à partir de données ponctuelles)	Pas encore disponibles pour certains polluants et des effets sanitaires principaux identifiés	Calculs comportent d'avantage d'incertitudes	Pas le facteur limitant	Calculs comportent d'avantage d'incertitudes

(\*) L'étude exclut les ambiances professionnelles, à cause de leur extrême diversité, en termes de polluants et de niveaux de concentrations

# Faisabilité des calculs des dommages cumulés

- Question plus ambitieuse que prévue
  - Les approches visant un calcul du cumul de PA sont peu nombreuses et ne traitent que des aspects partiels des cumuls possibles
  - L'exclusion – initialement prévue – de l'étude du mélange de polluants (« cocktail ») était difficilement justifiable d'un point de vue toxicologique et sanitaire
  - Une formalisation des phénomènes de cumul s'est avérée nécessaire



# L'exposition à plusieurs polluants dans un même milieu – effets cocktail

- Exposition jointe à des polluants différents dans un même milieu

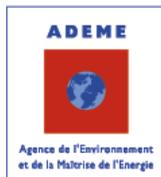
- Lokke et al., 2013 : 65,3% des 144 mélanges de polluants étudiés ont une interaction significative => effets potentiellement sur ou sous-additifs

<http://www.nomiracle.jrc.ec.europa.eu> : étude européenne qui a rassemblé pendant 5 ans des chercheurs de 38 institutions et 17 pays pour étudier les méthodes d'évaluation des risques cumulés de mélanges de substances. Malgré son ampleur, elle n'a étudié que 144 mélanges de polluants et une des conclusions fut que la « Creation and exploration of the NoMiracle mixture database proved more difficult than originally anticipated”

- Delfosse et al., 2015 : possibilité d'effets toxiques d'une exposition jointe à deux substances dont l'exposition indépendante n'en a pas
- Exemples d'effets sur-additifs tabac & amiante, radon & tabac

- Exposition jointe aux deux polluants dans des milieux différents

- Nous n'avons pas connaissance d'études
- Les approches pour examiner l'impact sanitaire de l'exposition à plusieurs polluants le font essentiellement dans un seul milieu et ne prennent pas en compte différents environnements



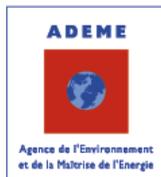
# Les autres cas de cumuls

- Exposition jointe au même polluant dans des milieux différents
  - Global Burden of Disease : estimation d'une fonction individuelle d'exposition intégrée et non linéaire couvrant une large plage de valeurs de concentrations
    - hypothèses de l'indépendance des effets des motifs temporels d'exposition et de non existence d'interactions entre les différents types d'exposition
  - Heimtsa/Intarese : estimation des effets sanitaires d'une exposition à la PAE et PAI sur la base du temps passé dans différents micro-environnements et des concentrations de polluants présentes
    - PAI calculée sur la base de l'infiltration de ce polluant depuis l'extérieur => incertitudes: taux de transfert PAE vers PAI ; sources intérieures de pollution négligées
- Exposition jointe à des polluants différents dans des milieux différents
  - Worldbank (2016) : addition des effets sanitaires différents associés à deux polluants dans deux milieux => l'impact économique total est la somme des impacts de chaque risque
    - il s'agit d'une somme d'effets sanitaires, et non d'une évaluation des effets sanitaires joints



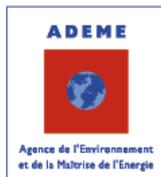
# D'autres questions se posent pour les expositions jointes dans des milieux différents

- Lorsque l'exposition est différenciée dans l'espace et dans le temps
  - L'identification de la causalité et l'importance de l'intégralité des expositions aux polluants subies par un individu sur la durée de vie (concept d'exposome)
    - en plus de la dose, le moment et la période de l'exposition peuvent expliquer l'observation d'effets sanitaires dans le futur
  - Le fait que les expositions peuvent se traduire par des effets sanitaires de court terme et de long terme
    - possible double comptage de certaines dimensions sanitaires, donc économiques.

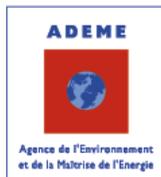


# Conclusions & perspectives

- PAE : les données de base nécessaires à la quantification des effets sanitaires ne présentent pas de facteur limitant significatif
- PAI : les données et connaissances disponibles sont moins complètes et le calcul de l'exposition de la population aux polluants comporte davantage d'incertitudes
- Pour le calcul des dommages sanitaires combinés de la pollution de l'air, des connaissances sont encore manquantes
  - Il est possible d'additionner sans double-comptage les effets sanitaires de deux polluants différents dans deux milieux différents - d'autant plus si les effets sanitaires ne sont pas les mêmes
  - Le calcul des effets d'une exposition jointe au même polluant dans différents environnements implique des incertitudes importantes
  - La quantification de ces effets cocktail fait encore souvent défaut (multitude de mélanges de polluants => tâche de quantification des effets immense)
- La disponibilité des valeurs et approches économiques pour évaluer les impacts sanitaires ne présente pas de facteur fortement limitant de l'étude
- Pour améliorer les connaissances une collaboration avec des équipes de domaines autres qu'économistes sera nécessaire



Merci pour votre attention



RENCONTRES SCIENTIFIQUES - 17 OCTOBRE 2019

# Proposition d'une formalisation des types de cumuls de polluants

Le cas simple de 2 polluants et deux milieux

$$f(x^1, y^1, x^2, y^2) = px^1 + py^1 + px^2 + py^2 + px^1y^1 + px^2y^2 + px^1x^2 + py^1y^2 + px^1y^2 + px^2y^1 + px^1x^2y^1y^2$$

- $p_x, p_y$  : polluants x et y
- 1, 2 : milieux 1 et 2
- $f(x^1, y^1, x^2, y^2)$  : les effets sont une fonction des deux polluants dans les deux milieux

## Classement de situations

- pas de cumul, exposition à un polluant dans un milieu  $\Rightarrow px^1, py^1, px^2, py^2$
- exposition jointe à des polluants différents dans un même milieu  $\Rightarrow px^1y^1, px^2y^2$
- exposition jointe au même polluant dans des milieux différents  $\Rightarrow px^1x^2, py^1y^2$
- exposition jointe à des polluants différents dans des milieux différents  $\Rightarrow px^1y^2, px^2y^1$
- exposition jointe aux deux polluants dans des milieux différents  $\Rightarrow px^1x^2y^1y^2$

