

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE MEDECINE DE STRASBOURG

ANNEE : 2019

N°: 65

THESE
PRESENTEE POUR LE DIPLOME DE
DOCTEUR EN MEDECINE

Diplôme d'Etat
Mention D.E.S. Santé publique et médecine sociale

PAR

MIELCAREK Marie
Née le 06/01/1988 à Libreville (GABON)

Inégalités socio-spatiales et environnementales de santé :
Accident vasculaire cérébral, pollution de l'air et European Deprivation Index
sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

Président de thèse : Monsieur Nicolas Meyer, Professeur
Directeur de thèse : Monsieur Erik-André Sauleau, Professeur

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE MEDECINE DE STRASBOURG

ANNEE : 2019

N°: 65

THESE
PRESENTEE POUR LE DIPLOME DE
DOCTEUR EN MEDECINE

Diplôme d'Etat
Mention D.E.S. Santé publique et médecine sociale

PAR

MIELCAREK Marie
Née le 06/01/1988 à Libreville (GABON)

Inégalités socio-spatiales et environnementales de santé :
Accident vasculaire cérébral, pollution de l'air et European Deprivation Index
sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

Président de thèse : Monsieur Nicolas Meyer, Professeur
Directeur de thèse : Monsieur Erik-André Sauleau, Professeur

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
Mme CAILLARD-OHLMANN Sophie P0171	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie-Transplantation / NHC	52.03	Néphrologie
CANDOLFI Ermanno P0025	RP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02	Parasitologie et mycologie (option biologique)
CASTELAIN Vincent P0027	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital Hautepierre	48.02	Réanimation
CHAKFE Nabil P0029	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
CHARLES Yann-Philippe M0013 / P0172	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Chirurgie B / HC	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CHARLOUX Anne P0028	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02	Physiologie (option biologique)
Mme CHARPIOT Anne P0030	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01	Oto-rhino-laryngologie
CHELLY Jameleddine P0173	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04	Génétique (option biologique)
Mme CHENARD-NEU Marie- Pierre P0041	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03	Anatomie et cytologie pathologiques (option biologique)
CLAVERT Philippe P0044	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie / CCOM d'Illkirch	42.01	Anatomie (option clinique, orthopédie traumatologique)
COLLANGE Olivier PO193	NRP6 NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / NHC	48.01	Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence (option Anesthésio- logie-Réanimation - Type clinique)
CRIBIER Bernard P0045	NRP6 CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03	Dermato-Vénérologie
DANION Jean-Marie P0046	NRP6 NCS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie 1 / Hôpital Civil	49.03	Psychiatrie d'adultes
de BLAY de GAIX Frédéric P0048	RP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01	Pneumologie
DEBRY Christian P0049	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01	Oto-rhino-laryngologie
de SEZE Jérôme P0057	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01	Neurologie
DERUELLE Philippe		• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03	Gynécologie-Obstétrique; gynécologie médicale: option gynécologie-obsté- trique
DIEMUNSCH Pierre P0051	RP6 CS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie-Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Hautepierre	48.01	Anesthésiologie-réanimation (option clinique)
Mme DOLLFUS-WALTMANN Hélène P0054	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Hautepierre	47.04	Génétique (type clinique)
DUCLOS Bernard P0055	NRP6 CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépto-Gastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01	Option : Gastro-entérologie
DUFOUR Patrick (5) (7) P0056	S/nb Cons	• Centre Régional de Lutte contre le cancer Paul Strauss (convention)	47.02	Option : Cancérologie clinique
EHLINGER Matthieu P0188	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil Locomoteur - Service de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie/Hôpital de Hautepierre	50.02	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Mme ENTZ-WERLE Natacha P0059	NRP6 NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Hautepierre	54.01	Pédiatrie
Mme FACCA Sybille P0179	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de la Main et des Nerfs périphériques / CCOM Illkirch	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme FAFI-KREMER Samira P0060	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01	Bactériologie-Virologie ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie- Virologie biologique
FALCOZ Pierre-Emmanuel P0052	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
GANGI Afshin P0062	RP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
GAUCHER David P0063	NRP6 NCS	• Pôle des Spécialités Médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02	Ophtalmologie
GENY Bernard P0064	NRP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02	Physiologie (option biologique)
GEORG Yannick		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
GICQUEL Philippe P0065	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre	54.02	Chirurgie infantile
GOICHOT Bernard P0066	RP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et de nutrition / HP	54.04	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme GONZALEZ Maria P0067	NRP6 CS	• Pôle de Santé publique et santé au travail - Service de Pathologie Professionnelle et Médecine du Travail / HC	46.02	Médecine et santé au travail Travail

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
GOTTENBERG Jacques-Eric P0068	NRP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01	Rhumatologie
HANNEDOUCHE Thierry P0071	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Dialyse / Nouvel Hôpital Civil	52.03	Néphrologie
HANSMANN Yves P0072	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / Nouvel Hôpital Civil	45.03	Option : Maladies infectieuses
HERBRECHT Raoul P0074	RP6 NCS	• Pôle d'Oncolo-Hématologie - Service d'hématologie et d'Oncologie / Hôp. Hautepierre	47.01	Hématologie ; Transfusion
HIRSCH Edouard P0075	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01	Neurologie
IMPERIALE Alessio P0194	NRP6 NCS	• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Hautepierre	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
ISNER-HOROBETI Marie-Eve P0189		• Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémenceau	49.05	Médecine Physique et Réadaptation
JAULHAC Benoît P0078	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Méd.	45.01	Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme JEANDIDIER Nathalie P0079	NRP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, diabète et nutrition / HC	54.04	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme JESEL-MOREL Laurence		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
KALTENBACH Georges P0081	RP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Service de Médecine Interne - Gériatrie / Hôpital de la Robertsau	53.01	Option : gériatrie et biologie du vieillissement
KEMPF Jean-François P0083	RP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main-CCOM / Illkirch	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme KESSLER Laurence P0084	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition et Addictologie / Méd. B / HC	54.04	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
KESSLER Romain P0085	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01	Pneumologie
KINDO Michel P0195	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
KOPFERSCHMITT Jacques P0086	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service d'Urgences médico-chirurgicales adultes/Nouvel Hôpital Civil	48.04	Thérapeutique (option clinique)
Mme KORGANOW Anne-Sophie P0087	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03	Immunologie (option clinique)
KREMER Stéphane M0038 / P0174	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service Imagerie 2 - Neuroradio Ostéoarticulaire - Pédiatrie / HP	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
KUHN Pierre P0175	NRP6 NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Néonatalogie et Réanimation néonatale (Pédiatrie II) / Hôpital de Hautepierre	54.01	Pédiatrie
KURTZ Jean-Emmanuel P0089	NRP6 CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'hématologie et d'Oncologie / Hôpital Hautepierre	47.02	Option : Cancérologie (clinique)
Mme LALANNE-TONGIO Laurence		• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03	Psychiatrie d'adultes
LANG Hervé P0090	NRP6 NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04	Urologie
LANGER Bruno P0091	RP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03	Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale : option gynécologie-Obstétrique
LAUGEL Vincent P0092	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie 1 / Hôpital Hautepierre	54.01	Pédiatrie
LE MINOR Jean-Marie P0190	NRP6 NCS	• Pôle d'Imagerie - Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine - Service de Neuroradiologie, d'imagerie Ostéoarticulaire et interventionnelle/ Hôpital de Hautepierre	42.01	Anatomie
LIPSKER Dan P0093	NRP6 NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03	Dermato-vénéréologie
LIVERNEAUX Philippe P0094	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la main - CCOM / Illkirch	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
MALOUF GABRIEL		• Pôle d'Onco-hématologie - Service d'Hématologie et d'Oncologie / Hôpital de Hautepierre	47.01	Hématologie: transfusion
MARESCAUX Christian (5) P0097	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD -Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01	Neurologie
MARK Manuel P0098	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Cytogénétique, Cytologie et Histologie quantitative / Hôpital de Hautepierre	54.05	Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MARTIN Thierry P0099	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03	Immunologie (option clinique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
MASSARD Gilbert P0100	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme MATHELIN Carole P0101	NRP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Unité de Sénologie - Hôpital Civil	54.03	Gynécologie-Obstétrique ; Gynécologie Médicale
MAUVIEUX Laurent P0102	NRP6 CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Haute-pierre • Institut d'Hématologie / Faculté de Médecine	47.01	Hématologie ; Transfusion Option Hématologie Biologique
MAZZUCOTELLI Jean-Philippe P0103	RP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
MERTES Paul-Michel P0104	NRP6 CS	• Pôle d'Anesthésiologie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation chirurgicale / Nouvel Hôpital Civil	48.01	Option : Anesthésiologie-Réanimation (type mixte)
MEYER Nicolas P0105	NRP6 NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / Hôpital Civil	46.04	Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication (option biologique)
MEZIANI Ferhat P0106	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Réanimation
MONASSIER Laurent P0107	NRP6 CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie • Unité de Pharmacologie clinique / Nouvel Hôpital Civil	48.03	Option : Pharmacologie fondamentale
MOREL Olivier P0108	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
MOULIN Bruno P0109	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Transplantation / Nouvel Hôpital Civil	52.03	Néphrologie
MUTTER Didier P0111	RP6 CS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie Digestive / NHC	52.02	Chirurgie digestive
NAMER Izzie Jacques P0112	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / Haute-pierre / NHC	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
NISAND Israël P0113	NRP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie Obstétrique / Hôpital de Haute-pierre	54.03	Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale : option gynécologie-Obstétrique
NOEL Georges P0114	NCS	• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer Paul Strauss (par convention) - Département de radiothérapie	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie Option Radiothérapie biologique
OHLMANN Patrick P0115	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
Mme OLLAND Anne		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme PAILLARD Catherine P0180	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Haute-pierre	54.01	Pédiatrie
PELACCIA Thierry		• Pôle d'Anesthésie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR - Service SAMU/SMUR	48.02	Réanimation et anesthésiologie Option : Médecine d'urgences
Mme PERRETTA Silvana P0117	NRP6 NCS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service d'Urgence, de Chirurgie Générale et Endocrinienne / NHC	52.02	Chirurgie digestive
PESSAUX Patrick P0118	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Urgence, de Chirurgie Générale et Endocrinienne / NHC	53.02	Chirurgie Générale
PETIT Thierry P0119	CDp	• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer - Paul Strauss (par convention) - Département de médecine oncologique	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
PIVOT Xavier		• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer - Paul Strauss (par convention) - Département de médecine oncologique	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
POTTECHER Julien P0181	NRP6 NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie et de Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Haute-pierre	48.01	Anesthésiologie-réanimation ; Médecine d'urgence (option clinique)
PRADIGNAC Alain P0123	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et nutrition / HP	44.04	Nutrition
PROUST François P0182	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Haute-pierre	49.02	Neurochirurgie
Mme QUOIX Elisabeth P0124	NRP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01	Pneumologie
Pr RAUL Jean-Sébastien P0125	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et NHC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03	Médecine Légale et droit de la santé
REIMUND Jean-Marie P0126	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépato-Gastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01	Option : Gastro-entérologie
Pr RICCI Roméo P0127	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
ROHR Serge P0128	NRP6 CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02	Chirurgie générale
Mme ROSSIGNOL -BERNARD Sylvie PO196	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Haute-pierre	54.01	Pédiatrie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
ROUL Gérard P0129	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
Mme ROY Catherine P0140	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Serv. d'Imagerie B - Imagerie viscérale et cardio-vasculaire / NHC	43.02	Radiologie et imagerie médicale (opt clinique)
SAUDER Philippe P0142	NRP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Réanimation
SAUER Arnaud P0183	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02	Ophtalmologie
SAULEAU Erik-André P0184	NRP6 NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / HC	46.04	Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication (option biologique)
SAUSSINE Christian P0143	RP6 CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04	Urologie
SCHNEIDER Francis P0144	RP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Hautepierre	48.02	Réanimation
Mme SCHRÖDER Carmen P0185	NRP6 CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychothérapie pour Enfants et Adolescents / Hôpital Civil	49.04	Pédopsychiatrie ; Addictologie
SCHULTZ Philippe P0145	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01	Oto-rhino-laryngologie
SERFATY Lawrence P0197	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépatogastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01	Gastro-entérologie ; Hépatologie ; Addictologie Option : Hépatologie
SIBILIA Jean P0146	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01	Rhumatologie
Mme SPEEG-SCHATZ Claude P0147	RP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02	Ophtalmologie
STEIB Jean-Paul P0149	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Hôpital Civil	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
STEPHAN Dominique P0150	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires - HTA - Pharmacologie clinique / Nouvel Hôpital Civil	51.04	Option : Médecine vasculaire
THAVEAU Fabien P0152	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04	Option : Chirurgie vasculaire
Mme TRANCHANT Christine P0153	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01	Neurologie
VEILLON Francis P0155	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie 1 - Imagerie viscérale, ORL et mammaire / Hôpital Hautepierre	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
VELTEN Michel P0156	NRP6 NCS CS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Département de Santé Publique / Secteur 3 - Epidémiologie et Economie de la Santé / Hôpital Civil • Laboratoire d'Epidémiologie et de santé publique / HC / Fac de Médecine • Centre de Lutte contre le Cancer Paul Strauss - Serv. Epidémiologie et de biostatistiques	46.01	Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
VETTER Denis P0157	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques/HC	52.01	Option : Gastro-entérologie
VIDAILHET Pierre P0158	NRP6 NCS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03	Psychiatrie d'adultes
VIVILLE Stéphane P0159	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Pathologies tropicales / Fac. de Médecine	54.05	Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
VOGEL Thomas P0160	NRP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Service de soins de suite et réadaptations gériatriques / Hôpital de la Robertsau	51.01	Option : Gériatrie et biologie du vieillissement
WEBER Jean-Christophe Pierre P0162	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne / Nouvel Hôpital Civil	53.01	Option : Médecine Interne
WOLF Philippe P0164	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Générale et de Transplantations multiorganes / HP - Coordonnateur des activités de prélèvements et transplantations des HU	53.02	Chirurgie générale
Mme WOLFF Valérie		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Hautepierre	49.01	Neurologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
HC : Hôpital Civil - HP : Hôpital de Hautepierre - NHC : Nouvel Hôpital Civil * : CS (Chef de service) ou NCS (Non Chef de service hospitalier) Cspi : Chef de service par intérim CSp : Chef de service provisoire (un an) CU : Chef d'unité fonctionnelle Pô : Pôle RPô (Responsable de Pôle) ou NRPô (Non Responsable de Pôle) Cons. : Consultanat hospitalier (poursuite des fonctions hospitalières sans chefferie de service) Dir : Directeur (1) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2018 (7) Consultant hospitalier (pour un an) éventuellement renouvelable --> 31.08.2017 (3) (8) Consultant hospitalier (pour une 2ème année) --> 31.08.2017 (5) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2019 (9) Consultant hospitalier (pour une 3ème année) --> 31.08.2017 (6) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2017			

A4 - PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES

HABERSETZER François	CS	Pôle Hépato-digestif 4190 Service de Gastro-Entérologie - NHC	52.01	Gastro-Entérologie
CALVEL Laurent	NRPô CS	Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO Service de Soins palliatifs / NHC	55.02	Ophtalmologie
SALVAT Eric		Centre d'Evaluation et de Traitement de la Douleur		

MO112 B1 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (MCU-PH)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
AGIN Arnaud M0001		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Hautepierre	43.01	Biophysique et Médecine nucléaire
Mme ANTAL Maria Cristina M0003		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hautepierre • Faculté de Médecine / Institut d'Histologie	42.02	Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme ANTONI Delphine M0109		• Centre de lutte contre le cancer Paul Strauss	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie
ARGEMI Xavier M0112		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / Nouvel Hôpital Civil	45.03	Maladies infectieuses ; Maladies tropicales Option : Maladies infectieuses
Mme AYME-DIETRICH Estelle		• Pôle de Pharmacologie - Unité de Pharmacologie clinique / NHC	48.03	Option: pharmacologie fondamentale
Mme BARNIG Cindy M0110		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles / NHC	44.02	Physiologie
Mme BARTH Heidi M0005 (Dispo → 31.12.2018)		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital Civil	45.01	Bactériologie - <u>Virologie</u> (Option biologique)
Mme BIANCALANA Valérie M0008		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04	Génétique (option biologique)
BLONDET Cyrille M0091		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Hautepierre	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
BONNEMAINS Laurent M0099		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	54.01	Pédiatrie
BOUSIGES Olivier M0092		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
CARAPITO Raphaël M0113		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03	Immunologie
CAZZATO Roberto		• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A interventionnelle / NHC	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
CERALINE Jocelyn M0012		• Pôle d'Oncologie et d'Hématologie - Service d'Oncologie et d'Hématologie / HP	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie (option biologique)
CHOQUET Philippe M0014		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / HP	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
COLLONGUES Nicolas M0016		• Pôle Tête et Cou-CETD - Centre d'Investigation Clinique / NHC et HP	49.01	Neurologie
DALI-YOUCHEF Ahmed Nassim M0017		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
Mme de MARTINO Sylvie M0018		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Médecine	45.01	Bactériologie -virologie Option bactériologie-virologie biologique
Mme DEPIENNE Christel M0100 (Dispo->15.08.18)	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Cytogénétique / HP	47.04	Génétique
DEVYS Didier M0019		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04	Génétique (option biologique)
DOLLÉ Pascal M0021		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
Mme ENACHE Irina M0024		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02	Physiologie
FILISSETTI Denis M0025		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Faculté	45.02	Parasitologie et mycologie (option biologique)
FOUCHER Jack M0027		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	44.02	Physiologie (option clinique)
GUERIN Eric M0032		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03	Biologie cellulaire (option biologique)
Mme HARSAN-RASTEI Laura		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Hautepierre	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
Mme HEIMBURGER Céline		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Hautepierre	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
Mme HELMS Julie M0114		• Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAP - Service de Réanimation médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Réanimation ; Médecine d'urgence Option : Réanimation
HUBELE Fabrice M0033		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / HP et NHC	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
Mme JACAMON-FARRUGIA Audrey M0034		• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et HC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03	Médecine Légale et droit de la santé
JEGU Jérémie M0101		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Santé Publique / Hôpital Civil	46.01	Epidémiologie, Economie de la santé et Prévention (option biologique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
JEHL François M0035		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
KASTNER Philippe M0089		• Pôle de Biologie - Laboratoire de diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme KEMMEL Véronique M0036		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LAMOUR Valérie M0040		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LANNES Béatrice M0041		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine • Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
LAVAUX Thomas M0042		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire
LAVIGNE Thierry M0043	CS	• Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service d'Hygiène hospitalière et de médecine préventive / PTM et HUS - Equipe opérationnelle d'Hygiène	46.01 Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
Mme LEJAY Anne M0102		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (Biologique)
LENORMAND Cédric M0103		• Pôle de Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
LEPILLER Quentin M0104 (Dispo → 31.08.2018)		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / PTM HUS et Faculté de Médecine	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière (Biologique)
Mme LETSCHER-BRU Valérie M0045		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
LHERMITTE Benoît M0115		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques
Mme LONSDORFER-WOLF Evelyne M0090		• Institut de Physiologie Appliquée - Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie
LUTZ Jean-Christophe M0046		• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Serv. de Chirurgie Maxillo-faciale, plastique reconstructrice et esthétique/HC	55.03 Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
MEYER Alain M0093		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
MIGUET Laurent M0047		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre et NHC	44.03 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
Mme MOUTOU Céline ép. GUNTNER M0049	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic préimplantatoire / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MULLER Jean M0050		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
NOLL Eric M0111		• Pôle d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale SAMU-SMUR - Service Anesthésiologie et de Réanimation Chirurgicale - Hôpital Hautepierre	48.01 Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence
Mme NOURRY Nathalie M0011		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Pathologie professionnelle et de Médecine du travail - HC	46.02 Médecine et Santé au Travail (option clinique)
PENCREAC'H Erwan M0052		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / Nouvel Hôpital Civil	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
PFAFF Alexander M0053		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS	45.02 Parasitologie et mycologie
Mme PITON Amélie M0094		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04 Génétique (option biologique)
PREVOST Gilles M0057		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme RADOSAVLJEVIC Mirjana M0058		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
Mme REIX Nathalie M0095		• Pôle de Biologie - Labo. d'Explorations fonctionnelles par les isotopes / NHC • Institut de Physique biologique / Faculté de Médecine	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
RIEGEL Philippe M0059		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
ROGUE Patrick (cf. A2) M0060		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire (option biologique)
Mme ROLLAND Delphine		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / NHC	44.03 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
ROMAIN Benoît M0061		• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
Mme RUPPERT Elisabeth M0106		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurologie - Unité de Pathologie du Sommeil / Hôpital Civil	49.01 Neurologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
Mme SABOU Alina M0096		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme SAMAMA Brigitte M0062		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme SCHEIDECKER Sophie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme SCHNEIDER Anne M0107		• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie pédiatrique / Hôpital de Hautepierre	54.02 Chirurgie Infantile
SCHRAMM Frédéric M0068		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme SOLIS Morgane		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme SORDET Christelle M0069		• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
TALHA Samy M0070		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option clinique)
Mme TALON Isabelle M0039		• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Infantile / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
TELETIN Marius M0071		• Pôle de Biologie - Service de Biologie de la Reproduction / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
Mme URING-LAMBERT Béatrice M0073		• Institut d'Immunologie / HC • Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
VALLAT Laurent M0074		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Hautepierre	47.01 Hématologie ; Transfusion Option Hématologie Biologique
Mme VILLARD Odile M0076		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Fac	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme WOLF Michèle M0010		• Chargé de mission - Administration générale - Direction de la Qualité / Hôpital Civil	48.03 Option : Pharmacologie fondamentale
Mme ZALOSZYC Ariane ép. MARCANTONI M0116		• Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
ZOLL Joffrey M0077		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / HC	44.02 Physiologie (option clinique)

B2 - PROFESSEURS DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Pr BONAHE Christian	P0166	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des sciences et des techniques
Mme la Pre RASMUSSEN Anne	P0186	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques

B3 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Mr KESSEL Nils		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mr LANDRE Lionel		ICUBE-UMR 7357 - Equipe IMIS / Faculté de Médecine	69. Neurosciences
Mme THOMAS Marion		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mme SCARFONE Marianna	M0082	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques

B4 - MAITRE DE CONFERENCE DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

Mme CHAMBE Juliette	M0108	Département de Médecine générale / Faculté de Médecine	53.03 Médecine générale (01.09.15)
---------------------	-------	--	------------------------------------

C - ENSEIGNANTS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE
C1 - PROFESSEURS ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Pr Ass. GRIES Jean-Luc	M0084	Médecine générale (01.09.2017)
Pr Ass. KOPP Michel	P0167	Médecine générale (depuis le 01.09.2001, renouvelé jusqu'au 31.08.2016)

C2 - MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE - TITULAIRE

Dre CHAMBE Juliette	M0108	53.03 Médecine générale (01.09.2015)
---------------------	-------	--------------------------------------

C3 - MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Dre BERTHOU anne	M0109	Médecine générale (01.09.2015 au 31.08.2018)
Dr BREITWILLER-DUMAS Claire		Médecine générale (01.09.2016 au 31.08.2019)
Dr GUILLOU Philippe	M0089	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr HILD Philippe	M0090	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr ROUGERIE Fabien	M0097	Médecine générale (01.09.2014 au 31.08.2017)
Dr SANSELME Anne-Elisabeth		Médecine générale

D - ENSEIGNANTS DE LANGUES ETRANGERES
D1 - PROFESSEUR AGREGE, PRAG et PRCE DE LANGUES

Mme ACKER-KESSLER Pia	M0085	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.03)
Mme CANDAS Peggy	M0086	Professeure agrégée d'Anglais (depuis le 01.09.99)
Mme SIEBENBOUR Marie-Noëlle	M0087	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.11)
Mme JUNGER Nicole	M0088	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.09)
Mme MARTEN Susanne	M0098	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.14)

E - PRATICIENS HOSPITALIERS - CHEFS DE SERVICE NON UNIVERSITAIRES

Dr ASTRUC Dominique	NRPô CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Serv. de Néonatalogie et de Réanimation néonatale (Pédiatrie 2) / Hôpital de Hautepierre
Dr ASTRUC Dominique (par intérim)	NRPô CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Réanimation pédiatrique spécialisée et de surveillance continue / Hôpital de Hautepierre
Dr CALVEL Laurent	NRPô CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Soins Palliatifs / NHC et Hôpital de Hautepierre
Dr DELPLANQ Hervé	NRPô CS	- SAMU-SMUR
Dr GARBIN Olivier	CS	- Service de Gynécologie-Obstétrique / CMCO Schiltigheim
Dre GAUGLER Elise	NRPô CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - UCSA - Centre d'addictologie / Nouvel Hôpital Civil
Dre GERARD Bénédicte	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Département de génétique / Nouvel Hôpital Civil
Mme GOURIEUX Bénédicte	RPô CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie - Service de Pharmacie-Stérilisation / Nouvel Hôpital Civil
Dr KARCHER Patrick	NRPô CS	• Pôle de Gériatrie - Service de Soins de suite de Longue Durée et d'hébergement gériatrique / EHPAD / Hôpital de la Robertsau
Pr LESSINGER Jean-Marc	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biologie et biologie moléculaire / Nouvel Hôpital Civil + Hautepierre
Mme Dre LICHTBLAU Isabelle	NRPô Resp	• Pôle de Biologie - Laboratoire de biologie de la reproduction / CMCO de Schiltigheim
Mme Dre MARTIN-HUNYADI Catherine	NRPô CS	• Pôle de Gériatrie - Secteur Evaluation / Hôpital de la Robertsau
Dr NISAND Gabriel	RPô CS	• Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service de Santé Publique - DIM / Hôpital Civil
Dr REY David	NRPô CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - «Le trait d'union» - Centre de soins de l'infection par le VIH / Nouvel Hôpital Civil
Dr TCHOMAKOV Dimitar	NRPô CS	• Pôle Médico-chirurgical de Pédiatrie - Service des Urgences Médico-Chirurgicales pédiatriques - HP
Mme Dre TEBACHER-ALT Martine	NRPô NCS Resp	• Pôle d'Activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Maladies vasculaires et Hypertension - Centre de pharmacovigilance / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dre TOURNOUD Christine	NRPô CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Centre Antipoison-Toxicovigilance / Nouvel Hôpital Civil

F1 - PROFESSEURS ÉMÉRITES

- o *de droit et à vie (membre de l'Institut)*
CHAMBON Pierre (Biochimie et biologie moléculaire)
- o *pour trois ans (1er septembre 2016 au 31 août 2019)*
BOUSQUET Pascal
PINGET Michel
- o *pour trois ans (1er septembre 2017 au 31 août 2020)*
BELLOCQ Jean-Pierre (Anatomie Cytologie pathologique)
CHRISTMANN Daniel (Maladies Infectieuses et tropicales)
MULLER André (Thérapeutique)
- o *pour trois ans (1er septembre 2018 au 31 août 2021)*
Mme DANION-GRILLIAT Anne (Pédopsychiatrie, addictologie)
- o *pour trois ans (1er avril 2019 au 31 mars 2022)*
Mme STEIB Annick (Anesthésie, Réanimation chirurgicale)

F2 - PROFESSEUR des UNIVERSITES ASSOCIE (mi-temps)

M. SOLER Luc CNU-31 IRCAD (01.09.2009 - 30.09.2012 / renouvelé 01.10.2012-30.09.2015-30.09.2021)

F3 - PROFESSEURS CONVENTIONNÉS* DE L'UNIVERSITE

Dr BRAUN Jean-Jacques	ORL (2012-2013 / 2013-2014 / 2014-2015 / 2015-2016)
Pr CHARRON Dominique	Université Paris Diderot (2016-2017 / 2017-2018)
Mme GUI Yali	(Shaanxi/Chine) (2016-2017)
Mme Dre GRAS-VINCENDON Agnès	Pédopsychiatrie (2010-2011 / 2011-2012 / 2013-2014 / 2014-2015)
Dr JENNY Jean-Yves	Chirurgie orthopédique (2014-2015 / 2015-2016 / 2016-2017 / 2017-2018)
Mme KIEFFER Brigitte	IGBMC (2014-2015 / 2015-2016 / 2016-2017)
Dr KINTZ Pascal	Médecine Légale (2016-2017 / 2017-2018)
Dr LAND Walter G.	Immunologie (2013-2014 à 2015-2016 / 2016-2017)
Dr LANG Jean-Philippe	Psychiatrie (2015-2016 / 2016-2017 / 2017-2018)
Dr LECOCQ Jehan	IURC - Clémenceau (2016-2017 / 2017-2018)
Dr REIS Jacques	Neurologie (2017-2018)
Pr REN Guo Sheng	(Chongqing / Chine) / Oncologie (2014-2015 à 2016-2017)
Dr RICCO Jean-Baptiste	CHU Poitiers (2017-2018)

(* 4 années au maximum)

G1 - PROFESSEURS HONORAIRES

ADLOFF Michel (Chirurgie digestive) / 01.09.94	KURTZ Daniel (Neurologie) / 01.09.98
BABIN Serge (Orthopédie et Traumatologie) / 01.09.01	LANG Gabriel (Orthopédie et traumatologie) / 01.10.98
BAREISS Pierre (Cardiologie) / 01.09.12	LANG Jean-Marie (Hématologie clinique) / 01.09.2011
BATZENSCHLAGER André (Anatomie Pathologique) / 01.10.95	LEVY Jean-Marc (Pédiatrie) / 01.10.95
BAUMANN René (Hépatogastro-entérologie) / 01.09.10	LONSDORFER Jean (Physiologie) / 01.09.10
BERGERAT Jean-Pierre (Cancérologie) / 01.01.16	LUTZ Patrick (Pédiatrie) / 01.09.16
BERTHEL Marc (Gériatrie) / 01.09.18	MAILLOT Claude (Anatomie normale) / 01.09.03
BLICKLE Jean-Frédéric (Médecine Interne) / 15.10.2017	MAITRE Michel (Biochimie et biol. moléculaire) / 01.09.13
BLOCH Pierre (Radiologie) / 01.10.95	MANDEL Jean-Louis (Génétique) / 01.09.16
BOURJAT Pierre (Radiologie) / 01.09.03	MANGIN Patrice (Médecine Légale) / 01.12.14
BRECHENMACHER Claude (Cardiologie) / 01.07.99	MANTZ Jean-Marie (Réanimation médicale) / 01.10.94
BRETTES Jean-Philippe (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.10	MARESCAUX Jacques (Chirurgie digestive) / 01.09.16
BROGARD Jean-Marie (Médecine interne) / 01.09.02	MARK Jean-Joseph (Biochimie et biologie cellulaire) / 01.09.99
BUCHHEIT Fernand (Neurochirurgie) / 01.10.99	MESSER Jean (Pédiatrie) / 01.09.07
BURGHARD Guy (Pneumologie) / 01.10.86	MEYER Christian (Chirurgie générale) / 01.09.13
BURSZTEJN Claude (Pédopsychiatrie) / 01.09.18	MEYER Pierre (Biostatistiques, informatique méd.) / 01.09.10
CANTINEAU Alain (Médecine et Santé au travail) / 01.09.15	MINCK Raymond (Bactériologie) / 01.10.93
CAZENAVE Jean-Pierre (Hématologie) / 01.09.15	MONTEIL Henri (Bactériologie) / 01.09.2011
CHAMPY Maxime (Stomatologie) / 01.10.95	MOSSARD Jean-Marie (Cardiologie) / 01.09.2009
CINQUALBRE Jacques (Chirurgie générale) / 01.10.12	OUDET Pierre (Biologie cellulaire) / 01.09.13
CLAVERT Jean-Michel (Chirurgie infantile) / 31.10.16	PASQUALI Jean-Louis (Immunologie clinique) / 01.09.15
COLLARD Maurice (Neurologie) / 01.09.00	PATRIS Michel (Psychiatrie) / 01.09.15
CONRAUX Claude (Oto-Rhino-Laryngologie) / 01.09.98	Mme PAULI Gabrielle (Pneumologie) / 01.09.2011
CONSTANTINESCO André (Biophysique et médecine nucléaire) / 01.09.11	POTTECHER Thierry (Anesthésie-Réanimation) / 01.09.18
DIETEMANN Jean-Louis (Radiologie) / 01.09.17	REYS Philippe (Chirurgie générale) / 01.09.98
DOFFOEL Michel (Gastroentérologie) / 01.09.17	RITTER Jean (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.02
DORNER Marc (Médecine Interne) / 01.10.87	RUMPLER Yves (Biol. développement) / 01.09.10
DUPEYRON Jean-Pierre (Anesthésiologie-Réa.Chir.) / 01.09.13	SANDNER Guy (Physiologie) / 01.09.14
EISENMANN Bernard (Chirurgie cardio-vasculaire) / 01.04.10	SAUVAGE Paul (Chirurgie infantile) / 01.09.04
FABRE Michel (Cytologie et histologie) / 01.09.02	SCHAFF Georges (Physiologie) / 01.10.95
FISCHBACH Michel (Pédiatrie) / 01.10.2016	SCHLAEDER Guy (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.01
FLAMENT Jacques (Ophtalmologie) / 01.09.2009	SCHLIENGER Jean-Louis (Médecine Interne) / 01.08.11
GAY Gérard (Hépatogastro-entérologie) / 01.09.13	SCHRAUB Simon (Radiothérapie) / 01.09.12
GERLINGER Pierre (Biol. de la Reproduction) / 01.09.04	SCHWARTZ Jean (Pharmacologie) / 01.10.87
GRENIER Jacques (Chirurgie digestive) / 01.09.97	SICK Henri (Anatomie Normale) / 01.09.06
GROSSHANS Edouard (Dermatologie) / 01.09.03	STIERLE Jean-Luc (ORL) / 01.09.10
GUT Jean-Pierre (Virologie) / 01.09.14	STOLL Claude (Génétique) / 01.09.2009
HASSELMANN Michel (Réanimation médicale) / 01.09.18	STOLL-KELLER Françoise (Virologie) / 01.09.15
HAUPTMANN Georges (Hématologie biologique) / 01.09.06	STORCK Daniel (Médecine interne) / 01.09.03
HEID Ernest (Dermatologie) / 01.09.04	TEMPE Jean-Daniel (Réanimation médicale) / 01.09.06
IMBS Jean-Louis (Pharmacologie) / 01.09.2009	TREISSER Alain (Gynécologie-Obstétrique) / 24.03.08
IMLER Marc (Médecine interne) / 01.09.98	VAUTRAVERS Philippe (Médecine physique et réadaptation) / 01.09.16
JACQMIN Didier (Urologie) / 09.08.17	VETTER Jean-Marie (Anatomie pathologique) / 01.09.13
JAECK Daniel (Chirurgie générale) / 01.09.11	VINCENDON Guy (Biochimie) / 01.09.08
JAEGER Jean-Henri (Chirurgie orthopédique) / 01.09.2011	WALTER Paul (Anatomie Pathologique) / 01.09.09
JESEL Michel (Médecine physique et réadaptation) / 01.09.04	WEITZENBLUM Emmanuel (Pneumologie) / 01.09.11
KEHR Pierre (Chirurgie orthopédique) / 01.09.06	WIHLM Jean-Marie (Chirurgie thoracique) / 01.09.13
KEMPF Jules (Biologie cellulaire) / 01.10.95	WILK Astrid (Chirurgie maxillo-faciale) / 01.09.15
KIRN André (Virologie) / 01.09.99	WILLARD Daniel (Pédiatrie) / 01.09.96
KREMER Michel (Parasitologie) / 01.05.98	
KRIEGER Jean (Neurologie) / 01.01.07	
KUNTZ Jean-Louis (Rhumatologie) / 01.09.08	
KUNTZMANN Francis (Gériatrie) / 01.09.07	

Légende des adresses :

FA : Faculté de Médecine : 4, rue Kirschleger - F - 67085 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.68.85.35.20 - Fax : 03.68.85.35.18 ou 03.68.85.34.67

HOPITAUX UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG (HUS) :

- NHC : **Nouvel Hôpital Civil** : 1, place de l'Hôpital - BP 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél. : 03 69 55 07 08

- HC : **Hôpital Civil** : 1, Place de l'Hôpital - B.P. 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.11.67.68

- HP : **Hôpital de Hautepierre** : Avenue Molière - B.P. 49 - F - 67098 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.12.80.00

- **Hôpital de La Robertsau** : 83, rue Himmerich - F - 67015 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.11.55.11

- **Hôpital de l'Elsau** : 15, rue Cranach - 67200 Strasbourg - Tél. : 03.88.11.67.68

CMCO - Centre Médico-Chirurgical et Obstétrical : 19, rue Louis Pasteur - BP 120 - Schiltigheim - F - 67303 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.62.83.00

C.C.O.M. - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main : 10, avenue Baumann - B.P. 96 - F - 67403 Illkirch Graffenstaden Cedex - Tél. : 03.88.55.20.00

E.F.S. : Etablissement Français du Sang - Alsace : 10, rue Spielmann - BP N°36 - 67065 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.21.25.25

Centre Régional de Lutte contre le cancer "Paul Strauss" - 3, rue de la Porte de l'Hôpital - F-67085 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.25.24.24

IURC - Institut Universitaire de Réadaptation Clemenceau - CHU de Strasbourg et UGECAM (Union pour la Gestion des Etablissements des Caisses d'Assurance Maladie) - 45 boulevard Clemenceau - 67082 Strasbourg Cedex

RESPONSABLE DE LA BIBLIOTHÈQUE DE MÉDECINE ET ODONTOLOGIE ET DU DÉPARTEMENT SCIENCES, TECHNIQUES ET SANTÉ DU SERVICE COMMUN DE DOCUMENTATION DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Monsieur Olivier DIVE, Conservateur

**LA FACULTÉ A ARRÊTÉ QUE LES OPINIONS ÉMISES DANS LES DISSERTATIONS
QUI LUI SONT PRÉSENTÉES DOIVENT ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME PROPRES
A LEURS AUTEURS ET QU'ELLE N'ENTEND NI LES APPROUVER, NI LES IMPROUVER**

Serment d'Hippocrate

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Être suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admise à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Respectueuse et reconnaissante envers mes maîtres je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis restée fidèle à mes promesses. Que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.

à tout ceux qui se reconnaîtront,

Merci

Table des matières

I.	Introduction.....	10
	Construction du sujet.....	10
	Cadre conceptuel	13
	<i>Inégalités socio environnementales de santé</i>	13
	<i>Etude écologique</i>	14
	<i>Dynamique spatio temporelle</i>	15
	Justification du modèle d'étude.....	16
	<i>Epidémiologie de l'AVC</i>	16
	<i>Association entre AVC et pollution de l'air</i>	17
	<i>Choix du polluant</i>	17
	Objectif	18
II.	Matériel et méthode	19
	A. Territoire et unité géographique d'observation	19
	1. Territoire de l'Eurométropole de Strasbourg.....	19
	2. Unité géographique d'observation : IRIS.....	20
	a. Sélection	20
	b. Définition	20
	c. Partition du territoire de l'EMS en IRIS	22
	3. Démographie.....	23
	B. Données.....	25
	1. Donnée sanitaire : AVC.....	25
	a. Source : PMSI.....	25
	b. Extraction	27
	i. Requête BO.....	27
	ii. Géocodage des cas	28
	c. Statistiques descriptives.....	29
	i. Flow chart	29
	ii. Population totale.....	30
	iii. Variation temporelle	30
	iv. Série temporelle	31
	v. Variation spatiale.....	32
	vi. Cartographie.....	35
	2. Donnée environnementale : pollution de l'air – NO ₂	36
	a. Source : ATMO Grand Est.....	36
	b. Extraction	37

i.	Choix d'un scenario de travail	37
ii.	Données mesurées	38
iii.	Données estimées	40
iv.	Données transformées	43
c.	Statistiques descriptives	46
i.	Variation temporelle : données mesurées	46
ii.	Série temporelle : données mesurées	49
iii.	Variation spatiale : données estimées	51
iv.	Cartographie : données estimées	52
3.	Donnée socioéconomique : European Deprivation Index	54
a.	Présentation de l'indice	54
b.	Extraction	55
c.	Statistiques descriptives	55
i.	Variation spatiale	55
ii.	Cartographie	56
C.	Analyses statistiques	57
1.	Mise en forme des données	57
2.	Modélisation	57
a.	Principes généraux	57
b.	Méthodes	59
III.	Résultats	63
A.	<i>AVC et pollution</i>	63
B.	<i>AVC et EDI</i>	66
C.	<i>Pollution et EDI</i>	68
D.	<i>Effet spatio temporel</i>	69
E.	<i>Contribution de l'EDI dans la relation AVC pollution</i>	71
IV.	Discussion	74
	Rappel des résultats principaux	74
	Prise en compte des facteurs de risque dans une étude écologique	75
	Données du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI)	79
	Unité géographique d'observation	81
	<i>Méthodes d'analyse statistique</i>	83
	Approximation de l'exposition	85
	AVC versus conjonctivite	86
	Choix de l'indicateur de déprivation sociale	88
V.	Conclusion	90

Annexe 1 : Découpage saisonnier de la période d'étude.....	91
Annexe 2 : Cartographie du nombre de cas d'AVC observés par IRIS.....	92
Annexe 3 : Cartographie du ratio d'incidence standardisé (SIR) d'AVC par IRIS.....	93
Annexe 4 : Cartographie des données estimées de concentration moyenne de NO ₂ à l'IRIS pour 2016 et 2017.....	94
Annexe 5 : Statistiques descriptives de l'EDI sous forme de score	96

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Découpage saisonnier de la période d'étude

Annexe 2 : Cartographie du nombre de cas d'AVC observés par IRIS

Annexe 3 : Cartographie du ratio d'incidence standardisé (SIR) d'AVC par IRIS

Annexe 4 : Cartographie des données estimées de concentration moyenne de NO₂ à l'IRIS pour 2016 et 2017

Annexe 5 : Statistiques descriptives de l'EDI sous forme de score

TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

Tableau 1 : Distribution des effectifs de population Insee 2013, EMS (N=195 IRIS)	23
Tableau 2 : Distribution du nombre de cas d'AVC observés, du ratio d'incidence d'AVC pour 10 000 habitants et du Ratio d'Incidence Standardisé (SIR) d'AVC par IRIS, EMS, 2016-2017 (N=195 IRIS)	33
Tableau 3 : Critères topographiques des 5 stations de mesure retenues pour l'étude.....	38
Tableau 4 : Résumé des variables pollution mesurées « échelle station »	40
Tableau 5 : Résumé des variables estimées pollution « échelle IRIS »	42
Tableau 6 : Matériel, objectif et méthode de transformation des données fournies	43
Tableau 7 : Répartition des IRIS en fonction des 5 IRIS station.....	44
Tableau 8 : Résumé de la variable pollution transformée par calcul de distance	45
Tableau 9 : Résumé de la variable pollution transformée par désagrégation temporelle	46
Tableau 10 : Description des variations temporelles de concentration en NO ₂ (µg/m ³), EMS, 2016-2017 (N=731jours).....	47
Tableau 11 : Description des variations spatiales de concentration en NO ₂ (µg/m ³), EMS (N=195 IRIS)	51
Tableau 12 : Répartition des IRIS (N= 195) en fonction des quintiles de l'EDI.....	55
Tableau 13 : Répartition du nombre de cas d'AVC par IRIS et par jour dans le fichier de 142 545 lignes	63

Figure 1 : Carte des 33 communes du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg	19
Figure 2 : Typologie d'IRIS (A = activité ; H = habitat et Z = commune non découpée en IRIS) sur le territoire de l'EMS	22
Figure 3 : Cartographie des effectifs de population (Insee2013) par IRIS, EMS (N=195 IRIS).....	24
Figure 4 : Flow chart de la population d'étude de l'extraction au prétraitement	29
Figure 5 : Répartition de la population totale selon étiologie d'AVC.....	30
Figure 6 : Série temporelle du nombre de cas d'AVC, EMS, 2016-2017	31
Figure 7 : Représentation de la fréquence du nombre de cas observés par IRIS, 2016-2017 (N=195 IRIS).....	32
Figure 8 :Cartographie du ratio d'incidence d'AVC pour 10 000 habitants par IRIS, EMS, 2016-17	35
Figure 9 : Cycle de gestion de la qualité de l'air par ATMO Grand Est.....	37
Figure 10 : Cartographie de la répartition des 5 stations de mesure de NO ₂ de l'étude	39
Figure 11 : Cartographie des 5 IRIS-station sur le territoire de l'EMS.....	44
Figure 12 : Boxplot variation temporelle de la concentration de NO ₂ (µg/m ³) en moyenne (Global) et sur les 5 stations, EMS, 2016-17	48
Figure 13 : Série temporelle de la concentration journalière de NO ₂ Global, EMS, 2016-2017	49
Figure 14 : Série temporelle de la concentration journalière de NO ₂ Trafic, EMS, 2016-2017.....	50
Figure 15 : Série temporelle de la concentration journalière de NO ₂ Fond, EMS, 2016-2017.....	51
Figure 16 :Cartographie des concentrations moyennes de NO ₂ à l'IRIS, EMS, 2016-2017	53
Figure 17 : Cartographie des quintiles de l'EDI, EMS, 2016-17	56
Figure 18 Fréquence de distribution du nombre de cas d'AVC observés par IRIS et par année dans fichier de 390 lignes	64
Figure 19 : Représentation graphique de l'effet de la pollution sur le nombre de cas d'AVC en fonction de la concentration en NO ₂	65
Figure 20 : Représentation graphique des valeurs prédites d'AVC observés en fonction de la concentration moyenne de NO ₂	66
Figure 21 : Représentation des valeurs prédites de cas d'AVC en fonction des quintiles de l'EDI.....	67
Figure 22 : Représentation graphique de la pollution prédite en fonction des quintiles de l'EDI.....	68
Figure 23 : Représentation de l'effet du temps sur le nombre de cas d'AVC en fonction du temps....	69
Figure 24 : Cartographie de l'effet de la structure spatiale dans la relation nombre de cas d'AVC observés et pollution.....	70
Figure 25 : Représentation du nombre de cas d'AVC prédit en fonction des concentrations de NO ₂ et selon le quintile de l'EDI.....	72
Figure 26 : Représentation graphique de l'effet de la pollution sur le nombre de cas d'AVC dans le modèle « AVC en fonction du quintile de l'EDI et de la pollution ».....	73
Figure 27 : Cartographies des effectifs de 65 ou plus (gauche), des quintiles de l'EDI (centre) et de l'effet de la structure spatiale dans la relation nombre de cas d'AVC observés et pollution, EMS, 2016-2017 (droite).....	76
Figure 28 : Typologie sociodémographique du territoire en 2014 (gauche) et cartographie du score EDI, EMS, 2016-2017 (droite)	88
Figure 29 : Cartographie du nombre de cas d'AVC observé par IRIS, EMS, 2016-2017.....	92
Figure 30 : Cartographie du ratio d'incidence standardisé (SIR) d'AVC, EMS, 2016-17.....	93
Figure 31 : Cartographie des concentrations moyennes de NO ₂ à l'IRIS, EMS, 2016.....	94
Figure 32 : Cartographie des concentrations moyennes de NO ₂ à l'IRIS, EMS, 2017.....	95
Figure 33 : Boxplot de la variable score EDI, EMS.....	96
Figure 34 : Cartographie du score EDI, EMS, 2016-17	96

LISTE DES ABREVIATIONS

CAR : (processus) Conditionnel AutoRégressif

CIM-10 : 10^{ème} version du Code de Classification Internationale des Maladies

CSP : Catégorie Socio Professionnelle

EMS : Eurométropole de Strasbourg

GHM : Groupes Homogènes de Malades

HUS : Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

Insee : institut national de la statistique et des études économiques

IRIS : Ilots regroupés pour l'information statistique

MCO : Médecine Chirurgie Obstétrique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PMSI : Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information

RSA : Résumé de Sortie Anonymisé

RSS : Résumé Standardisé de Sortie

RUM : Résumé d'Unité Médicale

I. Introduction

Le sujet de la thèse porte sur la contribution de la déprivation sociale dans le lien entre accident vasculaire cérébral et pollution de l'air sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg.

La première partie de cette introduction décrit le cheminement ayant mené à la construction de ce sujet, qui se place dans le champ des inégalités socio spatiales et environnementales de santé dont les grands concepts sont interrogés en guise de seconde partie d'introduction. Une troisième partie justifie les éléments du sujet de l'étude.

Construction du sujet

La construction du sujet visant à réunir ici une donnée sanitaire, environnementale et socioéconomique, dans un calendrier relativement contraint et en l'absence de budget dédié nécessitait de considérer en parallèle d'une pertinence scientifique le respect d'un critère de faisabilité.

Donnée environnementale

Le choix de la pollution de l'air en tant que donnée environnementale s'est imposée au motif d'un partenariat existant et exploitable avec son fournisseur ATMO Grand Est, qui d'expériences passées garanti la mise à disposition d'une donnée de qualité capable de répondre à nos besoins. En effet, les possibilités d'exploiter d'autres données de pollution environnementale (eau, bruit, sol par exemple) semblaient moins praticables ; la surreprésentation de la donnée air dans la littérature en comparaison aux autres matrices abonde d'ailleurs en ce sens.

Donnée sanitaire

Concernant la sélection d'une donnée de santé, l'asthme avait été initialement envisagé. Si l'étude du lien potentiel avec la pollution de l'air présentait un intérêt scientifique certain, le recueil de la donnée présentait les inconvénients de ne pas disposer d'une source centrale de donnée capable d'assurer une couverture suffisamment exhaustive de la pathologie compte tenu notamment des multiples recours possibles en cas de crise d'asthme par exemple. Si une option envisagée était celle d'exploiter les données du SAMU (Service d'Aide Médicale Urgente), elle entrevoyait d'emblée l'inconvénient de présenter un manque d'homogénéité en comparaison à des données standardisées du PMSI. Un recueil des crises d'asthme aurait pu être entrepris à partir des données PMSI du service des urgences du CHU, mais la faible proportion d'hospitalisation dans les suites de prise en charge contraignait cette option. En effet les services des urgences ne prédisposent pas des mêmes procédures de codage que les services d'hospitalisation¹ limitant l'exploitation potentielles des données. Ainsi outre le fait de pouvoir être extraite du PMSI, la donnée de santé devait idéalement concerner une pathologie nécessitant une hospitalisation (production d'un RSS). De plus il est souhaitable de pouvoir attendre que la pathologie concentre une « part de marché » représentative ; les critères d'urgence médicale et de filière de soins garantissent en partie cet argument.

Un autre critère à prendre en compte dans le processus de sélection de la donnée sanitaire concernait les possibilités de géocodage des cas du fait de santé considéré. En effet, il est primordial de s'assurer que la source exploitée pour la donnée sanitaire puisse fournir une adresse complète des cas, afin de permettre le procédé de géolocalisation. Dans notre cas, une commande de géocodage de l'ensemble de la base PMSI des HUS était en cours de réalisation pour une autre étude ; ce qui nous a été profitable.

¹ contenu des Résumés de Passage aux Urgences (RPU) différent de celui des Résumés de Sortie Standardisés (RSS) des services de Médecine Chirurgie Obstétrique notamment

Le choix de la donnée environnementale ayant été acté, le risque de survenue de la pathologie devait en sus présenter une association tangible avec la pollution de l'air. Sur ces critères, les accidents vasculaires cérébraux ont été sélectionnés en tant que donnée environnementale pour le modèle d'étude.

Donnée socioéconomique

Le recours à l'indice de déprivation européen (European deprivation index, EDI) en tant qu'indice agrégé de désavantage social suit les recommandations émises par Santé publique France sur les outils élaborés dans le cadre du programme « Inégalités sociales et territoriales de santé 2013-2015» (1) permettant d'intégrer une dimension socioéconomique à notre modèle d'étude.

La première phase d'élaboration de ce sujet de thèse a été réciproquement menée avec Mathilde Grégoire, étudiante en Sciences politiques² dont le sujet de mémoire portait sur la construction et l'appropriation de l'EDI (2).

Enfin le choix de l'Eurométropole de Strasbourg en guise de territoire d'étude entraine en adéquation avec la disponibilité des données environnementales et sanitaires (couverture). De plus, des échanges avec Benjamin Soulet, chef de projet Développement de la connaissance territoriale à la Ville et EM de Strasbourg, ont conforté ce choix par rapport au caractère contrasté du territoire en termes d'inégalités qu'il est intéressant d'étudier. Les résultats de la mesure des inégalités sociales par l'EDI sur l'EMS seront intéressants à comparer avec la typologie des indicateurs utilisée par les services de la Ville sur ce champ.

Cette étude trouvait également écho auprès de la volonté affichée des politiques publiques menées sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg d'amplifier la prise en compte de la santé

² Master Santé Environnement Politique, mémoire de 4^{ème} année, filière « Droit et Administration Publique »

environnementale notamment au travers une feuille de route « Cadre de vie sain et durable » présenté en délibération au conseil de l'Eurométropole de Strasbourg en mars 2018 (3).

Le modèle d'étude sélectionné visant à étudier la contribution de l'EDI dans le lien entre AVC et pollution de l'air se place dans le champ des inégalités socio spatiales et environnementales de santé, qui pousse à délaisser l'approche traditionnelle de la recherche en santé pour se tourner vers une conception d'étude conciliant divers abords disciplinaires (santé, géographie, statistiques, sciences sociales et politiques). Cette forte multidisciplinarité amène à interroger le sens des différents concepts entrant dans le cadre de ce travail.

Cadre conceptuel

Inégalités socio environnementales de santé

S'il ne semble pas nécessaire de s'appesantir sur le concept de « gradient social des inégalités de santé » qualifiant la dégradation de la plupart des indicateurs de santé en allant des catégories sociales les plus favorisées aux plus défavorisées, le concept d'inégalités environnementales de santé nécessite d'être défini. Il sera dans le cadre de ce travail employé au sens d'un différentiel d'exposition à un facteur de risque de type pollution environnementale. Dans le cas où une association entre un facteur de risque environnemental et un fait de santé peut être mise en évidence, admettre l'existence d'un « gradient environnemental des inégalités de santé » à l'instar d'un gradient social est assez intuitif ; non soumis aux mêmes niveaux d'exposition, les individus davantage exposés seront susceptibles de présenter un moins bon état de santé.

Le fait est qu'un événement de santé sera déterminé par divers facteurs (conditions socioéconomiques, facteurs environnementaux, comportements et caractéristiques individuelles) dont les interactions qui concourent à sa survenue sont complexes. Le concept d'inégalités socio environnementales de santé questionne ces interactions. Considérant que l'état de santé des populations défavorisées est moins bon du fait d'une plus forte exposition à des facteurs de risque environnementaux ; la compréhension des mécanismes ou liens de cause à effet qui sous-tendent ce

constat est moins aisée. Les populations sont-elles plus exposées parce qu'elles sont socialement défavorisées ou est-ce la situation sociale précaire des populations qui expose à davantage de pollution ? Quelle est la part attribuable au facteur social et au facteur environnemental dans la survenue de l'état de santé ? Ces 2 facteurs agissent-ils comme 2 facteurs causaux indépendants ou de manière concomitante ?

Tant d'interrogations illustrant la difficulté à concevoir la manière dont la combinaison des effets de ces facteurs, complémentaires et interdépendants, influe sur l'état de santé.

Etude écologique

Aborder la problématique des inégalités socio-environnementales de santé sous l'angle de l'épidémiologie spatiale implique de recourir à des données agrégées, afin de produire des estimations non pas à l'échelle de l'individu, mais à une échelle géographique définie. Dans ce type d'étude dite éco-épidémiologique, les indicateurs (nombre d'événements sanitaires, niveau d'exposition en polluant, niveau de déprivation sociale) sont résumés à l'échelle d'une unité d'observation géographique choisie pour l'étude. Si un certain nombre de limites inhérentes à ce type d'étude devront être prises en compte dans l'interprétation des résultats, elles présentent un intérêt exploratoire certain notamment sur le plan étiologique et sont classiquement employées en épidémiologie environnementale du fait notamment d'un recueil de données environnementales à l'échelle individuelle limitée (lourdeur de l'investissement logistique). L'utilisation d'un indice agrégé de désavantage social s'apparente à ce type d'étude permettant une mesure écologique du milieu socioéconomique dans lequel vivent les individus d'une aire géographique donnée, à un instant donné.

Dynamique spatio temporelle

Au-delà du recours à une représentation cartographique pour décrire visuellement ces données et permettre la recherche de corrélation géographique entre une distribution spatiale d'un événement de santé et un facteur explicatif potentiel, qu'il soit d'ordre social ou environnemental, un pouvoir explicatif peut être recherché dans une structure dite spatiale ou temporelle des données. Ces éléments seront approchés par des méthodes de modélisation.

Indépendamment de l'explication de la survenue d'un fait de santé par un facteur de risque, le temps peut avoir un effet sur la survenue de cet événement. Ainsi le nombre d'événement observé pourra s'expliquer par un effet temporel propre ; le pouvoir explicatif apporté éventuellement par un autre facteur de risque dans la relation sera différent selon le jour considéré.

Conjointement la distribution d'un fait de santé pourra trouver une explication dans une architecture dite spatiale des données ; le nombre de cas observé trouvant une explication de par la position à laquelle il est géo localisé. Et l'effet d'un facteur explicatif quelconque sur le nombre d'événement observé (d'ordre social, environnemental, etc.) serait différent selon la position géographique où il est mesuré. L'effet d'une structure spatiale indique que le nombre d'événement observé à un endroit donné pourra s'expliquer en relation avec le nombre d'évènements observé chez les « voisins » (entités géographiques présentant des frontières communes).

Considérer une dynamique spatio temporelle revient à ajouter une couche d'interprétation supplémentaire aux relations décrites par un potentiel gradient social et/ou environnemental des inégalités de santé dont les effets peuvent être considérés de manière cumulée ou indépendante selon leur taille.

Le modèle d'étude, fondé principalement sur un critère d'accessibilité aux données, porte donc sur la contribution de l'indice de déprivation européen (EDI) dans le lien entre accident vasculaire cérébral et pollution de l'air par le dioxyde d'azote sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg.

Justification du modèle d'étude

Au-delà de leur accessibilité les variables d'entrée du modèle d'étude trouve un rationnel scientifique pouvant être résumé en les points suivants.

Epidémiologie de l'AVC

Les accidents vasculaires cérébraux et les cardiopathies ischémiques sont les principales causes de mortalité dans le monde, responsables de 15,2 millions de décès au total en 2016. Elles sont restées les premières causes de mortalité dans le monde au cours des 15 dernières années (4).

En France, l'accident vasculaire cérébral (AVC) est la première cause de mortalité chez les femmes et la troisième chez les hommes. Un état des lieux de la situation épidémiologique de l'AVC en France mené par Santé publique France (5) basé sur les données d'hospitalisation (PMSI) estime le nombre de patients hospitalisés pour AVC en 2014 à 110 438. De 2008 à 2014, le taux standardisé de patients hospitalisés pour AVC ischémique a augmenté de 14,3 % chez les moins de 65 ans et baissé de 2,1 % chez les 65 ans et plus. En revanche, pour les AVC hémorragiques, le taux a peu évolué (+2,0 %).

D'importantes disparités régionales des taux de patients hospitalisés ont été observées.

Un dossier de presse publié par le réseau Santé Environnement en 2017 (6) met en évidence, sur la base des données d'Affection longue durée (ALD) de l'Assurance Maladie, que l'Alsace est en 2014 la région de France métropolitaine ayant la plus forte incidence d'AVC invalidant (nombre de nouveaux cas pour 100 000 personnes) s'élevant à 120,13. Entre 1997 et 2014, l'incidence a été multipliée par 4,2. Au niveau départemental le Bas-Rhin est plus touché que le Haut-Rhin : en 17 ans, l'incidence de l'AVC invalidant (pour 100 000 personnes) a été multiplié par 5,5 et par 2,7 respectivement.

Association entre AVC et pollution de l'air

Les données du « Global Burden of Diseases 2013 », collectées dans 188 pays entre 1990 et 2013 a démontré que la pollution de l'air contribue pour 29 % à la mortalité-morbidité par AVC dans le monde (7). Plusieurs études trouvent une association positive entre une exposition à la pollution atmosphérique à long ou court terme et l'incidence et la mortalité par AVC (8,9). Une étude prospective européenne démontre une augmentation du risque d'AVC de 19 % associé à chaque augmentation annuelle de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en $\text{PM}_{2,5}$. Le risque est toujours augmenté même à des niveaux de pollution situés en dessous des normes européennes (10).

L'exposition au trafic routier est associé à une forte augmentation du risque d'AVC avec une plus forte association pour les AVC ischémiques observés chez les sujets vivant à moins de 75 m d'une route à fort trafic (11). Le risque d'AVC est également augmenté pour des variations de quelques heures ou quelques jours en polluant, avec un effet majeur des particules ultrafines sur la mortalité par AVC (12).

Une méta-analyse publiée en 2015 (94 articles contribuant aux estimations) (13) met en évidence le gradient de risque relatif (RR) suivant dans l'association entre hospitalisation pour AVC - mortalité par AVC et un exposition à court terme :

RR NO_2 (1,014/10 ppb [1,009-1,019]) > $\text{PM}_{2,5}$ > PM_{10} > O_3

Choix du polluant

Si plusieurs composés semblent présenter une association significative avec le risque d'AVC, le cadre de cette étude ne prévoyait l'analyse que d'un seul polluant. Compte tenu des données fournies par ATMO et des traitements envisagés, le dioxyde d'azote (NO_2)³ était le seul à être disponible sur les 5 stations de mesure dans les données transmises. Il semblait également pertinent de traiter ce

³ les oxydes d'azote (NO_x) incluent le dioxyde d'azote (NO_2) et le monoxyde d'azote (NO)

polluant d'un point de vue de l'interprétation potentielle des résultats puisque le trafic routier en constitue une des sources principales.

Objectif

L'objectif de ce travail était donc à travers la présentation d'un cas d'étude visant à étudier la contribution de l'EDI dans le lien entre AVC et pollution de l'air par le dioxyde d'azote sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg de discuter les aspects méthodologiques relatifs à ce type d'étude depuis l'élaboration du sujet jusqu'à la discussion des résultats.

La thèse se déroule donc en 3 axes avec une première partie décrivant le territoire d'étude et l'ensemble des données mobilisées (sanitaire, environnementale et sociale) et les méthodes d'analyse sélectionnées pour produire les résultats principaux présentés dans une seconde partie. Enfin la dernière partie présentée sous forme d'une discussion pointe les interrogations survenues dans l'élaboration du protocole, questionne les hypothèses méthodologiques posées et les méthodes d'analyse employées, critique les résultats obtenus et propose des pistes de réflexion pour l'élaboration de projets futurs similaires.

II. Matériel et méthode

A. Territoire et unité géographique d'observation

1. Territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

Née de la transformation de la Communauté Urbaine de Strasbourg le 1^{er} janvier 2015, l'Eurométropole de Strasbourg compte 43 % de la population du Bas-Rhin et plus du quart de la population d'Alsace.



Le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg s'étendant sur une superficie de 339,85 km² est celui des 33 communes qui en sont membres.

Figure 1 : Carte des 33 communes du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

Rem : Les communes d'Achenheim, de Breuschwickersheim, Hangenbieten, Kolbsheim et d'Osthoffen (toutes issues de l'ancienne communauté de communes les Châteaux et regroupant environ 6 500 habitants sur une superficie de 23,64 km²), rejoignent l'Eurométropole au 1er janvier 2017.

L'Eurométropole compte 489 767 habitants⁴ et 60 % de sa population est concentrée à Strasbourg. La densité moyenne y est de 1441,13 habitants/km².

Au niveau du cadre politique, l'Eurométropole est une forme de coopération intercommunale qui introduit la notion de solidarité financière et de défense d'intérêts communs. Tout en préservant l'indépendance des communes, elle assure une meilleure gestion et ouvre un horizon de développements plus vaste dans les domaines qui relèvent de sa compétence. Tout comme la Ville, l'Eurométropole exerce des compétences particulières et dispose de son propre budget.

2. Unité géographique d'observation : IRIS

a. Sélection

Après étude de la faisabilité de disposer des données nécessaires à l'étude (démographiques, sanitaires, environnementales et sociales) à l'échelle géographique la plus fine possible ; l'IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique) a été retenu comme unité géographique d'observation.

b. Définition⁵

Les îlots regroupés pour l'information statistique (IRIS) constitue la brique de base d'une partition du territoire proposé par l'Insee (Institut national de la statistique et des études économiques) à l'occasion du recensement en 1999⁶. L'IRIS constitue à ce jour l'entité géographique la plus fine pour laquelle les données du recensement sont diffusables et accessibles aux organismes de recherche.

⁴ Population 2013 / source chiffres : Ville et Eurométropole de Strasbourg : <https://www.strasbourg.eu/presentation-eurometropole>

⁵ D'après définition du site de l'Insee (<https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1523>)

⁶ L'appellation IRIS se substitue désormais à IRIS2000 ; sigle qui faisait référence à la taille visée de 2000 habitants par maille élémentaire.

Ses contours, définis comme « identifiables sans ambiguïté et stables dans le temps », doivent respecter :

- des critères géographiques ; tenir compte des obstacles physiques pouvant introduire des ruptures dans le paysage (infrastructures, cours d'eau, espaces verts, etc.)⁷,
- des critères démographiques ; rechercher le plus d'homogénéité en termes d'effectif de population, de caractéristiques socioéconomiques et de gestion de l'espace urbain.

On distingue ainsi 3 types d'IRIS :

- les **IRIS d'habitat** (code H) : leur population se situe en général entre 1 800 et 5 000 habitants. Ils sont homogènes quant au type d'habitat et leurs limites s'appuient sur les grandes coupures du tissu urbain (voies principales, voies ferrées, cours d'eau...).
- les **IRIS d'activité** (code A) : ils regroupent plus de 1 000 salariés et comptent au moins deux fois plus d'emplois salariés que de population résidente.
- les **IRIS divers** (code D) : il s'agit de grandes zones spécifiques peu habitées et ayant une superficie importante (parcs de loisirs, zones portuaires, forêts...).

Les communes d'au moins 10 000 habitants et une forte proportion des communes de 5 à 10 000 habitants sont découpées en IRIS. Par extension, afin de couvrir l'ensemble du territoire, on assimile à un IRIS chacune des **communes non découpées en IRIS** (type de l'IRIS codé en Z).

c. Partition du territoire de l'EMS en IRIS

Le territoire de l'EMS compte 195 IRIS dont 79 % d'IRIS d'habitat (n=154, code H en jaune), 11 % d'IRIS d'activité (n=21, code A en bleu) et 10 % (n=20, code Z en vert) de communes non divisées en IRIS. Aucun IRIS de type divers n'est retrouvé sur ce territoire.

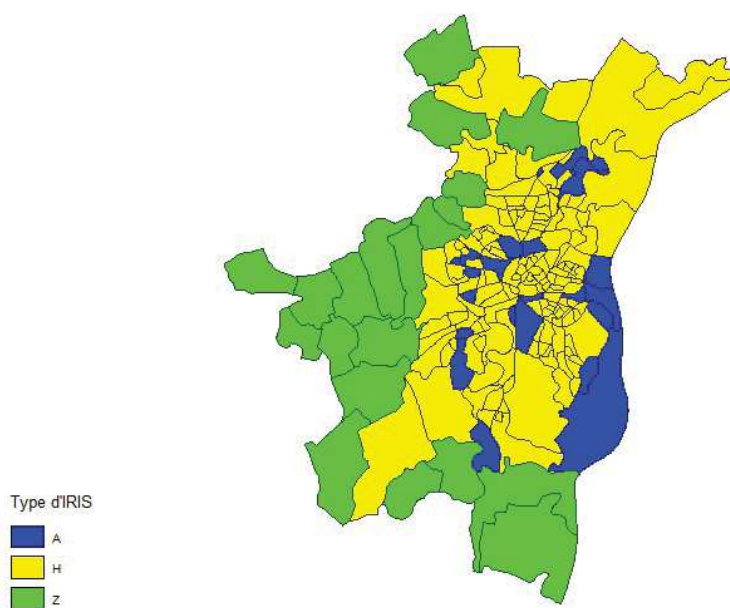


Figure 2 : Typologie d'IRIS (A = activité ; H = habitat et Z = commune non découpée en IRIS) sur le territoire de l'EMS

La ville de Strasbourg est découpée en 116 IRIS dont 16 IRIS d'activité (en bleu) et 100 IRIS d'habitat (en jaune). Les 5 IRIS d'activité restants sont répartis sur les communes de Bischheim, Illkirch-Graffenstaden, Lingolsheim, Ostwald et Schiltigheim.

3. Démographie

La démographie du territoire d'étude est décrite à l'échelon d'observation retenu soit à l'IRIS. Les effectifs de population présentés sont issus des données Insee 2013⁸.

Le nombre moyen d'habitant par IRIS sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg est de 2474 +/- 1064. La population par IRIS de l'EMS varie entre 2038 et 3184 pour la moitié d'entre eux (n=97,5) (Tableau 1 : Distribution des effectifs de population Insee 2013, EMS (N=195 IRIS)).

Tableau 1 : Distribution des effectifs de population Insee 2013, EMS (N=195 IRIS)

	moyenne	s	min	Q1	médiane	Q3	max	IQR	NA
Effectif population	2474	1064	0	2038	2468	3184	5440	1146	0

moyenne ; s : écart type ; min : minimum ; Q1 : quartile à 25 % ; médiane ; Q3 : quartile à 75 % ; max : maximum ; IQR : écart inter quartile (Q3-Q1) ; NA : nombre de valeurs manquantes

La répartition géographique des effectifs de population découpés en quintile⁹ sur le territoire de l'EMS (Figure 3 : Cartographie des effectifs de population (Insee2013) par IRIS, EMS (N=195 IRIS)) montre que 20 % d'IRIS les plus peuplés (population par IRIS comprise en 3322 et 5440 habitants) se situent principalement autour de la zone de la ville de Strasbourg ; sur une couronne périurbaine Nord Ouest, Ouest, Sud-Ouest et Sud. Le territoire de la ville de Strasbourg concentre la majorité des IRIS présentant entre 2280 et 3322 habitants (effectif moyen de 2718 habitants/IRIS) répartis de façon hétérogène sur l'ensemble de sa superficie. A noter que les IRIS frontaliers typés selon première catégorie d'effectif (entre 0 et 1846) sont des IRIS d'activité. Les communes situées tout à fait à l'Ouest du territoire de l'EMS regroupent des IRIS les moins peuplés (maximum de population à 2280 habitants par IRIS).

⁸ Le caractère peu récent des données importe peu compte tenu de l'importance davantage accordée à l'aspect comparatif (entre les différents IRIS) qu'à la précision de l'estimation (évolution probable des données de population depuis 2013).

⁹ Les échelles de couleurs des cartes choroplèthes présentées sont construites de façon à présenter des groupes relativement homogènes de territoire selon la méthode de Jenks.

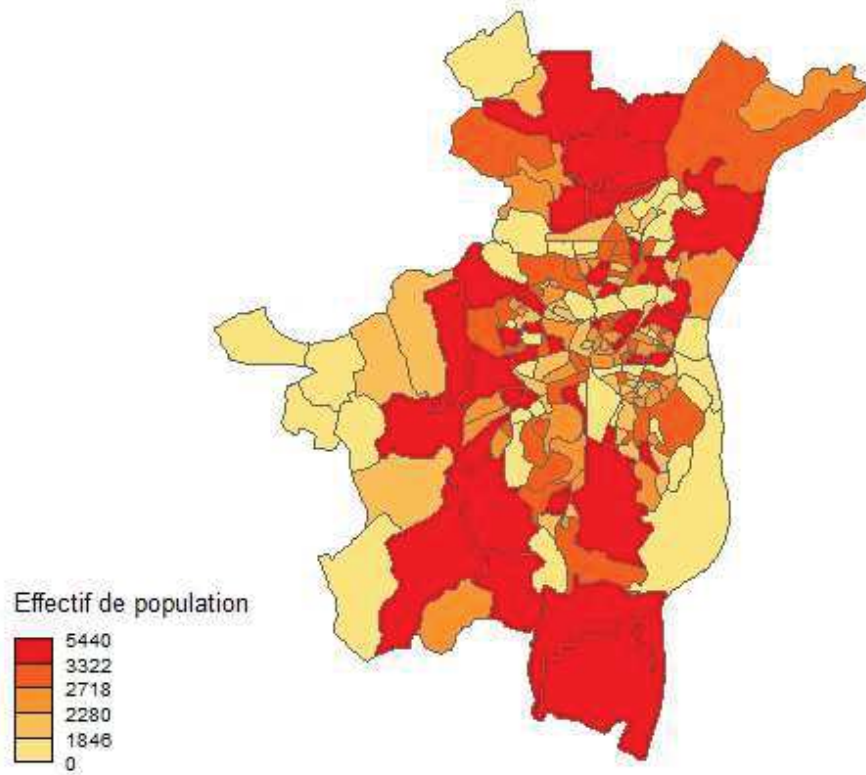


Figure 3 : Cartographie des effectifs de population (Insee2013) par IRIS, EMS (N=195 IRIS)

B. Données

1. Donnée sanitaire : AVC

a. Source : PMSI

Le Programme de médicalisation du système d'information (PMSI) a pour objectif de produire des informations à contenu médical sur les fonctions hospitalières et de permettre une allocation de ressources dépendante de l'activité hospitalière. Il consiste en un recueil exhaustif systématique et un traitement automatisé d'informations administratives et médicales.

L'outil pivot du PMSI est la classification en Groupes homogènes de malades (GHM). La classification permet le rangement exhaustif et unique de l'ensemble des séjours de court séjour de Médecine chirurgie obstétrique (MCO) dans un seul et unique GHM¹⁰. Un séjour hospitalier peut être fait d'un ou de plusieurs séjours dans des services de soins. Chaque séjour donnera lieu au remplissage d'un Résumé d'unité médicale (RUM). Le ou les RUM mis bout à bout constitueront le Résumé Standardisé de Sortie (RSS). Lorsque le séjour a été effectué dans un seul service le RSS est égal au RUM. Lorsque le séjour s'est effectué dans plusieurs services, la somme des RUM des différents services ordonnée chronologiquement constituera le RSS (numéro de RSS identique pour l'ensemble des RUM). Les RSS d'un établissement sont alors traités par un logiciel dit « groupeur » (tables uniques pour l'ensemble du territoire et fournies par un organisme national). Le logiciel classe chaque séjour dans une Catégorie majeure de diagnostics (CMD)¹¹ ou une Catégorie majeure (CM)¹², puis en GHM.

¹⁰ Le GHM définit un produit (séjour) médico-économique doublement homogène, d'une part sur le plan médical selon un axe le plus souvent de pathologies d'appareil et atteintes diverses de cet appareil, d'autre part sur le plan économique en terme de moyens consommés : journées, actes médico-techniques, etc.

¹¹ CMD : groupements de séjours liés à un système fonctionnel (cœur, poumon, ORL, etc.).

¹² CM : regroupements de séjours autres (séances et séjours de moins de 24 heures, transplantations, etc.).

Au sein des établissements hospitaliers, les départements d'information médicale (DIM) jouent un rôle central. Le médecin responsable de l'information médicale a un rôle de conseil pour la production des informations et il veille à leur qualité. Les données recueillies sont soumises au secret médical et sont sous la responsabilité du médecin responsable du DIM. Les établissements transmettent trimestriellement les fichiers anonymisés à l'Agence régionale de santé (ARS), et celles-ci les transmettent à l'Agence technique de l'information sur l'hospitalisation (ATIH) en vue de la constitution des bases de données nationales. Cette transmission se fait sous la forme de résumés de sortie anonymisés (RSA). L'ensemble des diagnostics est obligatoirement codé selon la 10^{ème} version de la Classification internationale des maladies (CIM 10).

Le Résumé Standardisé de Sortie (RSS) comporte des informations médico administratives de 3 types : informations administratives, diagnostiques (diagnostic principal, diagnostic relié et diagnostics associés) et actes médico-techniques ¹³.

¹³ D'après Nisand G. PMSI et systèmes d'information hospitaliers. Polycopié de Médecine sociale, épidémiologie et santé publique, Deuxième cycle des études médicales (DCEM) 3. 2010-2011.

b. Extraction

i. Requête BO

Les données de file active des AVC ont été extraites à partir du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI) des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (HUS), partie Médecine-Chirurgie-Obstétrique (MCO), via le logiciel Business Object (BO)¹⁴. Le logiciel permet d'interroger les données de l'infocentre (sauvegarde journalière de la base de production) et de réaliser une extraction de celles-ci.

La requête a été effectuée selon les conditions développées ci-dessous :

- date de la requête : 23/03/2017
- années : 2016 et 2017 avec inclusion des séjours compris entre le 01/01/16 et le 31/12/17

rem : la date attribuée fait référence à la date de sortie des HUS pour le séjour ciblé

Ce travail de thèse ayant débuté en novembre 2017, les années 2016 et 2017 ont été retenues dans le but de recueillir, sur le moment, les données figées (base PMSI « gelée ») les plus récentes. D'autre part, une variation significative des niveaux de concentration en polluants intervenant du 20/01/17 à début février 2017 nous a été indiqué par ATMO. Ce pic de pollution semblait d'autant plus intéressant à étudier qu'il était situé « au milieu » de notre période d'étude. A noter que l'année 2016 est une année bissextile (n=366 jours).

- unité statistique : résumé de sortie standardisée (RSS)
- codes CIM-10 :
 - I60-I61-62 = AVC hémorragique
 - I63= AVC ischémique
 - I64 = AVC non précisé = AVC indéterminé

¹⁴ Logiciel de l'Agence technique de l'information sur l'hospitalisation (ATIH)

- Diagnostic Principal (DP) : codes sélectionnés attendus sur le DP d’au moins un des RUM du séjour avec exclusion des séjours présentant codes cibles uniquement sur diagnostic relié (DR) et/ou diagnostic associé (DAS)
- Variables exploitées : Numéro de RSS, Numéro d’identification patient (NIP), Date de naissance, Adresse : N° rue , Code postal (CP), Localité (commune), Date d’entrée et de sortie de l’hôpital, Code CIM 10 et libellé

ii. Géocodage des cas

La base complète du PMSI des HUS a pu bénéficier, dans le cadre d’une commande pour une autre étude, d’un géocodage à l’IRIS de résidence pour l’ensemble de ses patients. Ce travail a été réalisé par le service de géomatique de la ville de Strasbourg à l’aide du logiciel ArcGis (correspondance adresse postale et base de données cartographiques).

Les cas d’AVC extraits dans le cadre de notre étude ont ainsi pu être croisés avec ces données géocodées à des fins d’obtenir un géocodage à l’IRIS de résidence des cas d’AVC.

c. Statistiques descriptives

i. Flow chart

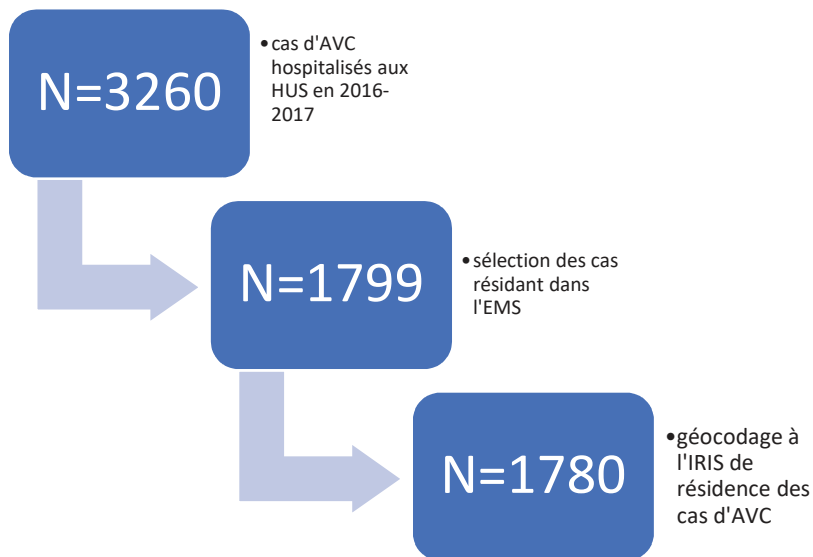


Figure 4 : Flow chart de la population d'étude de l'extraction au prétraitement

L'extraction initiale comprenait 7615 lignes de RUM dont 6882 diagnostics d'AVC correspondant, après suppression des doublons sur le N° de RSS (« RSS multiRUM »), à 3260 cas d'AVC pour la période d'étude considérée (années 2016-2017). La sélection des patients résidant sur le territoire de l'EMS a été réalisée sur la base du libellé des 33 communes de l'EMS ¹⁵.

Au total, la population d'étude comprenait 1799 cas d'AVC résidant sur le territoire de l'EMS. Dans l'étape de merge de la base AVC et de la base PMSI géocodée à l'IRIS, 19 cas d'AVC n'ont pas trouvé de correspondance. En raison de leur appartenance à des communes divisées en plusieurs IRIS ; l'attribution a posteriori d'un N° d'IRIS (et coordonnées géographiques) à partir de leur adresse n'a pu être réalisé ; ils ont donc été exclus de la base de travail. La base de données d'AVC géocodés à l'IRIS de résidence comportait au final 1780 cas.

¹⁵ Les codes postaux pouvant dans certains cas faire référence à plusieurs communes n'ont pas pu être exploités.

ii. Population totale

Sur la période considérée (2016-2017), les 1799 cas d'AVC résidant dans l'EMS et pris en charge aux HUS se répartissaient selon les étiologies suivantes :

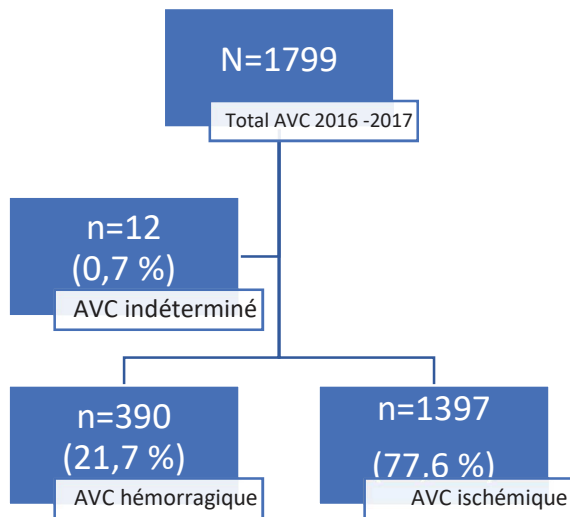


Figure 5 : Répartition de la population totale selon étiologie d'AVC

La population d'étude était constituée d'environ trois quarts d'AVC ischémique pour un quart d'AVC hémorragique. Moins de 1 % des cas correspondait à des diagnostics indéterminés.

L'âge moyen au diagnostic¹⁶ était de 73,2 +/- 15,3 ans pour la population totale d'AVC (médiane = 76,0 ans). La durée moyenne de séjour¹⁷ était de 13,2 +/- 24 jours.

iii. Variation temporelle

La répartition de la population totale était homogène sur les 2 années avec 890 cas d'AVC (49,5 %) en 2016 et 909 cas (50,5 %) en 2017

¹⁶ Calcul de l'âge au diagnostic = Date de sortie des HUS – Date de naissance

¹⁷ Durée moyenne de séjour = Date de sortie – Date d'entrée des HUS

iv. Série temporelle

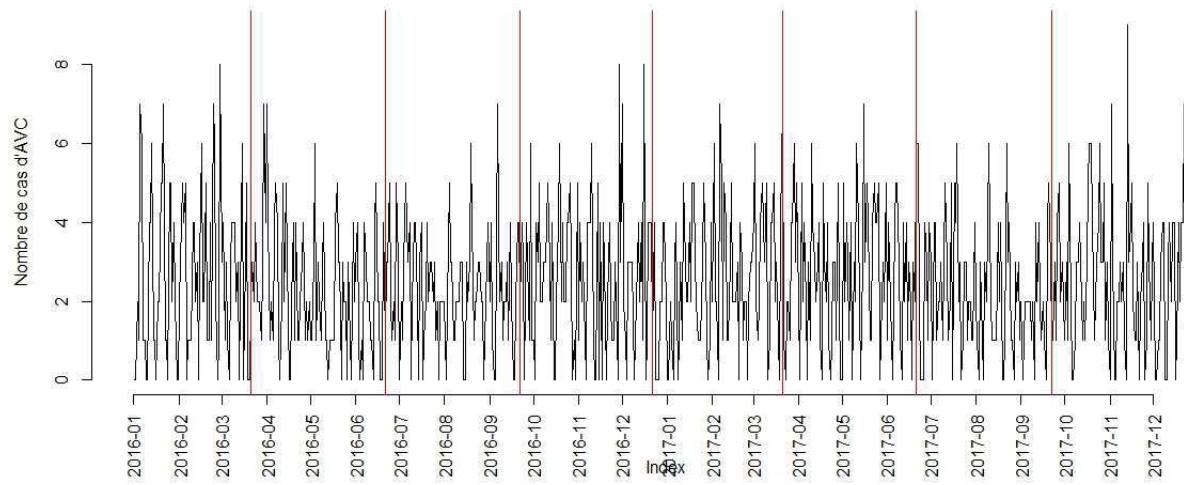


Figure 6 : Série temporelle du nombre de cas d'AVC, EMS, 2016-2017

Les traits verticaux en rouge sur le graphique découpe la période d'étude en saison ; le premier trait marquant le début du printemps 2016.¹⁸ La représentation du nombre de cas d'AVC par jour sur la période d'étude considérée ne semble pas montrer de tendance temporelle particulière ; ni saisonnière, ni mensuelle.

¹⁸ Le découpage saisonnier pour la période d'étude considérée est présenté en Annexe 1.

v. Variation spatiale

Le nombre de cas d'AVC moyen observé par IRIS sur la période d'étude (n=731 jours) est de 9 +/- 6. Pour la moitié des IRIS du territoire considéré (soit n=97,5 IRIS) le nombre de cas par IRIS en 2016-2017 s'étend entre 4 et 12 cas (écart interquartile = 8). Les IRIS présentant des valeurs extrêmes sont respectivement l'IRIS Robertsau Sud Est (ville de Strasbourg) avec 50 cas observé pour 2016-17, Oberhausbergen avec 30 cas et La Wantzenau Ouest avec 29 cas. L'allure de la distribution complète est représentée par l'histogramme ci-dessous (Figure 7).

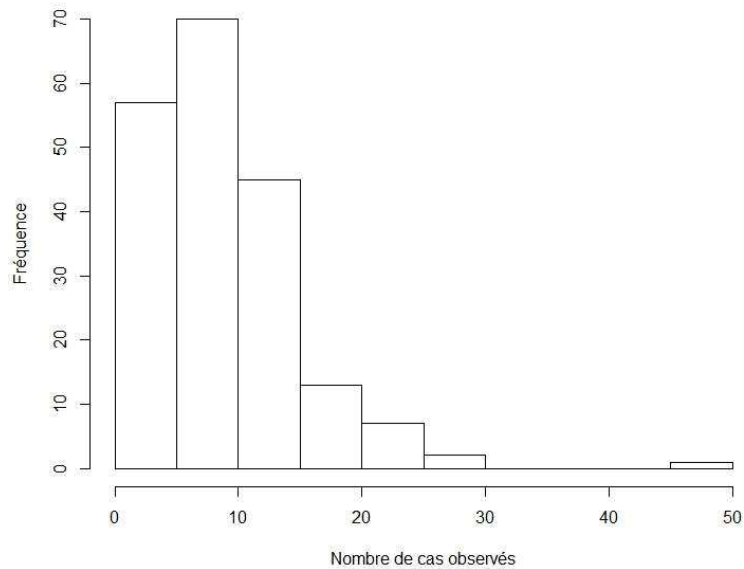


Figure 7 : Représentation de la fréquence du nombre de cas observés par IRIS, 2016-2017 (N=195 IRIS)

On considérera qu'elle suit une loi de Poisson.

Tableau 2 : Distribution du nombre de cas d'AVC observés, du ratio d'incidence d'AVC pour 10 000 habitants et du Ratio d'Incidence Standardisé (SIR) d'AVC par IRIS, EMS, 2016-2017 (N=195 IRIS)

AVC	moyenne	s	min	Q1	médiane	Q3	max	IQR	NA
Nombre de cas observés	9	6	0	4	8	12	50	8	0
Ratio d'incidence /10 000 habitants	45,9	112,1	0	21,9	34,4	47,1	1481,5	25,2	2
SIR	1,3	3,0	0	0,6	0,9	1,3	40,1	0,7	2

moyenne ; s : écart type ; min : minimum ; Q1 : quartile à 25 % ; médiane ; Q3 : quartile à 75 % ; max : maximum ; IQR : écart inter quartile (Q3-Q1) ; NA : nombre de valeurs manquantes (IRIS) ; SIR : Ratio d'Incidence Standardisée

Définition des indicateurs calculés

Ratio d'incidence pour 10 000 habitants : le ratio d'incidence est calculé en divisant le nombre de cas observé par IRIS par sa population totale de référence (Insee 2013), puis multiplié par 10 000.

Le nombre de cas attendu par IRIS est obtenu en multipliant un risque global (somme du nombre de cas observés divisée par la somme des effectifs de population totale de référence de chacun des IRIS) par la population totale de référence (Insee 2013) de l'IRIS concerné.

SIR : le Ratio d'Incidence Standardisé (SIR)¹⁹ est le rapport du nombre de cas observé sur le nombre de cas attendu par IRIS.

Le ratio d'incidence médian est de 34 cas d'AVC pour 10 000 habitants sur le territoire de l'EMS en 2016-2017. En toute logique, les valeurs maximales de la distribution (1481,5, 526,3 et 177) de ce ratio

¹⁹ Méthode de standardisation indirecte : calcul de taux standardisés permettant de tenir compte de l'effet de confusion lié à l'âge ; la comparaison de taux bruts reflétant presque toujours avant tout la structure démographique de populations des unités géographiques comparées.

d'incidence correspondent à des IRIS à très faible effectif de population ; il s'agit en effet d'IRIS d'activité (Neudorf Est Nord, Port du Rhin Centre et Neudorf Ouest Nord Ouest).

Le Ratio d'incidence standardisé (SIR) est en moyenne de 1,3 +/- 3 traduisant une forte dispersion de valeurs (écart type > moyenne). La moitié des IRIS (N = 97,5) présentent un SIR de 0,9, soit comptabilisant un nombre de cas observés inférieur à l'attendu en comparaison à une valeur moyenne de référence sur l'ensemble du territoire. Pour l'autre moitié, les valeurs de SIR sont supérieures à 1, mais seules 25 % des IRIS présentent un SIR supérieur à 1,3. Comme décrit précédemment, les valeurs maximales de la distribution (4,8, 14,2 et 40,1) correspondent aux mêmes IRIS d'activité à faible population de référence.

vi. Cartographie

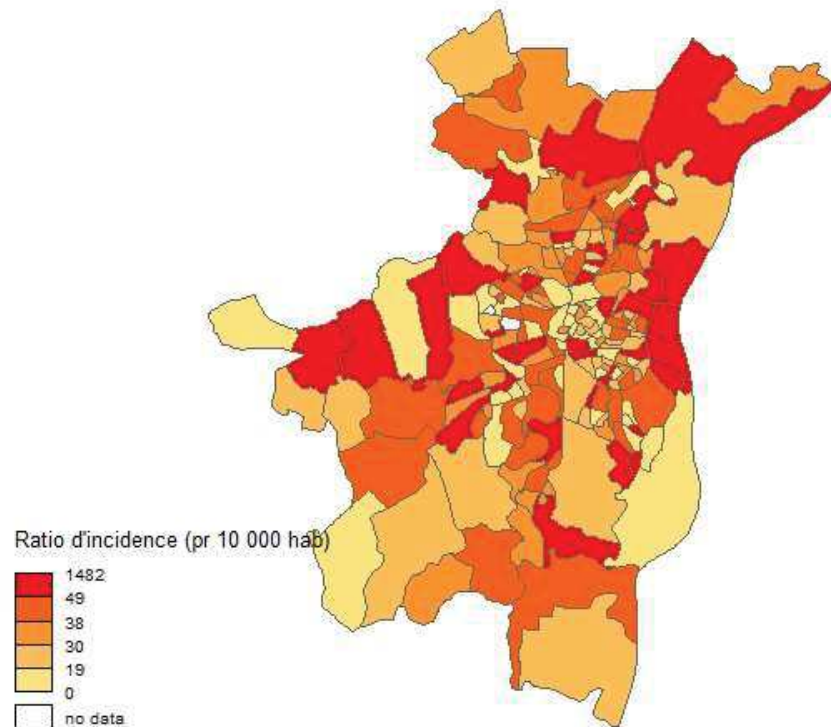


Figure 8 :Cartographie du ratio d'incidence d'AVC pour 10 000 habitants par IRIS, EMS, 2016-17

Remarque : superposable à celle-ci-dessus, la représentation cartographique des SIR d'AVC par IRIS est présentée en Annexe 3. Le nombre de cas bruts par IRIS est cartographié en Annexe 2.

La cartographie des ratios d'incidence d'AVC pour 10 000 habitants (Figure 8) montre que dans près de 8 IRIS sur 10 l'incidence des AVC est de 49 cas pour 10 000 habitants (environ 1 cas sur 200).

A noter que les 2 IRIS en blanc légendés en « no data » sont des IRIS d'activité (Hautepierre Sud Ouest et Koenigshoffen Ouest Nord Est) pour lesquels le nombre de cas d'AVC observés et la population totale de référence sont égal à zéro.

2. Donnée environnementale : pollution de l'air – NO₂

a. Source : ATMO Grand Est

ATMO Grand Est ²⁰, association à but non lucratif agréée par le Ministère de l'environnement, est en charge de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air dans la région Grand Est²¹. Elle est administrée par des acteurs régionaux au sein de 4 collèges (représentants de l'Etat, collectivités territoriales, représentants des diverses activités contribuant à l'émission des substances surveillées, association de protection de l'environnement) présents à parité et garants de l'impartialité comme de la transparence des données produites. Outre la gestion de la qualité de l'air, ATMO Grand Est mène les missions suivantes : informer les autorités, les populations et les médias sur les niveaux de pollution ; alerter les services de l'Etat et le grand public en cas de pic de pollution ; conseil auprès des collectivités dans leurs démarches environnementales ; sensibiliser les citoyens et promouvoir une approche transversale Air-Climat-Energie et Santé en s'appuyant notamment sur les inventaires air-climat-énergie qu'elle réalise.

Elle assure la surveillance de la qualité de l'air dans le respect de ses valeurs (expertise ; proximité territoriale ; impartialité ; transparence ; exemplarité) grâce à un dispositif de mesure et des outils de modélisation. Le cycle de gestion de la qualité de l'air, qu'il soit contraignant ou incitatif, impose aux acteurs des territoires, d'une part de connaître la qualité de l'air en tout point du territoire, et d'autre part d'identifier les stratégies de réduction des émissions polluantes les plus efficaces associées à des indicateurs de suivi les plus pertinents.

²⁰ <http://www.atmo-grandest.eu/>

²¹ Conformément à la Loi sur l'Air et l'Utilisation rationnelle de l'Energie (Loi LAURE) du 30 décembre 1996 intégrée au code de l'environnement. Cette Loi donne le droit à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé.

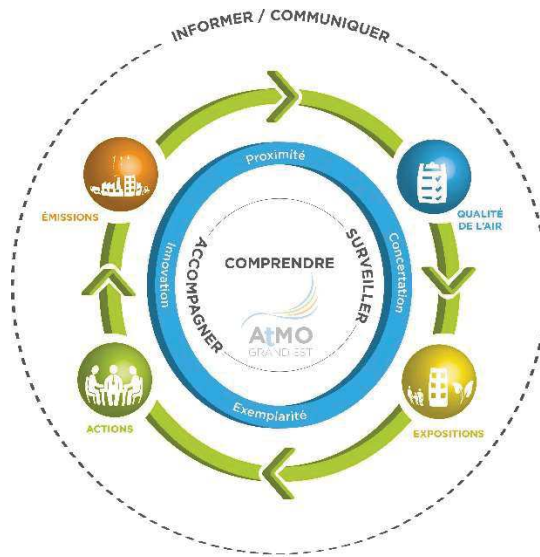


Figure 9 : Cycle de gestion de la qualité de l'air par ATMO Grand Est

b. Extraction

i. Choix d'un scénario de travail

Une première réunion avec le directeur délégué du Pôle exploitation d'ATMO Grand Est avait pour objectif l'élaboration de la demande de fourniture de données de pollution. La discussion a contribué au choix du polluant, de la période d'étude (indication sur un épisode de pollution décrit intéressant à intégrer) et du pas de mesure envisageable (journalier, horaire) sur l'échelon géographique souhaité (IRIS). Tenant compte des contraintes budgétaires et temporelles et en accord avec l'Eurométropole, un scénario de travail a été retenu pour satisfaire à la demande qui présentait les critères suivants :

polluant	dioxyde d'azote (NO ₂)	résolution	IRIS
période d'étude	2016-2017	pas de temps	journalier

Des échanges complémentaires avec l'unité modélisation et spatialisation d'ATMO ont notamment permis d'ajuster le « calage » du modèle aux besoins de l'étude et d'obtenir des éléments de compréhension des outils mobilisés.

Les données fournies par ATMO comportent pour une part des données issues de mesures de station et des données estimées par des outils de modélisation d'autre part.

ii. Données mesurées

Stations de mesure

ATMO Grand Est dispose de plus de 80 stations de mesures, des zones rurales aux zones urbaines, en influence trafic, industrielle ou de fond. Les dispositifs d'analyse associés mesurent en continu (24h/24) différents polluants, ainsi que des paramètres météorologiques (vent, température, pression, humidité *etc.*).

Les données de concentration journalière de dioxyde d'azote (NO₂) exploitées pour la période d'étude 2016-2017 sont issues de 5 stations aux critères topographiques présentés ci-dessous (Tableau 3).

Tableau 3 : Critères topographiques des 5 stations de mesure retenues pour l'étude

Station	Urbaine/péri urbaine	Proximité trafic/fond	Abréviation
Clémenceau	urbaine	proximité trafic	(U-T)
A35	urbaine	proximité trafic	(U-T)
Schiltigheim	périurbaine	fond	(PU-F)
Robertsau	urbaine	fond	(U-F)
Neudorf	urbaine	fond	(U-F)

Elles se répartissent de la sorte sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg.

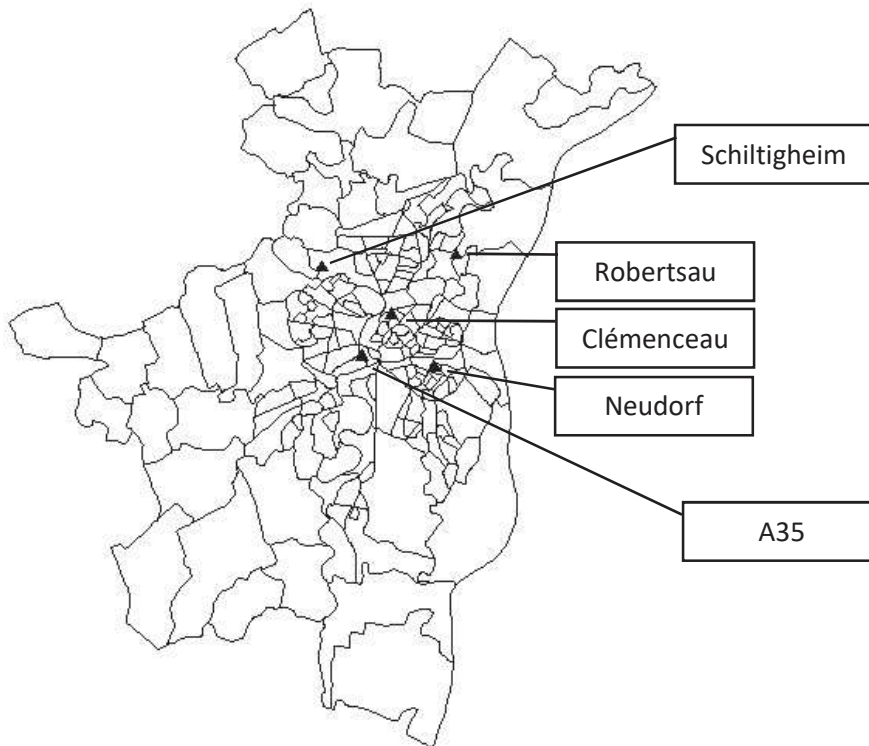


Figure 10 : Cartographie de la répartition des 5 stations de mesure de NO2 de l'étude

Bien que donnant accès à des mesures d'influence topographique variée : trafic et fond, en situation urbaine et périurbaine, la répartition spatiale des 5 stations montre qu'elles sont concentrées sur un périmètre restreint ; leur couverture géographique par rapport à la zone d'étude est limitée.

Variables pollution mesurées « échelle station »

Les variables exploitées à partir des données mesurées (« échelle station ») sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Résumé des variables pollution mesurées « échelle station »

Nom variable	Descriptif
NO2_stations	mesure de concentration journalière de NO ₂ par station de mesure (n=5 stations) sur la période d'étude (2016-17), en µg/m ³
NO2_Global	valeur moyenne journalière sur les 5 stations, en µg/m ³
NO2_Trafic	valeur moyenne pour les stations de proximité trafic ; soit les stations Clemenceau et A35, en µg/m ³
NO2_Fond	valeur moyenne pour les stations de fond ; soit les stations Schiltigheim, Robertsau et Neudorf, en µg/m ³

iii. Données estimées

Les niveaux de pollution en différents points de l'agglomération peuvent être reconstitués à partir de simulations numériques d'un modèle de dispersion atmosphérique (modèle ADMS) et adapté à l'échelle urbaine. Ce modèle a été développé par le Cambridge Environmental Research Consultants (CERC)²² et est utilisé par l'unité modélisation et spatialisation d'ATMO Grand Est. Le recours à cet outil a permis de fournir des données annuelles de concentration de dioxyde d'azote (NO₂) pour chaque IRIS du territoire d'étude.

²² <https://www.cerc.co.uk/environmental-software/ADMS-Urban-model.html>

Atmospheric Dispersion Modelling System (ADMS) Urban

Le modèle intègre des données d'entrée décrites ci-dessous, suivi d'une phase dite de « calage » consistant à faire varier certains paramètres, afin d'obtenir une estimation la plus proche de la mesure.

Données d'entrée du modèle

- données météorologiques : vitesse et direction du vent, température, hauteurs de précipitations, humidité relative, humidité relative, nébulosité, *etc.*
- émissions : prise en compte des sources contribuant le plus à la pollution émise en agglomération, soit le transport routier (axes principaux et trafic diffus), le résidentiel/tertiaire et des sources d'émission ponctuelles
- pollution de fond issue de station de mesure du réseau ATMO Grand Est

Calage du modèle

Différents paramètres peuvent être actionnés pour caler le modèle (ajout de données issues de modèle météo, profils temporels associés aux émissions, prise en compte d'éléments telle que la rugosité, la présence de canyon, *etc.*), mais celui-ci porte surtout sur la pollution de fond. Il s'agit de trouver la pollution de fond horaire la plus adaptée pour modéliser la zone d'étude.

La qualité d'estimation des données est évaluée en comparant ces données estimées à des données mesurées sur des pas de temps annuels²³.

Résultats

Le processus de modélisation permet d'obtenir une grille de points de 20m couvrant l'ensemble du territoire de l'Eurométropole (valeurs estimées tous les 20m) permettant de reconstituer des statistiques annuelles (min, moyenne, médiane, max) à l'échelle de l'IRIS.

²³ Des objectifs de qualité des données modélisées sont fixés par la législation européenne.

Variables pollution estimées « échelle IRIS »

Les données de concentration de NO₂ ont été reconstituées à l'IRIS pour un pas de temps annuel, soit 2 valeurs par IRIS ; une pour 2016 et une pour 2017. Les variables exploitées à partir des données estimées (« échelle IRIS ») sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Résumé des variables estimées pollution « échelle IRIS »

Nom variable	Descriptif
moyNO ₂	valeur moyenne annuelle de NO ₂ par IRIS (n=195 IRIS) respectivement pour 2016 (« moyNO ₂ _2016 ») et 2017 (« moyNO ₂ _2017 »), en µg/m ³
moyNO ₂ _2016-2017	valeur moyenne de NO ₂ par IRIS (n=195 IRIS) sur la période d'étude (2016-17), en µg/m ³

iv. Données transformées

L'objectif étant de pouvoir travailler sur des données de pollution journalière à l'IRIS, deux méthodes de transformation des données fournies peuvent être proposées pour respectivement passer d'une échelle station à une échelle IRIS et d'une échelle annuelle à une échelle journalière. Il s'agit d'un calcul de distance et d'une désagrégation temporelle.

Tableau 6 : Matériel, objectif et méthode de transformation des données fournies

Matériel			Objectif	Méthode
type de données	échelle spatiale	échelle temporelle		
mesurées	stations	journalière	stations → IRIS	calcul de distance
estimées	IRIS	annuelle	annuelles → journalières	désagrégation temporelle

Calcul de distance

Afin de transformer les données journalières disponibles à l'échelle « station de mesure », une méthode est de rattacher chaque IRIS à une station de référence définie comme la station la plus proche en termes de distance entre le centroïde de l'IRIS et l'une des 5 stations de mesure par un calcul de distance. L'« IRIS station » constitue alors une unité statistique intermédiaire (N=5) au niveau de laquelle sont disponibles des données de concentration de NO₂ journalière.

Le tableau suivant (Tableau 7) rend compte de la répartition des 195 IRIS au sein des 5 IRIS station sur la base des calculs de distance.

Tableau 7 : Répartition des IRIS en fonction des 5 IRIS station

	Effectif IRIS	Proportion IRIS
A35	53	27,2 %
Clémenceau	23	11,8 %
Neudorf	57	23,2 %
Robertsau	26	13,3 %
Schiltigheim	36	18,5 %
Total	195	100 %

Leur répartition spatiale est représentée ci-dessous (Figure 11).

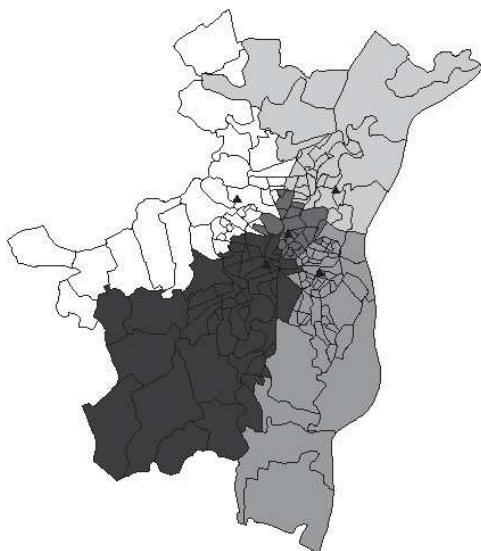


Figure 11 : Cartographie des 5 IRIS-station sur le territoire de l'EMS

La variable pollution exploitée en regard est la suivante :

Tableau 8 : Résumé de la variable pollution transformée par calcul de distance

Nom variable	Descriptif
NO2sta	valeur moyenne journalière de NO ₂ par « IRIS-station » sur la période d'étude (2016-17), en µg/m ³

Soit N=731 valeurs journalières de polluants*5 IRIS-stations = 3 655 observations.

Désagrégation temporelle

Afin de transformer les valeurs de concentrations annuelles disponibles à l'« échelle IRIS » (moyNO2), une méthode est de leur appliquer un profil temporel journalier. Dans le cadre de cette étude, un profil temporel journalier dit moyen est appliqué ; défini comme la moyenne²⁴ des stations trafic et fond chaque jour donné (PROF_NO2_MOYEN). Le résultat du produit « concentration annuelle dans un IRIS donné multiplié par profil temporel journalier moyen un jour donné » sera ensuite divisé par la moyenne des valeurs obtenues pour le profil temporel journalier moyen (mean(PROF_NO2_MOYEN)).

Soit l'opération suivante par IRIS et pour chaque jour donné :

$$\text{moyNO2} * \text{PROF_NO2_MOYEN} / \text{mean}(\text{PROF_NO2_MOYEN})$$

A noter que cette méthode expérimentale est rendue possible par la topographie du territoire de l'Eurométropole (zone plaine, faible superficie) faisant qu'un pic de pollution mesuré par une station se répercutera sur l'ensemble de la zone permettant d'appliquer des profils temporels « restreints » à une moyenne ici de seulement 5 stations.

²⁴ Travaillant sur les moyennes de concentration annuelle à l'IRIS, ATMO conseille d'appliquer un profil temporel journalier moyen. Dans le cas où nous aurions exploité les concentrations minimales annuelles à l'IRIS, un profil temporel de fond (obtenu par la moyenne des mesures de stations de fond chaque jour donné) aurait été appliqué. Pour une exploitation des concentrations maximales annuelles à l'IRIS, l'application d'un profil temporel de proximité trafic aurait été nécessaire (moyenne des mesures de stations de proximité trafic chaque jour donné).

La variable pollution exploitable est alors :

Tableau 9 : Résumé de la variable pollution transformée par désagrégation temporelle

Nom variable	Descriptif
NO2_moyen	valeur moyenne journalière de NO2 par IRIS (n=195 IRIS) sur la période d'étude (2016-17), en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Soit $N = 731$ valeurs journalières de polluants * 195 IRIS = 142 545 observations.

c. Statistiques descriptives

i. Variation temporelle : données mesurées

Le (Tableau 10) présente les statistiques descriptives pour les variables de concentration de NO_2 mesurées à partir des 5 stations réparties sur le territoire de l'EMS pour la période d'étude 2016-17 ($N=731$ jours). La concentration moyenne de NO_2 sur l'ensemble du territoire de l'Eurométropole ($\text{NO}_2_{\text{Global}}$) est de $26,5 \pm 10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Soixante-quinze pourcent des valeurs sont inférieures ou égales à $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une médiane à $25,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En situation de proximité trafic ($\text{NO}_2_{\text{Trafic}}$), les stations (Clémenceau et A35) enregistrent en moyenne une concentration de près de $46 \pm 16,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un quart des concentrations pour ces stations trafic sont supérieures ou égales à $57,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour les stations de fond (périurbaine pour Schiltigheim et urbaines pour les stations Robertsau et Neudorf), la concentration moyenne de NO_2 pour la période d'étude ($\text{NO}_2_{\text{Fond}}$) est de $22,5 \pm 11,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un quart des valeurs mesurées sont inférieures ou égales à $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tableau 10 : Description des variations temporelles de concentration en NO₂ (µg/m³), EMS, 2016-2017 (N=731jours)

NO ₂ (µg/m ³)	moyenne	s	min	Q1	médiane	Q3	max	IQR	NA (%)
NO ₂ _Global	26,5	10,6	5,9	18,3	25,5	33,1	70,1	14,7	50 (6,8 %)
NO ₂ _Trafic	45,9	16,6	11,6	33,2	44,2	57,5	107,3	24,3	23 (3,1 %)
NO ₂ _Fond	22,5	11,3	4,0	13,7	20,4	29,0	68,5	15,3	28 (3,8 %)
NO₂_stations									
Clémenceau (U-T)	47,6	15,2	16,7	37,7	45,9	55,3	127,6	17,6	6 (0,8 %)
A35 (U-T)	44,0	21,4	6,4	26,0	41,8	61,3	101,4	35,3	17 (2,3 %)
Schiltigheim (PU-F)	20,7	12,0	2,5	11,5	17,8	28,0	67,7	16,5	13 (1,8 %)
Robertsau (U-F)	21,4	11,0	3,2	13,4	18,9	27,4	65,7	14,0	9 (1,2 %)
Neudorf (U-F)	25,6	12,1	5,0	16,6	23,4	32,6	74,0	16,0	6 (1,0 %)

Paramètres : moyenne ; s : écart type ; min : minimum ; Q1 : quartile à 25 % ; médiane ; Q3 : quartile à 75 % ; max : maximum ; IQR : écart inter quartile (Q3-Q1) ; NA : nombre de valeurs manquantes (jours). Typologie stations : (U-T) : Urbaine-Trafic ; (PU-F) : Périurbaine-Fond ; (U-F) : Urbaine-Fond.

La comparaison des boxplots par station (Figure 12) met en évidence le gradient de médiane de concentration de NO₂ suivant : Clémenceau (U-T) < A35 (U-T) < Neudorf (U-F) < Robertsau (U-F) < Schiltigheim (PU-F). La station A35 de proximité trafic présente une étendue de valeurs supérieure à celle des autres stations avec un écart interquartile à 35,3 µg/m³. Alors que les distributions des valeurs pour les stations de fond de Schiltigheim et Robertsau semblent se superposer, la moyenne de la station de Neudorf semble supérieure (25,6 µg/m³).

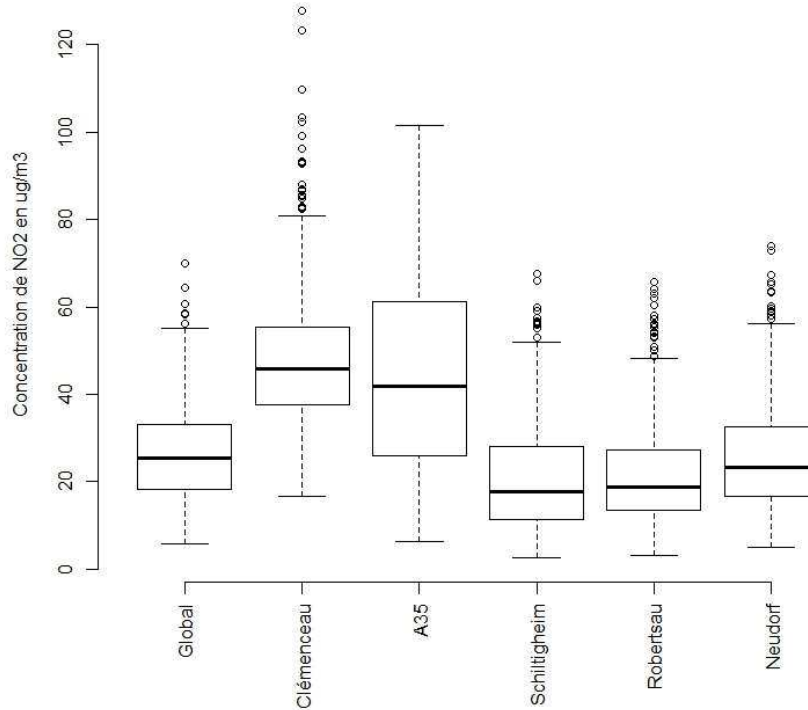


Figure 12 : Boxplot variation temporelle de la concentration de NO₂ (µg/m³) en moyenne (Global) et sur les 5 stations, EMS, 2016-17

Valeurs réglementaires

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3 disponibles sur le site Légifrance). Les valeurs mentionnées dans la réglementation française pour le dioxyde d'azote (NO₂) sont de 40 µg/m³ en moyenne annuelle pour les valeurs limites et objectifs de qualité²⁵ (tout dépassement de valeur réglementaire est constaté dès lors que la concentration du polluant dans l'air est strictement supérieure à cette valeur).

²⁵ **Valeur limite** : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) recommande des niveaux d'exposition (concentrations et durées) au-dessous desquels il n'a pas été observé d'effets nuisibles sur la santé humaine ou sur la végétation²⁶. La valeur guide pour le dioxyde d'azote est également de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air.

ii. Série temporelle : données mesurées

Les traits verticaux en rouge sur le graphique (Figure 13) découpe la période d'étude en saison ; le premier trait marquant le début du printemps 2016.

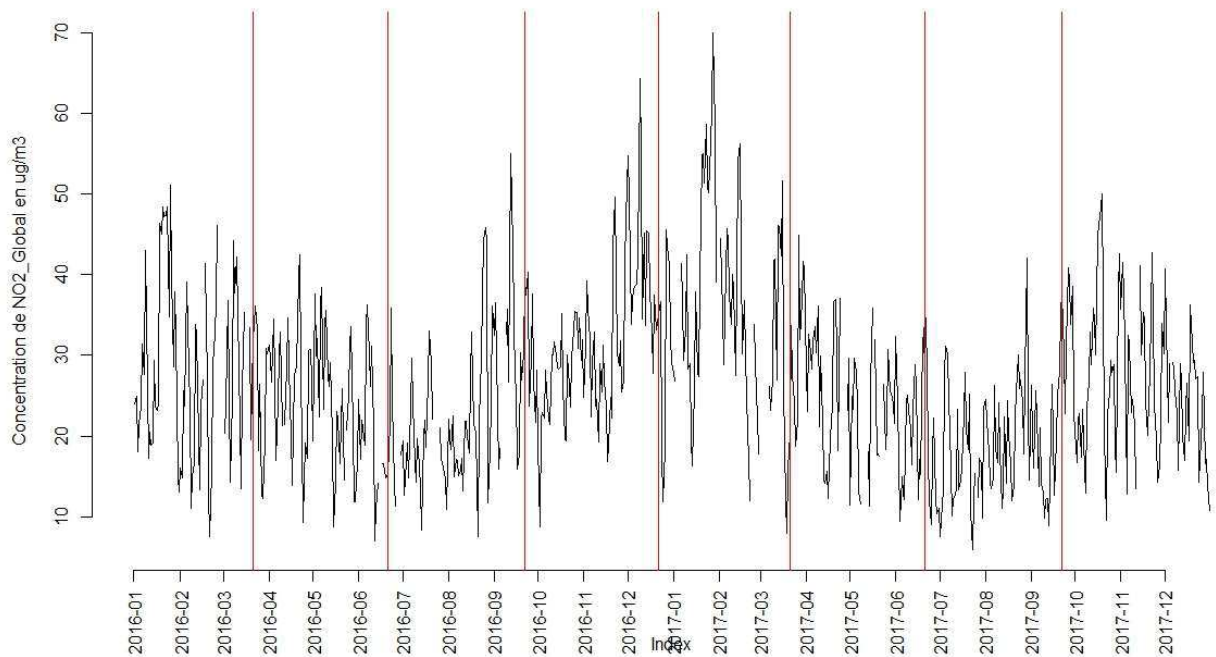


Figure 13 : Série temporelle de la concentration journalière de NO₂ Global, EMS, 2016-2017

Les concentrations de NO₂ suivent un cycle saisonnier avec des concentrations plus fortes en période hivernale et plus faibles en période estivale. Les concentrations mesurées à l'hiver 2017 [Décembre

²⁶ Valeurs guides de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé d'après [Guidelines for air quality, WHO, Geneva 2000](#) et depuis 2006 pour les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre : [Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air - Synthèse de l'évaluation des risques - Mise à jour mondiale 2005](#).

2016 :Janvier-Février 2017] semblent plus élevées en comparaison à l'hiver 2016 [Janvier-Février 2016].

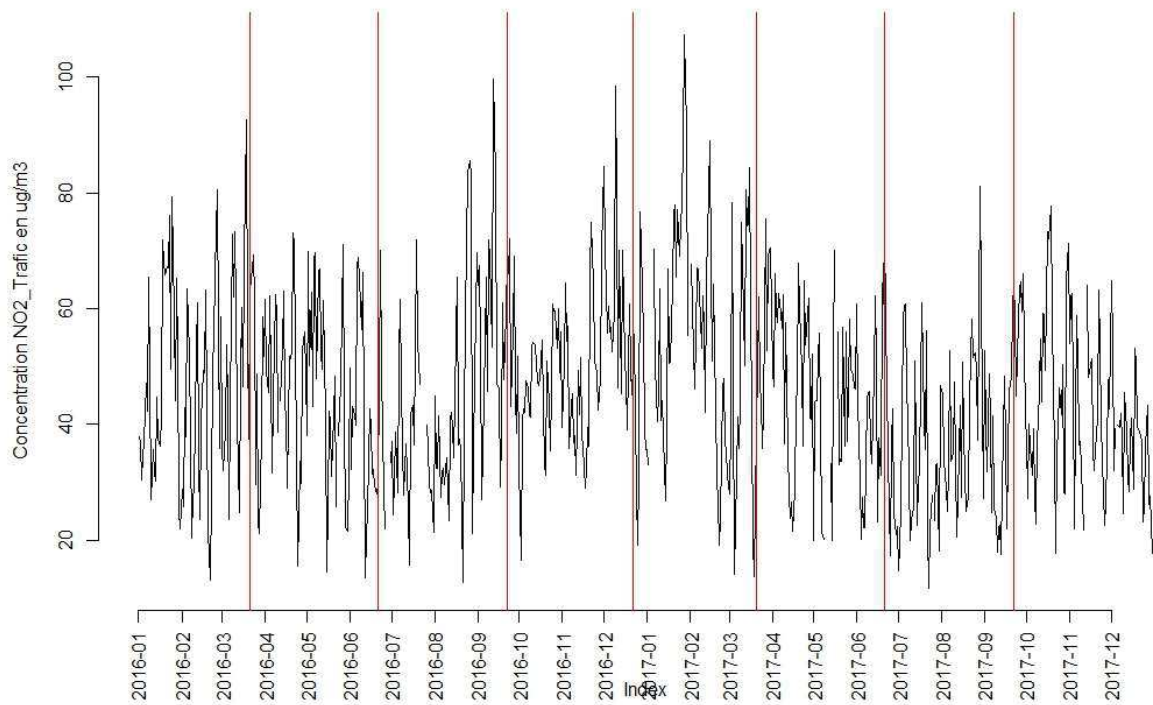


Figure 14 : Série temporelle de la concentration journalière de NO₂ Trafic, EMS, 2016-2017

Le cycle saisonnier des variations de concentration de NO₂, ainsi que le pic de pollution décrit précédemment à l'hiver 2017 sont d'autant plus visibles sur la série temporelle des stations de fond que sur les stations de proximité trafic (Figure 15 : Série temporelle de la concentration journalière de NO₂ Fond, EMS, 2016-2017 et

Figure 14 : Série temporelle de la concentration journalière de NO₂ Trafic, EMS, 2016-2017 respectivement).

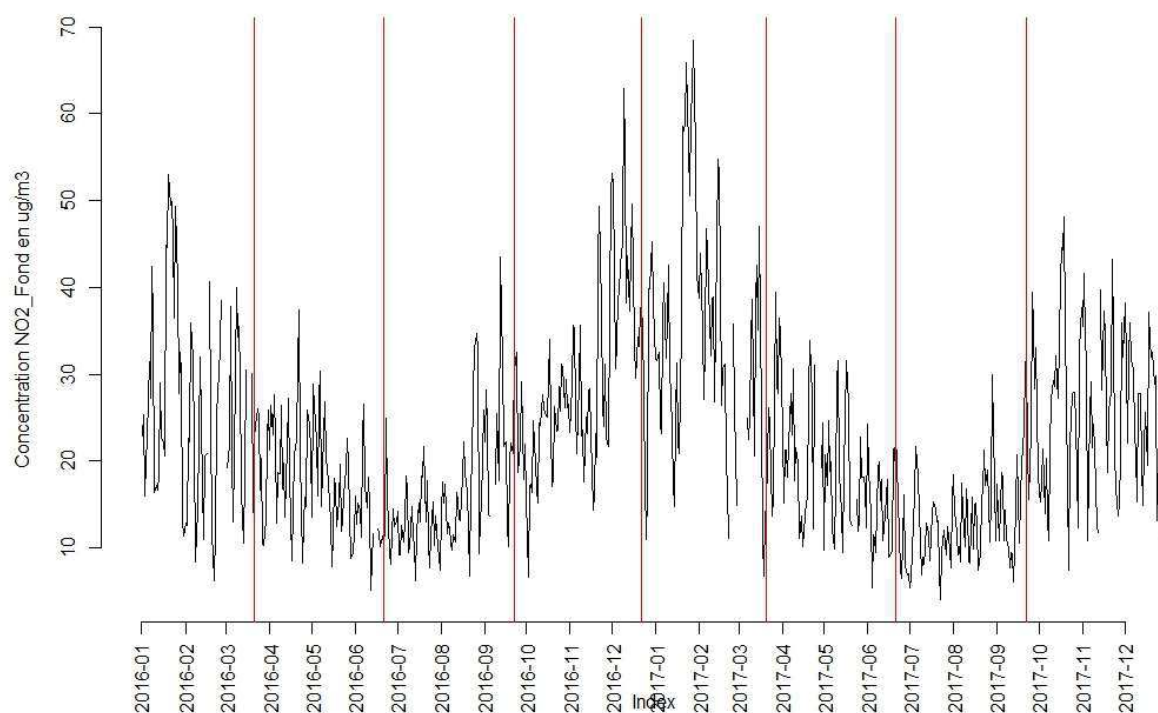


Figure 15 : Série temporelle de la concentration journalière de NO₂ Fond, EMS, 2016-2017

iii. Variation spatiale : données estimées

La valeur moyenne de NO₂ sur le territoire d'étude est de 21,7 +/- 2,3 µg/m³ (Tableau 11) pour l'ensemble de la période d'étude (moyNO₂_2016-2017). Les distributions des valeurs moyennes annuelles de NO₂ sur les 195 IRIS (0 % de NA) respectivement pour 2016 et 2017 semblent superposables.

Tableau 11 : Description des variations spatiales de concentration en NO₂ (µg/m³), EMS (N=195 IRIS)

NO ₂ (µg/m ³)	moyenne	s	min	Q1	médiane	Q3	max	IQR	NA (%)
moyNO ₂ _2016_2017	21,7	2,3	17,3	20,2	21,3	23,1	30,3	3,0	0 (0 %)
moyNO ₂ _2016	21,3	2,3	16,8	19,7	21,0	23,0	30,0	3,1	0 (0 %)
moyNO ₂ _2017	22,1	2,2	17,8	20,6	21,7	23,4	30,4	2,8	0 (0 %)

moyenne ; s : écart type ; min : minimum ; Q1 : quartile à 25 % ; médiane ; Q3 : quartile à 75 % ; max : maximum ; IQR : écart inter quartile (Q3-Q1) ; NA : nombre de valeurs manquantes (IRIS)

En moyenne sur l'ensemble de la période d'étude, les concentrations de NO₂ varient entre 17,3 et 30,3 avec une médiane de 21,3 µg/m³.

iv. Cartographie : données estimées

La représentation cartographique (Figure 16) des concentrations moyennes de NO₂ (variable moyNO2_2016_2017) met en évidence que les IRIS à fortes concentration de NO₂ (valeurs comprises entre 21,8 et 30,2 µg/m³) se répartissent majoritairement au cœur de la ville de Strasbourg, ainsi que sur certaines communes limitrophes au Nord-Ouest (Schiltigheim, Bischheim, Hœnheim) et au Sud (Illkirch Graffenstaden). Situés à l'Ouest du territoire de l'Eurométropole (Breuschwickersheim, Achenheim, Oberschaeffolsheim, Wolfisheim et Eckbolsheim) et au Sud-Ouest (Entzheim, Lingolsheim, Geispolsheim, Ostwald), les communes présentent des concentrations comprises entre 19,9 et 21,8 µg/m³. Le reste de la zone d'étude présente *grosso modo* des moyennes de concentration les plus faibles (comprises entre 17,3 et 19,9 µg/m³).

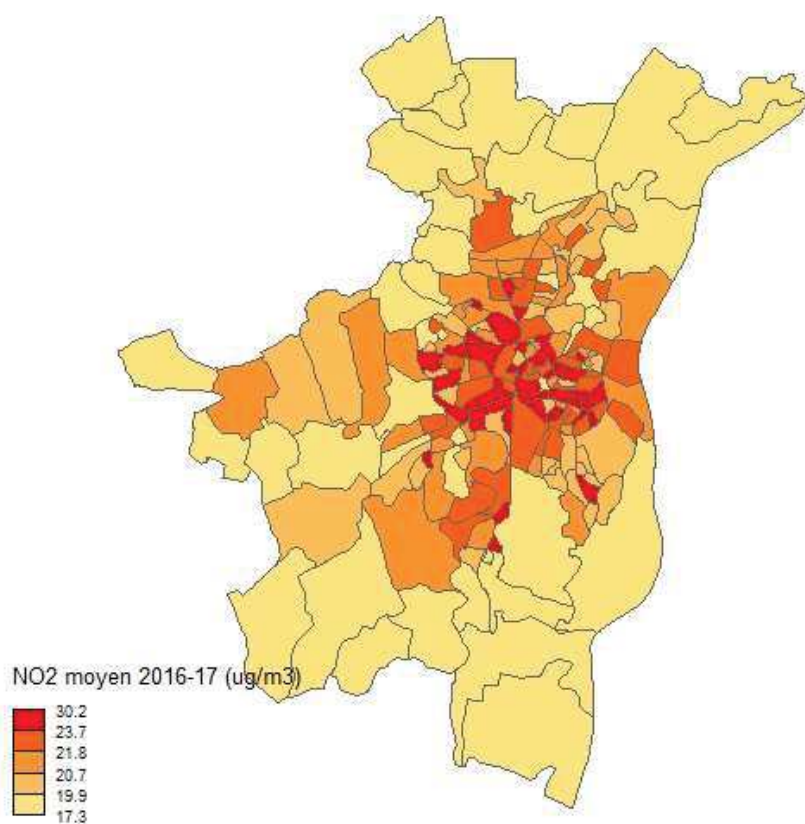


Figure 16 :Cartographie des concentrations moyennes de NO2 à l'IRIS, EMS, 2016-2017²⁷

²⁷ Les cartographies pour les concentrations moyennes de NO2 à l'IRIS sur l'EMS pour 2016 (moyNO2-2016) et pour 2017 (moyNO2_2017) sont présentées en Annexe 5.

3. Donnée socioéconomique : European Deprivation Index

a. Présentation de l'indice

L'indice de déprivation européen est un indice de défaveur social fourni par la plateforme Mapinmed hébergée au sein de l'équipe Inserm U1086 « Cancers & préventions » de Caen²⁸, dont l'objectif est de mettre à disposition des chercheurs et des décideurs publics les outils visant à évaluer l'influence de l'environnement social sur la santé et d'identifier des inégalités sociales et territoriales.

L'objectif initial de l'indice était de regarder s'il existe des liens entre, l'incidence, le dépistage et la prise en charge de certaines pathologies (cancer, VIH), avec les caractéristiques sociales des individus. Les données socioéconomiques individuelles disponibles pour ces études étaient rares et non collectées en routine, l'équipe a cherché à pallier ce manque. La méthodologie prend comme point de départ le concept de « défavorisation » proposé par Townsend en 1987 : *« un état observable et démontrable de désavantage relatif face à la communauté locale ou à l'ensemble de la société à laquelle appartient l'individu, la famille et le groupe »*, soit l'incapacité, pour les individus, à se procurer les biens fondamentaux, considérés dans la société dans laquelle ils vivent. Cette notion, relative, ne permet pas de définir de référence universelle pour le choix des variables la caractérisant, celles-ci variant selon les pays. Les objectifs de l'indice étaient à la fois : de définir cette notion pour la France, de pouvoir observer les évolutions dans le temps, mais également de pouvoir se comparer avec d'autres pays européens, donc de développer une méthodologie reproductible.

Cet indice, disponible à l'IRIS, a vocation à se rapprocher le plus possible du désavantage social individuel et sera surtout à utiliser en tant que proxy de données individuelles.

La construction de l'indice repose sur la sélection d'une combinaison de variables reflétant au mieux l'expérience individuelle de la défavorisation et qui sont disponibles à la fois au niveau individuel, dans

²⁸ Carole Pernet, Olivier Dejardin, Ludivine Launay, Lydia Guittet, Guy launoy

une enquête européenne dédiée à la défavorisation²⁹ et au niveau géographique dans le recensement de la population.

Sa méthodologie de construction, complexe, est présentée dans les articles de référence (14,15).

b. Extraction

Un simple envoi de la liste des IRIS du territoire d'étude annexé du protocole de recherche permet de récupérer l'indice de déprivation sous la forme souhaitée (quintiles ou score).

c. Statistiques descriptives

En tant qu'indice de désavantage social, l'EDI présenté sous forme de quintile de 1 à 5 s'interprète comme suit : du quintile 1 correspondant à la classe la moins déprivée (la plus favorisée) au quintile 5 correspondant à la classe la plus déprivée (la plus pauvre).

L'EDI ne présente pas de variation temporelle ; ses valeurs sont identiques pour toute la période d'étude considérée, mais varient d'un IRIS à l'autre.

i. Variation spatiale

Tableau 12 : Répartition des IRIS (N= 195) en fonction des quintiles de l'EDI

Quintile de l'EDI	Effectifs	Proportions
1	26	13,5 %
2	23	12,0 %
3	16	8,3 %
4	35	18,2 %
5	92	47,9 %
Total	192	100 %

Près de la moitié des IRIS du territoire sont caractérisés par une forte déprivation (quintile 5). Le 2^{ème} quintile de l'EDI décompte 12 % des IRIS.

²⁹ Enquête EU-SILC

ii. Cartographie

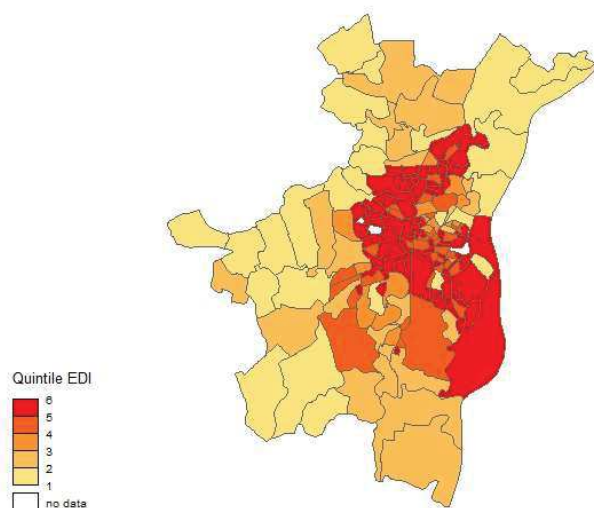
Quintile EDI

Figure 17 : Cartographie des quintiles de l'EDI, EMS, 2016-17

L'ensemble des IRIS marqué par une forte déprivation (quintile 5 de l'EDI) sont répartis sur la zone de la ville de Strasbourg (situation urbaine). Les classes moyennes supérieures (quintiles 1 et 2) sont globalement répartis en situation périurbaine à l'exception de la zone Nord-Est de la ville de Strasbourg qui retrouve aussi quelques IRIS favorisés.

C. Analyses statistiques

1. Mise en forme des données

La partie modélisation de ce travail nécessitait de disposer d'un fichier présentant pour chaque IRIS (N=195) les 731 jours de la période d'étude soit 142 545 lignes. Les variables d'intérêt (variable date, nombre de cas observés, concentration de NO₂, EDI sous forme de score et de quintiles, population de référence, etc.) ont été ajoutées par des étapes successives de fusion (fonction *merge*) entre les différents fichiers concernés, d'agrégation (*aggregate*) et de tri (*order*).

2. Modélisation

a. Principes généraux

Différentes méthodes d'analyse statistique peuvent être mobilisées dans le cadre de l'étude des inégalités socio spatiales et environnementales de santé selon l'objectif posé. Classiquement, on distingue dans les analyses spatiales pour l'épidémiologie trois grands aspects (16): la cartographie (*disease mapping*), la recherche d'agrégat et l'analyse écologique.

Si la question principale dans le cadre de ce travail est celle de l'existence d'un lien entre la distribution spatiale d'un événement de santé et la répartition des niveaux de pollution sur un territoire ; puis en sus, la contribution du niveau socio-économique dans cette même relation, l'écriture d'un modèle statistique prenant en compte la dynamique spatio temporelle constitue une méthode de choix pour apporter des éléments de réponse. Plus que de rechercher un simple parallèle entre la répartition géographique d'un événement de santé, d'un facteur de risque environnemental et/ou d'un indicateur de déprivation sociale, il s'agit de quantifier cette relation dans l'optique d'être capable de prévoir en fonction du niveau de pollution un jour donné, à un endroit donné, l'événement de santé étudié (en termes de nombre de cas). Une difficulté concerne le choix du modèle permettant de rendre compte au mieux les spécificités du jeu de données.

Le modèle statistique classique permet d'établir cette relation ; expliquer un événement de santé par un facteur de risque environnemental et évaluer la contribution d'un autre facteur (ici un facteur socioéconomique) dans cette relation ; autrement dit d'évaluer l'impact d'un facteur de confusion potentiel dans la relation. Mais le challenge réside ici dans la capacité à prendre en compte la structure spatio temporelle des données au sens où si l'unité statistique des variables implémentées dans les modèles est bien celle d'une valeur un jour donné pour un des échelons géographiques donné, le modèle classique ne considèrera là qu'une succession de valeurs (éventuellement répétées pour chaque unité géographique sur la période temporelle définie). Le modèle doit pouvoir intégrer que les couples de valeurs pour lesquels il cherche à établir une relation sont d'une part disposés selon une suite temporelle au sein de laquelle peut se dessiner une structure propre ; un effet saison sur l'événement de santé par exemple reproduit dans l'ensemble des unités géographiques observées. D'autre part, l'agencement des couples de valeurs les uns par rapport aux autres en fonction de leur coordonnée géographique dessinant le territoire étudié peut présenter un effet propre définissant ladite structure spatiale des données.

De façon générale, le processus conditionnel autorégressif (CAR) est le plus utilisé pour prendre en compte cette structure spatiale (17). Par conception il rend bien compte de l'autocorrélation puisqu'il définit que l'effet dans une entité géographique donnée suit une loi Normale dont la moyenne est la moyenne des effets dans les IRIS voisins (frontières communes) de cette entité. L'autocorrélation, d'autant plus pertinente dans les études environnementales, fait que 2 unités géographiques voisines se ressemblent plus que 2 unités prises au hasard. Cependant, le choix d'utiliser l'approche fréquentiste dans le cadre de cette thèse à dominante exploratoire ne permet pas d'utiliser le processus CAR, qui ne peut être utilisé que comme *prior* en inférence bayésienne.

La dynamique spatiotemporelle des données pourra notamment être appréhendée par des méthodes de lissage spécifique compatibles avec certains modèles. Enfin, la réflexion sur le choix du

modèle devra également intégrer la contrainte d'avoir un nombre conséquent d'observation nulle à modéliser.

b. Méthodes

La décomposition des étapes de modélisation illustre le raisonnement mené pour apporter des éléments de réponse à la question de recherche posée.

Les cas d'AVC observés (O_{it}) pour chaque IRIS i du territoire ($N=195$ IRIS) sur la période d'étude 2016-2017 ($N=731$ jours, t) constituent la variable à expliquer répartie dans 142 545 lignes d'un fichier de données ($195*731$).

S'agissant d'étudier l'effet de la pollution sur les AVC, une variable explicative potentielle est la pollution de l'air par le dioxyde d'azote (NO_2). Les données transformées par désagrégation temporelle ; soit les données de concentration journalière de dioxyde d'azote à l'IRIS ($NO2_moyen$, Tableau 9) ont été utilisées en première intention.

Une approche conventionnelle pour modéliser ces données est de considérer que le nombre de cas peut s'exprimer (à une constante près « $Beta_0$ ») par la concentration en dioxyde d'azote multipliée par une valeur (un paramètre « $Beta$ », à estimer) :

$$\text{Log}(O_{it}) = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \text{NO2_moyen}_{it}$$

Considérant que le nombre de cas observés suit une loi de Poisson (Figure 7), un lien log est utilisé.

Les résultats d'un modèle linéaire de ce type avec estimation des valeurs de $Beta$ permettent en théorie de prédire quel que soit le jour et l'IRIS, le nombre de cas d'AVC dès lors que la concentration en NO_2 est connue.

Afin d'approcher au mieux la relation entre le nombre de cas observés et la concentration de NO₂, les modèles additifs généralisés (gam) permettent une modélisation plus souple (relâchement de l'hypothèse de loglinéarité de l'effet de NO₂ sur le nombre de cas) en remplaçant dans le prédicteur linéaire le $Beta$ par une fonction de lissage (splines cubiques).

$$\text{Log}(O_{it}) = \text{Beta}_0 + s(\text{NO}_2\text{_moyen}_i)$$

L'EDI constitue la deuxième variable explicative potentielle ; exprimé sous forme de quintiles, on choisira de modéliser l'EDI sous forme de variable factorielle ; le modèle s'écrit alors :

$$\text{Log}(O_{it}) = \text{Beta}_{\text{quintiles EDI}(i)} + s(\text{NO}_2\text{_moyen}_i)$$

Remarque : L'alternative à la modélisation « as.factor » des quintiles de l'EDI est de les transformer en score (de 1 à 5) et de considérer une relation log-linéaire pour expliquer le nombre de cas : $\text{Log}(O_{it}) = \text{Beta}.\text{quintile}.\text{EDI}(i) + s(\text{NO}_2\text{_moyen}_i)$. Ce faisant, on impose une contrainte très forte sur la relation entre nombre d'AVC et déprivation. Le choix a donc été fait de retenir la formulation en « as.factor », plus souple puisque n'imposant aucune contrainte sur les valeurs des estimations pour chaque quintile.

La question de la contribution de l'EDI dans la relation entre AVC et pollution de l'air amène à interroger le lien entre pollution et EDI. Si dans les relations présentées jusqu'à présent, le sens de l'explication est évident (rôle supposé de la pollution ou de l'EDI sur les AVC en l'occurrence), la définition des variables à expliquer et explicative dans la relation pollution et EDI l'est moins. Considérant l'EDI comme facteur de confusion potentiel dans la formulation de l'objectif principal, le modèle choisi étudiera l'effet de l'EDI sur la pollution (et non pas l'inverse) soumettant l'hypothèse que d'habiter dans des zones défavorisées expose à davantage de pollution.

En sus de cette variable pollution, le nombre de cas d'AVC tend à varier avec le temps, pour des raisons ayant plus ou moins à voir avec la pollution. L'effet du temps est ajouté dans le prédicteur linéaire sous forme d'un lissage d'une variable séquentielle du nombre de jours.

$$\text{Log}(O_{it}) = \text{Beta}_0 + s(\text{NO2_moyen}_{it}) + s(t)$$

Dans les modèles présentés jusqu'à présent la structure spatiale des données n'est pas prise en compte, alors que l'effet de la pollution et de l'EDI sur le nombre de cas peut être supposé différent selon la position géographique des IRIS. Autrement dit les modèles expliquant les AVC par la pollution et l'EDI seraient insuffisamment explicatifs ; il resterait une structure spatiale dans la répartition des AVC qui ne serait pas expliquée par les valeurs de pollution ou de l'EDI. L'effet potentiel de la structure spatiale est ajouté dans le prédicteur linéaire sous la forme d'un produit tensoriel des coordonnées des centroïdes de chacun des IRIS (généralisation des splines à la dimension 2).

$$\text{Log}(O_{it}) = \text{Beta}_0 + s(\text{NO2_moyen}_{it}) + \text{te}(X_i, Y_i)$$

Afin de rapporter le nombre de cas de chaque IRIS à sa population, un offset est ajouté. Le modèle évaluant la contribution de l'EDI dans la relation entre AVC et pollution s'écrit alors comme suit :

$$\text{Log}(O_{it}) = \text{Beta}_{\text{quintiles EDI}(i)} + s(\text{NO2_moyen}_{it}) + \text{offset}(\log(\text{P13_pop}_i))$$

En revenant sur l'échelle naturelle, ce prédicteur linéaire explique alors le logarithme d'un taux d'incidence (nombre de cas rapporté à une population, considérant comme population à risque la population du recensement).

L'ensemble des analyses a été réalisé avec le logiciel R Studio - R version 3.4.4. L'utilisation des modèles gam fait appel au package mgcv³⁰ développé par Simon Wood.

³⁰ <https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/mgcv.pdf>

III. Résultats

A. AVC et pollution

En première intention, la relation entre le nombre de cas d'AVC observés et la pollution de l'air par le dioxyde d'azote peut être explorée en ayant recours aux données de pollution renseignées à l'IRIS et au jour (variable « NO2_moyen », données transformées, Tableau 9) constituant le fichier complet avec les 142 545 lignes. Il est à noter dans ce cas, que la distribution du nombre de cas d'AVC observés par jour et par IRIS comporte près de 99 % de valeur nulle (0 cas pour un IRIS un jour donné).

Tableau 13 : Répartition du nombre de cas d'AVC par IRIS et par jour dans le fichier de 142 545 lignes

Nombre de cas d'AVC observés par IRIS et par jour	Effectifs	Proportions
0	140 784	98,8 %
1	1 742	1,2 %
2	19	0,01 %
Total	142 545	100 %

L'adéquation aux données du modèle³¹ ; `model <-`

```
gam(O~s(NO2_moyen), offset(log(data$P13_POP)), data=data, family="poisson"),
```

jugée médiocre (déviante expliquée = 0,48 %) incite à choisir un autre type de modèle (cf discussion)

ou un autre niveau d'agrégation des données, ce qui a été le cas ici.

Échelle d'agrégation temporelle

Le nombre de cas d'AVC observés par IRIS peut être agrégé à l'année impliquant de mettre en regard les données de pollution estimées par ATMO (variable « moyNO2 », Tableau 5). Le fichier de données est alors constitué de 390 lignes avec 2 valeurs par IRIS (N=195) : nombre de cas d'AVC observés et

³¹ Résultats non présentés

concentration de NO₂ (moyNO2_2016 et moyNO2_2017). La distribution du nombre de cas d'AVC observés par IRIS et par année est alors la suivante :

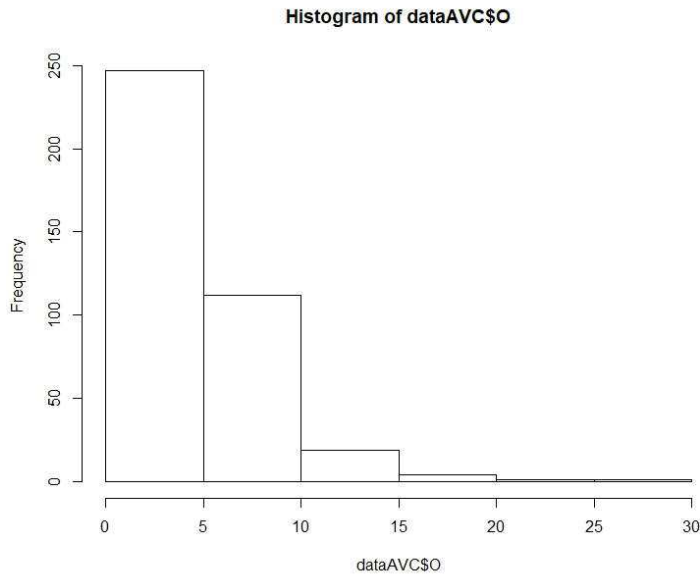


Figure 18 Fréquence de distribution du nombre de cas d'AVC observés par IRIS et par année dans fichier de 390 lignes

Le nombre de cas d'AVC par IRIS et par année (N=390 observations d'IRIS_année) est dans près de 90 % des cas compris 0 et 10 cas avec ici moins de 8 % de valeur nulle.

Les résultats du modèle ; `model<- gam(O~s(moyNO2) , offset(log(dataAVC$P13_POP)) , data=dataAVC , family="poisson")`³²,

présenté ci-dessous (Figure 19) montre que l'effet de la pollution par le NO₂ sur le nombre de cas d'AVC observés diminue à mesure que la concentration de NO₂ augmente dans la zone d'intérêt définie entre 18 et 26 µg/m³ de concentration de NO₂ (effectifs faibles de part et d'autre de cet intervalle).

³² déviance expliquée des données par le modèle très faible (5 %)

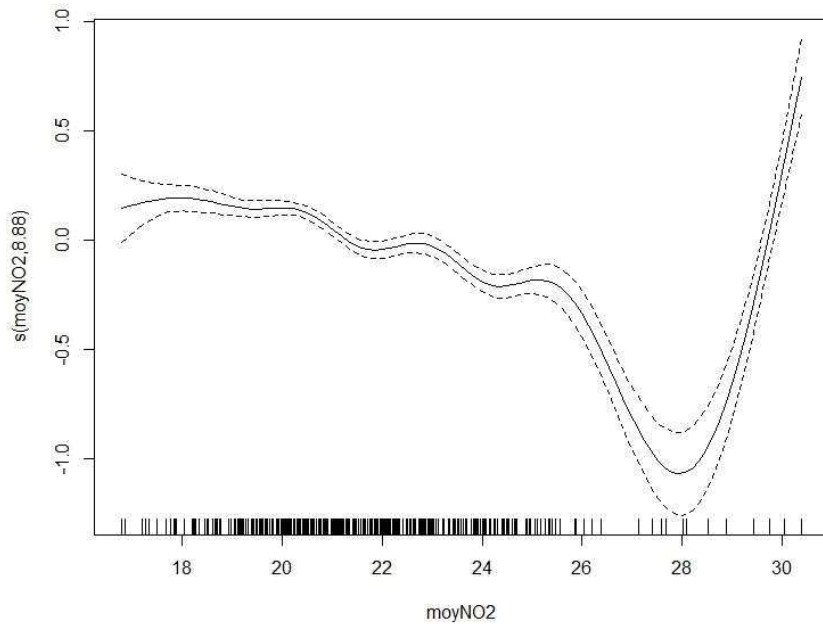


Figure 19 : Représentation graphique de l'effet de la pollution sur le nombre de cas d'AVC en fonction de la concentration en NO₂

En valeurs prédites, le nombre de cas d'AVC par IRIS_année diminue au fur et à mesure que la concentration de NO₂ augmente avec un écart interquartile de 0,94 [Q3-Q1] (Figure 20). Si le nombre d'AVC prédit est de l'ordre de 6 par an pour les expositions les plus faibles, il diminue jusqu'à 3 pour des valeurs de NO₂ de 26 µg/m³.

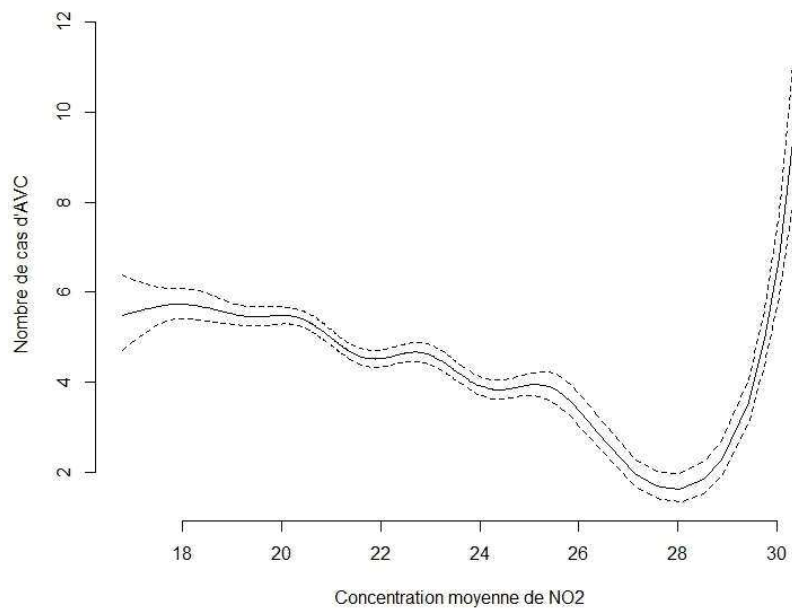


Figure 20 : Représentation graphique des valeurs prédites d'AVC observés en fonction de la concentration moyenne de NO2

Avant d'évaluer la contribution de l'EDI dans la relation entre AVC et pollution par le dioxyde d'azote, il peut être intéressant d'étudier isolément les relations AVC et EDI d'une part, EDI et pollution d'autre part.

B. AVC et EDI

L'explication du nombre de cas en fonction de l'EDI par le modèle ;

```
model<-glm(O~as.factor(quintileedi),offset(log(dataAVC$P13_POP)),
data=dataAVC family="poisson"),
```

peut être représenté comme suit (valeurs prédites) :

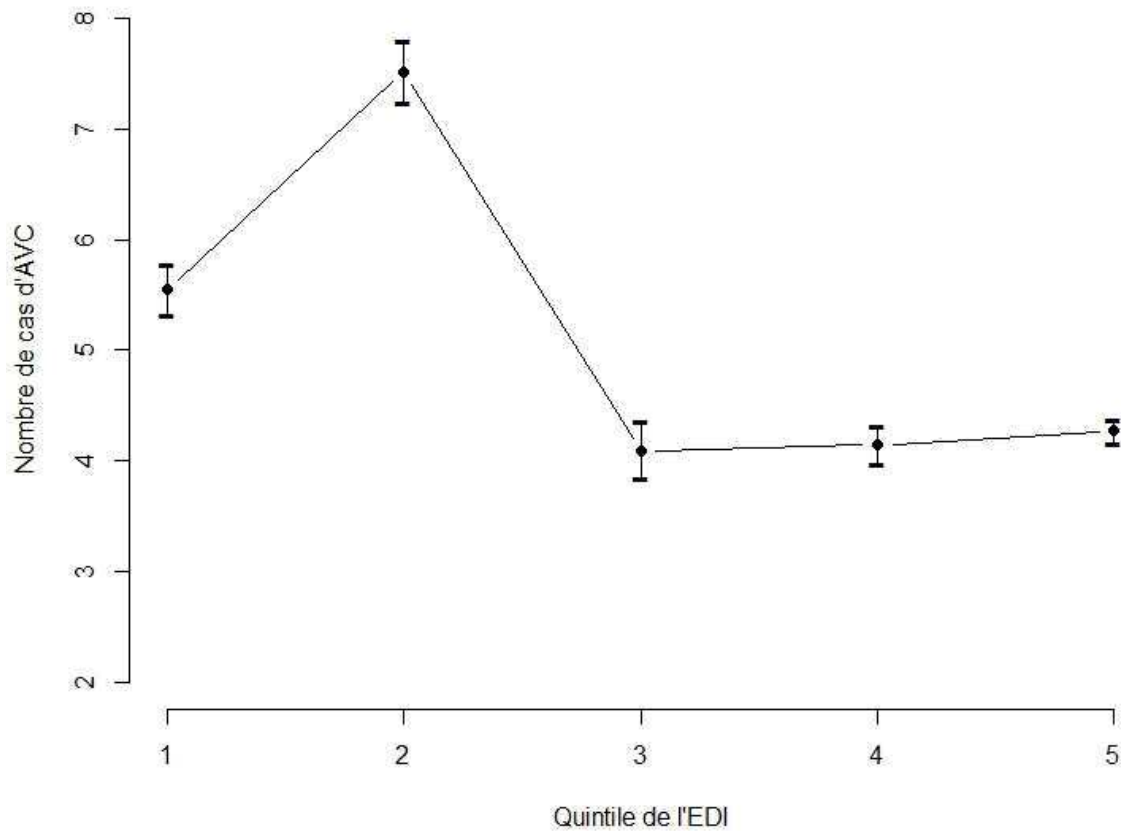


Figure 21 : Représentation des valeurs prédites de cas d'AVC en fonction des quintiles de l'EDI

Le nombre de cas d'AVC observés est plus élevé dans les IRIS typés en défaveur moyenne (deuxième quintile de l'EDI) avec 7,5 cas/IRIS_année par rapport aux IRIS caractérisés par une faible (premier quintile de l'EDI, 5,5 cas/IRIS_année) ou une forte défaveur (quintiles 3 à 5). Le nombre de cas d'AVC par IRIS_année estimés pour les quintiles 3 à 5 est superposable ; les valeurs étant respectivement de 4,1, 4,1 et 4,3 cas d'AVC/IRIS_année.

C. Pollution et EDI

Le modèle expliquant la pollution par les quintiles de l'EDI ;

`reg<-lm(moyNO2~as.factor(quintileedi), data=dataAVC)`, se représente de la façon suivante :

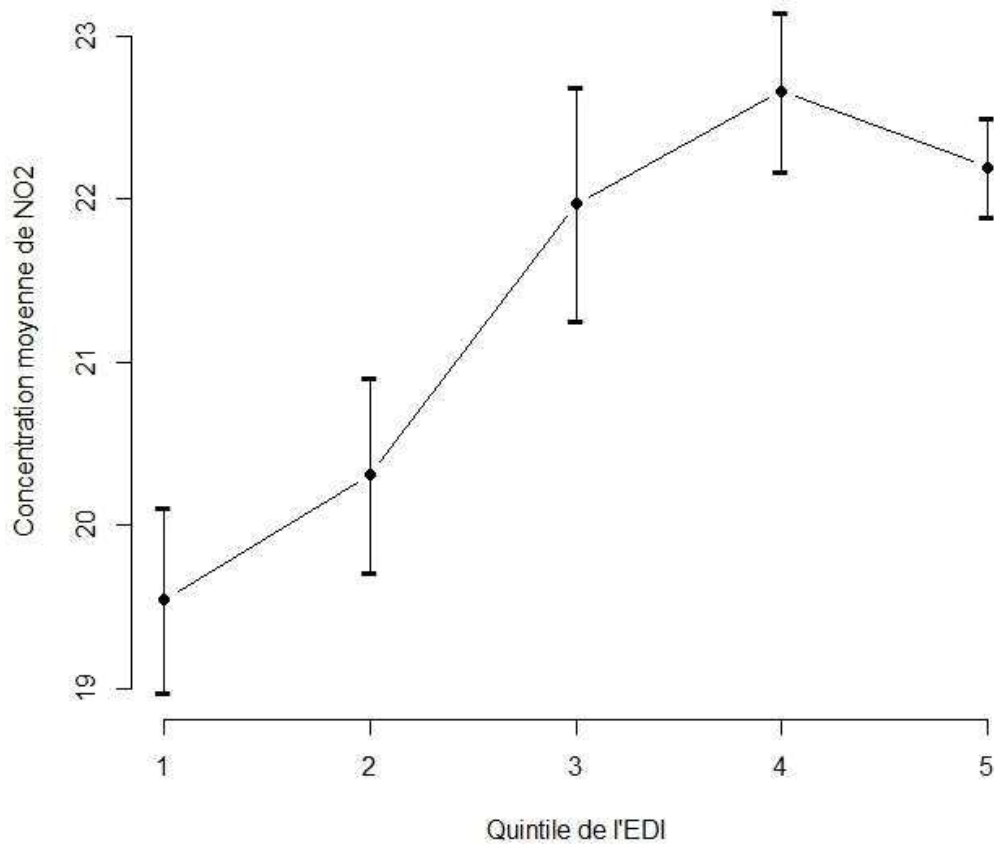


Figure 22 : Représentation graphique de la pollution prédite en fonction des quintiles de l'EDI

La concentration moyenne de NO₂ estimée augmente en fonction des quintiles de l'EDI (déprivation croissante) jusqu'au quatrième quintile. Dans le premier quintile (faible déprivation), la concentration moyenne de NO₂ est de 19,5 µg/m³. Elle augmente progressivement (respectivement 20,3 et 22 µg/m³ dans les quintiles 2 et 3) pour atteindre un maximum dans le 4^{ème} quintile où celle-ci

est de $22,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Une inversion de tendance semble s'amorcer entre le 4^{ème} et 5^{ème} quintile ($22,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

D. Effet spatio temporel

Pour étudier dans un modèle global, la contribution de l'EDI et de la pollution dans la survenue des AVC, on pourrait s'interroger sur le rôle qu'une structure spatiale pourrait jouer, voir même, notamment parce que la littérature associe souvent temps et espace, le rôle qu'une structure spatiotemporelle pourrait jouer. S'il avait déjà été décidé de ne pas modéliser l'effet du temps compte tenu du niveau d'agrégation temporel des données choisi (2 valeurs par IRIS, variable « moyNO2 », Tableau 5), considérons néanmoins le modèle suivant³³ ;

```
model <- gam(O~NO2_moyen+s(date), offset(log(data$P13_POP))
data=data, family="poisson")
```

Celui-ci montre que l'effet du temps sur le nombre de cas d'AVC augmente au cours de l'hiver 2017 (les traits verticaux délimitent les saisons ; le premier trait correspondant au printemps 2016).

L'amplitude de variation est cependant minime.

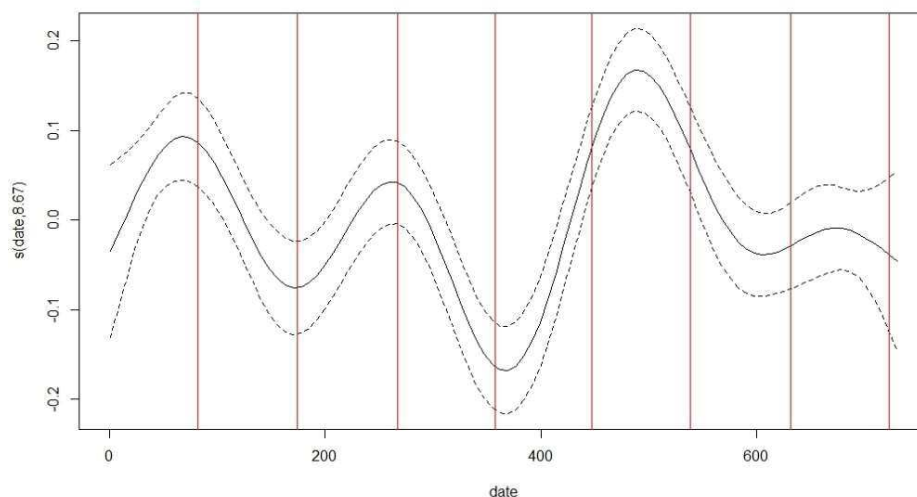


Figure 23 : Représentation de l'effet du temps sur le nombre de cas d'AVC en fonction du temps

³³ Les données d'entrée concernant la pollution sont ici les données du fichier complet (données transformées, NO2_moyen, Tableau 9).

De la même manière, on pourrait tester l'effet d'une structure spatiale modélisée comme suit³⁴

```
model<-gam(O~moyNO2+te(X,Y),offset(log(dataAVC$P13_POP))
data=dataAVC,family="poisson")
```

dont les résultats s'interprètent sur la représentation cartographique ci-dessous (Figure 24).

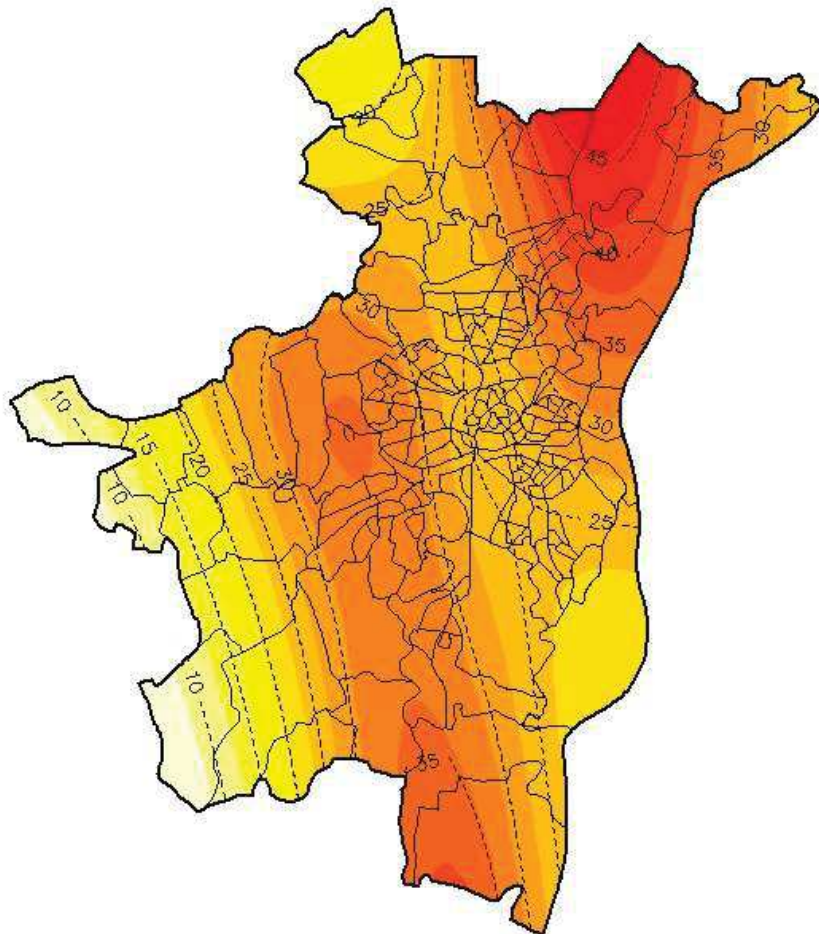


Figure 24 : Cartographie de l'effet de la structure spatiale dans la relation nombre de cas d'AVC observés et pollution

³⁴ Les données d'entrée concernant la pollution sont ici les données du fichier de 390 lignes avec 2 valeurs par IRIS

(N=195) : concentration de NO₂ (moyNO2_2016 et moyNO2_2017, Tableau 5).

Les courbes de niveaux indexées d'un nombre de cas prédit attestent de l'existence d'une structure spatiale au sens d'un effet de la position géographique d'un IRIS sur le nombre de cas d'AVC. La distribution des cas d'AVC dans un IRIS donné s'explique davantage par sa localisation que par son niveau de pollution. L'effet de la pollution, minime par rapport à un effet spatial, sera différent selon la position géographique de l'IRIS. Le fait d'habiter dans certaines zones délimitées par les courbes de niveaux, ne respectant pas nécessairement le découpage en IRIS, aura un effet sur le nombre de cas d'AVC. Cet effet est d'autant plus important que les couleurs seront foncées.

Ainsi la carte montre un effet de la structure spatiale sur le nombre de cas d'AVC pouvant être décrit *grosso modo* par un gradient allant d'Est en Ouest découpé en 4 zones avec un effet majeur en zone Nord-Est où le nombre de cas prédit peut aller jusqu'à 45 cas par IRIS_année et un effet mineur en zone Sud-Ouest avec un nombre de cas prédit de l'ordre de 10 à 15 cas par IRIS_année. Entre ces deux extrêmes, l'effet est d'ordre moyen avec un nombre de cas prédit compris globalement entre 20 et 35 cas selon les zones.

E. Contribution de l'EDI dans la relation AVC pollution

La contribution de l'EDI dans la relation AVC et pollution de l'air, évaluée par le modèle suivant ;

```
model<-gam(O~as.factor(quintileedi)+s(NO2_moyen),offset(log(data$P13_POP)),
data=data, family="poisson")
```

s'interprète sur la base des Figure 26 : Représentation graphique de l'effet de la pollution sur le nombre de cas d'AVC dans le modèle « AVC en fonction du quintile de l'EDI et de la pollution et Figure 25 : Représentation du nombre de cas d'AVC prédit en fonction des concentrations de NO2 et selon le quintile de l'EDI.

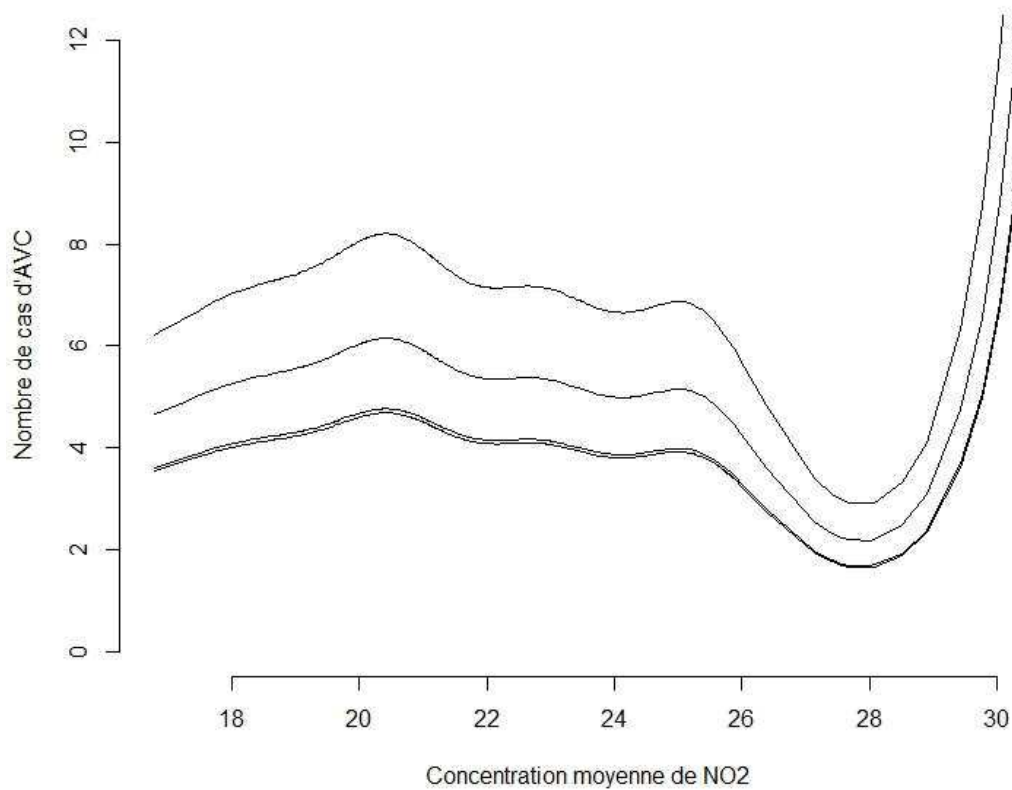


Figure 25 : Représentation du nombre de cas d'AVC prédit en fonction des concentrations de NO2 et selon le quintile de l'EDI

L'effet de la pollution sur le nombre de cas d'AVC varie en fonction du quintile de l'EDI ; le nombre de cas d'AVC prédit décroît selon l'ordre des quintiles suivant : $Q2 > Q1 > Q5 > Q3-Q4$ (superposés) (Figure 25). Les amplitudes de variation restent minimales. Dans la zone d'intérêt (entre 18 et 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), l'effet augmente légèrement jusqu'à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, puis décroît progressivement jusqu'à 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'augmentation importante de l'effet observé à partir de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est pas prise en compte dans la zone dite d'intérêt puisque les effectifs y sont très faibles. L'effet de chacune des variables EDI et pollution n'est pas modifié par rapport à l'aspect qu'elles présentaient en univarié (Figure 20 et Figure 21).

Le pouvoir explicatif de l'EDI dans la prédiction du nombre de cas d'AVC est supérieur (entre 4 à 7 fois supérieur selon le quintile considéré) à celui de la pollution qui dans la zone d'intérêt définie entre 18 et 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est de l'ordre de 1 (effet quasi nul sur échelle logarithmique) (Figure 26).

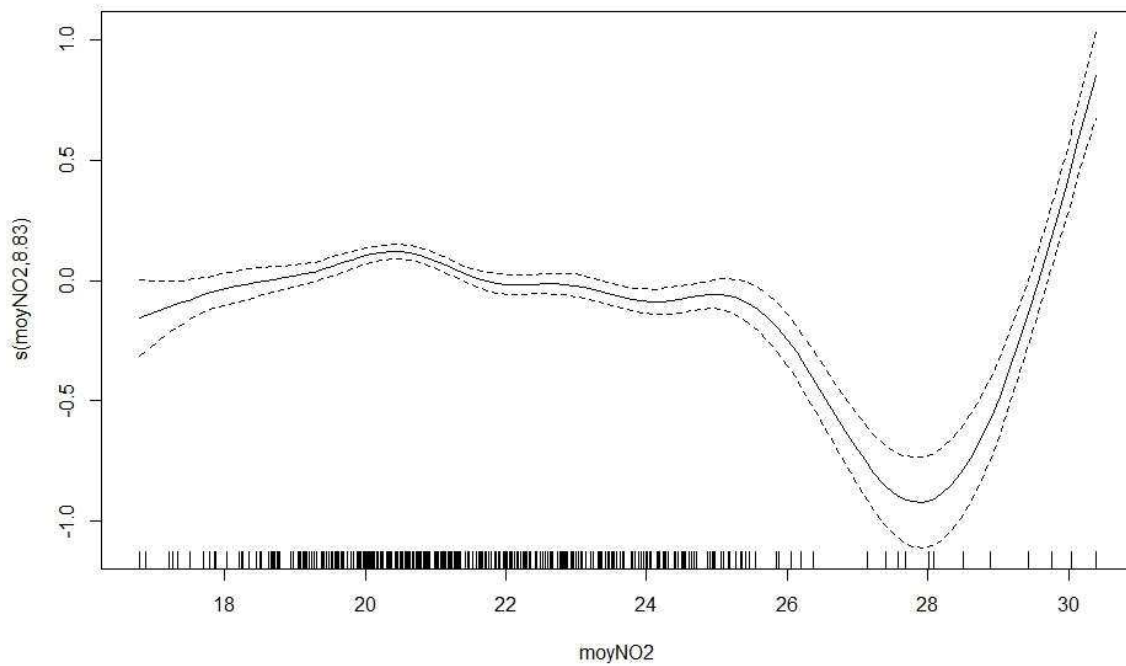


Figure 26 : Représentation graphique de l'effet de la pollution sur le nombre de cas d'AVC dans le modèle « AVC en fonction du quintile de l'EDI et de la pollution »

IV. Discussion

Rappel des résultats principaux

Alors que les classes défavorisées semblaient davantage exposées à la pollution (augmentation de la concentration de NO₂ en fonction des quintiles de l'EDI), l'étude de la relation entre AVC et EDI ne se caractérisait pas par un « classique » gradient socio-économique de santé (entendu comme une augmentation du nombre d'évènement de santé mesuré en fonction d'une augmentation du niveau de déprivation). En effet la prédiction du nombre de cas d'AVC annuel par IRIS était maximale dans les IRIS appartenant aux classes moyennes (2^{ème} quintile de l'EDI) ; estimation supérieure par rapport aux IRIS du premier quintile d'une part (classe la plus riche) et des 3 derniers quintiles d'autre part (classes les plus défavorisées). La logique aurait attendu un nombre de cas d'AVC supérieur dans les IRIS les moins favorisés du fait d'une plus forte exposition.

Considérant l'étude de la relation entre AVC et pollution, qui montrait une diminution de l'effet de la pollution sur le nombre de cas d'AVC au fur et à mesure que la pollution augmente ; les IRIS les plus défavorisés sont certes plus exposés à la pollution, mais l'effet de celle-ci sur le nombre de cas est moindre en comparaison à des IRIS moins exposés (effet inversé AVC et pollution) ; le nombre de cas semblaient inférieurs. A contrario dans le deuxième quintile de l'EDI, l'exposition est moindre, mais considérant un effet plus important, le nombre de cas d'AVC restait supérieur.

Le modèle global « AVC en fonction des quintiles de l'EDI et de la pollution » présente l'avantage de ne pas imposer de sens à la relation entre pollution et EDI et de considérer ces 2 facteurs de façon concomitante dans l'explication du nombre de cas d'AVC (plus que comme facteurs causaux). Étudier la pollution en fonction de l'EDI ou l'EDI en fonction de la pollution ne sous-tend pas les mêmes hypothèses qui respectivement seraient qu'habiter en zone défavorisée expose à davantage de pollution ou qu'être situé en zone polluée augmente le risque d'habiter en zone défavorisée. Les résultats de ce modèle montrent que le pouvoir explicatif de l'EDI est supérieur à celui de la pollution sur le nombre de cas d'AVC.

Prise en compte des facteurs de risque dans une étude écologique

Ces résultats suggèrent l'existence de facteurs non pris en compte dans la relation AVC et EDI dont l'effet serait supérieur à celui de la pollution. L'étude de l'effet de la structure spatiale sur le nombre de cas d'AVC corrobore cette hypothèse dans la mesure où le pouvoir explicatif de la position géographique des IRIS les uns par rapport aux autres sur le nombre d'AVC semble supérieur à celui de la pollution. Il s'agirait de facteurs de risque d'AVC davantage représentés dans les IRIS socio économiquement favorisés expliquant un nombre d'AVC supérieur dans ces IRIS malgré une moindre exposition à la pollution. L'âge est certainement un facteur de confusion prédominant dans cette relation AVC-pollution-EDI. La mise en regard ci-dessous de la représentation cartographique de l'âge (effectif de population de 65 ans ou plus), de l'EDI et de la structure spatiale appuie cette hypothèse.

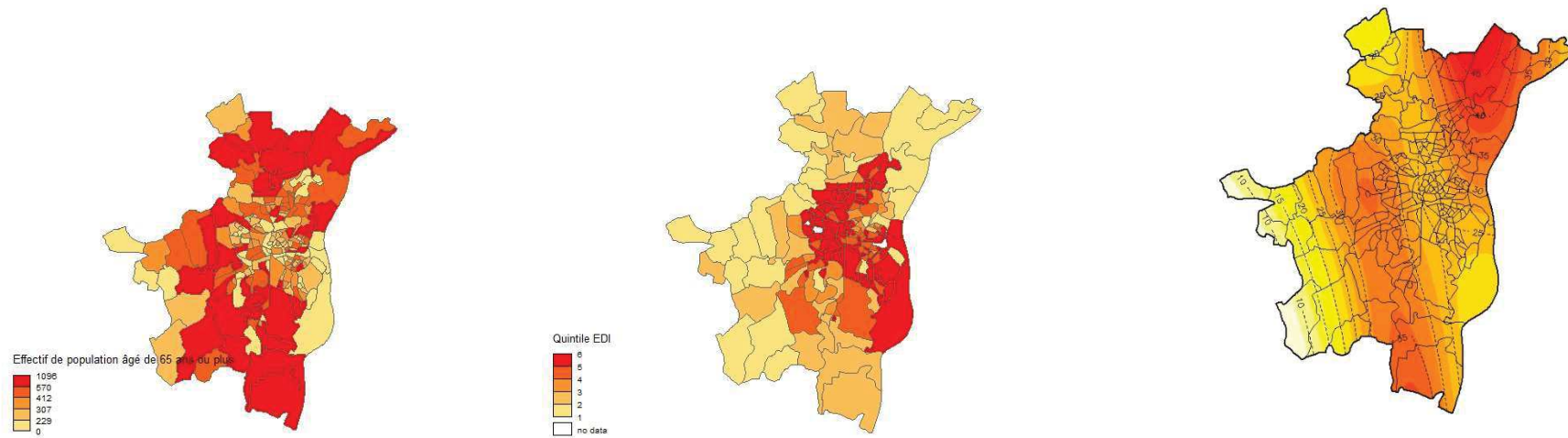


Figure 27 : Cartographies des effectifs de 65 ou plus (gauche), des quintiles de l'EDI (centre) et de l'effet de la structure spatiale dans la relation nombre de cas d'AVC observés et pollution, EMS, 2016-2017 (droite)

Les IRIS appartenant aux classes favorisées (couleurs claires) *grosso modo* localisés en situation périurbaine semblent davantage concernés par des effectifs de population de 65 ans ou plus que les IRIS plus défavorisés (couleurs foncées) « plus jeunes ». Ainsi l'effet de l'EDI sur le nombre de cas d'AVC serait davantage expliqué par la structure d'âge de la population ; population âgée, plus à risque d'AVC en l'occurrence que par la pollution. La corrélation entre la répartition des IRIS à forte concentration de sujets âgés et celle d'un effet spatial supérieur sur le nombre de cas (couleurs foncées) certifie cette hypothèse.

D'autres facteurs de confusion potentiels, dont la répartition serait similaire à celle présentée par la structure spatiale, pourrait interagir dans la relation. Outre l'âge, dans les facteurs non modifiables, le sexe masculin est considéré comme facteur de risque cardiovasculaire (avant 70 ans, deux tiers des infarctus surviennent chez l'homme et cette différence diminue chez la femme après la ménopause et disparaît après 75 ans)³⁵. Le rapport sur l'état de santé de la population en France³⁶ montre qu'après prise en compte de l'âge le taux de patients hospitalisés pour AVC qui est de 167,9/100 000 est 1,5 fois plus élevé chez les hommes que chez les femmes quel que soit le type d'AVC. Suivant le même raisonnement que pour l'âge, un argument favorable serait d'observer que les IRIS des classes favorisées sont habités par davantage d'hommes que de femmes. Difficile de pouvoir avancer des hypothèses sur l'effet de ce facteur sans recueil de la variable sexe à l'échelle individuelle, ni de la cartographie des sexratio de l'EMS (réalisation non entreprise). A noter tout de même que soixante-quinze pourcent des sexratio par IRIS³⁷ de l'ensemble du territoire d'étude sont inférieur ou égal à 1.

Il est important de garder à l'esprit que ces présomptions d'explication du nombre de cas par les facteurs sus cités (comparaison de cartes) ne remplacent pas un recueil individuel de la donnée permettant de tester véritablement un lien (notion de biais écologique).

Les facteurs de risque cardiovasculaires modifiables (tabagisme, hypertension artérielle, dyslipidémie, diabète, insuffisance rénale, sédentarité, obésité, syndrome métabolique), ainsi que des marqueurs de risque³⁸ (facteurs psychosociaux et environnementaux, stress, excès d'alcool, protéine C-réactive, etc.) mériteraient d'être étudiés.

Ces facteurs de risque potentiels n'ont pas pu être pris en compte dans cette étude. L'existence d'une population de référence pour ces facteurs à l'échelle de l'IRIS constitue un obstacle méthodologique à

³⁵ http://campus.cerimes.fr/cardiologie-et-maladies-vasculaires/enseignement/cardio_129/site/html/cours.pdf

³⁶ Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees), Santé publique France, 2017

³⁷ rapport effectifs homme/femme calculé sur la base des données Insee 2015

³⁸ facteurs de gravité dont l'influence statistique sur l'évolution de la maladie n'a pas été clairement démontrée

leur prise en compte dans ce type d'étude (étude écologique). En effet, si des populations de référence à l'échelle de l'IRIS peuvent être mises à disposition par l'Insee pour des facteurs tels que l'âge, le sexe ou la catégorie socio professionnelle, il n'est pas aussi aisé de pouvoir disposer de référence en termes d'effectifs de sujets tabagiques/non tabagiques ou hypertendus/non hypertendus par exemple.

Pour de telles variables catégorielles, il aurait alors été possible d'utiliser leur répartition pour stratifier le calcul du nombre de cas attendus (en se privant alors de la possibilité de vérifier leur réel effet sur les cas d'AVC) ou d'intégrer leur effet dans le prédicteur linéaire. Dans ce cas, se serait posé la question de la modélisation de cet effet (tendance linéaire au travers de catégories ordonnées ? structure spatiale par catégorie ? évolution temporelle de l'effet ?). De plus, les modèles à type de régression de Poisson utilisés ici ne valent que pour les variables catégorielles, sur les modalités desquelles il est possible de scinder le tableau de données. Pour des variables continues, il est nécessaire de catégoriser ces variables pour garder les régressions de Poisson ou de changer de modèles et globalement de type de schéma d'étude par exemple pour utiliser des études cas-témoins (cf par exemple, la référence « historique » 18.).

A noter qu'une extraction automatisée de ces facteurs de risque à partir de la base PMSI sur le même mode que celui employé pour la récupération des données AVC peut être réalisée³⁹ sans avoir à retourner au dossier patient ; informatisé certes, mais à screener un par un pour collecter les facteurs de risque sélectionnés.

³⁹ Chaînage des logiciels Business Object (BO) et Dx care (gestion des dossiers patients informatisés du CHU)

Données du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI)

Le recours aux données du PMSI comme source d'extraction pour la donnée de santé dans ce type d'étude présente un certain nombre d'avantages et de limites abordés dans ce paragraphe à travers l'exemple du modèle d'étude.

Choisir l'AVC comme donnée sanitaire à extraire du PMSI des HUS permettait de disposer *a priori* d'une couverture significative de la pathologie. En effet les HUS dispose d'une filière AVC amenant à privilégier le recours au CHU dans ce contexte d'urgence médicale *versus* d'autres structures de soin du territoire de l'Eurométropole. Ainsi la « part de marché » des HUS pour la prise en charge des cas d'AVC de patients résidant sur le territoire de l'EMS est estimée⁴⁰ à près de 90 % ; le restant des cas ayant été traités par d'autres établissements du territoire, voire d'autres régions (survenue de l'accident à distance du lieu d'habitation). Ce point donne du poids à la généralisation potentielle des résultats.

De plus, la qualité du codage attendue pour cette pathologie peut être évaluée comme bonne en raison de sa réalisation par des technicien(ne)s de l'information médicale (TIM) en comparaison à d'autres secteurs pour lesquels le codage est réalisé par les cliniciens (qualité du codage *a fortiori* jugée moindre). Si les études écologiques emploient habituellement des données de santé issues des registres nationaux, la volonté affichée de développer des bases de données de santé centralisées telles que la mise en place du Système National des Données de Santé (SNDS)⁴¹ ouvre des perspectives prometteuses. L'exploitation de bases de données de ce type présenterait l'avantage en comparaison aux données des registres d'étudier de nouvelles pathologies d'intérêt certain dans le champ de la santé environnementale : les pathologies neurodégénératives (maladie d'Alzheimer),

⁴⁰ Estimation via logiciel DIAMANT (Décisionnel inter ARS pour la maîtrise de l'anticipation) sur la base nationale PMSI comprenant les résumés de sortie anonymisés (RSA) de tous les établissements publics et privés de France. A noter que l'extraction incluait le code géographique PMSI (code postal pour les communes d'au moins 1000 habitants ; autrement regroupement de plusieurs communes sur un même code).

⁴¹ Chaînage des données de l'Assurance Maladie (base SNIIRAM), des hôpitaux (base PMSI), des causes médicales de décès (base du CépiDC de l'Inserm), des données relatives au handicap (en provenance des MDPH - données de la CNSA) et un échantillon de données en provenance des organismes d'Assurance Maladie complémentaire.

infectieuses (maladie de Lyme), psychiatriques (autisme), pneumologiques (asthme), etc. empruntées de forts enjeux en termes de questionnement étiologique et stratégie de prévention, pour ne citer que quelques exemples qui alimentent cette réflexion.

Outre les difficultés d'accès potentielles liées au durcissement récent des réglementations concernant l'accès aux données, il faudra souligner le prérequis dans ce type d'étude à disposer de l'adresse complète des cas, afin de réaliser l'étape de géocodage, qui n'est pas réalisable d'emblée sur les bases nationales PMSI (code géographique PMSI insuffisant). L'extraction devra donc être réalisée directement auprès des DIM des établissements concernés sous la responsabilité d'un médecin garantissant un contrôle sur l'accès aux données protégées par le secret médical. A échelle locale, le partage de données PMSI dans le cadre des Groupements Hospitaliers de Territoire (GHT) faciliterait la mise en œuvre d'étude multicentrique ; nécessaire dans l'optique où les travaux cibleraient des pathologies où le recours au CHU n'est pas systématique.

Le géocodage des cas, sous réserve de disposer d'une adresse complète, permettra ensuite de regrouper les événements de santé étudiés à l'unité géographique d'observation définie pour l'étude.

Unité géographique d'observation

L'étude des inégalités socio spatiales et environnementales de santé pose d'emblée la question de l'échelle géographique à laquelle se positionner. « S'agissant d'un rapport de réduction ou de simplification de la réalité, le choix de l'échelle revient à statuer sur le niveau de détail auquel sera défini le travail »⁴². La finesse de l'unité d'observation retenue constituera un compromis entre la pertinence d'une échelle donnée par rapport à une problématique définie et la disponibilité des données à l'échelle souhaitée. Il n'est pas certain, selon la question de recherche posée, que l'unité géographique la plus fine possible soit toujours préférable à une échelle plus grossière. Si intuitivement l'analyse de la donnée environnementale incite à se placer à un échelon fin (meilleure approximation de l'exposition), le traitement de la donnée de santé agrégée devra s'enquérir d'un nombre de cas suffisant afin de garantir un compte de cas à l'unité géographique choisie exploitable. De plus, considérant un pas de temps journalier, une échelle géographique trop fine, risque de produire une distribution du nombre de cas par unité comportant une part de valeur très faible voire nulle trop importante contraignant le respect du secret statistique ainsi que les conditions de modélisation des données.

Le souhait de limiter le biais écologique peut aussi conduire à utiliser une échelle géographique la plus fine possible.

Le choix de l'unité géographique d'observation s'orientera classiquement sur un découpage pré existant (région, commune, IRIS) à valence principalement administrative ; facilitant en termes d'accessibilité de données socio-économiques notamment (variables du recensement), mais dont la pertinence d'un point de vue de l'exposition peut être interrogée. Quelle cohérence à produire une donnée environnementale pour en étudier l'impact sur un fait de santé sur la base d'un quadrillage

⁴² D'après conférence de Gérard Salem, séminaire Géostat, 20-25 mai 2019

administratif ? L'utilisation de méthodes de carroyage⁴³ constitue une solution d'intérêt laissant la liberté de définir un découpage du territoire en adéquation avec la question de recherche.

Encore une fois, l'existence et l'accessibilité des données (échelle des variables de recensement, niveau d'agrégation d'un indicateur de déprivation, capacité de mise à disposition d'une donnée environnementale mesurée ou estimée, etc.) à l'échelle retenue constitue certainement l'élément limitant principal.

Le niveau d'agrégation spatial des données choisi ; de la région à l'IRIS en passant par la commune, implique de formuler un certain nombre d'hypothèses méthodologiques (définition du proxy d'exposition) qui devront être reconsidérées au moment de l'interprétation des résultats. De même qu'il faudra garder à l'esprit quel que soit le choix effectué, l'interdépendance entre les différentes échelles ; se placer à un niveau n'exclue pas la prise en considération des niveaux sus jacents dans leur ensemble. A titre d'exemple se placer à une échelle infra communale ne doit pas pour autant évincer de l'interprétation l'implantation de l'IRIS par exemple dans une échelle communale, départementale, régionale, etc. chaque échelle présentant ses caractéristiques et problématiques spécifiques.

⁴³ technique de quadrillage utilisée en topographie, afin de rassembler et de traiter des données en vue d'une exploitation cartographique ou statistique

Méthodes d'analyse statistique

Un des enjeux à garder une finesse importante à l'échelle géographique et temporelle est celui de la modélisation. En conséquence de quoi, le tableau de données, nombre d'unité géographique multiplié par nombre de jours sur la période d'étude, prendra des dimensions importantes. Dans notre cas, 195 IRIS avec des données journalières sur 2 ans conduit à la constitution d'un fichier de 142 545 lignes dans lequel sont distribués les 1780 cas d'AVC.

Ensuite, la conséquence en est que 140 784 cellules (98,8 %) contiennent 0 cas. Dans ces tableaux, avec excès de 0, l'hypothèse poissonnienne en général ne tient pas car la moyenne, donc la variance, du nombre de cas par cellule est extrêmement proche de 0. Cette variance quasi-nulle n'est alors pas compatible avec la possible de quelques cellules non nulles (1 ou 2 cas). L'adéquation des modèles est alors très faible (dans notre cas, des pourcentages d'explication de la variance de 0,5% ont été notés). L'alternative est alors dans un premier temps de changer la distribution du GLM ou du GAM pour une quasi-Poisson (ajoutant un paramètre d'inflation de la variance) ou une négative binomiale. Dans notre cas, le pourcentage de variance expliquée n'était pas amélioré et l'estimation du paramètre d'inflation de l'ordre de 10 (donc considéré comme faible). Une solution, mais qui dépassait le cadre de cette thèse, est alors de changer de modèle, passer d'un GLM à un « hurdle model » ou un modèle de Poisson pour excès de 0 ; modèle ZIP (19). Le premier de ces modèles ne correspond pas tout à fait au cas de l'épidémiologie car on y considère plutôt une sous-population où, par *construction* (0 dits structuraux), on ne peut pas rencontrer d'autres valeurs que 0. Les seconds modèles sont plus proches de la pratique épidémiologique mais se heurtent à des difficultés de modélisation importantes : il s'agit de mélanges de distributions dans lesquels une des distributions est un pic à 0 et la seconde est une distribution de Poisson. Chaque cellule du tableau est alors affectée avec une certaine probabilité à l'une ou l'autre des distributions. Mais les estimations sont difficiles car on peut facilement envisager d'obtenir une même adéquation aux données avec des combinaisons différentes de poids des distributions et d'estimations des effets

dans la « partie » Poisson du modèle. Il faut noter que les 0 ne sont systématiquement affectés à la partie « pic à 0 » du modèle. On peut par exemple supposer que 95% des 0 sont affectés au pic et 5% à la distribution de Poisson ou alors 99% des 0 au pic et 1% à la distribution de Poisson (avec des estimations différentes) pour une même valeur de la mesure d'adéquation aux données. Ces modèles permettent de plus d'introduire des variables explicatives dans la moyenne de la distribution de Poisson mais aussi dans les poids de chacune des distributions. Là encore se pose le problème de la possibilité de combinaisons différentes pour une même adéquation et de plus une difficulté est de choisir les variables qui vont expliquer la moyenne de Poisson plutôt que le poids respectif de la distribution.

L'ensemble de l'inférence dans cette thèse a été réalisée avec les techniques fréquentistes. Les techniques bayésiennes auraient pu (du) être utilisées ; de principe pour ses multiples avantages et justification, par le fait que les modèles utilisés ici ont leur équivalent bayésien (GLM avec priors normaux sur les paramètres du prédicteur linéaire, produit tensoriel avec marches aléatoires *a priori*, etc.), mais aussi par le fait qu'un modèle d'autocorrélation supplémentaire est disponible, le processus conditionnel autorégressif intrinsèque assortie ou non d'une loi normale d'hétérogénéité pour vérifier l'absence de structure spatiale résiduelle (17). En revanche, l'utilisation de l'inférence bayésienne suppose d'ajouter des étapes à la modélisation, qui dépassaient le cadre de ce travail de thèse : élicitation, discussion méthodologique sur les méthodes d'estimation (chaînes de Markov et intégration de Monte Carlo), vérification de la convergence, analyses de sensibilité, etc.

Approximation de l'exposition

Le niveau d'exposition à un facteur de risque environnemental, qu'il soit fourni à l'échelle individuelle ou agrégée, ne peut être qu'une approximation de l'exposition « vraie » d'un individu si tant est qu'on imagine pouvoir la mesurer. Comme cela a été le cas dans notre cas d'étude, le niveau d'exposition propre d'un sujet sera estimé par le niveau de pollution de l'unité géographique d'observation de son lieu de résidence. Comprendons que le choix résultera là aussi d'un compromis entre un proxy d'exposition le plus proche possible d'une « vraie valeur » et une limite de faisabilité en termes de mise à disposition de la donnée.

Les données fournies par ATMO Grand Est et les démarches dites de transformation entreprises dans le cadre de ce travail pointent la nécessité d'un dialogue entre le fournisseur de la donnée environnementale et l'investigateur. Cet échange doit permettre d'optimiser la production de la donnée en fonction de la question de recherche, des contraintes calendaires et budgétaires. Dans le cas de cette étude, ces échanges ont notamment servi à conduire une méthode expérimentale de désagrégation temporelle adaptée. Le choix du profil temporel journalier issu des stations de mesures à appliquer aux données annuelles à l'IRIS afin de disposer de données journalières à l'IRIS tiendra compte du paramètre statistique annuel à l'échelle de l'IRIS exploité (moyenne, médiane, minimum ou maximum, voire temps passé au-dessus d'une limite réglementaire). Ce choix devrait idéalement pouvoir être orienté en fonction de la distribution spatiale des cas (situation à tendance de fond ou de proximité), mais le plot individuel des cas sur la zone d'étude peut se voir limité pour des raisons de confidentialité. Dans le cas présent nous n'étions pas en mesure de fournir cette information à ATMO au moment souhaité ; le géocodage des cas n'étant pas encore disponible à ce temps de l'étude.

La méthode d'affectation d'une station de mesure de référence à chaque unité géographique (calcul de distance) constituant une autre alternative pour disposer d'une donnée environnementale

journalière à l'échelle géographique définie présente l'inconvénient d'être limité par le nombre de stations ; 5 dans notre cas aboutissant à un jeu de données journalières certes, mais à seulement 5 modalités (5 IRIS_stations). Si considérer le niveau de pollution de l'IRIS du lieu de résidence d'un sujet comme proxy d'exposition est déjà critiquable, cette méthode souffre d'une variance d'autant plus limitée.

Finalement malgré une réagrégation des données à l'échelle annuelle lors de l'étape de modélisation, la mise en œuvre de ces méthodes de manipulation permet une meilleure appropriation de la donnée conduisant à prendre le recul nécessaire au moment de l'interprétation des résultats.

AVC versus conjonctivite

La recherche d'une association entre la survenue d'un évènement de santé et une donnée d'exposition environnementale amène à s'interroger sur la chronologie d'exposition. Si les questions d'ordre physiopathologique relatives aux effets d'un cumul d'exposition, de l'existence éventuelle d'un effet seuil sont plutôt du ressort des études toxicologiques (étude expérimentale en chambre d'exposition) à l'image des travaux réalisés sur l'infarctus du myocarde et la pollution (20), menés par le Dr Thomas Bourdrel, président du collectif Strasbourg respire⁴⁴, rencontré dans le cadre de ce projet ; une réflexion peut être menée sur le jour d'exposition mis en regard du jour de la survenue de l'évènement. Il est recommandé de tester différents délais, dénommés « lag » dans la littérature, entre le jour d'exposition et la survenue de l'évènement. La prise en considération de différent lag dans le traitement statistique des données sur un projet similaire mené au CHU étudiant un lien potentiel entre infarctus du myocarde et exposition à la pollution atmosphérique (21) n'ayant pas montré de résultats probants, ce type d'analyse n'a pas été réalisé dans le cadre de notre étude.

⁴⁴ <https://strasbourgrespire.fr>

Le doute sur la pertinence d'étudier un lien entre exposition et survenue d'AVC sans notion de décalage temporel a mené vers la possibilité d'étudier une pathologie dont le schéma exposition-événement serait *a priori* d'ordre plus aigu. Le partage d'une présomption clinique de la part du Dr Arnaud Sauer, ophtalmologiste aux HUS, nous rapportant que le nombre de consultations pour conjonctivites lui semblaient plus important les jours décrits de pics d'ozone, a abouti à une étude de faisabilité permettant de soulever les points suivants. Cette présomption a pu être vérifiée sur des données de la littérature (22,23).

Une estimation du nombre de consultations pour conjonctivite sur une période d'étude similaire ; estimée à 7800 cas sur 2 ans aurait présenté l'avantage en comparaison à l'effectif total de notre population d'AVC (N=1780 cas) de ne pas présenter un excès de zéro comparable du fait de la fréquence de consultation. En comparaison aux AVC, la « part de marché » des consultations pour conjonctivite des HUS est certainement loin d'être exhaustive considérant l'alternative d'un recours à la médecine de ville pour ce motif. La limite de faisabilité principale pour la prise en compte d'une telle pathologie concernait l'absence de dossier informatisé pour ce secteur nécessitant un recueil sur dossier papier avec toutes les limites que cela implique ; nécessité de retour aux archives (archivage en externe), absence attendue de standardisation, chronophage de la démarche, etc. Une consultation au service d'urgence ophtalmologique pour conjonctivite sera très rarement suivie d'une hospitalisation ne laissant pas d'opportunité d'extraction de ce côté (RSS, PMSI). Différentes options pour « cerner informatiquement » les conjonctivites ont été questionnées sans succès ; présence d'un prélèvement systématique lors de la consultation (extraction automatisée via logiciel du secteur de microbiologique) ou consommation journalière d'antihistaminiques par les pharmacies de l'EMS par exemple.

Sur ces considérations, le design d'étude à envisager pour étudier une pathologie de ce type serait une approche prospective avec la lourdeur logistique qu'elle peut comporter.

Choix de l'indicateur de déprivation sociale

Une question sous-jacente à l'utilisation de l'EDI sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg est celle de la pertinence d'utiliser un indicateur standardisé en contexte local. A titre de comparaison, une typologie sociodémographique de l'EMS produite sur la base d'une analyse en composante principale (ACP) incluant des variables du recensement s'illustre sur la carte suivante :

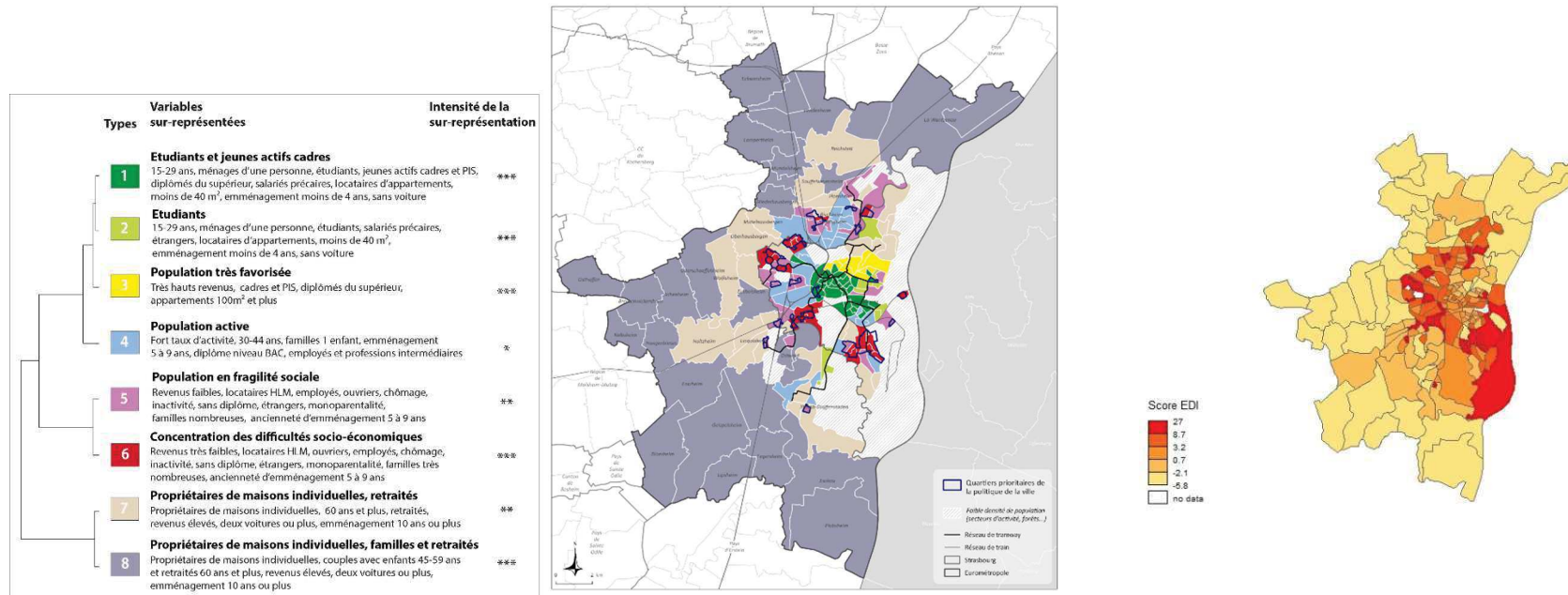


Figure 28 : Typologie sociodémographique du territoire en 2014 (gauche) et cartographie du score EDI, EMS, 2016-2017 (droite)

La comparaison permet de constater que les IRIS moyennement déprivés (score EDI compris entre 0,7 et 3,2) correspondent pour certains à des population étudiantes et/ou de jeunes actifs. En périurbain tous les IRIS favorisés (score EDI compris entre 5,8 et 0,7) trouvent correspondance avec les typologies indiquant des propriétaires de maisons individuelles, familles et retraités.

De façon plus générale la confrontation de ces 2 approches permet de pointer leur caractère complémentaire dans la caractérisation des inégalités d'un territoire. L'EDI semble être adapté pour cerner les inégalités du territoire de l'EMS. La typologie, peut-être plus subjective d'un point de vue méthode statistique, pourra examiner plus finement certains phénomènes permettant de répondre à des problématiques locales.

Qu'en est-il alors du choix de l'EDI dans le cadre de cette étude ? Le choix d'une typologie aurait-elle été plus pertinente à prendre en compte en contexte local ? A souligner que l'EDI reste un bon proxy de la déprivation individuelle, même s'il est vrai que son intérêt réside dans son potentiel de comparaison à échelle européenne de par sa méthode de construction transférable d'un pays à un autre. Si la liste des pays de l'Union européenne ayant construits leur EDI n'est pas encore complète, des projets européens intégrant une mesure socioéconomique sur la base de l'EDI voient le jour (projet ANR Wasabi par exemple ; cancer du sein et facteurs socio environnementaux, 12 pays européens). L'utilisation de l'EDI sur un territoire frontalier comme celui de l'EMS, qui plus est capitale européenne, prend son sens dans la perspective de considérer des projets transfrontaliers (Allemagne, Suisse, etc.) à l'image de l'existant dans le domaine environnemental sur des projets à l'échelle du Rhin supérieur comme ATMO vision⁴⁵ dans le domaine de la qualité de l'air ou Ermes⁴⁶ dans celui de l'eau (nappe phréatique).

Enfin, redire la complexité de la méthode construction de cet indicateur pour finalement s'apercevoir que le concept de inégalités sociales ne s'appréhende pas facilement

⁴⁵ <http://www.atmo-grandest.eu/actualite/atmo-vision-un-projet-atmospherique-a-lechelle-du-rhin-superieur>

⁴⁶ <https://www.ermes-rhin.eu/>

V. Conclusion

Ce projet de thèse avait pour objectif d'étudier la contribution de l'EDI dans le lien entre AVC et pollution par le dioxyde d'azote sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg en 2016-2017.

Les résultats n'apportant qu'un éclairage partiel à la problématique posée, pointent la complexité à cerner les mécanismes à l'œuvre dans l'étude des inégalités socio spatiales et environnementales de santé et la nécessité ici de poursuivre les investigations, afin de mieux caractériser les effets de facteurs socio environnementaux dans la survenue d'AVC. Les méthodes d'analyse spatiale permettent de suggérer l'existence de facteurs de risque non pris en compte dans la relation susceptibles d'avoir un rôle dans la répartition du nombre de cas d'AVC sur le territoire de l'EMS.

Ce manuscrit tente de faire la synthèse d'un travail avant tout qualifié de « travail de terrain », qui s'est déroulé de novembre 2018 à mai 2019. Il est soutenu par un partage de connaissances, de nombreux échanges avec des experts de l'ensemble des domaines imputant au sujet ; les acquisitions développées dans ce travail résultent davantage d'une approche expérimentale ; privilégiée ici par rapport à une approche bibliographique plus traditionnelle.

Ainsi l'intérêt de ce travail résidait plutôt dans la retranscription des interrogations survenues dans l'élaboration du protocole, du questionnement autour des hypothèses méthodologiques posées, de la réflexion sur les méthodes d'analyse, de la critique les résultats obtenus ; proposant des pistes de réflexion pour la construction de projets futurs similaires.

Le manque de consensus dans le déploiement d'étude visant à étudier le concept d'inégalité socio-spatiale et environnementale de santé, renforçait l'intérêt de discuter la démarche méthodologique adoptée face à l'ensemble des obstacles rencontrés. La discussion s'articulait principalement autour des choix de l'unité géographique d'observation (impact de la finesse de l'échelon) ; de l'estimation de l'exposition (limites du proxy) ; du choix des modèles statistiques (prise en compte des effets spatio-temporels) ; ainsi que de l'indicateur de mesure de "déprivation" sociale (pertinence d'un outil standardisé en contexte local).

VU

Strasbourg, le

12 Avril 2019

Le président du Jury de Thèse

Professeur Nicolas MEYER

N Meyer

VU et approuvé

Strasbourg, le

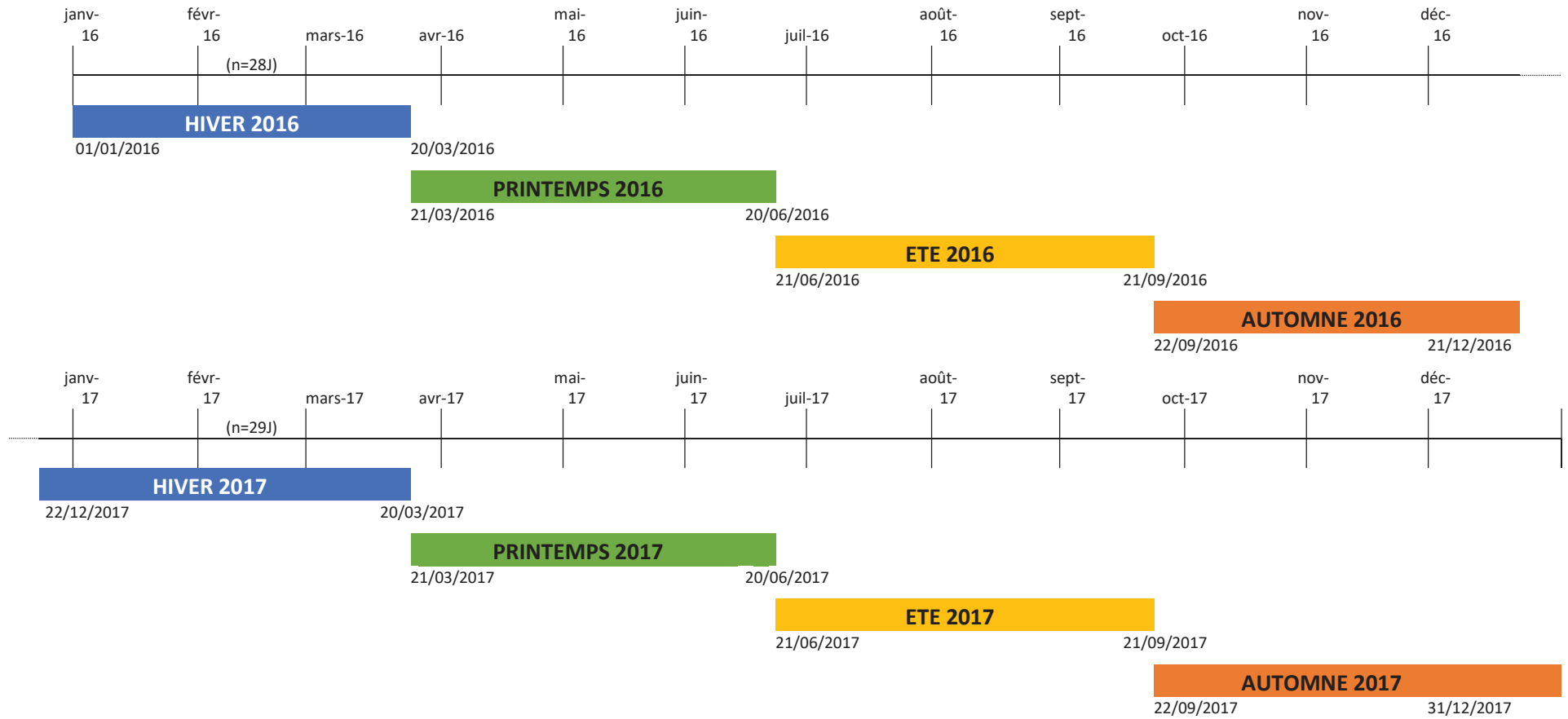
16 AVR. 2019

Le Doyen de la faculté de Médecine de Strasbourg

Professeur Jean SIBILIA



Annexe 1 : Découpage saisonnier de la période d'étude



Annexe 2 : Cartographie du nombre de cas d'AVC observés par IRIS

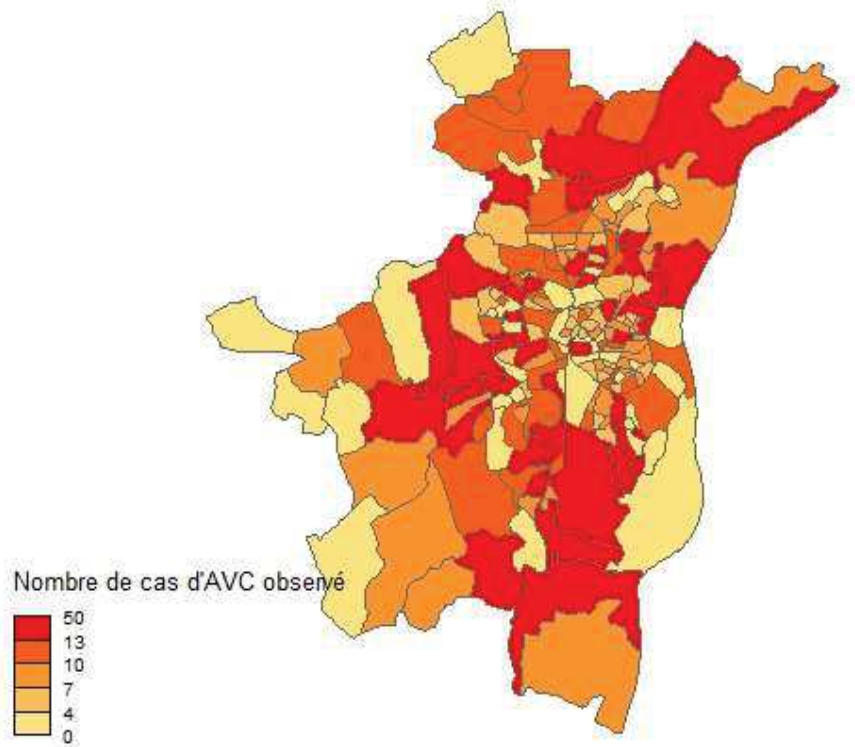


Figure 29 : Cartographie du nombre de cas d'AVC observé par IRIS, EMS, 2016-2017

Annexe 3 : Cartographie du ratio d'incidence standardisé (SIR) d'AVC par IRIS

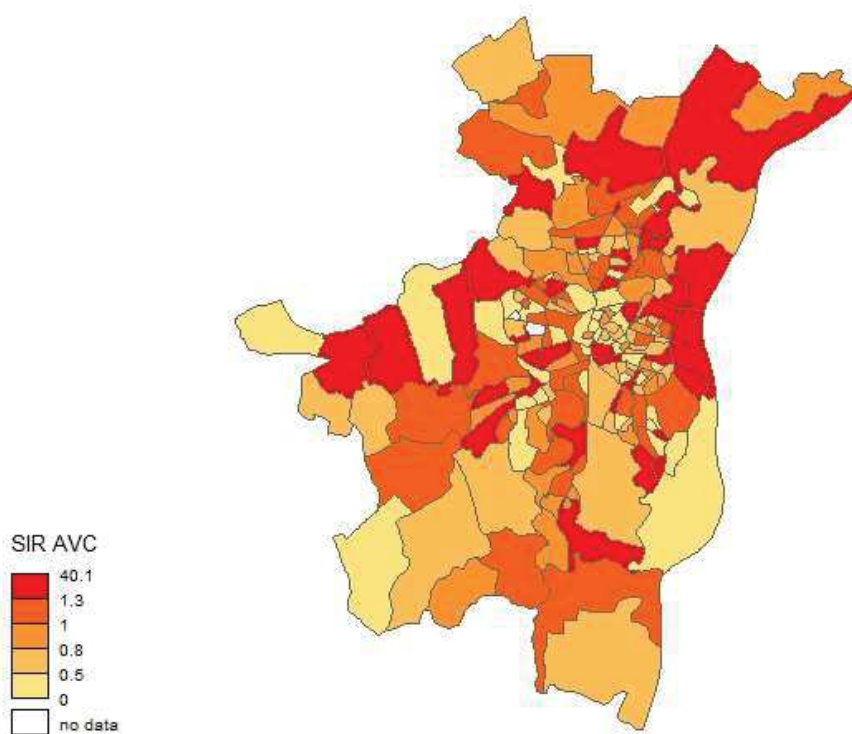


Figure 30 : Cartographie du ratio d'incidence standardisé (SIR) d'AVC, EMS, 2016-17

Annexe 4 : Cartographie des données estimées de concentration

moyenne de NO₂ à l'IRIS pour 2016 et 2017

La représentation cartographique des variables « moyNO₂_2016 » et « moyNO₂_2017 » issues des données estimées est superposable à celle présentée pour la valeur moyenne de NO₂ par IRIS sur la période d'étude (variable « moyNO₂_2016-2017 ») (Figure 16).

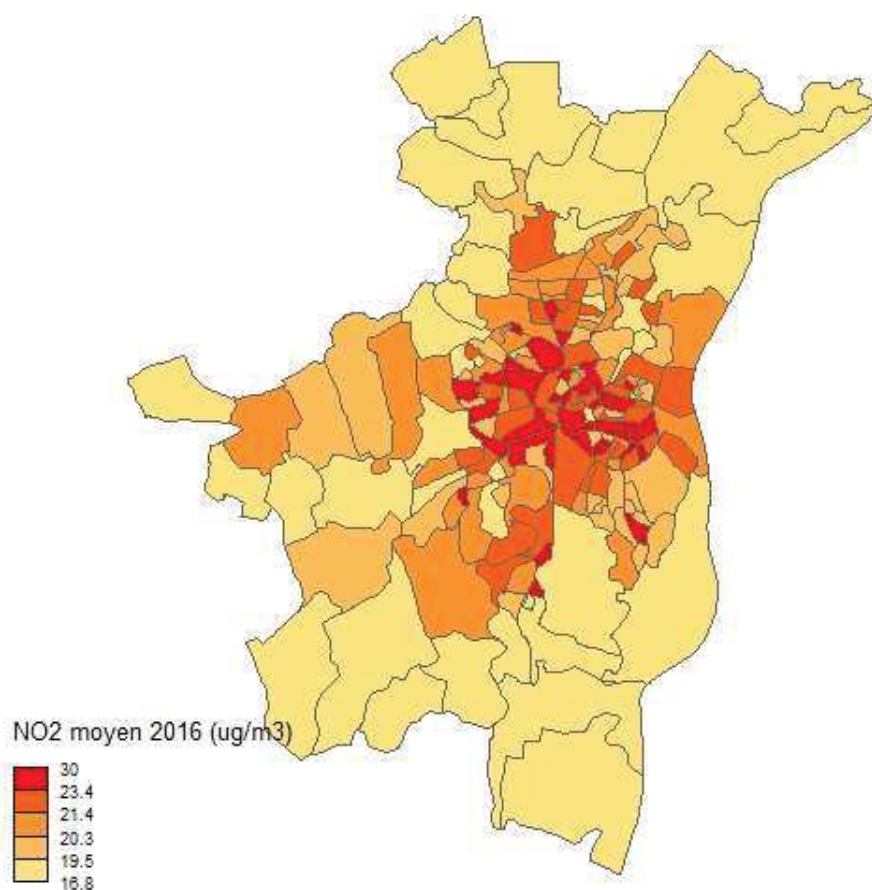


Figure 31 : Cartographie des concentrations moyennes de NO₂ à l'IRIS, EMS, 2016

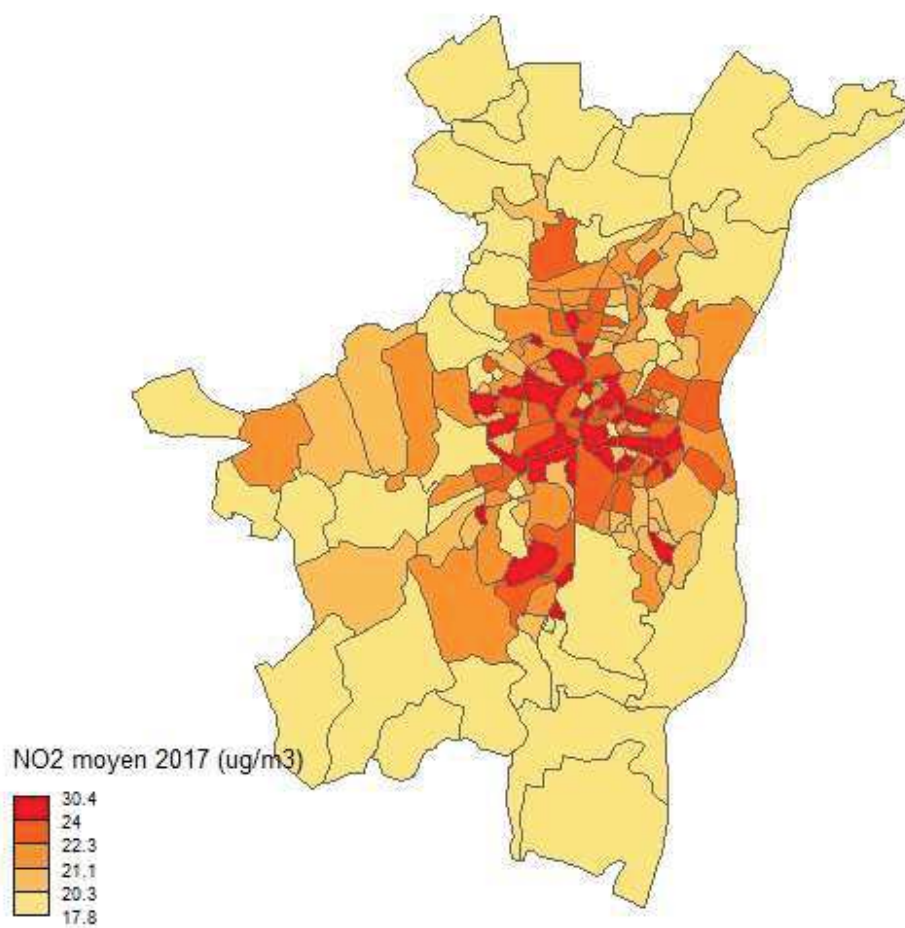


Figure 32 : Cartographie des concentrations moyennes de NO2 à l'IRIS, EMS, 2017

Annexe 5 : Statistiques descriptives de l'EDI sous forme de score

Variation spatiale

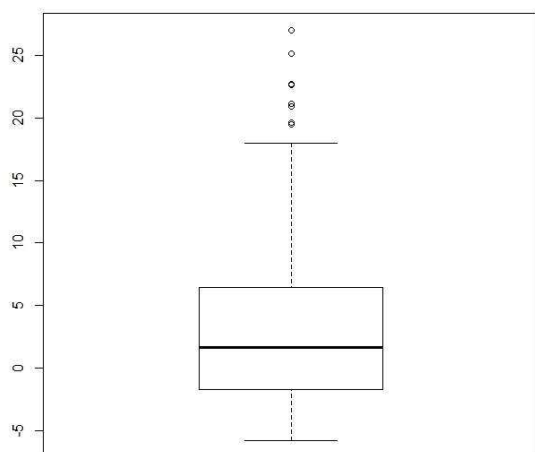


Figure 33 : Boxplot de la variable score EDI, EMS

Cartographie

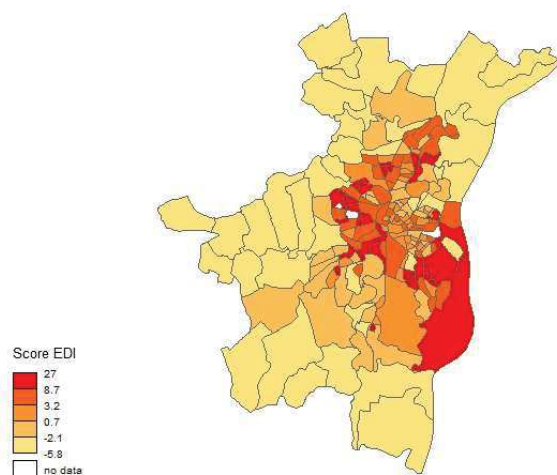


Figure 34 : Cartographie du score EDI, EMS, 2016-17

Bibliographie

- 1 Gorza M, Eilstein D. Outils élaborés dans le cadre du programme « Inégalités sociales de santé », 2013-2015. Saint-Maurice : Santé publique France, 2018. 108 p.
- 2 Grégoire M. Construction et appropriation d'un indicateur agrégé de la défavorisation sociale à visée européenne dans le cadre des inégalités sociales de santé : l'European Deprivation Index [Mémoire de 4^{ème} année, filière « Droit et Administration Publique »]. Strasbourg : Université de Strasbourg, Sciences Politiques Strasbourg ; 2018.
- 3 Feuille de route « Cadre de vie sain et durable » : pour un environnement porteur de qualité de vie et de bien être sur l'Eurométropole de Strasbourg et au sein de ses communes. Délibération au Conseil de l'Eurométropole de Strasbourg du vendredi 23 mars 2018.
- 4 Organisation mondiale de la Santé. (page consultée le 27/05/19) <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- 5 Lecoffre C, de Peretti C, Gabet A, Grimaud O, Woimant F, Giroud M, *et al.* Santé Publique France. L'accident vasculaire cérébral en France : patients hospitalisés pour AVC en 2014 et évolutions 2008-2014. *Bull Epidémiol Hebd.* 2017 ;(5) :84-94.
- 6 Réseau Environnement Santé (RES). Dossier de presse. L'Accident Vasculaire Cérébral : une maladie de jeunes ? Pourquoi ces taux sont-ils plus élevés en Alsace ? 2017.
- 7 Feigin VL, Roth GA, Naghavi M, *et al.* Global burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet Neurol* 2016;15:913-24.
- 8 Ljungman PL, Mittelman MA. Ambient air pollution and stroke. *Stroke* 2014;45:835-42.
- 9 Shin HH, Fann N, Burnett RT, Cohen A, Hubbel BJ. Outdoor fine particles and nonfatal strokes: systematic review and metanalysis. *Epidemiology* 2014;25:835-42.
- 10 Stafoggia M, Cesaroni G, Peters A, *et al.* Long term exposure to ambient air pollution and incidence of cerebrovascular events: results from 11 European cohorts within the ESCAPE project. *Environ Health Perspect* 2014;122:919-25.
- 11 Yitshak Sade M, Novack V, Ifergane G, Horev A, Kloog I. Air pollution and ischemic stroke among young adults. *Stroke* 2015;46:3348-53.
- 12 Kettunen J, Lanki T, Tiittanen P, *et al.* Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels. *Stroke* 2007;38:918-22.
- 13 Anoop S V Shah, Kuan Ken Lee, David A McAllister, *et al.* Short term exposure to air pollution and stroke : systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2015;350:h1295.
- 14 Pernet C, Delpierre C, Dejardin O, *et al.* Construction of an adaptable European transnational ecological deprivation index: the French version. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2012.
- 15 Guillaume E, *et al.* Development of a cross-cultural deprivation index in five European countries. *J Epidemiol Community Health* 2016;70:493-499.

16 Lawson AB. *Statistical methods in spatial epidemiology*. Wiley series in probability and statistics, Chichester, 2005.

17 Besag J, York J, Mollie A. Bayesian image restoration with two applications in spatial statistics. *Ann Inst Stat Math*. 1991;43:1-21.

18 Breslow NE, Day NE. IARC scientific publication. *Statistical methods in cancer research. Volume 1: the analysis of case-control studies* N°32, Lyon, 1980

19 Musio M, Sauleau EA, Buemi A. Bayesian semi-parametric ZIP models with space-time interactions: an application to cancer registry data. *Mathematical Medicine and Biology* 2010, **27**:181-194.

20 Bourdrel T, et al. Cardiovascular effects of air pollution. *Arch cardiovas Dis* 2017.

21 Vaudrey Baptiste. Short-term effects of air pollution on coronary events in Strasbourg, France. [Mémoire de DES de Cardiologie et maladies vasculaires]. Strasbourg: Faculté de médecine, 2018.

22 Mieczylaw S, Air pollution and emergency department visits for conjunctivitis: a case crossover study. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2016.

23 Bourcier T, Effects of air pollution and climatic conditions on the frequency of ophthalmological emergency examinations. *Br J Ophthalmol* 2003.

DECLARATION SUR L'HONNEUR

Document avec signature originale devant être joint :

- à votre mémoire de D.E.S.
- à votre dossier de demande de soutenance de thèse

Nom : MIELCADER

Prénom : Made

Ayant été informé(e) qu'en m'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans mon propre mémoire de spécialité ou dans mon mémoire de thèse de docteur en médecine, je me rendrais coupable d'un délit de contrefaçon au sens de l'article L335-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle et que ce délit était constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics,

Ayant été avisé(e) que le président de l'université sera informé de cette tentative de fraude ou de plagiat, afin qu'il saisisse la juridiction disciplinaire compétente,

Ayant été informé(e) qu'en cas de plagiat, la soutenance du mémoire de spécialité et/ou de la thèse de médecine sera alors automatiquement annulée, dans l'attente de la décision que prendra la juridiction disciplinaire de l'université

J'atteste sur l'honneur

Ne pas avoir reproduit dans mes documents tout ou partie d'œuvre(s) déjà existante(s), à l'exception de quelques brèves citations dans le texte, mises entre guillemets et référencées dans la bibliographie de mon mémoire.

A écrire à la main : « J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

« J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

Signature originale :

Mielcader

A Strasbourg, le 15/04/19

Photocopie de cette déclaration devant être annexée en dernière page de votre mémoire de D.E.S. ou de Thèse.

RESUME :

Si l'association entre exposition à la pollution de l'air et accident vasculaire cérébral fait l'objet de nombreuses publications récentes, l'intégration d'une dimension sociale et spatiale à la problématique interroge plus globalement le concept des inégalités socio spatiales et environnementales de santé, de moindre occurrence dans la littérature. L'objectif principal de cette étude éco-épidémiologique était de tester si les effets de la pollution au dioxyde d'azote (NO₂) sur les accidents vasculaires cérébraux (AVC) sont socialement différenciés. Les données ont été recueillies à l'échelon infra communal de l'IRIS (îlots regroupés pour l'information statistique) sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg (EMS) pour les années 2016 et 2017. Les résultats des analyses statistiques (modèles linéaire, additif généralisé) mettaient en évidence que le nombre de cas d'AVC s'expliquait davantage par l'EDI (European Deprivation Index) que par la pollution.

La non prise en compte de variables individuelles (âge, sexe, autres facteurs de risque d'AVC) pourraient contribuer à ces résultats. Face au manque constaté de consensus méthodologique dans l'étude des phénomènes socio environnementaux et spatiaux de santé, la discussion s'articulait principalement autour des choix de l'unité géographique d'observation (impact de la finesse de l'échelon) ; de l'estimation de l'exposition (limites du proxy) ; du choix des modèles statistiques (prise en compte des effets spatio-temporels) ; ainsi que de l'indicateur de mesure de "déprivation" sociale (pertinence d'un outil standardisé en contexte local).

RUBRIQUE DE CLASSEMENT :

Santé publique et médecine sociale

MOTS CLEFS :

Epidémiologie environnementale, Accident vasculaire cérébral (AVC), dioxyde d'azote (NO₂), European Deprivation Index (EDI), îlots regroupés pour l'information statistique (IRIS)

Président :

Monsieur le Pr Nicolas Meyer

Assesseurs :

Monsieur le Pr Erik-André Sauleau (directeur)

Monsieur le Dr Jérémie Jegu

Adresse de l'auteur : marie.mielcarek@etu.unistra.fr