La mesure socio-économique des services d'incendie et de secours : Comment évaluer leur activité au-delà des seuls éléments budgétaires ?

David Swan

▶ **To cite this version:**

David Swan. La mesure socio-économique des services d'incendie et de secours : Comment évaluer leur activité au-delà des seuls éléments budgétaires ?. Economies et finances. Université Lumière - Lyon II, 2023. Français. NNT : 2023LYO20018 . tel-04208148

HAL Id: tel-04208148
https://theses.hal.science/tel-04208148

Submitted on 15 Sep 2023

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

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

N° d'ordre NNT : 2023LYO20018

THÈSE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

École Doctorale : ED 486

Sciences économiques et de Gestion

Discipline : Sciences économiques

Soutenue publiquement le 26 avril 2023 par :

David SWAN

La mesure socio-économique des services d'incendie et de secours.

Comment évaluer leur activité au-delà des seuls éléments budgétaires ?

Devant le jury composé de :

Yves CROISSANT, Professeur des Universités, Université de la Réunion, Président

Jean-Michel JOSSELIN, Professeur des Universités, Université Rennes 2, Rapporteur

Carine STAROPOLI, Maîtresse de conférences HDR, Université Lumière Lyon 2, Rapporteure

Benoît TARROUX, Professeur des Universités, Université Lumière Lyon 2, Examinateur

Audrey SENATORE, Docteure, Université Aix Marseille, Examinatrice

Philippe POLOME, Professeur des Universités, Université Lumière Lyon 2, Co-Directeur de thèse

Luc BAUMSTARK, Maître de conférences HDR, Université Lumière Lyon 2, Co-Directeur de thèse

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « **Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification** » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

THÈSE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

Opérée au sein de : **l'Université Lumière Lyon 2**

Ecole Doctorale : **Sciences Economiques Gestion 486**

Spécialité de doctorat : **Sciences Économiques**

Soutenue publiquement le 26/04/2023, par :

David Swan

La mesure socio-économique des services d'incendie et de secours

Comment évaluer leur activité au-delà des seuls éléments budgétaires?

Devant le jury composé de :

Yves CROISSANT, *Professeur des universités* Université de la Réunion	
Jean-Michel JOSSELIN, *Professeur des universités* Université de Rennes	**Rapporteur**
Carine STAROPOLI, *Maître de conférences HDR* Paris School of Economics, Université Panthéon-Sorbonne	**Rapporteure**
Benoit TARROUX, *Professeur des universités* Université Lumière Lyon 2	
Luc BAUMSTARK, *Maître de conférences HDR* Université Lumière Lyon 2	**Directeur de thèse**
Phillipe POLOME, *Professeur des universités* Université Lumière Lyon 2	**Co-directeur de thèse**
Audrey MOREL SENATORE, *Docteure* Centre d'Etudes et de Recherches Interdisciplinaires sur la Sécurité Civile de l'Ecole Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers	

Avec la participation des invités :

Inspecteur général **Grégory ALLIONE** / *Colonel hors classe* **Ludovic INES** Ecole Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers	**Directeur/directeur adjoint de l'organisme d'accueil**
Colonel **Mohammed KHARRAZ** Service Départemental d'Incendie et de Secours du Loir et Cher	
Emile QUINET, *Professeur émérite* Paris School of Economics, Ecole des Ponts	

Abstract

This thesis discusses the key issues with regards to the socio-economic measurement of fire and rescue services. These services have great difficulties in producing realistic estimates of their socio-economic impact in society. Their main mission involves responding to emergencies to provide first-aid to victims, as well as protecting property and the environment. Their activity features several characteristics making it difficult to appraise : there is a large degree of heterogeneity in their missions (first-aid, road traffic accidents, fire, natural disasters, industrial and technological risks), there is a high degree of uncertainty with regards to the scale of avoided damages through their actions (all fire and rescue interventions are different with multiple exogenous factors influencing the effectiveness of their actions), and the consumption of these services by the public is not systematic, making it difficult to measure the utility obtained. Based on these observations, this work explores the socio-economic measure of fire and rescue services by first defining their production as a risk coverage. To develop this concept, response time (from the reception of emergency calls to arrival on the scene) is a key indicator to the different analyses that make up this thesis. They deal with the following issues : the measurement of social benefits from the actions of fire and rescue services, the impact of interdependent public policies on their organisation, and the production of risk coverage on the basis of equal access to public services.

Résumé

Cette thèse traite les principaux enjeux de la mesure socio-économique des services d'incendie et de secours. Ces services éprouvent de grandes difficultés à objectiver les impacts socio-économiques de leurs actions auprès de la collectivité. Leur mission principale consiste à répondre aux situations d'urgence pour porter secours aux individus et protéger les biens ainsi que l'environnement. Leur activité possède plusieurs caractéristiques rendant difficile son évaluation : leurs missions sont très hétérogènes (secours d'urgences aux personnes, accidents de la route, incendie, risques naturels, risques industriels et technologiques), il y a un fort degré d'incertitude quant aux dommages évités par leurs actions (toute intervention est différente et de multiples facteurs exogènes vont influencer l'efficacité de leurs actions) et leurs services ne sont pas consommés systématiquement par la population, rendant difficile toute appréciation de l'utilité qui en est retirée. Il est à partir de ces constats que cette thèse propose d'appréhender la mesure socio-économique des services d'incendie et de secours en qualifiant leur production d'une couverture des risques. Pour ce faire, l'indicateur du délai d'intervention (le laps de temps entre un appel au secours et l'arrivée sur les lieux du sinistre de ces services) sera primordial dans les analyses proposées pour traiter les enjeux suivants : la mesure des bénéfices sociaux associés à leurs actions, l'impact des interdépendances des politiques publiques sur l'organisation de ces services, et la production d'un accès égalitaire au secours.

Déclaration

Ce travail ne reflète en aucun cas la position de l'université Lumière Lyon 2, ni de l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers. Tous les avis exprimés dans ce texte appartiennent exclusivement à l'auteur.

Remerciements

Mes remerciements vont tout d'abord à Luc Baumstark. J'ai pu bénéficier de son expertise dans le domaine du calcul socio-économique, mais également de ses qualités pédagogiques tout au long de mon doctorat. J'ai beaucoup appris lors de nos échanges et ce sont des acquis qui me serviront tout au long de ma carrière.

Je remercie aussi Audrey Morel Senatore, qui m'a ouvert différentes portes pendant mon doctorat, me permettant de développer mon réseau, de m'exprimer devant différentes audiences et de faire avancer mes travaux grâce à des échanges riches avec différents acteurs. Son accompagnement a été primordial pour le bon déroulé de mes travaux. J'en profite pour remercier Anais Gautier, cheffe de division de recherche scientifique à l'ENSOSP pour tout son soutien.

Je remercie l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers (ENSOSP) d'avoir financé ce projet de thèse. Merci à son ancien directeur, l'inspecteur général Hervé Enard, ainsi qu'aux deux directeurs d'études - les colonels hors classe Jean-Michel Langlais et Ludovic Ines - qui ont toujours montré un intérêt pour ce travail.

Je remercie également le laboratoire GATE de m'avoir accueilli dans ses locaux, me permettant de goûter à une vraie communauté scientifique, c'est un des facteurs qui m'a le plus fait progresser pendant mon doctorat. Je remercie sa directrice Izabela Jelovac et sa prédécesseur Sonia Paty d'avoir soutenu ce projet de thèse. Par la même occasion, je remercie aussi l'université Lumière Lyon pour son soutien, notamment de la part de son doyen Philippe Polomé.

Je remercie tous les membres du jury d'avoir accepté d'en faire partie. C'est un réel chance de pouvoir vous présenter mes travaux. Je remercie particulièrement les deux rapporteurs qui ont accepté de prendre le temps nécessaire pour scruter mon travail dans le moindre détail.

Je dois également des remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé dans mes travaux, notamment dans l'accès aux données. Surtout à Vladimir Vritipraski du SDIS79 pour sa grande disponibilité, ainsi qu'aux colonels Mohammed Kharraz et Sébastien Planchon, et le colonel hors classe Stéphane Gouezec, pour le temps

qu'ils m'ont accordé. Je remercie aussi Patrick Roussel de la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises pour sa disponibilité et sa réactivité. Merci enfin à toutes les autres personnes avec qui j'ai échangé du monde de la sécurité civile tout au long de mon doctorat.

J'aurai également fait de très belles rencontres sur le plan humain pendant mon doctorat, en particulier sur mon lieu d'accueil à l'ENSOSP. Ce sont des souvenirs que je garderai à vie. Merci à vous tous!

Pour finir, j'ai une pensée pour le défunt Olivier Freyermuth, qui m'a fait découvrir le monde de la sécurité civile lors de mon stage de master à l'ENSOSP en 2017. Olivier était passionné de la recherche, et m'a laissé une grande liberté dans mon travail. Je n'aurais jamais pu me lancer dans ce doctorat sans ce premier passage à l'ENSOSP sous ses ordres.

Lexique

CIS	Centre d'Incendie et de Secours
SIS	Service d'Incendie et de Secours
SDTIS	Service Départemental ou Territorial d'Incendie et de Secours
SPP	Sapeur-Pompier Professionnel
SPV	Sapeur-Pompier Volontaire
PATS	Personnel Administratif, Techniques et Spécialisés
CSP	Centre de Secours Principal
CS	Centre de Secours
CPI	Centre de Première Intervention
CTA	Centre de Traitement de l'Appel
INSIS	Indicateurs Nationaux des Services d'Incendie et de Secours
VSAV	Véhicule de Secours aux Victimes
FPT	Fourgon Pompe Tonne
CCF	Camion Citerne Feu de Forêt
VSR	Véhicule de Secours Routier
SUAP	Secours d'Urgence aux Personnes
SDACR	Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques
RO	Règlement Opérationnel
PCS	Plan Communal de Sauvegarde
DGSCGC	Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises

Index des graphiques

1.1 L'état de santé des victimes prises en charge par les SIS en fonction de la typologie d'intervention 19
1.2 l'évolution de l'activité secours à personne et d'incendie des SIS entre 2010 et 2019 21
1.3 Le délai moyen d'intervention des SIS par département 22
1.4 Les disparités dans le coût par habitant des SIS 23
1.5 La corrélation entre les dépenses des SIS et l'accidentologie routière 83

2.1 Prisma flow chart 108
2.2 Extrait du guide d'évaluation socio-économique des PAPI : fonction de dommages monétaires 127
2.3 Extrait du guide d'évaluation socio-économique des PAPI : illustrations des dommages évités moyens annuels (DEMA) 128
2.4 Extrait du guide de doctrine opérationnelle incendie : évolution d'un incendie 130

3.1 La fermeture des CIS en France entre 2010 et 2019 par catégorie de SDTIS 138
3.2 Le déroulé d'une intervention de secours 140
3.3 La distribution des interventions par le délai d'intervention 153
3.4 La proportion de décès constatée selon le délai d'intervention 154
3.5 L'effet marginal du délai de route sur l'état de santé - modélisation binomiale 159
3.6 L'effet marginal du délai de route sur l'état de santé - modélisation multinomiale 159
3.7 Présentation du territoire des Deux-Sèvres 164
3.8 Donnes globales du SDIS 79 concernant la réponse du CIS de 1er appel 166
3.9 Donnes de la réponse du CIS Bressuire en tant que centre de 1er appel 167
3.10 Donnes de la réponse du CIS Lezay en tant que centre de 1er appel 167

4.1 Les inégalités dans la couverture médicale en France (2015-2018) . . 182

4.2 L'évolution de l'activité de secours à personne et de la densité médicale en France 183
4.3 L'évolution de la population de l'Orne entre 2010 et 2019 200
4.4 L'évolution de l'offre et de la demande de la médecine générale dans l'Orne entre 2010 et 2019 201
4.5 L'évolution de la durée d'intervention du SDIS de l'Orne entre 2014 et 2017 202
4.6 L'évolution des dépenses de personnel du SDIS de l'Orne 203

5.1 La France figure parmi les pays de l'OCDE qui consacre la part la plus importante de son PIB aux dépenses publiques 210
5.2 Représentation graphique des principes du Data Envelopment Analysis 214
5.3 Score d'efficience des SDTIS en 2019 226
5.4 Δ Score d'efficience des SDTIS entre 2010 et 2019 227
5.5 Le coût/habitant moyen des SDTIS sur la période 2010-2019 230
5.6 Le délai moyen d'intervention (en secondes) par SDTIS sur la période 2010-2019 231
5.7 Distribution de la valeur implicite de la vie statistique des SIS . . . 239
5.8 Coût de la réduction du délai d'intervention permettant de sauver une vie 240
5.9 Corrélation entre les indicateurs de qualité de gouvernement et les estimations de VVS obtenues 241
5.10 Estimation du consentement à payer des collectivités pour une réduction du niveau de risque 242
5.11 Corrélation entre l'efficience des SIS et valeur implicite de la vie statistique selon la catégorie de SIS 242

B.1 Extrait d'un Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques 284
B.2 Extrait d'un règlement opérationnel de SIS 286
B.3 Extrait du guide de doctrine opérationnel sur les incendies de structures 287

D.1 Corrélation entre l'activité opérationnelle et la proportion de sapeurs-pompiers volontaires au sein du SIS 294
D.2 Corrélation entre la taille de la population et les dépenses de fonctionnement des services départementaux et territoriaux d'incendie et de secours 295
D.3 Corrélation entre l'exposition aux risques complexes et les dépenses de fonctionnement des services départementaux d'incendie et de secours 295

G.1 Les inégalités dans la qualité perçue des dépenses publiques de la part des citoyens (European Quality of Governement Index - EQI) 299

Index des tableaux

1.1 Les interventions des SIS par typologie de risque en 2019 14
1.2 Résumé des impacts socio-économiques relatifs aux personnes 64
1.3 Résumé des impacts socio-économiques relatifs aux biens et à l'économie 68
1.4 Résumé des impacts socio-économiques relatifs à l'environnement . . 70

2.1 Résultats qualitatives de la revue de la littérature 113

3.1 Statistiques descriptives de l'échantillon 151
3.2 Statistiques descriptives de l'échantillon (suite) 152
3.3 Résultats des régressions logistiques binomiales 157
3.4 Résultats des régressions logistiques multinomiales 158
3.5 Calcul des bénéfices sociaux relatifs à l'implantation des CIS sur le territoire 168

4.1 Statistiques Descriptives 189
4.2 Impact de la densité médicale sur la sollicitation des SIS 192
4.3 Impact de la densité médicale sur l'emploi de sapeurs-pompiers professionnels et volontaires 192
4.4 Modélisation du coût des SIS, dont l'impact de la densité médicale . 193
4.5 Modélisation de la substituabilité entre la médecine générale et les secours de la part des citoyens 195

5.1 Statistiques Descriptives 218
5.2 Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output direct 221
5.3 Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output intermédiaire 222
5.4 Régression Tobit des déterminants de l'efficience 224
5.5 Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output direct et avec contrôles environnementales 225
5.6 Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output intermédiaire et avec contrôles environnementales 225
5.7 Facteurs déterminants de la couverture territoriale des SIS 236

5.8 Facteurs déterminants du coût/tête des SIS 238

G.1 Scores d'efficience DEA par SDTIS 300
G.2 Scores d'efficience DEA avec contrôles environnementales par SDTIS 306
G.3 Calcul de la valeur d'une vie statistique par département 312

Table des matières

Introduction Générale **1**

1 Approches socio-économiques des services d'incendie et de secours **10**

1.1 La sécurité civile en France: présentation et enjeux 10

1.1.1 Définitions 11

1.1.2 Les acteurs de la sécurité civile 12

1.1.3 Les interventions des sapeurs-pompiers 14

1.1.4 L'organisation des SIS 16

1.1.5 L'activité en chiffres 18

1.1.6 La réponse opérationnelle : éléments qualitatifs 24

1.1.7 Contextualisation des problématiques du secteur 24

1.1.8 Le modèle de sécurité civile français distinct des modèles étrangers 31

1.2 L'activité des SIS au prisme de la théorie économique 33

1.2.1 Comment apprécier l'utilité sociale du secteur de la sécurité civile 34

1.2.2 Formalisation de la production et du coût du service 52

1.2.3 Formalisation des impacts socio-économiques 58

1.3 Les défis de la mesure socio-économique des activités des SIS 72

1.3.1 La difficile mesure de l'efficacité des actions des SIS 73

1.3.2 L'interdépendance des politiques publiques 81

1.3.3 Les inégalités territoriales liées à l'activité des SIS 90

2 Comment mesurer la performance socio-économique des services d'incendie et de secours? Une revue de la littérature **100**

2.1 Enjeux de la mesure de l'efficacité des actions des SIS pour le calcul socio-économique 100

2.2 La revue de la littérature 105

2.2.1 Introduction 105

2.2.2 Méthodologie 107

2.2.3 Résultats . . . 111
2.2.4 Discussion . . . 120
2.3 Application des résultats : perspectives pour le calcul socio-économique des SIS . . . 126

3 Le délai d'intervention comme indicateur fondamental de la valorisation socio-économique des services d'incendie et de secours 137
3.1 Le délai d'intervention dans le pilotage des SIS . . . 137
3.2 Le délai de route comme déterminant de l'impact des interventions de secours sur l'état de santé des victimes . . . 144
3.2.1 Introduction . . . 144
3.2.2 Méthodologie . . . 149
3.2.3 Résultats . . . 156
3.2.4 Discussion . . . 157
3.3 Application des résultats : la valorisation socio-économique du maillage territorial des SIS . . . 163

4 L'interdépendance des politiques publiques dans le calcul socio-économique 171
4.1 L'interdépendance des politiques de santé publique et de sécurité civile en France . . . 171
4.2 Les déserts médicaux: analyse des effets de substitution entre les sapeurs-pompiers et les médecins généralistes . . . 181
4.2.1 Introduction . . . 181
4.2.2 Approche méthodologique . . . 184
4.2.3 Résultats . . . 191
4.2.4 Discussion . . . 196
4.3 Application des résultats : un cas d'étude d'un territoire touché par la désertification médicale . . . 199

5 Les enjeux économiques de la production égalitaire de la couverture des risques par les services d'incendie et de secours 208
5.1 Peut-on produire un bien homogène sur des territoires hétérogènes? 208
5.2 L'efficience des SIS face aux inégalités territoriales dans la production du secours . . . 209
5.2.1 Éléments de contexte . . . 209
5.2.2 Méthodologie : appréhender l'efficience des SIS par le Data Envelopment Analysis . . . 212
5.2.3 Résultats . . . 220
5.2.4 Discussion . . . 226

5.3 Les inégalités dans le coût de la provision de la couverture des risques : estimation et implications 229

Conclusion Générale **247**

Bibliographie **253**

Annexes **271**

A Groupe de travail - *Évaluation Socio-Économique pour les SIS* **271**

B Documents relatifs aux SIS **282**

C Présentation des données **289**

D Compléments chapitre 1 **294**

E Compléments chapitre 2 **296**

F Compléments chapitre 3 **297**

G Compléments chapitre 5 **299**

H Activités scientifiques **318**

Introduction Générale

Les services d'incendie et de secours (SIS) sont chargés de la protection d'une collectivité face à divers risques. Ils portent secours aux victimes d'incendies, d'accidents de la route, d'urgences médicales et de situations de catastrophe (naturel et provoquée par l'homme). Ils protègent aussi les biens économiques et le patrimoine naturel dans ces différentes situations. Ce sont des missions qui s'inscrivent dans le cadre de la protection civile : protéger les personnes, les biens et l'environnement face à des risques de toute nature.[1]

Cette activité traduit une forte proximité à la population, avec une présence quotidienne auprès des citoyens pour intervenir en cas d'urgence. Leur volume d'activité en témoigne : les SIS français ont effectuées 4 819 900 interventions au service de la population en 2019.[2] Ils comptent 253 000 hommes et femmes dans leurs rangs, soit plus que les effectifs réunis de policiers et de gendarmes la même année.[3] Ces chiffres donnent une indication du poids de l'activité des sapeurs-pompiers mais n'en disent strictement rien sur les bénéfices pour la population de leur présence sur le territoire et de leur capacité à intervenir avec une telle répétition - chose qui devient une contrainte pour les acteurs de ces services au moment de justifier et de négocier leurs budgets auprès des décideurs publics.

Leurs budgets sont conséquents – plus de cinq milliards d'euros par an – et pèse lourdement sur leurs financeurs que sont les collectivités territoriales (représentant environ 3% de leurs dépenses de fonctionnement globales[4]). De ce fait, ils sont confrontés comme tout autre secteur public à la rationalisation de la dépense publique et la mesure de la performance instaurée depuis la loi organique relative aux lois de finance (LOLF) de 2001.[5]

Évaluer un service public suppose déjà de pouvoir mesurer précisément sa produc-

[1] Il est ainsi que la protection civile est définie sur le plan européen.

[2] Tout au long de cette thèse, l'année 2019 est employée comme référence en raison du biais créé par la pandémie de covid-19 pour les données plus récentes.

[3] Les forces de l'ordre compte 224 000 éléments selon l'INSEE

[4] En 2020, les dépenses de fonctionnement des collectivités territoriales (hors région - non-financeur des SIS) étaient d'environ 150 milliards d'euros et les SIS étaient financés par les conseils départementaux, les communes et les établissements de coopération intercommunale (EPCI) à hauteur de 4,6 milliard d'euros

[5] Présenté dans l'article 51 de la loi organique n° 2001-692 du 1 août 2001 relative aux lois de finances

tion. Il est souvent difficile de le faire en raison du décalage qui existe entre la mesure de ce qui est produit (l'output) et la mesure de ce qui permet d'apprécier l'atteinte des objectifs (l'outcome) permettant de déduire leur efficacité – une difficulté qui est bien documentée (T. Atkinson, 2005). De plus, les objectifs des politiques publiques sont très souvent intangibles puisque, par définition, l'intervention des pouvoirs publics suppose une défaillance du marché. De ce fait, il faut prendre en considération des impacts socio-économiques qui sont mal appréhendés par ses mécanismes.

Ce sont deux éléments qui rendent difficile l'évaluation des services publics. Les dépenses engagées sont très visibles, que ce soit pour les pouvoirs publics ou les habitants (sous forme de l'impôt), mais la contrepartie l'est beaucoup moins. Cela devient problématique lorsqu'il faut effecteur des arbitrages et des choix stratégiques en ce qui concerne le niveau de service à fournir à la population. S'inscrire dans une logique de performance suppose justement de faire les bons choix et d'allouer les ressources là où ils généreront le plus d'impacts positifs pour les usagers.

Il est dans ce sens que le calcul socio-économique sert de levier pour apprécier les bénéfices qu'une population peut espérer retirer des dépenses publiques susceptibles d'être engagées par le pouvoir public. Ce calcul permet d'alimenter l'évaluation socio-économique, qui - dans sa conduite ex-ante - compare différentes actions publiques possibles et permet de les prioriser en fonction du bénéfice social net qu'elles produisent.

L'évaluation socio-économique se développe et fait sujet d'une obligation en matière d'investissements publics d'état en France depuis dix ans[6] et il existe une volonté prononcée d'étendre son champ d'application (France Stratégie, 2016) au-delà de ses domaines d'applications historiques dont le transport figure comme épouvantail et pionnier en France (Boiteux, 1994; Boiteux, 2001). Globalement absents de ces débats sont les services publics qui, pourtant, pèsent lourdement dans les débats politiques - souvent fortement médiatisés - au tour des financements et des effectifs de ces services. La sécurité civile en fait partie et constitue le sujet de ce travail de thèse - financé par l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers (ENSOSP) - sur la mesure socio-économique des activités des SIS.

L'intérêt pour le calcul socio-économique est apparu chez les SIS au travers des travaux professionnalisant de la part d'un petit nombre d'officiers de sapeurs-pompiers sur des éléments relatifs à ce type de calcul (Froment et al., 2007; Sarrazin, 2014). Cet intérêt s'est notamment éveillé par la prise de conscience de l'existence de la valeur de la vie statistique (VVS) (Millot, 2011; E. Chevalier, Franck, and Zuntini, 2013). En tant qu'acteur du secours d'urgence - que ce soit

[6] Article 17 de la loi 2012-1558 du 31 décembre 2012, visible sur le site legifrance

pour des urgences médicales, lors des incendies ou à l'occasion de catastrophes naturelles - les sapeurs-pompiers sauvent des vies et ils n'hésitent plus désormais à mobiliser des référentiels pour produire un bilan socio-économique de leurs activités (A. Boury et al., 2015; Compta, Demark, and Guichard, 2018).

Conscient de l'intérêt stratégique de ces approches, les acteurs des SIS ont investi la littérature scientifique relative à l'analyse coût-bénéfice et la valorisation des effets non-marchands (Kharraz, 2016) pour justifier et mieux fonder ces démarches et construire un cadre conceptuel et opérationnel plus adapté aux réalités de ce secteur. La thèse présentée ici s'inscrit dans cette stratégie. Elle constitue un des éléments d'un investissement conséquent mobilisant de nombreux acteurs du secteur dans le cadre d'un groupe de travail au niveau national[7] pour centraliser les travaux dans ce domaine et tendre vers l'utilisation d'indicateurs socio-économiques communs sur le plan national.[8]

Cette thèse se propose de bâtir les fondements du calcul socio-économique de l'activité des SIS en s'appuyant sur les données recueillies par ces services et en mobilisant l'expertise des praticiens nécessaire pour leur bonne interprétation. Il s'agit également de construire un cadre conceptuel susceptible de répondre à une demande clairement exprimée : formaliser la contrepartie des moyens financiers consacrés aux SIS, correspondant aux bénéfices sociaux générés via les missions entreprises par les sapeurs-pompiers auprès de la population. A terme, cette démarche doit contribuer à l'appréciation des choix stratégiques des SIS pour justifier leurs choix en matière d'investissement.

Rappelons que dans l'évaluation du secteur de la sécurité civile, nous aurons systématiquement affaire à la quantification d'un négatif qui doit permettre d'extrapoler quelque chose de positif. Illustrons ce concept : les sapeurs-pompiers interviennent dans diverses situations d'urgence qui correspondent à la survenue d'un évènement indésirable. A ce moment-là, il y a déjà un préjudice, que ce soit une dégradation de l'état de santé d'une victime ou des dégâts matériels dus à un départ d'incendie. De ce fait, leur intervention ne peut que minimiser ses conséquences, elle ne peut pas les réduire à néant. Il est donc en minimisant ces dommages que les SIS génèrent un bénéfice social : s'ils n'avaient pas entrepris leur intervention de secours, les dommages auraient été plus conséquents. Il s'agit alors de mesurer les dommages évités par les actions des SIS, terme que nous utiliserons systématiquement et qui sert notamment dans le domaine des programmes d'actions et de prévention des inondations (PAPI) (Commissariat Général au Développement Durable, 2019).

[7] Le groupe de travail *Evaluation socio-économique pour les SIS* a été créé fin 2019, toutes les informations relatives à sa déroulée sont disponibles dans l'annexe A

[8] Une volonté prononcée de la part de la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC) dans le dernier guide du Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des risques (SDACR) DGSCGC, 2020b. Une présentation du SDACR est disponible dans l'annexe B.

La mesure des dommages évités représente le premier défi à relever pour la mesure socio-économique des activités des SIS. Deux contraintes vont notamment peser sur ces analyses : la disponibilité de données et l'hétérogénéité des missions des SIS. Que ce soit en France ou à l'étranger, il y a une difficulté historique qui perdure relative à la disponibilité et la qualité de données relevant des missions des SIS. Bien que ces obstacles aient été soulignées il y a plus de 40 ans dans la littérature (K. L. Rider, 1979; Ignall, K. Rider, and Urbach, 1979), la situation actuelle n'a pas beaucoup évoluée ; les données relatives aux dommages causés par les incendies sont notamment encore de qualité médiocre (Salter et al., 2013).

Sur ce point, il est important de rappeler la réalité de ces services : les données disponibles relèvent d'informations échangées lors de situations d'urgence - elles ne sont pas destinées à alimenter le calcul socio-économique. L'exploitation des données existantes doit être maximisée puisque les perspectives pour élargir la collecte de données peuvent s'avérer limitées compte tenu des contraintes opérationnelles qui sont intrinsèques aux services d'urgence.

La diversité des missions effectuées par les SIS pose la question de la multiplicité des analyses nécessaires, l'agrégation et la commensurabilité des mesures produites, ainsi que de leur valorisation économique. A minima, nous savons déjà que les différentes missions des SIS consistent à protéger des enjeux distincts dont les caractéristiques varient de manière significative. Il faut non seulement distinguer les enjeux relatifs aux personnes, aux biens et à l'environnement, mais également ceux relatifs aux lieux culturels, des outils de travail, etc. On constate de ce fait qu'il y aura nécessairement des impacts avec et sans une traduction marchande.

En parallèle, nous pouvons également dire que les actions mises en place par les SIS peuvent être très différentes : pour sauver une personne d'un incendie, on n'applique pas les mêmes gestes et on n'utilise pas le même matériel que pour désincarcérer une personne d'un véhicule accidenté. Les exemples peuvent se multiplier, l'essentiel étant de retenir le caractère unique de chaque intervention, ou du moins chaque typologie d'intervention.

Pour appréhender ces questions, nous pouvons faire un rapprochement avec d'autres secteurs affichant des similitudes avec celui de la sécurité civile pour orienter nos travaux. Du point de vue du calcul socio-économique, nous savons qu'il est indispensable de pouvoir estimer une fonction de dommages car c'est cela qui facilite la mesure systématique des dommages évités par les actions mises en place, au travers d'une modélisation qui peut notamment alimenter l'évaluation ex-ante. Cela dépend alors de l'identification d'un paramètre qui explique le niveau de dommages observé. En ce qui concerne le risque inondation, la hauteur d'eau est utilisée : plus l'eau monte dans un logement et plus les dommages sont importants ; les actions mises

en place vont réduire la hauteur d'eau et de ce fait les dommages également. Cet exemple met en évidence les deux qualités nécessaires à un tel indicateur : il doit afficher une corrélation claire et robuste avec la mesure des dommages retenus, et il doit être amputable aux actions mises en place.

Cette thèse prend le parti d'établir cette relation en ce qui concerne les SIS à partir de l'indicateur du délai d'intervention qui traduit le laps de temps entre un appel au secours et l'arrivée sur les lieux des services d'urgence. Cet indicateur n'est pas unique aux SIS, il concerne tout aussi bien les services ambulanciers que les services de police. Son importance est primordiale : une urgence se définit comme une situation nécessitant une action rapide ; le délai d'intervention permet d'objectiver cette rapidité. Il est très riche en informations puisqu'il traduit à la fois le niveau d'offre du service (plus de moyens répartis sur un territoire sont disponibles et plus l'intervention peut être rapide) mais également la qualité de service perçue par les citoyens (plus on répond vite à un appel au secours et moins la victime verra son bien-être se dégrader).

Malgré sa prédominance dans les recherches et les débats qui entourent les services d'urgence et leur organisation, cet indicateur n'est pas employé dans le cadre du calcul socio-économique. Il est mobilisé comme un indicateur de qualité du service et correspond à un objectif à atteindre, ses évolutions observées et calculées sont analysées, une diminution du délai d'intervention étant appréhendée comme une amélioration du service, une augmentation comme une dégradation du service. Néanmoins, sans traduction monétaire, il ne permet pas de comprendre dans quelle mesure ces réductions permettent de maximiser l'utilité des citoyens.

Dans le cadre des activités de sécurité civile, les bénéfices pour les citoyens d'un délai d'intervention qui diminue sont multiples. Certains sont tangibles : une moindre dégradation de l'état de santé de la victime, une moindre propagation des dommages causés aux biens. Certains sont intangibles : un moindre degré de stress et d'anxiété avec une prise en charge rapide par les secours, un meilleur sentiment de sécurité avec la connaissance d'une large couverture des risques par les SIS ou un gain d'utilité lié à la protection des espaces naturels.

Les travaux engagés à l'occasion de cette thèse cherchent à démontrer l'intérêt de cet indicateur tant sur le volet théorique que sur le volet empirique. Cet indicateur constitue-t-il bien une base pertinente pour la mesure socio-économique des SIS ?

Au-delà de telles mesures des dommages évités directement par leur activité, le fruit des échanges avec les praticiens dans le cadre du groupe de travail *ESE pour les SIS* a mis l'accent sur leur travail en "inter-services". En effet, la sécurité civile se heurte au phénomène de la coproduction (T. Atkinson, 2005), puisqu'en protégeant les citoyens et en intervenant en cas de demande de secours, ils contribuent au bien-

être et la santé de la population alors que ce sont des outcomes qui concernent également le secteur de la santé, d'où l'existence de co-production.

Nous nous intéressons à ce volet en tout particulier par rapport à la notion d'interdépendance de politiques publiques : l'activité des SIS dépend partiellement de la politique conduite dans d'autres secteurs publics – la provision du service (sa qualité) et son coût peuvent évoluer en fonction de phénomènes qui sont exogènes aux SIS. Cette question est d'une importance particulière à l'échelle territoriale (Maggetti, 2012) et devient une problématique importante face aux mutations que connaissent la société du 21ème siècle avec diverses situations de crise (Fosse, Viennot, and Prouet, 2022). Jusqu'à présent, de tels éléments sont sujet de discussion politique mais ne connaissent pas de mesure objective que peut apporter le calcul socio-économique pour alimenter les débats non seulement dans le domaine politique mais également chez les praticiens.

Les échanges avec les praticiens qui ont permis d'enrichir ces travaux de thèse nous ont aussi conduit à prendre en considération les véritables arbitrages qui sont fait – déjà – de manière implicite sur les différents territoires. Les contraintes réelles des SIS varient d'un territoire à un autre : la démographie n'est pas la même et la typologie de risques présente sur le territoire non plus. Il est ce facteur de variabilité qui nous interroge sur l'organisation des moyens des SIS d'un territoire à un autre. Dans la provision d'un service public, on cherche à produire de manière égalitaire, mais cela est complexe dans les faits – notamment pour un service avec un fort élément spatial – et nous nous interrogeons de ce fait sur les éventuelles disparités qui peuvent exister dans la provision du secours.

Nous nous efforcerons de montrer en quoi le délai d'intervention est un indicateur pertinent et robuste pour traiter ces différents questionnements. Cette thèse met en avant les paramètres économiques permettant d'appréhender de manière robuste l'ensemble de gains et de coûts qui sont associés aux différentes actions mises en place dans le secteur de la sécurité civile. Le délai d'intervention constitue un indicateur utile pour le faire? même s'il a ses limites et ne permet pas de couvrir tous les impacts de ces services.

Plan de travail

Un premier chapitre est consacré à une description des activités des SIS et du secteur de la sécurité civile. Si ce chapitre se focalise sur l'organisation des SIS en France, il aborde également des particularités qui sont communes à l'échelle internationale? telles que le recours à des volontaires dans les effectifs des SIS et la notion de la gratuité de secours. Ce chapitre permet également d'apprécier l'organisation de ce secteur en France, en chiffrant l'activité des SIS ainsi que les différents éléments de leurs budgets. Une analyse critique de la nature de leurs activités débouche sur une

mesure pertinente et robuste de leur production. Cette dernière est définie comme une couverture des risques – que l'on mesure par le biais du délai d'intervention - et non plus comme la seule comptabilité des interventions effectuées. Cette mesure ainsi définie est ensuite mobilisée dans les chapitres suivants.

Dans un second chapitre, la thèse se propose de mieux cerner les capacités actuelles à mobiliser le délai d'intervention dans le calcul socio-économique des SIS en se focalisant sur l'activité historique des SIS – la lutte contre l'incendie. Une revue de littérature est proposée – tirant parti d'un article publié dans la revue Fire Technology (Swan, 2022), qui s'adresse à une audience diverse composée à la fois de scientifiques et de praticiens dans le domaine du risque incendie. Il met en avant la complexité à la fois de la mesure des dommages observés dans les différentes typologies d'incendie mais surtout dans la mesure de l'efficacité de l'intervention des SIS pour minimiser ces dommages, sans négliger les difficultés liées au recueil de données. Il est proposé de développer sur cette base un certain nombre de courbes de dommages pour différentes typologies de feu, en déterminant à chaque fois la probabilité d'occurrence de plusieurs scénarios de feu d'intensité différente. Ce chapitre donne des orientations voire des consignes claires pour développer le calcul socio-économique des moyens mis en œuvre par les SIS pour couvrir le risque incendie.

Le chapitre suivant traite de la robustesse de l'indicateur du délai d'intervention pour mesurer la dégradation de l'état de santé dans le cadre de la mission de secours d'urgence aux personnes – leur activité la plus volumineuse. Dans l'estimation de cette relation, la notion de causalité semble évidente : plus l'intervention des secours est retardée et plus la situation se dégrade avec des dommages plus conséquents. Néanmoins, selon la littérature, l'observation de cette relation se heurte à plusieurs difficultés dont l'endogénéité de la provision des services publics - un niveau plus important sera produit là où il y a le plus de besoin. Il s'agit du biais de simultanéité mis en avant, par ailleurs, dans le secteur de la police (Levitt, 2002). La question de l'endogénéité du délai d'intervention n'a reçu que peu d'attention, que ce soit vis-à-vis des SIS ou des services d'urgence en général et les ambulanciers en particulier (Wilde, 2008). Pourtant, la notion de triage dans la gestion des appels au secours pour prioriser les urgences renvoie clairement à la présence d'endogénéité dans la relation observée entre le délai d'intervention et l'outcome d'intérêt (l'état de santé), et pourrait engendrer des estimations biaisées de cette relation.

Ce chapitre appréhende plusieurs points pertinents pour l'intégration du délai d'intervention dans le calcul socio-économique des SIS : une estimation originale pour contourner le problème d'endogénéité, une analyse de la variation de l'effet du délai d'intervention sur l'outcome d'intérêt (l'état de santé) à différents intervalles de temps, et une intégration d'une nouvelle dimension d'outcome dans l'estimation (l'état de santé sur une échelle ordinale plutôt que binaire). Ce troisième chapitre

se base sur un travail publié dans la revue Value in Health (Swan and Baumstark, 2022), qui évalue ces éléments sur des données originales issues de trois départements. L'intérêt de ce travail trouve son sens dans son application à des cas concrets permettant de déterminer le rendement social des centres d'incendie et de secours implanté sur le territoire avec un calcul socio-économique basé sur le délai d'intervention.

Ensuite, un chapitre est consacré à l'analyse des interdépendances de politiques publiques en prenant le cas de la santé publique et plus particulièrement de la couverture médicale de soins de premier recours. Ce cas de figure concerne notamment le phénomène de désertification médicale - problématique qui connaît déjà une forte médiatisation et figure dans les débats politiques (Maurey and Longeot, 2020). Cette interdépendance entre la production de la santé publique et la production des SIS est ressentie au quotidien par les praticiens mais elle n'est pas objectivement explicité - il n'est pas possible à ce jour de dire dans quelle mesure l'activité des SIS est impactée par des changements de la couverture médicale, ou d'évaluer le surcoût que ces changements peuvent avoir sur leurs services.

On propose alors d'estimer l'ampleur du recours aux sapeurs-pompiers en cas de baisse de l'offre médicale et d'estimer le coût de la sur-sollicitation du service pour apporter des éléments de réponse permettant d'apprécier l'impact socio-économique d'une telle substitution pour la collectivité. Ce chapitre est basé sur un article présenté lors des 43èmes journées des économistes de la santé français. L'intérêt pour cette problématique a été mis en avant dans les échanges au sein du groupe de travail *ESE pour les SIS* afin de mieux caractériser les difficultés auxquelles les SIS doivent faire face dans leur organisation au quotidien.

Le dernier chapitre est destiné à explorer les disparités dans la provision du service produit par les SIS à l'échelle territoriale et de les caractériser sur le plan économique. Plusieurs questionnements se posent relatives à la réalité des services dont nous avons pu prendre connaissance au fur et à mesure de ces travaux : les efforts consentis par les SIS en matière de maillage territorial pour optimiser leur réponse sont peu visibles compte tenu de la dégradation conjoncturelle (la fermeture de centre de secours notamment), et leurs choix vis-à-vis de cette optimisation traduisent des arbitrages socio-économiques dont il est nécessaire de mettre en valeur et qui peuvent également servir dans l'appréciation des risques par les services d'urgence de manière générale.

En deux temps, il s'agit d'analyser l'efficience des SIS sur les dix dernières années, en proposant plusieurs estimations à partir d'une approche non-paramétrique de *Data Envelopment Analysis* (DEA). La production d'un service public peut varier en termes d'efficience sur les territoires (I. M. G. Sánchez, 2006; T. Puolokainen, 2015)

et les estimations calculées permettent de discuter l'évolution de la performance de ces services à l'échelle territoriale et ainsi d'évaluer les changements observés lors de cette période - période qui a été caractérisée par une forte rationalisation des moyens.

Dans la continuité de cette axe de réflexion, il est proposé une estimation du consentement à payer des collectivités pour la couverture des risques à l'échelle territoriale, et qui permet notamment de prendre conscience des disparités dans la capacité à payer pour ces services sur différents territoires. Il permet ainsi de décrire ces divergences dans l'appréciation du niveau de risque sur chaque territoire, chose qui peut trouver son usage dans le calcul socio-économique pour apprécier le poids qui est accordé à la réduction du niveau de risque par les décideurs publics, et indirectement par les citoyens. Ce travail a été présenté lors des Augustin Cournot Doctoral Days 2022.

L'ensemble de ces quatre chapitres comprend une section d'application relative aux enjeux soulevés dans le cadre du groupe de travail *ESE pour les SIS*. Pour les chapitres trois et quatre, cela concerne des applications à des départements distincts pour lesquels il a été possible d'identifier des enjeux pouvant faire l'objet d'un tel calcul, et pour lequel des données plus précises ont été mis à disposition dans le cadre de cette thèse. Pour les chapitres deux et cinq, il s'agit des applications généralisées visant à introduire des indicateurs globaux qui permettent d'évaluer la provision du service en matière de couverture des risques par les SIS.

Chapitre 1

Approches socio-économiques des services d'incendie et de secours

Ce premier chapitre propose une lecture économique du secteur de la sécurité civile en mobilisant les concepts développés en économie publique. Il met ainsi en avant plusieurs caractéristiques économiques singulières de ce secteur. Ce chapitre est construit en trois temps : dans un premier temps, il se focalise sur l'appréciation de l'organisation des activités des services d'incendie et de secours (SIS) et des problématiques auxquels ce secteur est confronté sur le plan économique du point de vue des différentes parties prenantes - des pouvoirs publics aux praticiens. Dans un second temps, il présente et discute la pertinence des instruments de mesure traditionnels de la production de ces services et de leur valorisation sur le plan économique. Dans un troisième temps, il appréhende les méthodes susceptibles de mieux intégrer la valeur des missions assurées par les SIS dans les évaluations socio-économiques de leurs activités et de leurs investissements.

1.1 La sécurité civile en France: présentation et enjeux

Cette première partie présente le secteur de la sécurité civile en France, en insistant particulièrement sur les acteurs de ce secteur, leurs missions, l'organisation de leurs moyens et la mesure de leur activité. Ces éléments, qualitatifs et quantitatifs, sont indispensables pour construire les analyses économiques qui sont engagées par la suite : ils permettent d'apprécier l'importance des actions des sapeurs-pompiers auprès de la population ainsi que le poids que représente ce secteur pour la collec-

tivité.[1]

L'analyse proposée dans ce chapitre s'appuie également sur de nombreux rapports des pouvoirs publics qui traitent de l'organisation des SIS ainsi que sur la littérature grise produite par les acteurs de la sécurité civile. Ces documents constituent des sources précieuses pour apprécier le fonctionnement du secteur.

1.1.1 Définitions

Le secteur de la sécurité civile fait sujet de différentes dénominations et les réalités désignées peuvent être assez différentes selon les pays et les organisations. Avant l'étude des données et des écrits sur le sujet, il est indispensable de clarifier ce qu'est la sécurité civile pour les différents pays.

La protection civile recouvre toutes les actions menées pour protéger les personnes, les biens et l'environnement d'une collectivité face aux situations d'urgence.[2] Au-delà de ces objectifs qui sont clairement définis et homogènes sur le plan international, il y a des points de divergence, tant sur le plan du vocabulaire que dans les modes d'organisation. Dans le monde anglophone, par exemple, les dénominations "civil protection", "civil security", "societal security" ou encore "homeland security" renvoient à la production de la sécurité intérieure - concernant aussi bien la gestion des frontières, le terrorisme, le crime, la cybersécurité ou la prévention et la préparation aux catastrophes. Ces missions très vastes impliquent un grand panoplie d'acteurs dont les services de police, les SIS et les services de santé, mais également diverses associations de protection civile et même parfois les services militaires. De ce fait, l'organisation du secteur de la sécurité civile peut être difficilement comparable d'un pays à un autre en raison des modes organisationnels différents (infra 1.1.8).

En France, le terme "sécurité civile" désigne à la fois une politique publique visant à protéger la population des risques de toute nature, et les services de secours mis en place par le ministère de l'intérieur. Le terme "protection civile" inclut, quant à elle, l'activité de diverses associations agissant à la fois à l'échelle départementale et nationale (Cour des Comptes, 2019).

Les services de sécurité civile français se présentent comme "une figure incontourn-

[1] Les chiffres présentés dans cette partie sont issus d'une enquête annuelle pilotée au niveau national (INFOSDIS) par la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC) sous la dénomination *Les statistiques annuelles des services d'incendie et de secours* qui est disponible sur le site du ministère de l'intérieur. Les données collectées le sont sur une base déclarative. Une description complète de la démarche est disponible dans l'annexe C.

[2] Ces objectifs sont visibles sur le plan juridique dans différents pays: au Royaume Uni dans le Civil Contingencies Act de 2004, aux Etats Unis dans le Homeland Security Act de 2002 ou en France dans le Code de la Sécurité Intérieure (Chapitre II : Sécurité civile (Article L112-1)).

able du secours et de la gestion de crise",[3] et dont les principaux acteurs sont les sapeurs-pompiers, "le premier maillon de la chaîne du secours".

Les sapeurs-pompiers font partie des services d'urgence joignables par les numéros d'urgence[4] par toute la population en toute circonstance. Cette notion d'urgence est incontournable dans la définition de leurs activités et pour les analyses que nous pouvons en faire. Une urgence impose une nécessite d'agir vite. De ce fait, la rapidité de l'intervention des SIS est un facteur prépondérant de leur activité opérationnelle qui consiste à apporter une réponse adaptée aux appels de secours de la part de la population pour atténuer les conséquences de toute forme d'évènements indésirables.

C'est également ce qui les définit comme un service public incontournable : les appels d'urgence ne font sujet d'aucune discrimination, les services sont disponibles 24 heures par jour, 7 jours sur 7, et ils sont tenus de répondre et de s'adapter à de nouveaux risques. Ils répondent ainsi aux trois grands principes du service public : l'égalité, la continuité et l'adaptabilité.

Reconnus comme "les soldats du feu", les sapeurs-pompiers exécutent diverses missions définies dans le code général des collectivités territoriales (CGCT) et qui sont confiées aux SIS.[5] Ces missions contrastées concernent aussi bien la lutte contre l'incendie que les secours et les soins d'urgence aux personnes,[6] ou encore la prévention des risques technologiques et naturels.

Ces premiers éléments soulèvent déjà deux points clés concernant l'activité des SIS :

- l'hétérogénéité dans les missions qui leur sont confiées - ils participent à la gestion de tous les risques de sécurité civile et même à toutes les phases de cette gestion - en amont (la préparation et la prévention) et en aval (la réponse),
- la coordination avec différents acteurs dans la majeure partie de leurs missions - seule la mission de prévention, protection et de lutte contre l'incendie leur est confiée à titre exclusif.

1.1.2 Les acteurs de la sécurité civile

Les sapeurs-pompiers sont les principaux acteurs de la sécurité civile. Ils sont organisés à l'échelle départementale sous forme de service départemental ou territorial

[3] Selon la présentation faite sur le site web du ministère de l'intérieur

[4] Le service d'aide médicale urgente (SAMU) via le 15 et le service de police via le 17, les SIS étant joignables via les numéros 18 et 112

[5] Leurs missions sont précisées à l'article L 1424-1, également disponible dans l'annexe C

[6] La loi n°2021-1520 du 25 novembre 2021 - dite loi Matras - qui vise à renforcer le modèle de sécurité civile français a étendu les activités des sapeurs-pompiers en intégrant les soins d'urgence en supplément de la notion de secours

d'incendie et de secours (SDTIS).[7] Ils assurent la gestion d'un centre de traitement de l'appel d'urgence (CTA) à cette échelle départementale et sont chargés d'organiser les moyens de secours sur le territoire.

Les moyens humains des SIS sont composés de sapeurs-pompiers professionnels (SPP), de sapeurs-pompiers volontaires (SPV) et d'un personnel administratif et technique (PATS). Ce sont plus de 250 000 sapeurs-pompiers[8] qui apportent une réponse aux appels de secours sur l'ensemble du territoire.

Si les SDTIS sont autonomes à l'échelle départementale, ils sont toutefois encadrés par une administration centrale - la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC) - rattachée au ministère de l'intérieur. Cette direction assure la cohérence de la sécurité civile sur le plan national, en définit la doctrine et en coordonne les moyens.[9] Elle possède aussi ses propres moyens que l'on dénomme les renforts nationaux de sécurité civile. Ce personnel compte environ 2 500 éléments et comporte des moyens d'intervention terrestre, de déminage, de secours aérien, de soutien logistique et de commandement, dont le statut du personnel est très varié : policiers, militaires, contractuels (Cour des Comptes, 2019).

La sécurité civile bénéfice également de l'appui de diverses associations. Nous y identifions les comités communaux de feux de forêt (CCFF), les réserves communales de sécurité civile (RCSC) et les associations agrées par la sécurité civile (telles que la Croix Rouge Française). Selon Inspection Générale des Affaires Sociales (2016), ces associations mobilisaient environ 60 000 bénévoles en 2016. Un autre rapport de l'Inspection Générale de l'Administration (2012) précisait que ces associations possédaient un vivier de quelques 200 000 bénévoles dont environ 70 000 serait mobilisables. Ces effectifs - qui concernent l'ensemble des territoires - sont loin d'être anecdotique, représentant a minima 25% des effectifs de sapeurs-pompiers.

La politique de sécurité civile est une politique interministérielle selon la Cour des Comptes (2019). De plus, le CGCT précise dans la description de leurs missions que : "ils concourent, avec les autres services et professionnels concernés, à la protection et à la lutte contre les autres accidents, sinistres et catastrophes, à l'évaluation et à la prévention des risques technologiques ou naturels ainsi qu'aux secours et aux soins d'urgence." La coordination de différents acteurs est alors un enjeu essentiel de cette politique et les SIS constituent le pivot de son organisation (Cour des Comptes, 2019).

[7] Anciennement les services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), cette nouvelle dénomination est apparue suite au décret n° 2022-557 du 14 avril 2022 modifiant diverses dispositions relatives aux sapeurs-pompiers, consultable sur le site de légifrance

[8] En 2019, on dénombrait 253 000 sapeurs-pompiers, soit : 41 400 professionnels, 198 900 volontaires et 12 800 militaires

[9] Le rôle de l'Etat dans la politique de sécurité civile a été défini dans la loi 2004-811 du 13 août 2004 portant sur la modernisation de la sécurité civile, visible sur le site legifrance en lisant la partie annexe "orientations de la politique de sécurité civile"

De ce fait, les SIS sont amenés à se coordonner avec différents acteurs dans le cadre de leurs missions. Par exemple, ils peuvent intervenir simultanément avec le SAMU sur les lieux d'une intervention dans la prise en charge d'une victime. Ils interagissent également avec les services hospitaliers, puisqu'ils sont chargés du transport des victimes nécessitant des soins hospitaliers. D'autre part, ils doivent également se coordonner avec les gendarmes, sur les lieux des accidents de la route notamment.

La multiplicité des acteurs impliqués dans la politique de sécurité civile est un facteur clé qui rend l'analyse de ce secteur complexe, puisqu'il est nécessaire d'isoler la contribution de chaque acteur dans la production de la sécurité civile. L'existence de différents acteurs peut également poser des obstacles sur le plan empirique, car chaque service recense ses propres données qui peuvent refléter des réalités différentes ou renvoyer à des critères d'appréciation distincts.

1.1.3 Les interventions des sapeurs-pompiers

L'activité des SIS est recensée dans une publication annuelle - les statistiques annuelles des SIS[10] - qui dénombre en premier lieu le nombre d'interventions effectuées auprès de la population. Les interventions sont divisées en cinq familles: le secours à personne, les accidents de la circulation, la lutte contre les incendies, les risques technologiques et les opérations diverses.

Le tableau 1.1 indique le nombre d'interventions effectuées pour l'année 2019. Nous y constatons que l'activité de secours à personne est - de très loin - l'activité la plus importante, elle représente près de 85% de l'activité globale.

Table 1.1: Les interventions des SIS par typologie de risque en 2019

Typologie d'intervention	Volume annuel
Incendie	316 083
Secours à personne	4 094 958
Accidents de circulation	293 732
Risques technologiques	60 855
Opérations diverses	348 033

A l'intérieur de chaque typologie de risque, il existe de nombreux libellés

[10] L'historique de ces publications (issues de l'enquête annuelle INFOSDIS) est disponible sur le site du ministère de l'intérieur

d'interventions distincts. Pour le secours à personne, les libellés représentant le plus fort volume d'interventions sont :

- les malaises ou maladies à domicile - urgence vitale (23,8%),
- les malaises sur voie, lieux publics ou assimilés (14,9%),
- et les malaises ou maladies à domicile - situation de carence (12,5%).

Pour l'activité incendie, les feux d'habitations représentent la plus grosse part des interventions (22,5%). Ensuite, nous y trouvons :

- les feux de végétation (21,1%),
- les feux sur voie publique (18%),
- et les feux de véhicule (17,8%).

Pour les accidents de la circulation, il s'agit très majoritairement (99,4%) d'accidents de la route.

En ce qui concerne les opérations diverses, le libellé avec le volume le plus important concerne les interventions sans libellé précis (*autres opérations diverses* - 21,9%).

Ces données mettent l'accent sur les missions des SIS dans la phase de réponse aux risques. Nous n'y retrouvons pas d'informations concernant les actions mises en place dans le cadre de la préparation ou de la prévention des risques de sécurité civile. Par conséquent, nous ne pouvons quantifier le poids de ces missions dans l'activité globale des SIS à partir de ces données.

De la même manière, nous n'y voyons pas de distinction entre ce qui est appelé "risque courant" et risque "complexe" par les praticiens et dans les documents structurants des SIS comme le schéma départemental d'analyse et de couverture des risques. Le risque courant est caractérisé par une forte probabilité d'occurrence et un faible impact sur les personnes, les biens et l'environnement - ses impacts ne s'étendent pas sur la collectivité et ne concerne que quelques individus ou enjeux isolés. A contrario, la notion de risque complexe renvoie à une très faible probabilité d'occurrence mais à des effets importants sur les personnes, les biens et l'environnement qui s'étendent sur la collectivité. La distinction entre les deux typologies de risque se fait donc principalement sur le nombre de personnes directement exposées à ses conséquences.

1.1.4 L'organisation des SIS

Les SDTIS sont des établissements publics autonomes, gérés par un conseil d'administration. Cette dénomination traduit une organisation à l'échelle départementale, mais elle n'est pas très ancienne. Historiquement, les SIS étaient organisés à l'échelle communale. Cela a définitivement changé à partir de 1996 avec la loi de départementalisation des SIS, qui a vu naître les SDIS.[11]

L'organisation de chaque SIS est décrite dans son schéma départemental d'analyse et de couverture des risques (SDACR). Ce document recense les risques présents sur le territoire et leurs conséquences potentielles vis-à-vis des enjeux existants tels que l'infrastructure, la population et l'environnement. En parallèle, il décline les moyens mis en place pour couvrir ces risques en s'appuyant notamment sur l'activité historique pour optimiser l'allocation des moyens. Renouvelé tous les cinq ans, le SDACR est élaboré par le SIS et validé par le préfet, sous condition d'avis favorable de son conseil d'administration (composé de représentants des communes et de conseillers départementaux – ses financiers locaux).

La couverture des risques proposée dans le SDACR est notamment basée sur des délais d'intervention indicatifs. Ces objectifs de délais servent de facteur dimensionnant dans le calibrage de la couverture des risques, ce que les praticiens appellent le "maillage territorial" - les centres d'incendie et de secours (CIS) sont repartis sur le territoire avec des moyens humains et matériels adaptés de sorte à respecter ces délais pour différentes typologies de risque.

Les CIS ne sont pas tous de même taille. Il existe les centres de secours principaux (CSP), les centres de secours (CS), les centres de première intervention (CPI) et les centres de première intervention non-intégrés.[12]

En termes de moyens matériels, on identifie cinq types principaux de véhicules de secours : les véhicules de secours aux victimes (VSAV), les véhicules de secours routiers, les fourgons pompe tonne (FPT), l'échelle pivotante automatique (EPA) et les camions citerne feux de forêts (CCF).

Il n'existe quasiment aucun cadre réglementaire pour fixer ces délais, si ce n'est qu'un arrêté de 1978 indiquant que le délai d'intervention ne doit pas dépasser les 20 minutes.[13] Toutefois, on retrouve globalement les mêmes objectifs de délais sur l'ensemble des territoires : une couverture de 100% de la population en moins de 30 minutes, accompagné d'un objectif plus ambitieux d'une couverture à 20 minutes pour 95% des habitants.

[11] La loi n° 96-369 du 3 mai 1996 relative aux services d'incendie et de secours, disponible sur le site légifrance

[12] Un CPI non-intégrés est une caserne qui n'a pas été intégrés dans le corps départemental.

[13] L'arrêté en question date du 1er février 1978 et concerne le règlement d'instruction et de manœuvre (RIM) selon Mailfert et al. (2011)

Il est important de souligner que les SIS sont soumis à un objectif de moyens et non de résultat (Cour des Compte, 2004). Pour chaque typologie d'intervention, le règlement opérationnel (RO) définit les moyens qu'il est nécessaire d'engager pour apporter une réponse adaptée. Par exemple, un véhicule de secours aux victimes (VSAV) - une ambulance - nécessite une équipage de trois sapeurs-pompiers, alors qu'un fourgon pompe tonne (FPT) - un engin de lutte contre l'incendie - nécessite une équipage de six sapeurs-pompiers pour pouvoir réaliser en toute sécurité les manoeuvres nécessaires sur les lieux d'intervention.

Ce sont les éléments qui posent les principales contraintes sur l'organisation des moyens de secours :

- les moyens humains et matériels doivent être optimisés pour garantir une réponse opérationnelle adaptée aux différents risques,
- ces moyens doivent être positionnés de sorte à respecter les délais d'intervention pré-établis dans le SDACR.

A cela s'ajoute l'organisation du temps de travail des sapeurs-pompiers. Pour rappel, les SIS sont composés de sapeurs-pompiers professionnels (SPP) et volontaires (SPV). Il existe deux régimes de travail : la garde et l'astreinte. Chaque SIS dimensionne ses moyens avec un effectif de garde et un effectif d'astreinte. La garde consiste à positionner des sapeurs-pompiers en caserne de manière continue sur des périodes de 12h ou 24h pour assurer la réponse aux appels de secours. Les effectifs de garde sont immédiatement mobilisables, dès la transmission d'une alerte. L'astreinte correspond à une période où les effectifs concernés doivent être en mesure d'intervenir si nécessaire. Ces effectifs ne sont pas positionnés en caserne - les SPV peuvent même être sur leur lieux de travail pendant une astreinte (ce sont des individus avec une profession autre que le métier de sapeur-pompier). L'astreinte impose nécessairement un délai supplémentaire de mobilisation des effectifs - le temps de se rendre à la caserne. Le respect des délais d'intervention est donc également soumis à la contrainte de ces régimes de travail puisqu'il faut tenir compte de cet écart dans le délai de mobilisation des effectifs.

Enfin, et toujours en lien avec le personnel, il existe une contrainte de formation et de qualification. L'intervention pour certaines typologies d'intervention peuvent nécessiter des gestes auxquels tous les sapeurs-pompiers ne sont pas formés. Par exemple, il existe des formations spécifiques pour le "sauvetage-déblaiement" ou le "feu de forêt". De ce fait, les compétences du personnel doivent être en adéquation avec les risques auxquels ils font face dans leur activité opérationnelle. D'ailleurs, il y a une corrélation très prononcée entre le volume d'activité des SIS et la proportion de volontaires composant ses effectifs : plus l'activité est importante et moins on s'appuie sur des effectifs volontaires (une représentation graphique est proposée dans

l'annexe D).

1.1.5 L'activité en chiffres

Éléments budgétaires

Le budget global des SIS a dépassé en 2019 les 5 milliards d'euros, dont 16% concerne les dépenses d'investissement.[14] Les SIS ont deux sources de financement principales qui comptent pour 89% du budget global: les conseils départementaux et les communes et établissements publics de coopération intercommunale (EPCI). Le restant de leur budget est issu de la taxe spéciale sur les conventions d'assurance (TSCA) et qui leur est versée par l'Etat.

La majorité de leurs dépenses concerne ainsi la production du maillage territorial, dont il y a trois composants principaux : les CIS, les véhicules de secours et les sapeurs-pompiers. Les dépenses de fonctionnement concernent surtout les dépenses de personnel (83%) alors que les dépenses d'investissement peuvent être amputés majoritairement aux achats de moyens matériels (69%) et à la construction de centres de secours (12%).

Ce sont des moyens coûteux - un VSAV coûtait en moyenne 62 000€ aux SIS en 2019 et un FPT (moyen d'extinction) 199 800€. Au-delà des coûts d'achat de matériel, il n'y a pas de traçabilité immédiate dans les statistiques annuelles des coûts d'entretien et de réparation du matériel. Nous savons juste qu'au niveau national, les dépenses dans le maintien des conditions opérationnelles de la flotte aérienne représentent entre 35 et 47 millions d'euros par an, soit environ 30% des dépenses de fonctionnement consacrées par l'Etat à la sécurité civile sous le programme 161 (Vogel, 2019a). On peut alors supposer qu'une partie non-négligeable des 17% d'autres dépenses de fonctionnement concernent l'entretien et la réparation du matériel.

Les effectifs de sapeurs-pompiers sont repartis de manière inégale entre professionnels et volontaires - près de 80% des sapeurs-pompiers sont des volontaires. Un sapeur pompier volontaire est indemnisé 7,74€ l'heure, une rémunération qui peut monter jusqu'à 11,63€ en fonction de son grade (Cour des Comptes, 2019). Ce coût reste faible lorsqu'il est rapporté à celui d'un professionnel - un volontaire coûtera en moyenne 2581€ par an alors qu'un professionnel percevra au minimum 22 000€ (environ 12,5€ de l'heure) (Cour des Comptes, 2019). Avec un tel écart, il est facile d'apercevoir en quoi les volontaires sont indispensables pour le bon fonctionnement et surtout pour l'équilibre financier du modèle de sécurité civile en France.

[14] Cela n'inclut pas les dépenses effectués au nom des moyens nationaux, qui s'élevait à 80€ millions en 2018 pour les moyens de lutte contre les feux de forêt (Vogel, 2019a)

D'un point de vue budgétaire, ce sont les moyens humains et matériels qui pèsent le plus lourdement sur l'organisation des SIS.

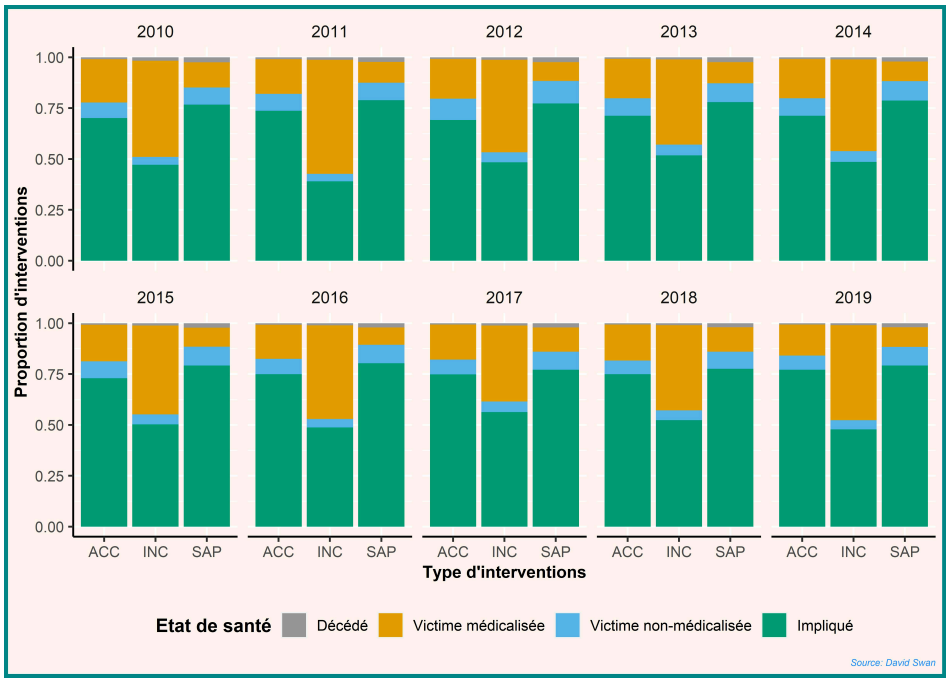
Indicateurs clés pour caractériser la réalité et l'importance des services

Les SIS ont une activité extrêmement volumineuse - ils interviennent toutes les 6,5 secondes ou 13 205 fois par jour, soit près de 4 300 000 interventions dans l'année.[15]

L'activité des sapeurs-pompiers concerne majoritairement la prise en charge de victimes. En 2019, pour 4 819 900 interventions, 3 890 200 personnes ont été prises en charge par les SIS, correspondant à 2 825 243 transports à l'hôpital.

La figure 1.1 décompose l'état de santé des victimes secourues par les sapeurs-pompiers pour les trois typologies d'intervention les plus volumineuses dans leur activité opérationnelle (le secours à personne, l'incendie et les accidents de la route).[16] On constate que les proportions sont relativement similaires pour les trois typologies, avec les "impliqués" constituant toutefois une plus grosse part des victimes en ce qui concerne les incendies.

Figure 1.1: L'état de santé des victimes prises en charge par les SIS en fonction de la typologie d'intervention



[15] Ces chiffres concernent l'année 2019, la crise sanitaire a engendré une baisse de l'activité d'environ 10 % en 2020 (DGSCGC, 2020a; DGSCGC, 2021).

[16] Sont exclues ici les opérations diverses et les risques technologiques en raison de l'hétérogénéité de la nature de ces interventions qui ne renvoient pas systématiquement à une prise en charge de victimes, tel est le cas pour les trois autres familles

Ce graphique permet de soulever le fait que - pour des missions qui sont caractérisées par la notion d'urgence - une part majoritaire des victimes ne nécessite pas une prise en charge médicale en ce qui concerne le secours à personne et le secours routier. Il est possible d'en déduire que la notion de secours d'urgence est devenue très relative dans un grande nombre de cas. On peut peut même aller jusqu'à dire que les SIS sont désormais sollicitées pour des interventions qui ne relèvent tout simplement pas de l'urgence.[17]

Ces éléments reflètent toute l'hétérogénéité qui existe dans les interventions des SIS, un appel au secours peut nécessiter un sauvetage immédiat ou la simple prise en charge d'un malaise vagal, ou même concerner tout juste une demande de transport à l'hôpital. Si l'on considère que l'état de santé demeure la mesure la plus tangible pour qualifier l'efficacité de l'intervention des SIS, ces données démontrent que ce critère est loin d'être suffisant pour caractériser leurs interventions et mesurer la qualité de leurs actions.

La quatrième typologie d'intervention - les opérations diverses - correspond à près de 350 000 interventions par an. On trouve dans cette catégorie notamment les interventions liées aux inondations (28 778 interventions en 2019 (DGSCGC, 2020a)), pour autant, il n'y a pas de décompte du nombre de personnes "sauvées" ou "évacuées" dans le cadre de ces interventions. Il ne semble pas exister une mesure autre que le nombre d'interventions effectuées pour quantifier les actions menées dans le cadre de ces interventions qui sont d'une très grande diversité. Il en est de même pour les risques technologiques où il est difficile d'apprécier l'importance des actions engagées par les SIS à partir des informations disponibles. Dans l'ensemble, cela pose un problème assez radical à surmonter pour les analyses qui vont suivre.

Les Indicateurs Nationaux des SIS (INSIS) sont présentés chaque année dans la publication annuelle des statistiques des SIS. Y figure notamment le délai d'intervention moyen sur le territoire, qui s'élevait à 13 minutes et 54 secondes en 2019 (DGSCGC, 2020a). Cet indicateur du délai caractérise notamment la qualité d'exécution des missions par les SIS (DGSCGC, 2020a). Sont également proposés quelques indicateurs de la qualité de réalisation des missions: le pourcentage de feux de forêts éteints avant d'avoir parcouru 5 hectares, et le pourcentage de la population prise en charge par les sapeurs-pompiers sur une base annuelle (de l'ordre de 6%). Autrement, les indicateurs proposés caractérisent l'optimisation de l'emploi, du volontariat et des coûts et financements.

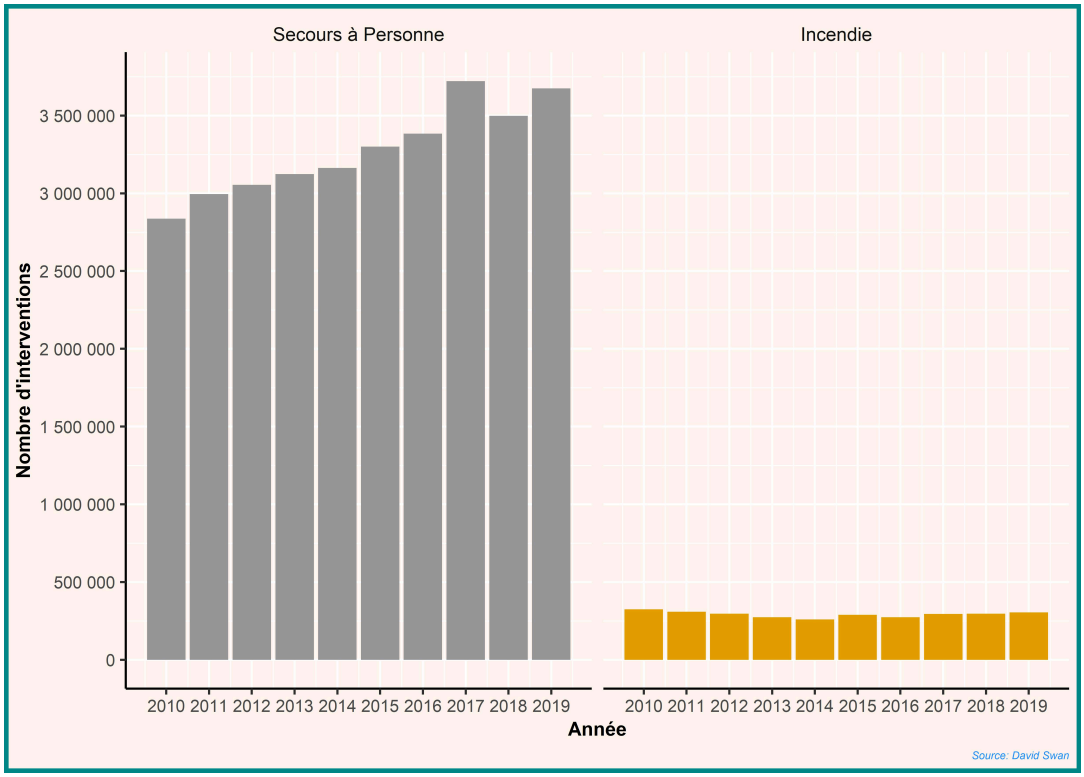
Il nous appartient d'explorer en quoi ces indicateurs de pilotage peuvent être pertinent dans le cadre du calcul socio-économique de leurs activités.

[17] Les SIS joue désormais un rôle "tampon" face au recul des différents services publics et à la baisse du nombre de médecins dans les territoires selon un récent rapport du Sénat (Maurey and Longeot, 2020).

Les mutations de l'activité

Depuis de longues années maintenant, la lutte contre l'incendie constitue une part minoritaire des interventions des SIS en termes de volume d'activité. Cette mission phare ne représentait à peine plus d'une intervention sur dix en 2019, un ratio stable sur les dix dernières années, comme en témoigne la figure 1.2. En parallèle, ces dernières années ont notamment été caractérisées par une accélération de leur activité de secours à personne. Cette activité constitue désormais plus de 80% de leur activité opérationnelle, soit environ 3 500 000 interventions par an. Les SIS sont donc confrontés à des évolutions fortes et persistantes de leur activité.

Figure 1.2: l'évolution de l'activité secours à personne et d'incendie des SIS entre 2010 et 2019



Comme précisé auparavant, les moyens consacrés aux différentes typologies d'interventions sont très hétérogènes. En moyenne, une intervention pour incendie mobilise 12,5 hommes.heures,[18] soit plus de trois fois plus qu'une intervention pour secours à personne (4,3 hommes.heures). En raison de ces écarts, une appréciation particulière des moyens financiers qu'il faut consacrer à chaque typologie de risque est exigée. Un volume d'activité plus faible ne se traduit pas automatiquement par

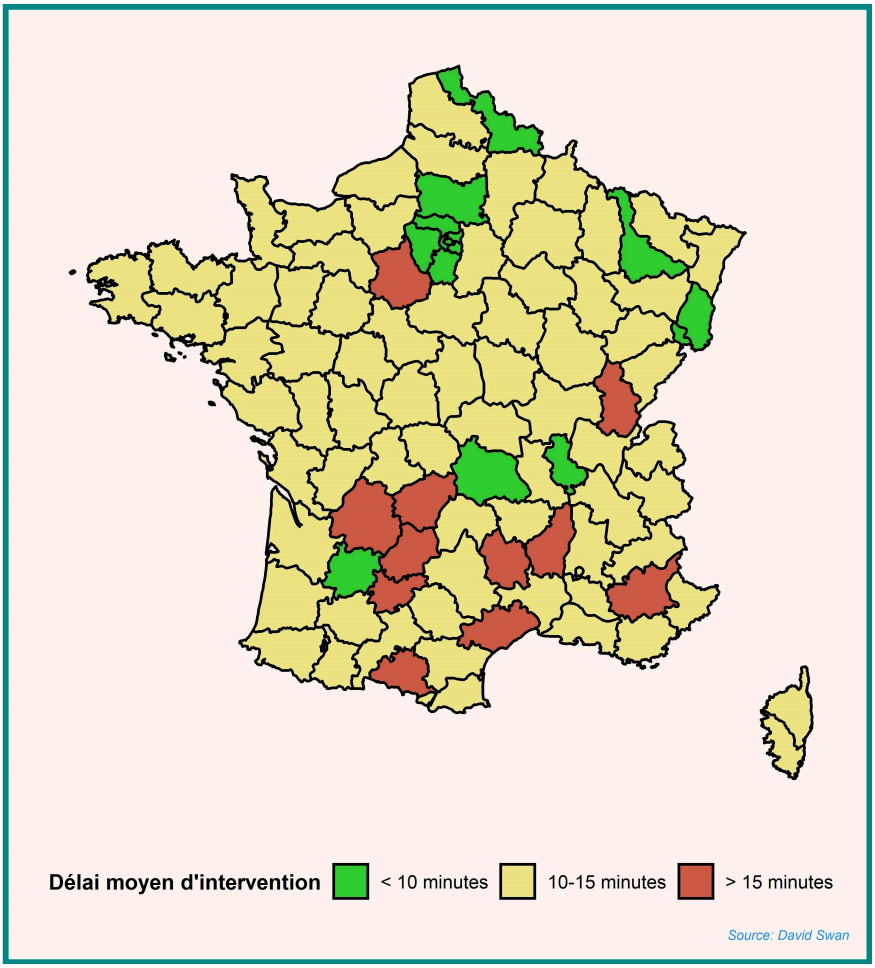
[18] La notion de homme.heure est utilisée dans les statistiques annuelles des SIS, exemple: une intervention mobilisant 3 sapeurs-pompiers pendant 1h25 correspond à 4,3 hommes.heures (DGSCGC, 2020a)

un plus faible besoin en moyens opérationnels.

Les inégalités territoriales

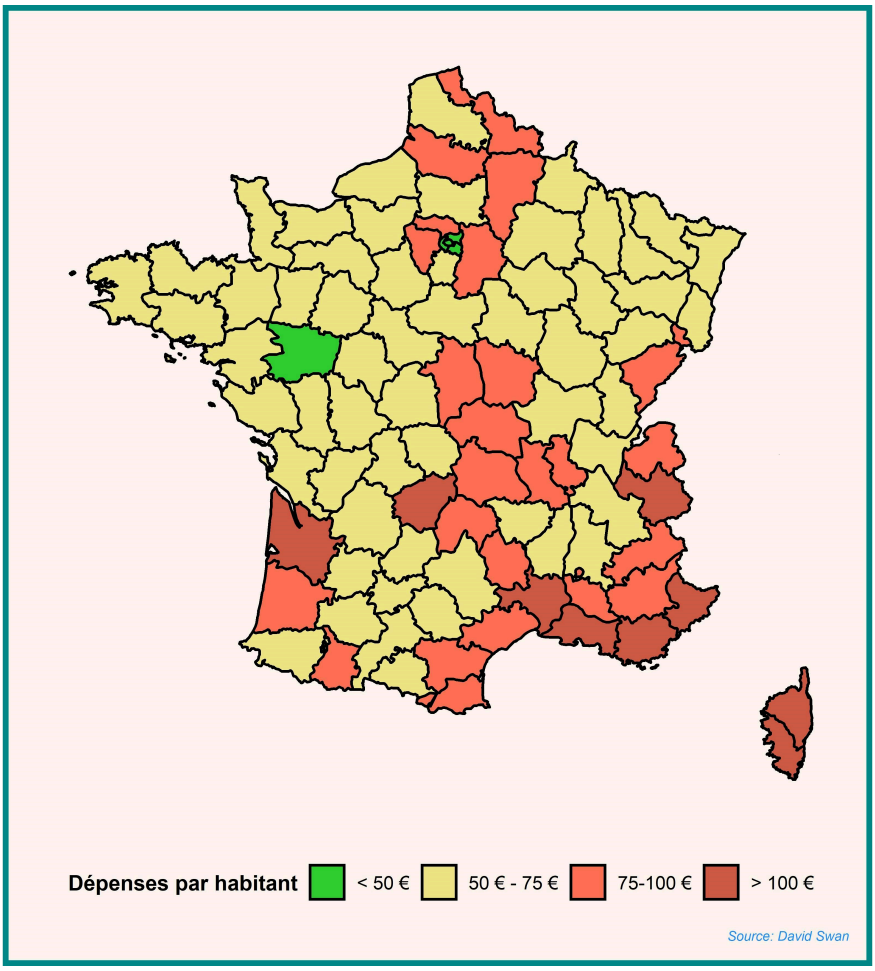
La figure 1.3 présente les écarts entre territoires en termes de délai moyen d'intervention, toute intervention confondue. On peut y observer une homogénéité assez forte sur une grande partie du territoire de France métropolitaine, où le délai d'intervention moyen est inférieur à 15 minutes. Toutefois, cet indicateur sous la forme de sa moyenne ne nous dit que très peu de choses sur la distribution des secours au sein de chaque territoire et ne permet pas non plus une interprétation précise des avantages qu'une population peut espérer retirer de cette couverture des risques. Si un délai d'intervention plus court est censé correspondre à une meilleure qualité d'intervention, sa moyenne globale ne permet pas d'apprécier ni d'objectiver la qualité du service perçu par le citoyen. C'est justement la qualité de service qui traduit sa valeur sociale pour la collectivité qui nous intéresse dans le cadre de nos travaux.

Figure 1.3: Le délai moyen d'intervention des SIS par département



Les risques à couvrir varient significativement selon les territoires et c'est la raison pour laquelle il existe des divergences importantes en termes de coût par habitant des SIS, présenté dans la figure 1.4. Il est possible de constater, par exemple, que les départements avec le coût par habitant le plus élevé sont ceux situés dans le sud-est du pays, le plus touché par le risque de feux d'espaces naturels. On peut alors supposer que le volume d'activité ne soit pas nécessairement le seul déterminant du coût de la provision du service (il en fait certes partie, comme en témoigne la représentation graphique dans l'annexe D des dépenses des SIS par rapport à la taille de la population). Par exemple, l'exposition aux risques naturels peut constituer un autre facteur déterminant dans le coût de la provision du service; une comparaison graphique est proposée par typologie de risques dans l'annexe D.

Figure 1.4: Les disparités dans le coût par habitant des SIS



1.1.6 La réponse opérationnelle : éléments qualitatifs

Le déroulé d'une intervention - les moyens et les gestes à mettre en place - sont définis dans le règlement opérationnel. Il existe aussi des guides de doctrine opérationnelle (GDO),[19] qui sont utiles pour comprendre les gestes et les actions mises en place par les sapeurs-pompiers dans le cadre de leurs intervention. Pour dépasser une vision purement comptable du nombre d'interventions effectués par les SIS, et compte tenu des données sommaires concernant l'état de santé des victimes, ce sont ces informations qualitatives qui permettent d'apprécier les actions mises en place par les sapeurs-pompiers dans le cadre de leurs différentes missions.

Dans le cadre de leur mission de secours à personne, les sapeurs-pompiers sont amenés - en tant que primo-intervenants - à prodiguer les premiers gestes de secours. Une telle intervention de secours consiste à prendre en charge la victime et, le cas échéant, assurer son transport à l'hôpital. A ce moment, la victime est prise en charge par les services de santé, signifiant la fin de l'intervention des sapeurs-pompiers - qui ne seront pas directement informés du devenir de la victime.

En ce qui concerne la lutte contre l'incendie, les sapeurs-pompiers doivent sécuriser les lieux après une reconnaissance, procéder à la mise en sécurité ou le sauvetage des victimes, lutter contre le feu avec une stratégie adaptée pour in fine le maîtriser et l'éteindre, protéger les autres structures, procéder au déblais et surveiller les lieux en cas de ré-ignition du feu.

Ces éléments permettent d'apprécier le décalage entre les données recensées de manière systématique sur les interventions des SIS et les actions réellement engagées par les intervenants. C'est en effet une des problématiques clées de l'analyse de ce secteur : les actions mises en place nécessitent des compétences qu'il faut acquérir et du matériel performant - des choses qui ont un coût. Résumer leur activité aux indicateurs sommaires que nous avons présenté rend difficile l'appréciation de leur activité dans le cadre du calcul socio-économique.

1.1.7 Contextualisation des problématiques du secteur

Le secteur de la sécurité civile fait face à de nombreuses problématiques touchant son mode de financement et l'organisation de ses moyens humains et matériels. Ces problématiques peuvent être appréhendées sous différents prismes: un premier de la part des pouvoirs publics - davantage orienté sur les problématiques financières - et un deuxième de la part des acteurs de la sécurité civile - qui prend en compte les contraintes opérationnelles de l'exécution de ses missions dans une conjoncture déli-

[19] Ces documents présentent en détail les missions des SIS. Nous les présentons en annexe D.

cate et volatile. Cette partie permet notamment d'apprécier comment les questions relatives aux coûts et à l'efficacité des SIS ont été posées jusqu'à présent et en quoi les réformes engagées n'ont pas donné les fruits escomptés.

Vu par les pouvoirs publics

La sécurité civile est perçue comme un secteur public avec un mode de financement complexe en raison de ses financeurs multiples et le basculement qu'à connu le secteur suite à la loi de départementalisation[20] (Ginesta et al., 2009). Ce basculement a notamment conduit à un nombre d'interrogations de la part des pouvoirs publics sur ses conséquences organisationnelles et financières pour les SIS. Tout d'abord, la Cour des Compte (2004) a considéré que la départementalisation des SIS a conduit à un accroissement des budgets qui n'a pas respecté une rationalisation suffisante des moyens et qui n'a pas permis d'obtenir une réduction des charges. La croissance des effectifs constitue un des principaux éléments qui a contribué à ce phénomène avec une hausse du nombre de sapeurs-pompiers professionnels de 15% entre 1996 et 2001. En parallèle, l'intégration des sapeurs-pompiers volontaires aux corps départementaux a également engendré des besoins supplémentaires en matière d'encadrement (Cour des Compte, 2004).

De ce fait, la phase de transformation organisationnelle qu'a représenté la départementalisation des SIS a été vivement critiquée par la Cour des Compte (2004) pour ne pas avoir eu pour effet une rationalisation des moyens. La création de SDACR, fixant des objectifs de couverture des risques, par exemple, n'a pas conduit à expliciter les choix qui ont été faits pour couvrir les risques sur le territoire en tenant compte de leur rapport coût-efficacité (Cour des Compte, 2004). C'est d'autant plus important que le niveau de couverture parfait n'existe pas - la seule pratique consistant à répondre de manière homogène à tous les risques identifiés n'étant pas nécessairement la meilleure solution (Cour des Compte, 2004). La justification du niveau de couverture retenu est alors incontournable, et la Cour des Compte (2004) est même allée jusqu'à conclure qu'un bilan coût/avantage aurait probablement conduit à concevoir différemment le maillage territorial des SIS - renvoyant notamment au choix de maintenir des CPI en zone rurale pour garantir les délais présentés dans le SDACR, qui aurait un coût difficile à justifier compte tenu du faible volume d'activité de ces centres de secours.

La Cour des Compte (2004) précise que le SDACR - qu'il est nécessaire de reconduire tous les cinq ans - devrait être l'occasion de s'interroger sur le statu quo en matière de couverture des risques. Cependant, cet outil est resté sous-exploité dans les

[20] La départementalisation des SIS s'est produite entre 1996 et 2001, alors que ces services étaient jusqu'à là organisés et financés à l'échelle communale avec des corps communaux de sapeurs-pompiers, l'ensemble du territoire est passé dans une logique d'organisation à l'échelle départementale avec l'apparition des SDIS

années 2010 et serait même devenu obsolète dans certains départements, alors qu'il représente un outil d'aide à la décision précieux selon un récent rapport du Sénat Sénat (2022).

La couverture des risques proposée dans le SDACR renvoie à un arbitrage classique : on peut réaliser des économies financières en réduisant le maillage territorial - en supprimant, par exemple, des CIS - mais il existe nécessairement une contrepartie, qui se mesure dans un premier temps par le délai d'intervention, que nous avons identifié comme un indicateur de qualité de service. La difficulté est alors de savoir précisément quelles sont les conséquences d'avoir un délai d'intervention rallongé par rapport aux économies réalisées sur le plan comptable. C'est un des objectifs clés de cette thèse - déterminer quel est le bénéfice social généré par la couverture des risques produite par les SIS.

Toutefois, cet arbitrage ne se limite pas à une question de coûts et de bénéfices directs. La gestion des effectifs des SIS - dont la majorité sont des volontaires - est un enjeu primordial puisque leur implication se répercute sur le coût du service et l'équilibre du modèle de sécurité civile français en dépend. Cette gestion ne peut être dissociée de la fermeture de CIS puisque le sapeur-pompier volontaire risque de se désengager s'il est contraint de s'éloigner de son domicile pour rejoindre son caserne (Ferry, 2009). De plus, les CIS sont de véritables bureaux de recrutement et la réduction de leur nombre peut aussi expliquer la baisse du nombre de sapeurs-pompiers volontaires depuis la départementalisation des SIS (Ferry, 2009).

Ces éléments ont même été repris plus récemment par la Cour des Comptes (2019), qui va à l'encontre du discours tenu en 2004 concernant la rationalisation du maillage territorial. Elle met en avant l'exemple du SDIS du Gard - qui s'appuie fortement sur des sapeurs-pompiers professionnels et qui dispose de seulement 30 CIS sur son territoire - et qui aurait des délais d'intervention importants, une usure de matériel prématurée en raison des distances parcourues et un coût de fonctionnement élevé en raison de la forte mobilisation de professionnels (Cour des Comptes, 2019).

La gestion organisationnelle des SIS est plus que jamais sous pression en raison de la mutation de leur activité (Cour des Comptes, 2019), qui peut être attribué à la fois à la hausse de l'activité de secours à personne mais également à la multiplication des catastrophes naturelles qui sont liées au changement climatique et dont les feux d'espaces naturels figurent au premier plan. Les SIS doivent assurer une réponse opérationnelle à ce type de crise, tout en maintenant un maillage territorial adéquat pour gérer l'activité quotidienne relative aux risques courants. La multiplication de ces risques n'est donc pas sans conséquence sur l'organisation de ce maillage territorial.

Pendant et surtout vers la fin des années 2010, les inquiétudes se sont portées sur

cette hausse de l'activité de secours à personne, dont les conséquences sont financières mais aussi sociales. Selon un rapport du sénat portant sur les déserts médicaux (Maurey and Longeot, 2020), l'action des sapeurs-pompiers serait devenue une véritable variable d'ajustement devant le recul des différents services de santé. Cela a notamment pour conséquence l'augmentation des charges pour les SIS (Maurey and Longeot, 2020), mais serait également une des raisons pour lesquelles les sapeurs-pompiers subissent de plus en plus de violences dans leur milieu d'intervention (Troendlé, Hervé, and Kanner, 2019).

Les pouvoirs publics ont même fait le lien entre le maintien du maillage territorial - avec une forte proximité à la population - et la hausse de la sollicitation des SIS en matière de secours à personne. Cette proximité aurait favorisé cette hausse de l'activité, les SIS étant bien positionnés pour absorber les lacunes des autres services publics défaillants (Maurey and Longeot, 2020)

Désormais, les pouvoirs publics s'interroge sur la mesure des dommages associés aux risques de sécurité civile, notamment en ce qui concerne les feux de forêt (Vogel, 2019b). Cela dans l'optique de mettre en perspective les dépenses engagées à la fois dans la prévention et la réponse aux catastrophes avec les dommages évités par ces actions. Néanmoins, ce type de recommandation reste, pour l'instant, dans le cadre d'une simple amélioration des connaissances et ne va pas jusqu'à s'inscrire dans une démarche d'évaluation des dépenses engagées et des arbitrages qui pourraient se présenter aux décideurs publics.

C'est ce qui fait la transition avec les réflexions menées par les praticiens eux-mêmes, qui se sont notamment interrogés sur la plus-value générée par leur activité auprès de la population.

Vu par les acteurs de la sécurité civile en France

La volonté de mesurer la performance des services publics peut être retracée à la loi organique relative aux lois de finances de 2001 qui a inscrit des indicateurs de performance dans la logique budgétaire du secteur public pour la première fois.[21] Sont identifiés trois types d'indicateurs[22] : les indicateurs de qualité de service, les indicateurs de gestion et les indicateurs socio-économiques. Dans le cas des SIS, cela peut correspondre au délai d'intervention (la qualité de service), le coût par habitant (indicateur de gestion) et le nombre de personnes sauvées (indicateur socio-économique) (Froment et al., 2007).

Depuis une dizaine d'années, les acteurs de la sécurité civile s'interrogent sur la

[21] On peut le constater sur le site legifrance à l'article 51, introduit ensuite via la loi de promulgation et réactivée par le lancement de la révision générale des politiques publiques en juillet 2007 (Bachelard, M. Boury, and Deslandes, 2015)

[22] Proposé dans un rapport d'information au sénat (Arthuis, 2005)

mesure de leur activité sous son volet socio-économique. Les écrits de Schmauch démontrent en quoi d'autres pays ont pris les devants sur cette question par rapport à la France, avec notamment la présentation de la formule "f(Risques, Moyens opérationnels, Délais d'intervention)" (Schmauch, 2007). Ses travaux mettent en avant la volonté - dans les pays anglophones en premier lieu - d'associer le délai d'intervention à un niveau de dommages dans le cas des incendies. Ce type de travail empirique dépend notamment de l'existence de données exhaustives relatives aux conséquences des incendies permettant de mettre en évidence une corrélation entre les dommages et les actions entreprises par les sapeurs-pompiers.

Le premier travail que l'on recense dans la dynamique d'une telle approche est un mémoire professionnalisant de plusieurs officiers de sapeurs-pompiers[23] en date de 2007 (Froment et al., 2007), qui propose un calcul relatif aux dommages générés par les incendies. Leur travail repose en partie sur les chiffres relatifs aux coûts des incendies publiés Royaume-Uni (Weiner, 2001), montrant ainsi l'absence de telles informations propres à la France.

Une phrase récurrente des praticiens dit que "la sécurité n'a peut-être pas de prix mais elle a un coût" (Froment et al., 2007; SDIS04, 2018). En effet, le bénéfice que l'on peut attribuer aux actions des sapeurs-pompiers - en termes d'impacts directs - ne peut être mesuré qu'en termes de coût. Il est pour cette raison que nous utiliserons le terme *dommages évités*, puisque le bénéfice généré par les actions des sapeurs-pompiers correspond à la minimisation d'un négatif (les dommages ou les coûts générés par les sinistres).

Le coût global de l'insécurité civile renvoie à trois axes : le coût de la prévention des risques, le coût de la réponse opérationnelle aux sinistres et le coût de ces sinistres (Mailfert et al., 2011). L'objectif étant de minimiser l'ensemble de ces coûts, il est indispensable de connaître les relations entre eux, puisqu'ils sont nécessairement dépendant les uns des autres. Par exemple, en dépensant plus dans la prévention, on devrait réduire le nombre de sinistres, ainsi réduisant les dommages, tout en réduisant le coût de la réponse opérationnelle en même temps.

Cette idée s'applique également au concept du maillage territorial - selon les moyens consacrés à la réponse opérationnelle, le coût des sinistres devrait être plus ou moins important. Sachant que le niveau de couverture territorial se mesure par le délai d'intervention, on peut alors imaginer que la contrepartie du coût de cette couverture qu'il serait désirable de mesurer concerne le bénéfice associé à un délai d'intervention plus réduit. On souhaiterait alors connaître l'impact d'un changement à la marge du délai d'intervention sur les dommages constatés lors des sinistres.

[23] Dans cette section, la majeure partie des références concerne de tels travaux entrepris à l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers (ENSOSP) par des officiers en formation

Cette démarche de gain marginal - très classique en économie publique - n'est pas encore réellement pratiquée dans le secteur, comme en témoigne le constat d'une absence de telles mesures par les praticiens dans les années 2010 - aucun SIS n'aurait déterminé l'impact d'un gain d'une minute en termes de vies sauvées ou de patrimoine préservé (Mailfert et al., 2011).

Néanmoins, l'identification des vies sauvées par les sapeurs-pompiers est devenue un axe stratégique pour les SIS (Millot, 2011). Différents critères ont d'ailleurs été proposés pour qualifier les vies sauvées : le sauvetage, la prise en compte de la détresse vitale, d'autres atteintes pouvant entraîner la détresse vitale ou la réalisation d'un acte salvateur (E. Chevalier, Franck, and Zuntini, 2013). D'autre part, il a été proposé de s'appuyer sur l'échelle utilisée par les structures mobiles d'urgences et de réanimation (SMUR) - la classification cliniques des malades du SMUR (CCMS) (Compta, Demark, and Guichard, 2018).[24] Ces approches imposent une forme d'auto-évaluation des gestes appliqués aux victimes par les intervenants, chose qui peut induire des biais dans leur classification puisqu'il peut être difficile pour les intervenants de faire une telle évaluation de façon objective, d'autant plus qu'elle est faite "à chaud", dans la foulée de l'intervention.

Il est dans ce sens que les praticiens des SIS ont cherché à s'attribuer la valeur de la vie statistique (VVS) qui traduit le consentement à payer pour une réduction de risque au sein d'une collectivité. Cette valeur tutélaire - issue du rapport Quinet (E. Quinet, 2013) - a garni beaucoup d'attention de la part des acteurs de la sécurité civile[25] et nous reviendrons sur la pertinence de cet indicateur pour les SIS dans la prochaine partie.

L'identification de personne sauvées - qui ne connaît toujours pas de définition commune à tous les SIS - a donné lieu plus globalement à l'approche du "coût du sauvé". Cette approche consiste à mesurer les dommages évités par l'intervention des sapeurs-pompiers, avec en général une mise en comparaison avec le coût de l'intervention. Dès 2015, elle avait déjà été testé par au moins 8 SIS (A. Boury et al., 2015). Le calcul du "coût du sauvé" repose sur une situation de référence très simple : aucune action de secours est entreprise par qui que ce soit. Il en résulte que cette situation de référence correspond à la perte totale de la valeur des enjeux concernés : le décès d'une personne prise en charge pour une détresse vitale, ou la destruction totale d'une habitation touchée par un incendie. Ce choix de situation de référence sous-entend qu'il ne peut pas y avoir de substituts au service produit par les SIS, hypothèse qui mériterait une longue discussion et de bonnes justifications

[24] Ce classement est présenté en annexe D.

[25] Plusieurs travaux ont tenté de mobiliser la VVS parmi les mémoires réalisés à l'ENSOSP dans le cadre des formations d'officier de sapeurs-pompiers (Millot, 2011; Compta, Demark, and Guichard, 2018; E. Chevalier, Franck, and Zuntini, 2013)

qui ne sont pas apparues à ce jour dans le cadre de cette démarche.

Quoi qu'il en soit, les SIS éprouvent de grandes difficultés à faire valoir l'approche du "coût du sauvé" auprès de leurs décideurs. Ils ont tout de même poursuivis les travaux en se rapprochant de la communauté scientifique. Plusieurs mémoires universitaire de niveau master ont été effectués en étroite relation avec différents SIS pour proposer des approches plus fiables. Par exemple, un modèle économétrique a été proposé pour associer le délai d'intervention aux dommages observés lors des sinistres - à la fois en termes de vies sauvées dans le cadre des accidents de la route et en termes de mètres carrés détruits dans le cadre des incendies d'habitation (Canouet, 2016). La démonstration qui suit consiste toutefois à comparer le délai d'intervention moyen (environ 15 minutes) à un délai d'intervention hypothétique d'une heure, démarche reproduite dans un autre mémoire universitaire traitant uniquement des incendies (Goninet, 2018). De ce fait, les résultats obtenus continuent à poursuivre le chemin des travaux précédents - en mettant en avant les dommages qui se produiraient en absence de l'intervention des SIS. Si cela remplit l'objectif de communiquer sur la pertinence de l'intervention des SIS pour la collectivité, il ne permet pas d'alimenter les débats concernant les moyens qui doivent y être consacrés pour produire le niveau optimal de couverture des risques. Pour ce faire, il est nécessaire d'exploiter réellement les variations observées à la marge dans le niveau des dommages relatif au délai d'intervention.

Ces difficultés rencontrées dans l'appréciation de la mesure des dommages évités par les actions des SIS ont également conduit à élargir les pistes de réflexion sur la manière dont leur activité peut être valorisée sur le plan socio-économique. Il s'agit d'un prisme non-marchand que l'on peut associer à la notion de valeur économique totale (Weisbrod, 1964; Krutilla, 1967) qui suppose l'existence d'une valeur d'usage et de non-usage des biens économiques. Un mémoire universitaire de master a mobilisé ces concepts pour démontrer que le consentement à payer des individus pour les services de secours était majoritairement une valeur de non-usage (Swan, 2017).

De plus, sachant que les services de secours ne sont pas consommés de manière systématique par les citoyens, il est raisonnable de considérer qu'ils ont surtout une valeur d'option. Mesurer une telle valeur renvoie nécessairement aux méthodes d'évaluation non-marchande, chose qui peut ne pas être facile à appréhender pour les praticiens. Une telle approche coïncide néanmoins avec une réalité que les praticiens sont les premiers à mettre en avant : la qualification de leur production comme une capacité à intervenir (Ifrasec, 2013).

Enfin, les praticiens sont souvent les premiers à mettre en avant les synergies entre politiques publiques. Si le coût de la sécurité civile inclut les coûts des interventions

des SIS (le coût de la réponse opérationnelle), alors différentes politiques publiques - telles que la politique de sécurité routière ou la politique de de santé publique - peuvent contribuer à réduire ce coût dans sa globalité au travers des mesures de prévention (Kharraz, 2016).

Les travaux abordés dans cette section permettent d'appréhender d'une manière plus complète les problématiques sociétales qui se cachent derrière l'activité des SIS et ils permettent aussi de mieux visualiser toute la difficulté qui existe pour valoriser leurs actions. L'intégration des indicateurs socio-économiques est devenu un objectif stratégique pour les SIS - un récent guide pour la rédaction des SDACR évoque notamment la possibilité de les introduire par rapport aux choix en matière de maillage territorial (DGSCGC, 2020b), et les travaux de cette thèse se positionnent dans ce sens.

1.1.8 Le modèle de sécurité civile français distinct des modèles étrangers

Pour clore cette partie, nous regroupons un certain nombre d'éléments comparatifs du secteur de sécurité civile sur le plan international pour mettre la lumière sur le caractère général des problématiques auxquelles sont confrontés les SIS en France.

Comme nous serons amenés à le constater dans cette section, l'organisation de la sécurité civile se fonde bien souvent sur des facteurs historiques et culturels. Pour appréhender les travaux scientifiques internationaux dans le domaine de la sécurité civile, il convient de se munir des principaux éléments faisant la distinction de l'organisation des SIS en France par rapport à l'étranger. Ne pas prendre en compte une analyse qualitative de l'organisation de la sécurité civile à l'échelle internationale expose toute analyse économique à ce niveau à des biais importants.

La particularité du modèle de sécurité civile français se résume en grande partie par la forte présence des sapeurs-pompiers dans les missions de secours à personne, couplée au recours à des effectifs volontaires dans le cadre de ces missions. On observe ainsi une très forte mobilisation de ces volontaires sur une base quotidienne et sur l'ensemble des activités, alors que dans la plupart des autres pays - où la mobilisation des volontaires est également importante - elle se réalise sur des missions davantage centrées autour de l'activité incendie.[26]

Le rapport ANVIL[27] (Bossong and Hegemann, 2014) décrit les différents systèmes

[26] Selon les écrits de Schmauch dans sa thèse de doctorat (Schmauch, 2007), 91% de la superficie du Royaume-Uni serait protégée par des sapeurs-pompiers à temps partiel et 75% de la superficie des Etats Unis serait protégée par des sapeurs-pompiers volontaires. Son travail - en la qualité de colonel de sapeurs-pompiers - est une source d'informations unique sur l'organisation des SIS dans différents pays.

[27] Un projet européen titré "Analysis of Civil Security Systems in Europe" et piloté par l'*Institute for Peace Research and Security Policy* à l'université de Hambourg (IFSH)

de sécurité civile européen et met en avant les points de divergences autour de la centralisation ou décentralisation de son organisation dans chaque pays, mettant l'accent sur le rôle de la culture dans l'organisation de la sécurité civile. Selon ce rapport, la France possède un système "plutôt centralisé" et n'a aucun recours aux forces militaires dans le cadre de ses missions de sécurité civile, une tendance qui semble se dégager pour les pays les plus développés en Europe.

Schmauch (2007) étudie également les différents modèles de sécurité civile européens en les comparant à la France. Selon ses écrits, les textes réglementaires sont à l'origine des divergences dans le dimensionnement des moyens des SIS en France par rapport à l'étranger. En effet, il souligne que la couverture des risques par les SIS serait bien plus égalitaires au Royaume-Uni et en Allemagne en raison de leur mode d'organisation différent. Cette divergence se caractériserait en premier lieu par des exigences en matière de délai d'intervention et des moyens opérationnels à mettre en œuvre. Comme il le précise, la France fait partie des pays qui disposent de telles réglementations écrites mais qui ne les appliquent pas avec la même rigueur, pour des raisons d'habitudes sociales, culturelles et politiques, qui sont inscrites dans l'histoire. Ses constats rejoignent ainsi ceux du rapport ANVIL, la culture et l'histoire ayant un grand impact sur l'organisation de la sécurité civile et plus précisément celle des SIS.

Le rapport ANVIL met également l'accent sur le rôle du secteur privé, des associations et des citoyens dans la production de la sécurité civile et en ressort quelques tendances sur le plan européen. En effet, la France rejoindrait les grandes tendances avec très peu de recours et de volonté à mobiliser le secteur privé dans la gestion des crises, une forte mobilisation des associations - avec toutefois une hétérogénéité concernant l'intégration de telles associations dans la politique de sécurité civile[28] - et enfin une implication assez faible des citoyens. En effet, un sondage indiquerait qu'il y a un faible taux de sensibilisation sur ces questions de sécurité civile chez les citoyens,[29] phénomène dont la France souffrirait également au vu des efforts actuels pour développer une "culture du risque".[30]

Par ailleurs, les statistiques du Comité Technique International de prévention et d'extinction de Feu (CTIF, 2020) donne une indication du volume d'activité des SIS sur le plan mondial et ainsi positionne l'activité des SIS en France par rapport à l'étranger. Pour l'année 2018, la France totalisait 74 appels pour 1000 habitants, ce qui la positionnerait très largement au-dessus de la moyenne européenne, qui fluctue

[28] La France ferait figure de "leader" dans ce domaine puisqu'elle s'appuie sur des associations agréées tel est le cas en Autriche ou encore en Hongrie (Bossong and Hegemann, 2014)

[29] Selon le rapport ANVIL, 27% des citoyens posséderait une information suffisante concernant la préparation et la réponse aux catastrophes

[30] Des dossiers récents traitent le sujet, de la part du ministère de l'écologie et du centre d'études et de l'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA)

entre 5 et 15 appels pour 1000 habitants. Ces données reflètent la réalité que la nature des missions des sapeurs-pompiers français en matière de secours à personne est bien plus large que dans d'autres pays et implique par conséquent un volume d'activité bien plus conséquent. Cela a de fortes répercussions sur l'organisation de ces services en France qui ne sont donc pas dimensionnés de la même manière qu'à l'étranger.

En ce qui concerne l'activité incendie, la France se trouve très légèrement au-dessus de la moyenne européenne avec 4,6 interventions pour lutter contre les incendies pour 1 000 habitants, la moyenne oscillant entre 2 et 4 incendies pour 1 000 habitants selon les pays.

Ces informations montrent que, sur le plan international, les SIS partagent une activité similaire combinant à la fois la lutte contre l'incendie et le secours à personne. Néanmoins, il y a des divergences à la fois dans l'organisation du secteur (l'emploi de volontaires et la diversité d'acteurs impliqués dans la sécurité civile) et l'étendu des activités placées sous la responsabilité des SIS. Ces éléments auront pour conséquence d'agir à la fois sur la construction de l'offre de ces services mais aussi sur le niveau de demande au sein de la collectivité.

Résumé

Cette première partie a permis d'appréhender le secteur de la sécurité civile français et toutes ses particularités. Il existe des enjeux économiques forts relatifs à la politique de sécurité civile et la mise en place de l'organisation des SIS au travers de leur maillage territorial. Nous constatons des difficultés significatives dans l'appréciation de leur missions avec une absence de mesures permettant d'objectiver l'intérêt social de consacrer l'argent public à la construction et le maintien de ce maillage territorial. Il nous appartient, dans la prochaine partie, de déterminer en quoi la théorie économique peut apporter une réponse à l'objectivation de leurs choix organisationnels et stratégiques dans la production d'une couverture des risques.

1.2 L'activité des SIS au prisme de la théorie économique

Dans la première partie, nous avons pu discuter du périmètre et des caractéristiques des activités du secteur de la sécurité civile et préciser les principaux indicateurs pertinents qui peuvent être mobilisés dans la profession pour rendre compte de cette activité et la mesurer. Dans cette seconde partie, nous reprenons ces éléments dans un questionnement économique plus particulier pour appréhender l'efficience

et l'efficacité de ce secteur en se plaçant du point de vue de la collectivité. Cette approche pose la question de la mesure de l'utilité sociale du secteur et mobilise pour cela les outils et les problématiques développées particulièrement en économie publique.

1.2.1 Comment apprécier l'utilité sociale du secteur de la sécurité civile

Il existe différentes mesures de la production du secteur public. D'un côté, il y a les mesures macro-économiques que sont la part des dépenses publiques dans le produit intérieur brut (PIB) ou la contribution des dépenses publiques à la croissance du PIB. De l'autre côté, il y a les mesures fondées sur la notion d'utilité issue de la théorie micro-économique. Ces deux types de mesures peuvent conduire à une perception bien différente de la contribution du secteur public au regard du bien-être collectif. Dans la section qui suit, nous discutons en quoi les mesures agrégées ne sont pas le reflet de la contribution du secteur public à l'utilité des citoyens et ainsi justifions l'approche qui sera adoptée tout au long de ce travail, fondé sur la théorie micro-économique.

Choix d'approche méthodologique

Pour aborder la question de l'évaluation de la contribution de ce secteur à l'utilité publique il est possible d'apprécier la contribution de ce secteur à la croissance économique. Cette approche macro-économique consisterait alors à étudier les impacts des services produits dans ce secteur sur les grands agrégats comme le PIB. Selon la théorie de Keynes - certes controversée - de l'effet multiplicateur des dépenses publiques, il serait possible de mesurer l'activité économique générée. On retrouve cette idée dans les développements récents de l'approche du "triple dividende de la résilience" qui étend l'analyse coût bénéfice des investissements dans la réduction des dommages liés aux catastrophes aux impacts économique générés par de tels investissements (World Bank, 2021).

De tels indicateurs relatifs au poids des dépenses publiques sont très répandus, permettant de mesurer, par exemple, la taille du gouvernement.[31] Néanmoins, il y a un consensus sur le plan international que cette seule mesure du PIB est incohérente pour évaluer le bien-être des individus (Stiglitz, Sen, and Fitoussi, 2009).

Nous pouvons même recentrer ces idées sur la sécurité civile pour renforcer ce raisonnement. Selon Kharraz (2016) - dans son mémoire d'obtention du grade de directeur départemental adjoint de SIS - le sphère des activités de la sécurité civile représen-

[31] Mesuré comme pourcentage du PIB tel que présenté par l'OCDE

tait en 2015 9,3 milliards d'euros, soit 0,004% du PIB. Cet indicateur et même son évolution dans le temps ne peut en aucun cas refléter les conséquences des risques de sécurité civile sur la collectivité. En parallèle, une augmentation des dépenses publiques dans la sécurité civile et plus particulièrement des SIS ne donne qu'une image partielle de la couverture des risques, car cette mesure ne peut distinguer le cas d'un maintien de la couverture des risques (pour faire face à de nouveaux risques), d'une réelle amélioration de la couverture des risques. Par conséquent, elle ne peut traduire le gain en bien-être social pour la population.

Au-delà des difficultés que ces mesures ont à quantifier correctement le bénéfice créé par les services publics, ils ne sont pas non plus adaptés pour tenir compte de la temporalité des effets (les bénéfices d'un projet de prévention peuvent être perçu seulement plusieurs années après) ou même les inégalités sociales (les dépenses engagées dans la couverture des risques peuvent soutenir particulièrement les populations les plus vulnérables).

Il est donc plus pertinent pour la question qui nous préoccupe de quitter l'approche macro-économique pour mobiliser les approches développées en économie publique qui propose des outils et des méthodes adaptées aux spécificités du secteur non-marchand. En ce qui concerne la sécurité civile, cela peut concerner la capacité de ces services à préserver la santé des individus, à protéger les biens avec une forte valeur économique mais également sociale voire culturelle, et à préserver l'environnement naturel. La valorisation de ces impacts socio-économiques ne peut être réduite à un indicateur marchand, au risque de sous-estimer l'utilité de ces services pour la collectivité.

Les fondements théoriques du bien public

La théorie en économie publique nous enseigne les raisons pour l'intervention des pouvoirs publics sur le marché. Certains biens ne sont pas produits de manière optimale en raison de leurs particularités, qui ont été proposées par (Samuelson, 1954) et ensuite modifiées par (E. Ostrom, 2009). Il s'agit tout d'abord des biens qui sont consommés par tous de manière collective, ce qui a comme lourde implication le principe de non-excluabilité. Ce principe fondamental de ce qui est considéré comme un bien public explique pourquoi il ne peut y avoir une production dans le long terme de ce bien par le secteur privé. Dès lors qu'il est impossible de restreindre la consommation du bien et de faire payer le prix du marché à l'ensemble des consommateurs, une entreprise privée ne peut être profitable. Un individu qui cerche à maximiser son bien-être cherchera à profiter du bien gratuitement pour minimiser ses coûts – c'est ce que l'on appelle l'effet "free-rider". Dans cette situation, le marché ne réussira pas à fournir le niveau optimal du bien à la collectivité et les pouvoirs publics doivent intervenir.

La consommation collective pose également la question d'étudier l'usage du bien en question : en quoi la consommation d'un individu va impacter celle d'un autre. Cette caractéristique de soustraction d'usage distingue les biens publics des ressources d'usage commun (E. Ostrom, 2009). Il en résulte que les biens publics peuvent être consommés dans les mêmes quantités par toute la collectivité.

La sécurité intérieure ainsi que la protection incendie figurent souvent dans les listes des biens avec un faible degré d'excluabilité et de soustraction d'usage (E. Ostrom, 2009). Même s'il existe des exemples de solutions privées à la protection incendie, nous considérerons que la production de la sécurité civile relève de la production d'un bien public : tous les individus de la collectivité bénéficient de la couverture des risques proposée par les SIS.

Analyser la sécurité civile nécessite donc de se poser les principales questions relatives à la théorie en économie publique : que produire et en quelle quantité, comment produire, pour qui et comment décider (Stiglitz, 2000).

La première question est incontournable et elle est celle qui nous intéresse tout particulièrement : comment définir la quantité optimale du bien public ? Pour répondre à cette question, il faut d'abord déterminer ce qui doit être produit et comment cette production peut être mesurée. Pour savoir ce qui doit être produit il est nécessaire de revenir sur les objectifs de la politique de sécurité civile, soit : la protection des personnes, des biens et de l'environnement face aux risques de toute nature. Ces objectifs se mesurent à partir de l'activité opérationnelle : combien de personnes ont été sauvées par les sapeurs-pompiers, combien d'habitations ont été protégées, etc.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons établi que les SIS produisent une couverture des risques. Nous devons alors choisir une mesure pertinente de cette production et ensuite voir en quoi elle permet d'apprécier ces objectifs. La couverture des risques renvoie à la notion d'un service de proximité. Nous cherchons alors un indicateur mettant en valeur cette qualité. Les données présentées dans la première partie permettent d'identifier deux mesures de la production des SIS : le nombre d'interventions et le délai d'intervention.

Ces deux mesures ne permettent pas la même appréciation de l'activité. Nous pouvons écarter le nombre d'interventions qui n'est pas une mesure de la couverture des risques. Le volume d'activité ne dit rien sur la proximité du service rendu à la population. Le délai d'intervention quant à lui est un indicateur permettant de mesurer cette proximité - plus les secours interviennent rapidement, plus il existe une proximité à la population et plus la couverture des risques est conséquente.

Cette production n'est pourtant pas une mesure directe de ces objectifs, c'est ce qui

est décrit comme le décalage entre l'output et l'outcome par Jaldell (2002). De ce fait, la production d'une couverture des risques n'est qu'un proxy pour mesures ces objectifs ultimes de protéger la population de ces divers risques. Nous ne pouvons alors estimer un niveau de production optimale de ces services sans préciser la relation entre la mesure de la production retenue (l'output) et ses objectifs (l'outcome).

La deuxième question (comment produire) est intéressante du point de vue de la sécurité civile sur deux plans : le mode de production choisi et l'acteur qui s'en charge.

Les mission de sécurité civile consistent à préparer la collectivité aux risques, de les prévenir et ensuite d'y apporter une réponse quand ils surviennent. Ce ne sont pas deux modes de production mutuellement exclusifs - quel que soit les moyens consacrés à la prévention des risques, il est nécessaire de se munir des moyens d'intervention pour assurer une réponse aux différents aléas. De ce fait, il y a un arbitrage entre les deux puisque si les actions de prévention sont efficaces et réduisent l'exposition au risque, alors les moyens de secours seront moins sollicités. Il faut alors chercher l'optimum à partir du coût et du gain marginal de chaque mode de production.

Dans un second temps, la complexité du secteur de la sécurité civile fait que cette production peut être entreprise par divers acteurs selon la typologie de risque. Nous pouvons en donner plusieurs exemples : les industriels sont responsable de la prévention des risques sur leurs sites d'opération (les sites SEVESO[32] notamment), les associations agrées par la sécurité civile participent à la prévention du risque feu de foret (les comités communaux de feu de forêt), etc. C'est une des grandes difficultés pour apprécier l'efficience, dans son ensemble, des mesures entreprises au nom de la sécurité civile - l'agrégation et la commensurabilité des différentes activités ne vont pas de soi et suppose déjà de posséder un ensemble de données très vaste.

La troisième question concerne la distribution du bien. La sécurité est évidemment l'affaire de tous mais ses impacts sur différentes sous-populations risquent de diverger. Tout d'abord, l'exposition et la vulnérabilité des populations au risque n'est pas identique : les plus dépourvus vivant dans des logements mal entretenus sont les plus exposés au risque incendie, par exemple, et sont également les plus vulnérables au risque routier car ils circulent dans de véhicules plus anciens avec des systèmes de protection moins avancés.

De plus, les préférences des individus n'ont pas d'impact sur la qualité du service dont ils bénéficient (la qualité du service public est fixe) (V. Ostrom and E. Ostrom, 1977). Par conséquent, la perception de ce niveau de qualité peut donc aussi diverger

[32]Les sites SEVESO correspondent à des établissements industriels présentant des risques d'incidents majeurs liés aux substances dangereuses.

parmi une population et de ce fait l'utilité qui en est déduit.

La dernière question aborde le processus de décision - les choix concernant la production des biens publics sont faits de manière collective (Stiglitz, 2000). Cela pose notamment des interrogations relatives à la question précédente : les individus peuvent attacher une valeur différente aux biens publics mais le choix des pouvoirs publics doit refléter l'intérêt commun. Le niveau de couverture des risques ne peut donc maximiser l'utilité de tous les individus.

S'il existe un principe d'égalité d'accès au secours en France, l'organisation territoriale des SIS donne lieu à une autonomie qui peut faire apparaître des points de divergences dans leur organisation - les délais d'intervention ne sont pas identiques sur tous les territoires. Expliquer ces divergences et déterminer en quelles situations politiques ou financières elles se produisent pourrait améliorer le pilotage de la politique de sécurité civile à l'avenir.

En répondant à ces questions, nous renforçons le constat relatif à la complexité du secteur de la sécurité civile sur le plan économique, et nous identifions les questions nécessitant une réponse, à commencer par la mesure de l'utilité que la population déduit de ces services.

L'utilité sociale des services de secours

La mesure de la production de sécurité civile est la question centrale à laquelle nous souhaitons nous adresser. Pour traiter ce questionnement, il est nécessaire de s'intéresser aux bénéfices qui sont générés par les actions des sapeurs-pompiers au profit de la collectivité. Ces bénéfices sont déterminés dans la théorie microéconomique par la mesure de l'utilité marginale des consommateurs – le gain de bien-être obtenu par la consommation d'une unité supplémentaire d'un bien. En rapportant son utilité marginale à son coût marginal, on détermine le surplus consommateur (son bénéfice net).

La notion d'utilité peut être retracée au 19ème siècle et les travaux de (Dupuit, 1844) qui argumente en quoi le prix d'un bien ne peut en aucun cas refléter son utilité, à l'exception d'en déduire une valeur plancher - le bien ne serait pas acheté si l'utilité obtenue était inférieure. Cette utilité correspond donc à l'ensemble de bénéfices perçus par les consommateurs, qu'ils soient soumis à un échange marchand ou non. Pour la mesurer, les économistes visent à calculer le consentement à payer des individus. Sachant que les individus consomment jusqu'à l'égalisation de leur gain marginal à leur coût marginal, ce consentement à payer est le prix maximum auquel il consommerait le bien et équivaut donc au gain total de bien-être qu'il espère en tirer. L'écart entre le consentement à payer d'un individu pour une unité de consommation et son prix de marché est la définition même du surplus

consommateur (Stiglitz, 2000). Dès lors que le prix du marché est nul - tel est le cas des services publics comme les SIS – l'utilité marginale du consommateur est égale à son surplus. Sachant que les individus ont tous leurs propres préférences, ce consentement à payer peut varier d'un individu à un autre.

Déduire l'utilité perçue par les citoyens dans le cadre des mission de sécurité civile suppose donc d'estimer ce consentement à payer puisque le secours est gratuit et ne fait sujet d'aucun échange marchand. Pour ce faire, il existe deux grandes catégories de méthodes : les préférences révélées et les préférences déclarées. L'étude des préférences révélées se base sur l'analyse des choix effectués par les individus dans des situations réelles. Parmi ce type de méthodes, on peut citer l'exemple des prix hédoniques qui consiste à décomposer la valeur d'un bien en fonction de ses caractéristiques. Il serait alors possible de déduire l'utilité marginale des SIS en analysant, par exemple, les prix des maisons en fonction de leur proximité à un CIS. En réalité, cette méthode est peu adaptée à notre question car il y a beaucoup d'autres facteurs susceptibles d'être corrélés avec l'offre de secours (les accès aux transports, la proximité des écoles ou d'autres infrastructures publics).

La deuxième famille de méthodes concerne l'étude des préférences déclarées et consistent à poser des questions relatives au consentement à payer dans un cadre de figure hypothétique, présenté au travers d'une enquête qui peut être effectuée par le biais d'un entretien en personne ou par téléphone, sur papier ou même en ligne. Cette approche possède à la fois de grands avantages et de grands inconvénients. D'un côté, il est possible de cibler parfaitement la question à laquelle on souhaiterait répondre pour éliciter le consentement à payer. De l'autre, il peut y avoir de très nombre biais induits par ce type d'enquête et cela pour différentes causes (la tournure des questions, les choix de réponses et la nature de l'enquête pour n'en citer que quelques-uns). Cela fait que ces techniques d'enquête restent un sujet de controverses entre économistes (Stiglitz, 2000). C'est d'autant plus compliqué en ce qui concerne les services d'urgence comme les SIS puisque leurs services ne sont pas consommés systématiquement et les individus ne peuvent pas anticiper leur consommation. De ce fait, il peut y avoir de biais supplémentaires dans la perception de leurs besoins vis-à-vis de ces services.

En vue de ces difficultés à relever une mesure directe du consentement à payer pour les services produits par les SIS, il apparaît nécessaire de s'appuyer sur les démarches existantes, permettant de mobiliser des valeurs relatives à l'utilité sociale qui sont fondées dans la littérature scientifique - comme la valeur de la vie statistique (VVS). La difficulté est alors de raccrocher ces mesures de bénéfices sociaux à des actions précises de la part des SIS - que faut-il produire de plus en termes de couverture de risques pour sauver des vies supplémentaires ? Les bénéfices de leurs actions venant principalement d'une atténuation des conséquences des risques qui se sont

produits, et ces bénéfices n'étant pas immédiatement visibles dans les indicateurs de performance mobilisés (chose que nous avons démontré dans la première partie), il apparaît indispensable de mener des travaux au sujet de l'efficacité de leurs missions et donc d'étudier le lien de causalité entre leurs actions et les impacts recensés.

L'objectif de nos travaux consiste donc moins à discuter les valeurs qui sont relevés par ces méthodologies et davantage à identifier et à mesurer les actions des SIS - notamment la réduction des dommages liés aux sinistres - qui pourront ensuite faire sujet d'une valorisation. Il est de cette manière que nous pouvons alimenter l'évaluation des choix collectifs de la part des pouvoirs publics pour garantir une allocation optimale des ressources dans le secteur de la sécurité civile. Ces méthodes d'évaluation et leur emploi seront discutés maintenant dans la section suivante.

L'analyse coût-bénéfice comme méthodologie

Les pouvoirs publics doivent effectuer de nombreux arbitrages dans l'attribution des ressources publiques. Pour ce faire, une méthodologie systématique est nécessaire afin de produire une évaluation rigoureuse et cohérente de chaque option de projet ou de politique en considération. L'analyse coût-bénéfice (ACB) remplit ces critères car elle repose sur des fondements théoriques clairement identifiés et possède une règle de décision claire et transparente - un projet doit dégager un bénéfice net - qui permet d'objectiver l'intérêt collectif pour un projet sous un indicateur synthétique et facile à interpréter. En imposant une valorisation monétaire de l'ensemble des coûts et des bénéfices sociaux, l'ACB permet d'agréger divers impacts socio-économiques sous un dénominateur commun et il est ainsi possible de faire pencher dans la même balance les gains économiques avec, par exemple, les gains en matière de vies sauvées ou de patrimoine naturel préservé.

Si l'intérêt de cette méthodologie pour les SIS est clair - agréger l'impact de leurs activités sur les personnes, les biens et l'environnement - il y a toutefois des difficultés qui y sont associées : la fiabilité des estimations monétaires des biens non-marchands, l'agrégation des préférences individuelles, le taux d'actualisation ou encore la prise en compte du risque. Malgré ces quelques limites, l'ACB est très largement utilisée au sein des administrations (G. Atkinson, Braathen, and Groom, 2018), avec pour preuve l'apparition de guidelines pour uniformiser ces analyses dans certains pays comme le Royaume-Uni ou la Nouvelle Zélande (Great Britain and Treasury, 2018; N. Z. Treasury, 2015; National Center for Environmental Economics - Office of Policy - US Environmental Protection Agency, 2014). La France aussi développe ses connaissances en la matière (E. Quinet, 2013; Guesnerie, 2017) alors que la démarche est également prônée par l'organisation de Coopération et de développement économiques (OCDE) (Pearce, G. Atkinson, and Mourato, 2006).

Les méthodes d'évaluation économique dont l'ACB fait partie[33] ont particulièrement trouvé de l'adhérence dans certains domaines : l'évaluation économique en santé, par exemple, est très répandue en se basant sur des indicateurs de coût-efficacité ou de coût-utilité (Haute Autorité de Santé, 2012). D'autre part, les programmes d'action de prévention aux inondations (PAPI) possèdent un guide méthodologique - le fruit de 10 ans de travail - permettant aux porteurs de projet de construire l'évaluation économique de leur projet avec des outils clés en main (Commissariat Général au Développement Durable, 2019). Ou encore, la sécurité routière qui évalue les gains en termes de vies sauvées et de temps gagnés dans le cadre de futurs investissements (Boiteux, 1994; Boiteux, 2001).

Cette dynamique se poursuit encore avec notamment, dans le domaine de la santé, l'inclusion d'impacts plus variés comme les dommages psychologiques (Rochaix and Dervaux, 2022) mais également dans d'autres domaines tel que l'aménagement urbain (Coutard, 2022). Plus le calcul et les outils se développent, plus il devient intéressant et surtout pertinent de les appliquer à d'autres secteurs comme la sécurité civile. Tous ces exemples peuvent faire sujet d'un rapprochement avec l'activité des SIS.

En France, ces évolutions s'inscrivent notamment dans le cadre d'une loi récente portant sur l'évaluation socio-économique des grands investissements publics.[34] Si la monétarisation de certains bénéfices sociaux et environnementaux restent encore hors de portée, les travaux académiques engagés favorisent néanmoins une intégration sans cesse plus importante de ces effets dans les analyses.[35] Les enjeux de sécurité civile commence à apparaître davantage dans les travaux relatifs à l'évaluation socio-économique des investissements publics et cela notamment dans la perspective de mieux cerner les gains associés aux dépenses face aux catastrophes de grande ampleur (OECD, 2018; World Bank, 2021).

Au travers de ses multiples enjeux relatifs aux personnes, aux biens et à l'environnement, l'organisation du secteur de la sécurité civile se profile comme un des bénéficiaires potentiels des différentes avancées faites dans l'économie publique pour mieux piloter ses politiques et ses projets d'investissement. Pour ce faire, les différents acteurs du secteur doivent trouver un sens à ses outils et notamment aux résultats qu'elle procure au travers de ses indicateurs synthétiques. Pour ce faire, nous tenons à apporter quelques précision sur l'ACB.

Sa notion de bénéfice net renvoie à celle de l'optimum au sens de Kaldor-Hicks (Hicks, 1939). En ce sens, pour qu'un projet soit bénéfique pour la collectivité,

[33] On distingue l'analyse coût-bénéfice, l'analyse coût-efficacité, l'analyse coût-utilité et le coût-minimisation

[34] Cette loi n°2012-1558 date du 31 décembre 2012 et son décret d'application n°2013-1211 du 23 décembre 2013

[35] Les travaux français au niveau du gouvernement en sont la preuve.

il faut s'assurer que les gagnants puissent au moins compenser hypothétiquement les perdants quand on évalue l'ensemble de gains et de pertes perçus dans le cadre d'un projet. Ce critère d'optimum n'exige pas une redistribution des bénéfices, mais en quantifiant les gains et les pertes des uns et des autres permet d'alimenter les politiques redistributives pour dédommager les perdants.

Il convient aussi de souligner l'incertitude qui entoure systématiquement l'indicateur du bénéfice net dans le cadre d'une démarche d'évaluation ex-ante avant de tirer des conclusions sur l'efficience d'un projet. Pour cette raison, l'analyse de sensibilité - qui consiste justement à intégrer cet élément d'incertitude en proposant des fourchettes de valeurs pour différents paramètres de l'analyse afin d'établir la robustesse des résultats susceptibles d'être prônés à propos d'un projet – est incontournable dans l'interprétation de ses résultats.

Par ailleurs, il est conseillé de compléter cet indicateur synthétique avec une mesure des bénéfices et des coûts non-monétarisés (N. Z. Treasury, 2015; Guesnerie, 2017). Il est ainsi proposé de partir des éléments non-monétarisés pour déterminer s'ils sont suffisants pour compenser l'éventuelle perte qui est traduite par le bilan coût-bénéfice (N. Z. Treasury, 2015). Ce constat reflète le souci d'intégrer des éléments plus qualitatifs dans l'ACB pour qu'ils puissent aussi peser dans la mesure d'efficience des politiques ou projets. C'est un point important quand il s'agit de discuter des mesures visant la sécurité de la population qui ont fort élément intangible.

Appréhender l'ACB dans le cadre de la sécurité civile nécessite de passer par l'ensemble des étapes clairement identifiés dans les différents rapports et guidelines en France ou à l'international. Si l'on considère le processus d'évaluation dans son ensemble, il y a quatre étapes (N. Z. Treasury, 2015) : l'identification du problème, la proposition de solutions sous forme de projets ou de politiques, l'évaluation de ces différents options et enfin la vérification de leur faisabilité.

Les différentes étapes de l'ACB consiste à : définir les options de projet et la situation de référence, identifier les gagnants et les perdants, identifier les bénéfices et les coûts à l'ensemble des périodes de l'horizon temporel du projet, quantifier l'ensemble de ces bénéfices et coûts (y compris les facteurs de risque et d'incertitude), appliquer un taux d'actualisation à l'ensemble des bénéfices et des coûts et ensuite les comparer, avant enfin d'évaluer la suffisance de l'évaluation et de ses résultats en vue de les présenter.

Dans sa déclinaison "sociale", l'essence de cette méthodologie est l'identification de l'ensemble des impacts susceptibles de se produire sur la collectivité - ce qui sous-entend une prise en compte des impacts sur toutes les parties prenantes. L'identification et la quantification des impacts pouvant se produire sur différents acteurs sera un autre objectif de notre travail car – nous l'avons démontré dans

la première partie – la sécurité civile est un secteur complexe avec beaucoup d'interactions entre différents acteurs à la fois publics et privés.

La diversité des missions

Le monde de la sécurité civile est caractérisé par la très grande diversité des missions effectuées par les sapeurs-pompiers. Cet état de fait rend très difficile l'objectivation de leur production autour d'indicateurs agrégés. En effet, les missions de secours à personne et de lutte contre l'incendie ne renvoient pas aux mêmes facteurs de production ni aux mêmes indicateurs. Non seulement le volume d'activité pour les deux activités est très différent mais la probabilité d'occurrence des sinistres est très hétérogène, ainsi que la durée des interventions. Cela impose une organisation différente pour assurer la couverture des risques puisque la disponibilité des moyens ne dépend pas des mêmes paramètres.

Les multiples objectifs de la sécurité civile renvoient à différents indicateurs : la protection des personnes, des biens et de l'environnement. Il s'agit d'une situation de production jointe (T. Atkinson, 2005) - les mêmes inputs contribuent à la production de plusieurs outputs. De plus, la diversité ne se mesure pas uniquement via les typologies d'intervention, elle s'explique également par la nature précise de ces interventions et les résultats qui en découlent. On peut, par exemple, cité le chiffre de 1% a produit une enquête sur le degré d'urgence de ses interventions qui caractériserait la proportion des interventions effectués par les sapeurs-pompiers dans le cadre de la mission secours à personne pouvant être qualifiées de "sauvetage" où l'intervention a permis de préserver la vie humaine.[36] Quid des 99% d'autres interventions effectuées ? S'ils ne permettent pas de préserver la vie humaine et ne renvoie donc pas à une notion explicite relative à la santé que l'on serait susceptible de monétariser, qu'en est-il de la valeur ajoutée de ces interventions ? C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de déterminer quels sont les avantages retirés par les citoyens de ces services pour toutes ces différentes interventions et dans une optique de simplification, de déterminer s'ils peuvent être regroupés ou pas sous un même indicateur.

Enfin, et comme évoqué dans la section précédente, ces différentes missions concernent aussi des populations différentes dont l'exposition et la vulnérabilité au risque seront susceptibles de varier. Il peut y avoir des écarts au sein d'un même territoire relatifs à l'état de santé des populations ou à la salubrité des logements, pour ne citer que deux exemples. Ce sont des éléments susceptibles de venir perturber toute analyse qui vise à identifier les impacts socio-économiques des actions menées par les sapeurs-pompiers dans différents contextes.

[36] Ce chiffre apparaît à plusieurs reprises dans les travaux au sein des SIS, par exemple, le SDIS 13

Les modes de production

En plus d'une grande diversité de ses missions dont les impacts sur la collectivité varient de manière importante, les SIS ont recours à deux modes de production distincts. D'un côté, certaines de leurs activités concernent la préparation et la prévention aux risques et de l'autre elles concernent la réponse aux risques. S'il s'agit bien d'activités à part nécessitant une analyse distincte, la complémentarité de ces deux modes de production est également indispensable à prendre en compte.

Ces deux catégories renvoient à des modes de production différents avec des objectifs distincts : la préparation et la prévention interviennent en amont, ses actions permettent de réduire la probabilité d'occurrence des sinistres (exemple : apprendre aux citoyens les bons comportements à domicile pour réduire le risque d'incendie) ; la réponse intervient en aval, les actions mises en place visant à minimiser les dommages causés par le sinistre (exemple : éteindre un incendie le plus rapidement possible).

Cette distinction a de fortes répercussions sur la mesure d'efficacité de ces activités : la prévention n'a pas d'effet immédiat et les proxys que l'on pourrait mobiliser (exemple : le nombre de personnes formée par une campagne de prévention aux gestes qui sauvent[37]) n'ont pas de traduction immédiate en termes de vies sauvées, ce qui est une chose classique pour toute évaluation de politiques de prévention - on dépense beaucoup en t pour éviter des coûts en t+1 ; la phase de réponse se prête bien mieux à cet exercice puisqu'il est possible de mesurer les dommages (humains ou matériels) à l'issue de chaque intervention pour ensuite chercher des liens de cause à effet.

On peut déduire de ce constat que la disponibilité et le recueil de données représente un enjeu majeur pour apprécier l'efficacité des différentes activités des SIS. Alors que l'activité de réponse peut être évaluée pour chaque intervention, les activités de préparation et de prévention nécessitent une évaluation plus globale.

Sur le plan stratégique, ces modes de production présentent aussi des leviers différents dans l'élaboration de la politique publique de sécurité civile. Les missions de prévention peuvent ciblées des sous-populations qui sont plus exposées et/ou plus vulnérables face à certains risques. Les missions de réponse permettent d'assurer le maillage territorial et ainsi proposer l'accès au secours et la continuité du service en toute circonstance.

En dernier point, il faut aussi souligner la distribution de ces activités entre les SIS et les autres acteurs du secteur de la sécurité civile. Si l'activité de réponse aux

[37] Formation agréée du ministère de l'intérieur et dispensée par les associations agrées de la sécurité civile mais également par les SIS

risques de sécurité civile est assurée en grande partie par les SIS, la préparation et la prévention de ces mêmes risques sollicitent de multiples acteurs et s'appuient aussi sur des éléments d'infrastructure, comme le réseau des poteaux d'incendie ou les chemins de défense de la forêt contre l'incendie (DFCI). Il en découle que la qualité de l'ensemble des facteurs contribuant à la préparation et la prévention aux risques ne peut être dissociés de la qualité de la réponse opérationnelle - par exemple, la lutte contre un feu de forêt ne peut être optimal sans un réseau de chemins DFCI bien entretenu permettant les engins de se déplacer en fonction de l'évolution du feu.

La couverture spatiale des risques

La couverture spatiale des risques est le facteur déterminant dans le niveau de réponse opérationnelle proposé par les SIS. Les services d'urgences sont nécessairement évalués en fonction de leur rapidité - combien de temps ils mettent à arriver sur les lieux d'une intervention. Ce laps de temps, le délai d'intervention, est un indicateur de la qualité du service perçu par la collectivité. Toute chose égale par ailleurs, plus on met de moyens sur une zone géographique fixe, et moins on met de temps à intervenir à n'importe quel lieu dans cette zone. A priori, il existe donc un arbitrage assez simple entre la quantité de moyens à déployer sur un territoire et la qualité de service désirée. La réalité - notamment en termes de contraintes liées à l'organisation des moyens de secours - fait que cet arbitrage est bien plus complexe.

Il est cette couverture spatiale des risques qui renvoie à la notion de maillage territorial – un réseau de CIS permettant d'intervenir en cas d'appel au secours sur l'ensemble du territoire à n'importe quel moment et même en cas d'appels simultanés. Le niveau de couverture dépend donc de trois facteurs : la répartition et la quantité des infrastructures, des moyens humains et des moyens matériels. Il ne suffit pas d'avoir un réseau extensif de CIS si chacun d'entre eux ne possède pas les moyens adaptés pour faire face aux risques susceptibles de se produire. Chaque typologie de risques nécessite des moyens opérationnels distincts, ce qui impose une contrainte sur l'organisation de ces services : pour éteindre un incendie il faut x engins et y sapeurs-pompiers. Évidemment, les besoins matériels varient selon les circonstances et l'évolution du sinistre, les SIS doivent se dimensionner pour pouvoir répondre de manière suffisante aux risques exceptionnels de grande ampleur et pas uniquement à une intervention "moyenne" ou "standard".

Dès lors qu'on dépasse le cadre d'une seule intervention et que l'on se projette sur l'organisation des moyens à l'échelle d'un CIS et de son périmètre géographique d'intervention, voire d'un territoire entier, il est nécessaire de prendre en compte un certain nombre de paramètres qui dépendront des caractéristiques de chaque territoire. Il s'agit de la présence de différents risques naturels comme industriels,

la population et sa démographie, les réseaux de transports, etc. Cette cartographie des risques est d'ailleurs un élément clé du SDACR pour décliner la couverture territoriale du SIS. Il est à partir des données historiques sur l'activité opérationnelle relative à ces différents risques que le maillage territorial est décliné. Il s'agit de prendre en compte la taille des enjeux et la probabilité d'occurrence des aléas. Ces deux paramètres étant déterminant dans la quantité de moyens nécessaires pour une couverture adéquate du risque, mais aussi la proximité de ces moyens.

Définir ce que constitue une couverture adéquate est complexe : on peut mettre davantage de moyens opérationnels sur un territoire mais cela a un coût et pour le justifier il faut être en mesure de quantifier le gain obtenu – les dommages constatés sont-ils moins élevés avec une couverture des risques plus conséquente ? Si, en principe, les dommages ne peuvent être qu'inférieurs quand on intervient plus rapidement, le gain marginal ne peut être considéré comme donné ou fixe. Il faut pouvoir le calculer en mettant en évidence la relation entre le temps, la quantité de moyens déployés et les dommages observés.

La couverture des risques a de forts enjeux stratégiques et économiques pour un territoire. L'offre dépend notamment de l'installation de CIS qui impose des coûts fixes importants. De plus, les risques à couvrir ne sont pas statiques mais dynamiques. Les territoires évoluent : de nouveaux bassins de vie se créent, de nouvelles infrastructures tels que les gares ou les aéroports ou même de nouveaux industriels peuvent s'installer, le tout nécessitant une réorganisation des moyens des SIS. Cela impose nécessairement des arbitrages à court et à long terme. Le maillage territorial ne peut être modifié du jour au lendemain. Le modifier à répétition représenterait des coûts astronomiques pour les pouvoirs publics s'il fallait démolir et reconstruire systématiquement de nouveaux centre de secours (sans évoquer la réattribution des effectifs, un sujet particulièrement délicat avec la mobilisation de volontaires). Le maillage territorial doit alors nécessairement accompagner l'aménagement du territoire pour optimiser ses coûts et répondre aux évolutions de la demande.

Il convient aussi de noter que les SIS adaptent leur capacité à intervenir en fonction du créneau horaire (jour/nuit) et du jour de la semaine (semaine/weekend) car la demande n'est pas constante, elle fluctue. La couverture spatiale des risques ne dépend donc pas uniquement de la répartition des CIS sur le territoire, mais également de la capacité à intervenir de chacun d'entre eux, soit le nombre de départs simultanés qu'il peut assurer en autonomie. Les leviers sont donc le nombre d'engins alloués à chaque CIS et les effectifs mobilisables (à la fois de garde et d'astreinte) à n'importe quel moment de la journée.

Ces éléments traduisent, de fait, la prise en compte de critères économiques - qu'ils soient explicites ou non - dans les arbitrages qui s'avèrent incontournables pour

choisir un niveau optimal de la couverture des risques sur un territoire. Le principal paramètre pour ce faire de manière objective est le délai d'intervention, et l'optimisation de la couverture territoriale des services d'urgence s'est systématiquement basée sur cet indicateur, notamment au travers des algorithmes "location-allocation" (Badri, Mortagy, and Ali Alsayed, 1998; Nisanci, 2010; P. Chevalier et al., 2012; Murray, 2013; Aleisa, 2018; Kiran, Corcoran, and Chhetri, 2018; Hou et al., 2021). De tels algorithmes ont également été appliqués aux SIS en France à l'échelle territoriale dans le cadre d'un travail de thèse en géographie (Souliès, 2015). Cette optimisation ne prend en compte que le délai d'intervention, les solutions optimales qui sont proposées ne peuvent être considérées comme des solutions optimales sur le plan économique.

Au-delà de la simple question des coûts, l'optimisation de la couverture spatiale des risques doit aussi tenir compte de l'hétérogénéité de l'exposition et de la vulnérabilité des différentes populations au sein d'un même territoire (K. L. Rider, 1979). Cela peut notamment se traduire par des écarts en termes de demande entre les zones urbaines et rurales (Home Office, 2001). Sachant que chaque individu possède sa propre fonction d'utilité, les gains en matière de couverture des risques susceptibles d'accroître son bien-être ne seront pas nécessairement homogènes, en fonction de son revenu par exemple. Certains individus tiennent donc à bénéficier plus que d'autres d'une couverture des risques accrue.

Pour intégrer le calcul socio-économique aux arbitrages relatifs à la couverture spatiale des risques, il est donc nécessaire de connaître le coût marginal et le gain marginal associé à un changement de cette couverture. Cela suppose de connaître les coûts fixes et variables des centres de secours et les gains associés à une intervention plus efficace (cela pour chaque typologie d'intervention). Que ce soit pour calibrer les moyens supplémentaires pour atteindre un objectif de couverture ou pour quantifier les gains associés à cet objectif (y compris sur différentes sous-populations), le délai d'intervention se profile comme un indicateur incontournable pour objectiver la valeur d'un niveau de couverture des risques donné, même si son utilisation dans le cadre de l'analyse coût-bénéfice reste assez rare (Mattsson and Juas, 1997; Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn, 2014).

La gratuité du secours et des SIS

La gratuité du secours trouverait ses origines au 18ème siècle dans le but de favoriser un appel au secours le plus rapide possible en cas d'incendie (Ifrasec, 2014). La logique étant qu'en cas de service payant, les victimes pourraient avoir tendance à hésiter, à chercher à éteindre le feu par eux-mêmes, et ainsi augmenter le risque que le feu se propage et cause davantage de dégâts avant l'arrivée des sapeurs-pompiers. Il est donc intriguant de constater que ce principe se fonde, à son origine, sur un

critère purement économique.

Depuis, les missions des SIS ont évoluées avec notamment la croissance des interventions de secours à personne qui ne représente pas un tel effet de "cascade", où les dommages pourraient se généraliser à toute la collectivité. Au 21ème siècle, la gratuité du secours ne se justifie plus uniquement sur un fondement économique mais plutôt sur un principe de droit d'accès égalitaire au service public. Ce principe s'écarte du raisonnement économique et pose un obstacle conceptuel pour l'évaluation socio-économique des SIS : si le bien doit être gratuit et que tout le monde doit y avoir un accès égal, comment peut-on imposer des critères de décision économique dans les choix de politiques ou de projets dans ce domaine ?

Par ailleurs, les critères économiques ont tendance à passer en arrière-plan au moment qu'un sinistre se produit. Il s'agit de la "règle de sauvetage" ("Rule of Rescue" en anglais) (Orr and Wolff, 2015) qui souligne le fait que l'on écarte toute raisonnement d'efficience dans les missions de sauvetage, cela en raison de l'identification de la victime et la notion imminente de décès. Néanmoins, les ressources disponibles ne sont jamais illimitées, la planification de la couverture des risques et l'allocation des moyens font que les arbitrages pour choisir les moyens à consacrer à l'éventuel survenu de tout type de risques sont nécessairement faits en amont par les pouvoirs publics, même si ces arbitrages demeurent implicite.

Rappelons que la gratuité est une caractéristique du bien public qui découle du critère de la non-excluabilité. Il est possible de distinguer deux cas de figures : le bien qui est – par sa nature – non-excluable (exemple pour les SIS : la lutte contre les feux d'espaces naturels) et le bien qui est rendu non-excluable (exemple pour les SIS : le secours à personne). Dans le premier cas, il est impossible d'imposer un prix à tous les bénéficiaires de ces actions (l'effet free-rider rend le marché défaillant) et sans l'intervention des pouvoirs publics, le bien ne serait pas produit dans le long terme. S'il est justement produit par le secteur public, c'est parce qu'il existe de fortes externalités positives.

Dans le deuxième cas, la non-excluabilité ne va pas de soi, le bien est rendu non-excluable parce qu'on considère que cela va générer des externalités positives. Autrement dit, en absence d'intervention des pouvoirs publics, le bien serait consommé mais dans de quantités sous-optimales. Cette distinction permet de souligner le rôle que la gratuité peut jouer sur les inégalités sociales. La couverture de certains risques aura un impact uniforme sur la population alors que d'autres profiteront davantage aux moins aisés.

En l'absence de marché, il n'y a pas de mécanisme de prix permettant de déduire la valeur qu'accorde les citoyens à la couverture de ces risques. Pour déduire une mesure de l'utilité de ces services et de la notion du secours, il faut donc soit étudier

des échanges marchands qui se rapprochent de ce même bien et s'en servir comme proxy, soit étudier les préférences des individus.

En fonction des activités des SIS, différents proxys issus des échanges marchands pourraient servir d'approximation de l'utilité accordée à ces services. Néanmoins, cette approche sera limitée par l'impossibilité d'en déduire une mesure – même approximative – de l'écart entre le prix de marché et le consentement à payer. De plus, le sentiment de sécurité étant une notion plutôt subjective, il risque d'y avoir une forte hétérogénéité dans le consentement à payer des individus en fonction de leur catégorie socio-professionnelle. La fiabilité des valorisations possibles à partir de tels éléments marchands sera donc fortement discutables.

Sachant qu'il est l'intérêt collectif qui nous intéresse, on peut aussi envisager de mesurer l'utilité de ce service gratuit à partir des coûts subis par la collectivité en cas de la non-intervention du SIS. Cela pourrait comporter, par exemple, les coûts médicaux relatifs à la prise en charge d'un individu, ou le coût pour les pouvoirs publics de reboiser une zone détruite par les flames d'un feu d'espace naturel. Il s'agit de coûts qui peuvent intervenir sur le long terme, reflétant ainsi la justification du recours à la gratuité pour corriger une défaillance du marché qui ne tiendrait pas compte de tels effets, peu visibles dans l'immédiat. Cette approche demande notamment l'identification des liens de cause à effet pour isoler l'impact du SIS sur les enjeux socio-économiques préalablement identifiés. Alors que les proxys issus des échanges marchands sous-estimeront systématiquement l'utilité de ces services, cette mesure des coûts évités par l'intervention des SIS est fortement dépendant de ces liens de causalité avec, cette fois-ci, une probabilité non-négligeable de surestimer l'impact des SIS et donc de la valeur économique qu'on accorde à ces services.

Les méthodes de préférences possèdent l'avantage de révéler directement le consentement à payer des individus et donc l'utilité qu'ils accordent au bien. Néanmoins, il s'avère difficile d'identifier les préférences révélées des individus dans le cadre du secours car il s'agit de situations rares avec une absence de choix (il n'existe pas de service privé de secours ou de lutte contre l'incendie pour les particuliers en France). Sans alternatifs à évaluer, on ne peut pas en déduire les préférences des individus. D'autres situations s'y prêtent mieux, comme la méthode des coûts de transport qui est employée pour déterminer le consentement à payer pour visiter des lieux issus du patrimoine naturel (Pelletier, Heagney, and Kovač, 2021).

Les préférences déclarées peuvent être appliquées à toute sorte de questionnement puisqu'il s'agit de créer un scénario hypothétique pour éliciter les choix d'un individu. Compte tenu de la subjectivité qui peut exister dans l'évaluation de sa propre sécurité, il serait nécessaire d'orienter ce type de scénario sur le niveau de sécurité à disposer au sein d'une collectivité, et cela éventuellement pour les différentes ty-

pologies de risques (secours à personne, incendie, etc.). Une telle valeur tutélaire aurait davantage de pertinence pour apprécier l'intérêt collectif pour les SIS.

Il existe plusieurs méthodologies des préférences déclarées dont on distinguera l'évaluation contingente (on demande directement la valeur qu'un individu est prêt à débourser[38]) de l'analyse des choix discrets (on lui demande de choisir entre deux options que l'on aura préalablement défini). Une nouvelle fois, compte tenu de la subjectivité que l'on peut associer à la notion de sécurité, il parait plus judicieux d'opter pour les méthodes d'analyse des choix discrets qui, par ailleurs, a déjà servi pour établir les préférences dans le cadre des services d'urgences (Bhattarai et al., 2019) et est conseillé de manière plus générale en économie de la santé (Ali and Ronaldson, 2012).

Jusqu'à là, nous avons discuté les enjeux relatifs à la mesure d'un bien qui est gratuit, mais la gratuité en soi a aussi des conséquences pour l'organisation du service, notamment sur la demande. Tout d'abord, la gratuité du service public impose généralement un niveau de qualité constant (E. Ostrom, 2009), ce qui peut créer des disparités dans la demande pour le service en fonction du revenu des individus : les personnes les plus aisées peuvent préférer payer un service privé s'ils considèrent que la qualité du service public est trop faible. Ces questionnements vis-à-vis du revenu doivent nécessairement se poser dans le cadre de la gratuité car les personnes moins aisées sont généralement celles qui sont les plus exposées et les plus vulnérables face aux risques – il en est notamment le cas pour le risque incendie (Bryant and Preston, 2017). Par conséquent, la gratuité peut avoir un impact sur la demande pour ces services d'une manière conjoncturelle. Cela pourrait se produire à la fois en raison d'une augmentation de la précarité chez certaines populations mais également face au recul des autres services qui pourraient conduire à la sollicitation des SIS comme service "tampon" (Bertolucci and Tiberghien, 2018) pour combler, par exemple, un déficit dans l'accès aux soins.

La gratuité peut également engendrer des comportements sous-optimaux d'un point de vue économique. En effet, d'éventuels abus peuvent créer un sur-coût du service pour le pouvoir public pour certaines interventions qui ne relèvent pas de l'urgence (il peut s'agir de demandes de transport ou d'ouvertures de portes, par exemple). Le coût social de ce phénomène peut être conséquent : l'indisponibilité des moyens peut créer une rupture dans l'offre de secours, en absence de motif, le coût d'opportunité d'une fausse alerte est très important - les SIS sont particulièrement attentifs à cela dans la réponse qu'ils apportent aux appels de secours.[39]

[38] Dans ce cas, il est important de tenir compte de l'effet revenu qui affirme que le consentement à payer d'un individu sera nécessairement corrélé positivement à son niveau de revenu, cela d'autant plus que les moins aisés sont ceux susceptibles d'avoir le plus recours à ces services

[39] Il convient de noter, par ailleurs, que de telles interventions sont de plus en plus souvent facturées par les SIS. Cette pratique relève de la responsabilité du conseil d'administration d'un SDTIS.

Pour résumer, la gratuité suppose des externalités fortes, pour les mesurer il existe différentes approches qui s'avèrent complémentaires : la mesure de l'utilité de ces services pour les citoyens et la mesure des coûts évités pour la collectivité du fait de la gratuité. Enfin, la gratuité du service impose aussi d'avoir un regard précis sur l'évolution de la demande du service en fonction de la conjoncture. Ce point sera creusé davantage lorsque l'on étudiera les interdépendances entre la sécurité civile et d'autres politiques publiques dans le chapitre 4.

Le rôle des volontaires

Le sapeur-pompier volontaire est un citoyen comme un autre - avec une profession - qui choisit de prendre un engagement auprès d'un SIS pour contribuer à la production de la couverture territoriale des risques en prenant des gardes et/ou des astreintes pendant la semaine et/ou le weekend. Le recours à un personnel volontaire a de nombreuses implications sur le plan socio-économique qui sont relatives à son coût, sa disponibilité et ses compétences. Ces éléments impactent grandement l'organisation du maillage territorial d'un SIS.

Tout d'abord, le coût d'un volontaire est nettement inférieur à celui d'un professionnel. Le recours à des volontaires permet ainsi de minimiser le coût de la couverture territoriale pour un SIS. Néanmoins, ce coût n'est pas le seul facteur à prendre en compte. La disponibilité des volontaires qui effectuent des astreintes impose nécessairement une contrainte sur l'efficacité des missions – ils ne peuvent pas intervenir dans les mêmes délais que les professionnels. Le délai d'intervention étant, pour rappel, un des principaux déterminants du niveau de couverture territoriale, implique que le recours aux volontaires est une forme d'arbitrage coût-bénéfice. On peut réduire le coût de la couverture en employant des volontaires, mais la contrepartie sera un rallongement des délais d'intervention. Pour objectiver cet arbitrage, il faut donc mesurer en quoi un rallongement de ce délai implique un coût social pour la collectivité.

Au-delà de cette notion de délai, il peut également y avoir des divergences en matière de compétences et d'expérience entre professionnels et volontaires. Par exemple, les statistiques annuelles des SIS démontrent que les accidents graves de service concernent davantage les volontaires que les professionnels (DGSCGC, 2020a), un SIS prendrait donc davantage de risques vis-à-vis de son personnel en engagent sur une intervention des volontaires à la place des professionnels. L'arbitrage doit donc nécessairement prendre en compte les risques encourus par les intervenants et pas seulement les victimes.

Dernier élément à prendre en compte, du fait que les volontaires sont des citoyens qui consacrent leur temps libre à la production de la couverture territoriale des risques, il faut considérer en quoi cela leur procure de l'utilité. Au-delà de leur indemnisation,

on peut supposer qu'ils retirent un avantage de ce qu'ils font dans le cadre de leurs missions en tant que sapeur-pompier volontaire. Il ne s'agit pas d'un simple rapport employeur-employé où le salaire peut être perçu comme la valeur "juste" du travail fourni par l'employé. L'engagement d'un sapeur-pompier volontaire lui procure un sens d'accomplissement et permet également d'entretenir des liens et bâtir un cercle social. Son gain d'utilité ne peut être nul, d'autant plus qu'il doit supporter des contraintes : il doit se rendre disponible face aux imprévus ce qui peut mener à des absences lors des évènements personnels, il doit également supporter le coût de déplacement jusqu'à son centre de secours. Enfin, son employeur doit aussi pouvoir supporter le coût de son absence – par intermittence – sur son temps de travail.

Au total, on constate que la mobilisation des volontaires dans le cadre des missions de sécurité civile peut engendrer à la fois des gains et des pertes d'utilité pour la collectivité. Le bilan global relatif aux différents facteurs évoqués dans cette section ne va pas de soi. La littérature propose d'évaluer les dommages matériels observés sur un territoire en fonction du type de personnel employé (professionnel ou volontaire), afin de dresser le bilan coût-bénéfice de l'usage des volontaires (Brudney and W. D. Duncombe, 1992; Mattsson and Juas, 1997), ainsi renforçant la nécessite de développer des mesures relatives à l'efficacité réelle des services. Ce point sera développée dans la partie suivante.

1.2.2 Formalisation de la production et du coût du service

Avant de passer à une description des impacts des activités des SIS à prendre en compte dans l'évaluation socio-économique, il faut d'abord arriver à formaliser ce qu'ils produisent. La mesure de l'activité demeure une des principales problématiques à traiter dès lors qu'on parle de service public en raison du décalage qui peut exister entre les outputs que l'on mesure relatifs aux objectifs que l'on évalue. La théorie économique a eu des difficultés à proposer une mesure juste de la production publique. Une première approche de "input=output" qui négligeait toute mesure de productivité a pourtant connu une utilisation très large (T. Atkinson, 2005). Malgré ses limites évidentes, cette approche pourrait s'avérer utile encore pour mesurer l'activité de prévention des SIS pour laquelle une autre mesure peine à être identifiée.

Plus récemment, des mesures directes de la production du secteur public ont été proposées[40] mais cela ne résout pas entièrement le problème en ce qui concerne les biens publics tels que la santé et la sécurité qui ont un très fort caractère non-marchand. Le défi relatif à l'identification de la mesure la plus pertinente de la production des SIS revient donc à définir au mieux les indicateurs permettant de formaliser la transformation des inputs en une mesure d'output que l'on peut associer

[40] Dont le nombre d'incendies pour les SIS au Royaume-Uni (T. Atkinson, 2005)

aux objectifs du secteur que sont la sécurité et le bien-être de la population.

En parallèle, il est indispensable de maîtriser l'ensemble des coûts que l'on associe à ce processus de production pour déterminer son niveau optimal. Il est particulièrement important de prendre en compte les corrélations entre les différents coûts employés par les SIS dans le cadre de ses différentes missions. Il s'agit notamment du fait qu'une hausse des dépenses associées à la prévention devraient - en principe - permettre de réduire celles consacrées à la réponse puisque dès lors qu'il y a moins de sinistres nécessitant une intervention de la part des SIS, son coût de production devrait baisser.

Inputs et Outputs

Les inputs des activités des SIS peuvent être définis clairement comme les moyens humains (H) et matériels (M) consacrés à leurs missions, c'est-à-dire le nombre de sapeurs-pompiers, le nombre d'engins de secours et le nombre de centres de secours présents sur un territoire. Les moyens humains représentant ainsi le travail et les moyens matériels le capital.

En termes d'effectifs, il y a bien sûr les sapeurs-pompiers professionnels (SPP) et les sapeurs-pompiers volontaires (SPV) que l'on pourrait également définir en fonction de leur qualifications.[41] Les régimes de travail différents doivent également entrer en compte, notamment en matière d'astreinte et de garde. L'indicateur du Potentiel Opérationnel Journalier (POJ) permet notamment d'établir le nombre de sapeurs-pompiers qu'un centre de secours est capable de mobiliser, à la fois de garde et d'astreinte.

En termes de matériel, il convient de distinguer principalement les ambulances (VSAV), les engins de lutte contre l'incendie (FTP) et de lutte contre les feux d'espaces naturels (CCF) qui permettent d'apporter une réponse adaptée à différents risques - l'efficacité d'une intervention dépend de l'engagement de moyens adaptés.

S'il existe plusieurs tailles de CIS, ils ne seront pas définis séparément à ce stade puisqu'il sera supposé que le type de centre n'influence pas sa capacité à intervenir au-delà des facteurs déjà pris en compte, soit par le biais du personnel et du matériel.

Il est nécessaire de choisir une unité de mesure de chacun des deux premiers inputs car il n'en existe pas qu'une seule. Pour le personnel engagé, il est possible de recenser : le nombre de sapeurs-pompiers employés par le SIS, le nombre de sorties en interventions, le nombre d'heures en intervention ou le nombre d'heures passées de garde ou d'astreinte.

[41] L'annexe B comporte des détails relatifs aux données disponibles relatives aux qualification des sapeurs-pompiers

Il en est de même pour le matériel, les engins peuvent être mesurés par : leur nombre, leur nombre de sorties ou le nombre d'heures passées en intervention. Ces choix posent un problème conceptuel car dès lors qu'une mesure relative au volume d'activité est retenue, on transforme une mesure que l'on pourrait qualifier d'output (direct) en input. Dans le souci de mesurer l'activité des SIS par leur capacité à intervenir, nous éviterons ce type de mesure.

Proposition 1 *Le travail fourni dans la production des SIS peut être caractérisé par le nombre de sapeurs-pompiers professionnels et volontaires employés par le SIS.*

Proposition 2 *Le capital fourni dans la production des SIS peut être caractérisé par le nombre de véhicules opérationnels mobilisables par le SIS et le nombre de centres d'incendie et de secours sur son territoire.*

Suivant les travaux de Jaldell (Jaldell, 2002; Jaldell, 2017; Jaldell, 2019), il existe trois différents types d'outputs en ce qui concerne les SIS. Le premier niveau concerne les outputs directs correspondant au volume d'activité (le nombre d'incendies éteints, le nombre de personnes secourues). Le deuxième niveau d'output est appelé l'output intermédiaire et correspond aux indicateurs dimensionnant du service déterminant la capacité à intervenir (les régimes de garde/astreinte et le délai d'intervention). Le troisième niveau d'output correspond aux objectifs de la mise en place du service public, soit les "outcomes" qui sont relatifs à l'impact sur la collectivité et l'utilité des citoyens en termes de santé, de sécurité et de bien-être (les dommages matériels, les vies sauvées).

Les différents choix d'outputs ont nécessairement leurs avantages et leurs inconvénients. Le volume d'activité a l'avantage d'être un indicateur clé utilisé dans les statistiques annuelles des SIS mais cela ne traduit en aucun cas l'efficacité du SIS et la qualité du service rendu à la population. De plus, le volume d'activité étant fortement corrélé au niveau de risques, la simultanéité des décisions entre les moyens alloués et le volume d'activité peut perturber la mesure de causalité.

Quant au troisième niveau d'output, que l'on peut qualifier d'impacts socio-économiques, il faut procéder avec prudence car ce sont des outputs qui sont "co-produit" au sens du rapport d'Atkinson (T. Atkinson, 2005). Ces indicateurs ne sont pas aussi simples à définir. La sécurité notamment ne renvoie pas à un indicateur clair et indiscutable puisqu'il s'agit de quelque chose de subjectif. La santé et le bien-être nécessitent de démêler le rôle de différents acteurs dans le processus de "co-production" – sachant qu'il peut y avoir des corrélations entre l'impact des uns et des autres. Par exemple, une meilleure prise en charge d'une victime par les secours ne réduit-il pas sa probabilité de développer des conséquences plus graves une fois hospitalisée ?

Dans l'identification et la mesure des outputs, cela renvoie à deux notions distinctes : la co-production et la production jointe T. Atkinson, 2005. Dans le premier cas de figure, il existe plusieurs services qui concourent aux mêmes objectifs. On peut citer, par exemple, les SIS et les services hospitaliers qui prennent en charge les victimes chacun à leur tour. Ils sont complémentaires, leurs inputs respectifs contribuent à produire le même output : la préservation de la vie humaine. Dans le deuxième cas de figure, un service va produire divers outputs avec les mêmes inputs, ce qui est notamment le cas des SIS dans plusieurs de leurs missions. La lutte contre les feux d'espaces naturels permet de préserver les logements à proximité mais également de protéger l'environnement, de limiter les dégâts à la flore mais aussi limiter la pollution en termes de fumées toxiques et des émissions CO^2.

Il est possible d'identifier différentes problématiques qui trouvent leurs origines dans ces notions. La plus évidente est la difficulté à établir des liens de causalité en présence de co-production. Il en est notamment le cas pour la prise en charge des victimes en urgence vitale en amont de leur arrivée à l'hôpital : si la victime survit, en quoi est-ce dû à l'action des sapeurs-pompiers et en quoi est-ce dû à l'action du service hospitalier ?

A l'opposé, le cas de la production de différents outputs à partir d'un seul et même input pose un autre problème conceptuel à la mesure socio-économique du service et en particulier à l'efficacité des différentes actions : comment quantifier les moyens consacrés à atteindre chaque output s'ils mobilisent les mêmes inputs ? Par exemple, comme les mêmes inputs sont consacrés à la prévention et à la lutte contre l'incendie (principalement des moyens humains), il est difficile a priori de déterminer quelles ressources sont consacrées à chaque mission et objectif.

La complexité du lien entre les inputs et les outputs "finaux" que l'on souhaiterait monétariser dans le cadre de l'ACB est le principal enjeu que nous identifions dans ce chapitre et rejoint notamment l'identification des liens de cause à effet qui s'appuie en particulier sur la notion de situation de référence. Ce sujet sera approfondi dans la troisième et dernière partie de ce chapitre.

Revenons alors au deuxième niveau d'output qui est basé sur la capacité à produire et qui renvoie à la notion de production intermédiaire relative à la fois aux SIS mais également aux service de police dans la littérature scientifique internationale (W. D. Duncombe and Brudney, 1995; Jaldell, 2019; Law, Problems, and Autumn, 1971). L'intérêt de cet output intermédiaire se trouve dans le fait qu'il est une fonction positive des inputs (plus il y a de moyens humains et matériels et plus le délai d'intervention est réduit), tout en étant corrélé aux objectifs globaux du service public (minimiser les dommages humains et matériels associés aux sinistres).

Les deux indicateurs relatifs à cette notion d'output sont disponibles dans l'enquête

annuelle INFOSDIS sous forme du POJ - qui quantifie la capacité à intervenir du SIS - et du délai d'intervention - qui traduit le niveau de couverture des risques. Ces deux indicateurs n'ont pas de traduction immédiate vis-à-vis des outputs "finaux" de la sécurité civile tels que la préservation de la vie humaine.

L'indicateur du POJ - utilisé pour caractériser la capacité de production d'un centre de secours - est un reflet de la demande présente sur le territoire. Le POJ mesure, pour rappel, le nombre de sapeurs-pompiers mobilisables par un centre de secours et il est défini selon l'heure et le jour puisque la demande n'est pas constante. Il faut donc avoir plus d'effectifs à certaines heures de la journée ou de nuit, tout comme la semaine par rapport au weekend. Cet indicateur permet une mesure synthétique des moyens qui sont mobilisables par le SIS puisqu'il peut regrouper les effectifs de garde et d'astreinte. Cet indicateur peut être employé pour évaluer le risque de rupture capacitaire puisqu'il déterminera le nombre d'interventions que le SIS est capable d'assurer en simultanée. Néanmoins, il semble difficile d'associer le POJ aux outputs "finaux" décrits plus haut. Pour traduire l'efficacité de l'intervention, il n'est pas le nombre de sapeurs-pompiers disponibles qui permettra de déduire les dommages pour une intervention quelle conque. Il est uniquement en cas de catastrophe de grande ampleur (feu industriel ou feu d'espace naturel avec forte propagation) que la rupture capacitaire sera éventuellement atteinte et que la disponibilité des effectifs peut avoir un effet tangible sur l'efficacité de l'intervention. Il en découle de ce constat qu'il serait nécessaire de cumuler des données sur un nombre significative de telles interventions pour pouvoir évaluer le lien de cause à effet entre les effectifs disponibles et les dommages constatés, chose difficile sachant qu'il s'agit d'aléas à faible probabilité d'occurrence.

Le délai d'intervention quant à lui traduit plutôt le niveau de couverture des risques et par conséquent la proximité du service à la population. La pertinence de cet indicateur n'est plus à prouver dans le domaine des SIS, nous avons pu constater dans la première partie qu'il fait figure d'indicateur incontournable de la qualité de service fournie à la population. Plus récemment, il y a eu des travaux scientifiques analysant sa capacité à expliquer les outputs "finaux" comme la préservation des vies humaines lors des incendies d'habitation (Jaldell, 2017; Runefors, 2020). En reliant les inputs des SIS à ces outputs, le délai d'intervention est un proxy pertinent pour évaluer l'efficacité des SIS.

Il existe toutefois quelques points de vigilance concernant l'utilisation du délai d'intervention qui sont à prendre en compte. Tout d'abord, les données INFOSDIS sont assez sommaires à propos de cet indicateur car ils présentent uniquement la valeur moyenne par département. A priori, cela paraît insuffisant pour évaluer la qualité du service en raison de l'absence d'une mesure de la distribution du secours au sein de la population. Le délai d'intervention ne peut pas non plus tout résumer

dans l'intervention des SIS. L'efficacité d'une intervention dépend nécessairement d'autres facteurs relatifs aux quantités et à la qualité des moyens employés (les choix stratégiques lors de la lutte contre l'incendie ou les compétences médicales lors du secours à personne) ainsi que les facteurs externes (les ressources disponibles en termes d'eau pour l'incendie (Sardqvist, Jonsson, and Paul Grimwood, 2018) ou la réaction de la population en cas de malaise sur lieu public[42]).

Enfin, le délai d'intervention ne peut pas non plus être considéré comme un indicateur totalement exogène puisque dans le cadre du secours à personne, la rapidité de la réponse peut être fonction de la gravité de l'appel au secours (Wilde, 2008), alors que le délai d'intervention est également impacté par divers facteurs externes (comme la météo) qui n'ont reçu que très peu d'attention dans la littérature existante (Lucchese, 2020).

Malgré ses quelques limites, nous avançons l'hypothèse que le délai d'intervention est un indicateur indispensable pour l'analyse économique de ces services, que ce soit pour la mesure d'efficience technique (la capacité à transformer les inputs en outputs) ou pour la mesure d'efficacité des interventions permettant de déboucher sur une mesure d'efficience économique. Au-delà de ces aspects et en vue de son utilisation comme indicateur de qualité de service, nous avançons que l'utilité procurée aux citoyens par les SIS est nécessairement une fonction du délai d'intervention.

Proposition 3 *L'utilité procurée par les SIS dépend de la rapidité de leur intervention, que l'on mesure par le biais du délai d'intervention.*

La littérature portant sur ces aspects relatifs aux inputs et outputs des SIS est assez riche. Si leur production renvoie à la transformation d'inputs en outputs tel que définie dans la théorie du producteur, il a été souligné que leur production n'est pas aussi simple à définir que dans le secteur privé puisque leur production n'est pas vendue sur un marché et il faut ainsi trouver un autre biais pour le mesurer (K. L. Rider, 1979; Jaldell, 2005). Le décalage entre les mesures d'output disponibles et le résultat sociétal que l'on souhaiterait observé a également été défini et analysé (Jaldell, 2002; Jaldell, 2019). La production et les notions d'efficience et d'efficacité ont constitué un terrain d'étude récurrent (Ahlbrandt, 1973; Wallace, 1977; Coulter, 1979; W. D. Duncombe, 1991; Brudney and W. D. Duncombe, 1992; W. Duncombe and Yinger, 1993; W. D. Duncombe and Brudney, 1995; Bouckaert, 1992) avec la mise en avant de l'arbitrage qu'il est nécessaire d'effectuer dans la production de ces services (Coulter, 1979; Bouckaert, 1992) pour équilibrer le coût du service avec la qualité rendue à la population. Ces travaux mettent également l'accent sur le rôle que peut représenter les facteurs environnementaux sur la production et l'efficacité des SIS.

[42] Le "by-stander effect" que l'on retrouve dans la littérature médicale (Bohn et al., 2018)

Une grande majorité de cette littérature vient des Etats Unis et y figure certains indicateurs qui n'existent pas en France tels que l'indice de feu relatif à l'assurance ou la valeur des dommages matériels. Ce sont des indicateurs que l'on peut qualifier d'outputs "finaux", ce qui explique pourquoi le délai d'intervention figure assez rarement comme indicateur de référence, même si l'on peut constater qu'il est identifié dès les premiers travaux comme un élément de la qualité d'intervention (Ahlbrandt, 1973) et qu'il est associé à une meilleure efficacité (Coulter, 1979). Plus récemment, l'efficience a été étudiée avec des données plus précises relatives à la production des SIS et leur production réelle, relative aux outputs "finaux" avec des mesures relatives au sauvetage des vies et la réduction des dommages matériels causés par les incendies (Jaldell, 2005; Jaldell, 2019).

La contrainte principale dans l'élaboration d'une mesure de la production avec ces inputs et outputs concerne le recueil de données permettant une telle estimation. En effet, le recueil de données est difficile avec des éléments binaires qui ne sont pas propices à l'exploitation statistique (Salter et al., 2013). Parfois, il n'existe tout simplement pas les mesures que l'on souhaiterait avoir en matière d'outputs (Wallace, 1977). D'autres difficultés de données peuvent concerner le peu d'observations statistiques disponibles pour certains évènements et l'absence de variation dans les données d'une année à une autre (Maher, Bateman, and Randall, 2020). De plus, la production des SIS tend à être constante dans le temps (Bouckaert, 1992), ayant pour conséquence une difficulté à analyser les changements dans le niveau de production, d'autant plus que les travaux existants se focalisent souvent sur un seul et unique SIS.

Que ce soit en raison des contraintes de données ou des problématiques conceptuelles dans la mesure de la production des SIS, nous privilégierons le délai d'intervention comme output pour mesurer la production et pour traduire son impact socio-économique.

Proposition 4 *Le délai d'intervention correspond au niveau de couverture des risques proposé par le SIS. Cet indicateur est décroissant en quantité d'inputs utilisés et les outcomes d'intérêt (état de santé, sentiment de sécurité) sont également décroissants en ce délai.*

1.2.3 Formalisation des impacts socio-économiques

Les missions des SIS s'inscrivent dans la politique de sécurité civile et ont pour objectif de protéger les personnes, les biens et l'environnement. Ce sont ces objectifs qu'il faut être en capacité de mesurer afin de procéder à une analyse coût-bénéfice de leurs activités. Dans cette section, nous nous intéressons à la fois à l'identification de ces impacts et à leur monétarisation, ainsi que de leur pertinence dans le cadre

de l'évaluation socio-économique. Autrement dit, comment peuvent-ils être associés aux mesures de la production des SIS préalablement identifiées (principalement le délai d'intervention). Sans formaliser ce lien entre la production et les impacts socio-économiques, il n'est pas possible d'inclure ces éléments dans l'évaluation socio-économique des projets ou politiques de sécurité civile car on ne serait capable de justifier en quoi les actions des sapeurs-pompiers permettent d'atteindre les objectifs avancés (dont la réduction de divers dommages).

Outcomes relatifs aux personnes

Nous avons pu constater que les missions des SIS concernent avant tout le secours aux victimes. Dans ce cas, les principaux objectifs que l'on peut associer aux actions des sapeurs-pompiers concernent l'état de santé des victimes. Le caractère d'urgence est principalement lié au risque de décès et ce risque est notamment présent dans les activités de secours d'urgence aux personnes, d'accidents routiers et de lutte contre l'incendie. L'identification des vies sauvées par les actions des sapeurs-pompiers doit représenter une priorité dans l'évaluation de leurs activités.

Pour ce faire, il faut associer un niveau de production à un taux de mortalité. En principe, plus on produit du secours et plus on réduit le taux de mortalité. Quand on augmente la production du secours, on augmente la couverture des risques et on réduit le délai d'intervention – c'est la mesure de la production définie dans la section précédente. Pour fonder l'idée qu'une meilleure couverture des risques réduit le nombre de décès, il faut alors expliciter la relation entre le délai d'intervention et la probabilité de décès dans le cadre des interventions de secours. Ce sera notamment l'objet des travaux présentés dans le chapitre 3 mais nous discuterons d'abord les enjeux de cette relation dans la prochaine partie (infra 1.3.1).

Au-delà de cette notion de sauvetage où l'action des sapeurs-pompiers peut avoir un impact direct sur le risque de décès d'une victime, il existe une autre situation où leurs actions peuvent avoir un effet sur la mortalité : la pollution de l'air causée par les feux de forêt. Cet effet est indirect mais intervient presqu'aussi rapidement : de récents travaux portant sur les épisodes exceptionnels de feux de forêt au Portugal en 2017 démontrent qu'une présence accrue de particules PM_{10} pendant ces feux a augmenté le taux de mortalité de 2,34% pour une hausse de $10\mu\ g/m^3$ en ce qui concerne les décès pour un motif cardio-respiratoire (Augusto et al., 2020). C'est un exemple qui a pour but une nouvelle fois de démontrer l'étendue des impacts liés à leur activité qui nécessiterait des travaux distincts, tant le nombre de phénomènes à traiter s'avère important.

Il convient de souligner que le risque de décès ne concerne pas uniquement les victimes. Le métier de sapeur-pompier est un métier à risque et il y a - tous les ans - des décès en service. Malgré une amélioration de la sécurité des intervenants avec

une baisse de plus de 40% du nombre de décès en service des sapeurs-pompiers durant la décennie 2010-2019 comparée à celle qui précédait (DGSCGC, 2020a), il y a eu tout de même 11 décès en 2019. Même si la notion de sacrifice dans ce métier pourrait pousser les sapeurs-pompiers à prendre des risques démesurés de manière volontaire, de tels décès constituent un coût pour la collectivité. On pourrait alors valoriser de nouveaux investissements dans les SIS en mettant en avant une meilleure sécurité des sapeurs-pompiers en intervention. De la même manière, la prévention des risques naturels peut également contribuer à réduire l'exposition des primo-intervenants comme les sapeurs-pompiers.

La valorisation des vies sauvées se fait à partir de la valeur d'une vie statistique (VVS) établit en France par le rapport Quinet en 2013 (E. Quinet, 2013). Cette valeur tutélaire – unique pour tout type de risques et de personne – traduit le consentement à payer pour éviter un décès dans la collectivité.[43] Elle permet ainsi de déterminer l'efficience économique des moyens qui sont consacrés à la réduction des risques à la vie humaine. L'application à la couverture des risques produite par les SIS consisterait alors à comparer le coût d'une réduction du délai d'intervention avec le nombre de vies sauvées. En 2022, la VVS se rapproche des 4 millions d'euros,[44] indiquant qu'un projet permettant de sauver une vie devrait coûter moins de ces 4 millions d'euros pour être considéré comme bénéfique pour la collectivité.

Il existe de vifs débats autour de cette valorisation monétaire de la vie humaine. Tout d'abord, le concept en soi peut créer des incompréhensions, avec notamment le raccourci pour considérer cette valeur tutélaire comme la valeur de la vie humaine (France Stratégie, 2016). Rappelons alors que dans le contexte des SIS, son utilisation est destinée à optimiser l'organisation des moyens pour couvrir divers risques, et non pas de servir comme une jauge de la "rentabilité" d'une intervention et le sauvetage de la vie d'un individu. Avec des moyens limités, il faut choisir comment les allouer pour maximiser leur utilité sociale. Pour ce faire, il faut pouvoir objectiver le risque à la vie humaine et c'est ce que permet la valeur tutélaire de la vie humaine.

La force de la VVS est d'ailleurs son uniformité. Elle est identique pour tous les individus et pour tous les risques. Cette caractéristique facilite le calcul mais engendre néanmoins d'autres débats puisqu'il y a une multiplicité d'approches possibles pour élaborer cette valeur d'une vie statistique et ils ne débouchent pas tous sur les mêmes valeurs. En France, la VVS est dans la norme des pays développés mais reste bien plus faible qu'aux Etats Unis (France Stratégie, 2016). De tels écarts peuvent être attribués à des méthodes différentes. Alors qu'en Europe les VVS se base sur

[43] La valeur en euros que l'on est prêt à dépenser pour réduire le niveau d'un risque existant dans la collectivité de x pourcentage

[44] En utilisant le fichier de calcul de France Stratégie

des méthodes de préférences déclarées pour révéler le consentement à payer pour la réduction d'un risque dans la collectivité, aux Etats Unis les primes de risque sur le marché du travail sont utilisés et constitue une méthode de préférences révélées, puisqu'on observe directement le comportement des individus sur un marché réel (le marché du travail). La distinction entre ces deux approches se trouve notamment dans le prisme de décision de l'individu : le raisonnement sur le marché du travail est purement privé et ne reflète pas les préférences d'un point de vue collectif.

Par ailleurs, il peut y avoir des divergences dans le consentement à payer selon la typologie de risque. En matière de sécurité civile, le consentement à payer pour réduire le risque de décès dans un incendie a été estimé en Suède à un niveau environ un tiers inférieur à ce même consentement à payer pour réduire le risque de décès dans un accident de la route (Carlsson, Daruvala, and Jaldell, 2008). Il s'agissait dans ce cas d'une enquête mettant en avant un risque individuel et non pas collectif. L'écart pourrait alors être attribué à la perception des individus de leur exposition à ces deux différents types de risques.

Les méthodes sont et resteront un sujet de débat. Nous retenons le fait que la VVS peut être mobilisée dans le cadre de l'évaluation socio-économique des activités des SIS à partir du moment que le lien de cause à effet entre les actions mises en place et une réduction du risque de décès est fondé.

Néanmoins, nous ne pouvons nous contenter d'analyser les impacts liés au risque de mortalité. L'analyse des activités des SIS présentée dans la première partie a montré que la notion d'urgence est devenue relative dans une grande partie de leurs missions : beaucoup d'interventions concernent des situations dans lesquelles il n'y a pas de risque de décès. Cela pose alors la question des critères d'évaluation des impacts sur les personnes lors de ces interventions. Qu'il y a-t-il comme bénéfice social dans le cadre de ces interventions ? La prise en charge des victimes par les SIS - quel que soit leur état de santé - répond à une demande de ces dernières, explicitée par le biais d'un appel au secours. Elles en retirent donc une utilité strictement positive de ce recours aux SIS, mais en raison de la gratuite du service, nous ne pouvons pas la mesurer explicitement.

Pour approximer une mesure de cette utilité, il est possible de partir de la notion de blessé. Les victimes secourues par les sapeurs-pompiers sont systématiquement classées comme "blessé grave" ou "blessé léger", mais en raison de la diversité des missions de secours entreprises par les SIS, cette catégorisation comporte des limites. Par exemple, les pondérations proposées par l'étude internationale *Global Burden of Disease* (Salomon et al., 2013) pour quantifier la perte de qualité de vie associée à différents types de blessure indique, par exemple, que les brûlures n'ont pas les mêmes conséquences sur la qualité de vie que les fractures (et cela d'un facteur allant

jusqu'à 10 dans certains cas).

Quel que soit leurs caractéristiques, l'identification des blessés évités par les activités des SIS doit surmonter les mêmes obstacles que pour les décès - mesurer en quoi les actions et les gestes des sapeurs-pompiers impactent la santé et le bien-être des victimes.

A part la mission de secours à personne, les actions mises en place par les SIS peuvent avoir d'autres impacts sur la santé des individus. Les effets nocifs des produits toxiques émis par la fumée des incendies peuvent avoir des conséquences plus ou moins graves sur la santé, sans pour autant comporter un risque de décès. Cela peut toucher un nombre important de personnes sachant qu'un panache de fumée peut se propager sur de nombreux kilomètres. L'action efficace des sapeurs-pompiers peut alors éviter de tels effets sur la santé et il convient de la valoriser. De tels phénomènes vont concerner principalement les feux industriels, on peut alors imaginer qu'une intervention rapide des sapeurs-pompiers réduirait les probabilités d'observer ce type d'effet.

Les impacts cités ci-dessus peuvent aussi toucher les intervenants. Indépendamment des décès en service, on constate un nombre élevé d'arrêts travail - majoritairement chez les professionnels avec 87 accidents par 1000 agents comparé à 12 chez les volontaires - pour l'année 2019 (DGSCGC, 2020a). Ce sont également des éléments qui peuvent rentrer en ligne de compte dans l'évaluation socio-économique quand, par exemple, on souhaite mieux former le personnel pour prévenir les blessures (Griffin and Christine Publisher, 2014).

Il y a aussi des effets intangibles à prendre en compte dans la mesure des bénéfices associés aux activités des SIS. Au-delà de leur état de santé, il est raisonnable de supposer que les victimes sont en état de détresse quand ils ont recours aux services de secours. Les sinistres sont traumatisants pour les victimes et correspond à une perte d'utilité. La notion de dommages psychologiques se développement - notamment par rapport aux risques inondation (Rochaix and Dervaux, 2022) – et il serait nécessaire d'en faire de même pour le risque incendie qui doit également générer des traumatismes physiques mais aussi mentales chez la victime. Des épisodes de stress post-traumatique (ESPT) ont déjà été identifié chez les victimes d'incendies dans la littérature scientifique (Jones et al., 2012).

Monétariser ces éléments peuvent sembler délicat mais il y a de nombreuses pistes. Une approche évidente serait de se baser une nouvelle fois sur la VVS. Le rapport Quinet propose effectivement une valeur tutélaire en fonction de l'état de santé : 15% de la VVS pour éviter un blessé grave et 2% de la VVS pour un blessé léger. Ces états de santé sont systématiquement recensés par les SIS, il serait donc possible de procéder de la même manière, en associant le délai d'intervention au risque de

constater un blessé grave ou blessé léger lors des interventions.

Quant aux effets des produits nocifs sur la santé, il existe des travaux à l'échelle européenne permettant, par exemple, d'établir le consentement à payer pour éviter une irritation de la peau - 227€$_{2012}$ par an pour un cas bénin (European Chemicals Agency, 2016).

Il convient aussi d'explorer le consentement à payer pour les services d'urgence, et ainsi valoriser la partie intangible évoquée ci-avant. Il s'agit d'un axe de recherche naissant, composé principalement à ce jour de travaux conduits dans des pays en cours de développement comme le Guatemala (Bose et al., 2012) ou la Colombie (Victor Cantillo et al., 2018; Delgado-Lindeman, Arellana, and Víctor Cantillo, 2019). Ces travaux élaborent le concept d'utilité dans ces services en raison de la souffrance que ressentent les individus dans la phase d'attente (avant l'arrivée des secours). Ils mettent en évidence la relation positive entre le degré d'urgence et le consentement à payer des individus. Nous ne recensons pas de tels travaux dans les pays développés, avec l'exception d'une enquête à choix discrets au Royaume-Uni, mettant en évidence l'arbitrage des individus entre le délai d'attente et le risque de décès - ils seraient prêts à accepter une attente de 38 minutes pour réduire de 1% le risque de décès (Bhattarai et al., 2019).

En France, un axe de recherche non-éloigné de ce concept est celui de la prise en compte des dommages psychologiques liés aux effets de santé dans le cadre des investissements publics avec, en exemple, le coût social d'un évènement de stress post-traumatique (ESPT) à hauteur d'environ 36000€_2016 Rochaix and Dervaux, 2022.

Au-delà de ces éléments non-marchands, on pourrait également avoir recours aux coûts médicaux. Il est légitime de considérer que la prise en charge rapide d'une victime pourrait réduire les coûts médicaux relatifs à sa prise en charge à l'hôpital, avec même une possibilité d'éviter toute forme d'hospitalisation, même si une telle relation de cause à effet reste à établir. Les récents travaux de France Stratégie sur l'évaluation socio-économique des effets de santé des investissements publics (Rochaix and Dervaux, 2022) montre que ces coûts sont très faibles lorsqu'ils sont rapportés aux coûts de perte de bien-être (dans le cas de figure précèdent d'un ESPT, le coût intangible représenterait plus de 97% du coût total). Néanmoins, les brûlures et les empoisonnements représentant la majeure partie des blessures constatées lors des incendies (Haikonen, 2020), et il conviendrait d'en déduire le coût de leur prise en charge en France, sachant qu'il a déjà été estimé aux Etats Unis à plus de 40 000$$_{2000}$) en ce qui concerne les brûlures (Lawrence et al., 2009).

Il y a aussi des possibilités en ce qui concerne le secours de manière générale en observant les tarifications des pouvoirs publics. On pourrait se baser, par exemple,

sur la tarification des ambulances - un possible substitut à l'activité de secours à personne des SIS. La sécurité sociale applique une tarification au kilomètre avec une partie forfaitaire et une majoration pour les trajets courts (un trajet de 10 kilomètres peut donc être estimé à 74,51€)[45] alors que les SIS bénéficient d'une rémunération fixe (200€) pour les carences ambulanciers.

En parallèle, l'intervention des SIS peut aussi permettre d'éviter un passage aux urgences dont le coût se situerait aux alentours de 200€.[46]

Ce sont des coûts perçus par les pouvoirs publics et qui dépendent avant tout du coût de production, ils ne sont en aucun cas le fruit d'un échange marchand entre le producteur et le consommateur. Par conséquent, ils semblent d'une pertinence limitée de se fonder sur de telles valeurs pour approximer l'utilité de ces services pour les citoyens.

Une autre approche serait de s'inspirer des échanges marchands relatifs à la demande de secours, comme les systèmes de téléalarme.[47] Ce sont des systèmes destinés notamment aux personnes âgées et isolées et sont proposés par des entreprises privées sous forme d'abonnement (environ 30€ par mois [48]). Ce type de dispositif traduit un prix de marché pour un accès facilité et accéléré au secours. Sachant que la durée moyenne d'un appel au secours est de 2 minutes et 18 secondes (DGSCGC, 2020a), on pourrait en déduire que le prix d'abonnement de téléalarme correspond à un gain de temps de cette durée dans la prise en charge par les secours. Son usage serait toutefois restreinte puisque ce sont des achats qui concernent de manière quasiment exclusive les personnes âgées.

Table 1.2: Résumé des impacts socio-économiques relatifs aux personnes

Impacts	**Méthode de valorisation**	**Chiffrage**
Vies sauvées	Valeur tutélaire de la vie humaine (VVS)	3 787 000 €
Blessures physiques graves	15% VVS	568 000 €
Blessures physiques légères	2% VVS	78 000 €
Dommages psychologiques	Intangible	Inconnu
Coût médical	Frais hospitaliers	≃200 €

[45] Ces chiffres sont disponibles sur le site améli

[46] Différentes estimations existent selon le Sénat, nous optons donc pour une valeur qui se trouve dans la moyenne.

[47] Un système flexible qui permet de déclencher un appel au secours à l'appui d'un bouton sur un petit objet qu'on garde sur soi.

[48] Selon le site aladom

L'ensemble de ces éléments pose la question de l'agrégation. Peut-on agréger ces éléments pour quantifier de manière globale les bénéfices sociales de la couverture des risques sans double compte ? Par exemple, le consentement à payer pour réduire l'attente pour les secours ne sera peut-être pas cumulable avec la valeur tutélaire du blessé léger, car les individus pourraient considérer qu'il y a plus de chance d'être blessé le plus ils doivent attendre les secours. Il faut donc aussi réfléchir à une priorisation - toute démarche d'évaluation est coûteuse et il convient de consacrer d'abord les moyens aux impacts les plus importants.

Outcomes relatifs aux biens et à l'économie

Dans la mission de lutte contre l'incendie, il y a nécessairement des dommages matériels, que ce soit des biens personnels ou des biens issus d'une activité professionnelle. Ces éléments possèdent tous une valeur marchande qu'il convient de mobiliser dans l'ACB (sur un marché efficient, le prix est équivalent à l'utilité marginale obtenue). Cette approche ne pose aucun problème pour évaluer les biens professionnels, comme les stocks de matières premières ou de biens finis (dans un feu d'entrepôt par exemple), il suffit de connaître l'inventaire des stocks au moment du sinistre.[49]

Au-delà de ces aspects mobiliers, il faut aussi évaluer l'impact sur l'immobilier. Ici, il y a un effet direct (la destruction des structures) mais aussi un effet indirect du sinistre (les conséquences des dommages sur le fonctionnement de l'activité professionnelle). Les dommages structurels peuvent être estimés à partir de la valeur de construction (et donc de reconstruction) du mètre carré, cela en fonction du type de bâtiment.[50] Cette approche est mobilisé au Canada (De Marcellis-Warin, Peignier, and Boisclair, 2004) et aux Etats Unis.[51]

L'effet indirect, quant à lui, doit être estimé par rapport à l'interruption de l'activité. Il faut procéder avec précaution car il y a la forte possibilité que la demande de l'entreprise sinistrée se répercute sur l'activité d'autres entreprises, il y aurait donc un transfert et non pas une perte. On surestimerait alors les conséquences indirectes du sinistre car, du point de vue de la collectivité, le préjudice serait nettement inférieur à la perte d'activité de l'entreprise. Il serait alors nécessaire de se baser sur la perte d'utilité pour l'entrepreneur, soit l'écart entre ses recettes perdues et son indemnisation par la sécurité sociale.

En ce qui concerne les biens des particuliers, les choses s'avèrent plus complexes car les biens ne peuvent être valorisés systématiquement de la même manière. En partie, cela peut être dû aux droits de propriété et le sentiment procuré par la possession

[49] Il s'agit toutefois d'un processus chronophage qui n'est pas fait systématiquement en France

[50] Selon le ministère de la transition écologique, le prix moyen du m² était de 1523€ en 2020.

[51] Il est possible de consulter la méthodologie du recueil de données des dommages causés par les incendies sur le site de l'administration incendie des USA (USFA)

du bien (endowment effect), faisant en sorte que le consentement pour le dédommagement soit supérieur au consentement à payer pour un bien donné (Kahneman, Knetsch, and Thaler, 1990; Chapman et al., 2017) - ce qui nous appartient nous est plus cher. Au-delà de ce phénomène, il y a aussi une valeur intangible que l'on attache à des effets personnels (les photos, les objets avec une valeur sentimentale) qui est très difficile à monétariser. La prise en compte de tels éléments apparaît d'autant plus complexe que ces objets avec une forte valeur intangible n'auront souvent aucune valeur marchande.

Sinon, la valorisation des biens détruits peut être faite à partir des données assurantielles. Cette approche dépendra de la disponibilité de ces données[52] mais également des choix des individus lors de la souscription de leur contrat d'assurance - ont-ils souscrits un contrat suffisamment complet pour couvrir l'éventuelle perte de l'ensemble de leurs biens ? Il semble difficile d'apporter des précisions à cette problématique. Aux Etats Unis, il est préconisé d'estimer "au mieux" la valeur de ces biens (le "contenu" de l'habitation) alors qu'au Royaume Uni le coût des dommages aux habitations est recensé (£2 634 en moyenne (Department for Communities and Local Government: London, 2011)) sans distinction entre les dommages structurels et les dommages aux biens.

Au-delà de ces impacts directs, la couverture des risques aura nécessairement d'autres impacts indirects sur l'économie. Nous n'aborderons pas le sujet - à la fois complexe et délicat - qui relie les SIS et les assureurs.[53] S'il est souvent avancé que les assureurs sont des bénéficiaires des actions des SIS (Schmauch, 2007) - cela en raison des indemnisations plus faibles à verser aux sinistrés grâce à une action efficace des SIS - ils rappellent de leur côté que leur modèle économique ne tient pas compte de l'action des SIS qui - contrairement à la prévention et la protection - est un paramètre exogène sur lequel ni l'assureur ni l'assuré a une influence (Demierre, 2011). Le fait que les SIS soient un paramètre exogène aux échanges sur le marché d'assurance nous amène à exclure de notre cadre d'analyse de tels bénéfices "hypothétiques" pouvant revenir aux assureurs.

Néanmoins, l'indice assurantielle - qui existe aux Etats-Unis et qui traduit le niveau de risque incendie dans différentes zones géographiques - affiche une forte corrélation avec le niveau de service des SIS (le niveau de dommages matériels et l'indice assurantielle sont plus faibles là où l'on emploie des sapeurs-pompiers professionnels) (Brudney and W. D. Duncombe, 1992). Ce constat pourrait indiquer que la couverture des risques de la part des SIS aie réellement un impact sur les primes d'assurance, même si cette corrélation n'est pas une preuve de causalité. De ce

[52] La Fédération Française de l'Assurance publie l'indemnisation moyenne d'un incendie d'habitation en France (qui était d'environ 8 400€ en 2020)

[53] Pour rappel les SIS sont partiellement financé par la taxe spéciale sur les conventions d'assurance

fait, les données assurantielles peuvent représenter un levier pour mieux évaluer l'efficacité des actions menées par les SIS.

D'autres types de dommages pouvant être minimisés par l'action des SIS comprennent notamment les dommages aux produits agricoles. Au-delà des cas où les récoltes d'un agriculteur peuvent être directement menacés, on peut distinguer le cas où la pollution (issue d'un feu industriel par exemple) pourrait causer des dégâts[54] importants pour les agriculteurs. Ce sont des effets indirects dont il serait nécessaire de tenir compte. Cela peut aussi toucher les cours d'eau, élément qui sera traité à part dans la prochaine section concernant les impacts sur l'environnement.

Au-delà des marchandises, un autre élément figurant dans le rapport Quinet qui retient notre attention est la valeur du temps. Cela suppose que l'on attribue une valeur au fait d'en gagner (de l'ordre de 10 à 20€$_{2010}$). Dans le cadre de leurs interventions, les SIS sont souvent amenés à sécuriser le périmètre d'un sinistre (lors d'un feu industriel tout comme pour un accident de la route), ce qui peut avoir comme conséquence la fermeture d'un ou plusieurs axes routiers. De telles interruptions ont un coût à la fois pour les particuliers et les professionnels et c'est bien ce coût qui est approximé au travers de ces valeurs tutélaires. Il se peut alors qu'une meilleure efficacité de leur intervention se traduise par une réduction de telles interruptions, ce qui représente un gain pour les usagers que l'on pourrait alors calculer à partir de données sur les flux routiers et de la durée d'intervention des SIS.

Enfin, le rôle des SIS au sein d'un territoire et notamment leur impact sur l'aménagement du territoire pourrait conduire à une prise en compte de bénéfices indirects perçus par le biais d'une meilleure couverture des risques. A ce jour, ces éléments n'ont pas été suffisamment bien identifiés pour être inclut dans une ACB, ce qui n'empêche pas pour autant d'utiliser des indicateurs qualitatifs pour démontrer en quoi l'organisation des SIS a pu favoriser certaines synergies dans l'économie locale. Sur ce point, on peut aussi faire le rapprochement avec les liens entre l'activité des SIS et les autres services publics (principalement les services de santé), on estimerait alors les coûts que les pouvoirs publics n'auraient pas à supporter grâce à l'action efficace des sapeurs-pompiers. Cet aspect sera abordé dans la prochaine partie (infra 1.3.2) et de manière détaillée au travers de la problématique de la désertification médicale dans le chapitre 4.

Une nouvelle fois, la prise en compte de ces éléments suppose une mesure de l'efficacité de l'intervention des SIS. Sans connaître la valeur des enjeux (aux Etats Unis on parle de "pre-incident value") et en parallèle la valeur des dommages,

[54] Il était notamment le cas du feu "lubrizol" dont le retour d'expérience est disponible sur le site du ministère de l'intérieur

il est impossible d'évaluer la performance des SIS en termes de ses impacts socio-économiques.

Table 1.3: Résumé des impacts socio-économiques relatifs aux biens et à l'économie

Impacts	**Méthode de valorisation**	**Chiffrage**
Surface préservée	Prix de construction	$\simeq 1500$ €/m^2
Biens marchands préservés	Prix de marché	Au cas par cas
Biens privés préservés	Valeur assurantielle	$\simeq 8\,400$ €
Biens non-marchands préservés	Intangible	Inconnu

Certains de ces éléments représentent une démarche fastidieuse pour le recensement des informations de la part des intervenants, peut-on demander aux sapeurs-pompiers de procéder à une telle collecte de données de manière systématique ? Cela n'est évidemment pas sans son propre coût, et dans la conjoncture actuelle il n'est pas sur que de tels moyens puissent être consacrés à ces missions d'évaluation.

Outcomes relatifs à l'environnement

Les objectifs des SIS relatifs à l'environnement concernent la conservation du patrimoine naturel. Cela consiste en la protection de la flore et de la faune, mais comporte aussi un volet relatif aux émissions de gaz à effet de serre. Nous les aborderons chacun à leur tour.

Si la majeure partie des effets décrits ci-après concerne les feux d'espaces naturels, il est utile de distinguer tout d'abord les effets de pollution et de contamination qui peuvent apparaître du fait des incendies et plus particulièrement des feux industriels. Mettant de côté les éléments déjà discutés (impacts de la pollution sur la santé ou la production agricole), il peut y avoir d'autres impacts purement environnementaux comme la pollution des cours d'eau. Avec un coût supérieur à 1000 millions d'euros$_{2011}$ pour les pollutions agricoles de l'eau à l'échelle nationale (Commissariat général du développement durable, 2011), on peut imaginer que la pollution générée par les feux industriels aient également un coût important, que ce soit en termes de traitement de l'eau ou même simplement un besoin accru de surveillance de la qualité d'eau potable.[55]

La destruction des espaces naturels par l'incendie peut être mesurée de manière

[55] Cela a notamment été le cas lors du du feu "lubrizol".

précise en termes de surface.[56] Il existe des prix marchands pour la forêt en France[57] qui peuvent être mobilisés dans l'ACB,[58] cela à condition de déterminer l'impact des actions des SIS sur les surfaces brûlées. Au-delà de la valeur marchande du bois, il est également possible de prendre en compte les produits annexes (résines, fruits, etc.), destinés au marché (World Bank, 2021).

Toutefois, cette valorisation marchande des espaces naturels ne reflètent que la valeur du produit (principalement le bois) et ne tient pas compte de la biodiversité qu'il héberge, ni de l'utilité que les individus retirent des différentes activités entreprises dans ces zones boisées. D'abord, il y a la production de biomasse et de la protection des système naturels comme l'érosion des sols (Mendes, 2018; World Bank, 2021). Ensuite, il y a la valeur intrinsèque de la forêt - une valeur de non-usage (un élément intangible qui nécessite un recours aux méthodes de préférences déclarées) - et surtout la valeur économique des activités dont la forêt représente toute l'infrastructure, que l'on peut mesurer à partir de l'économie touristique mais aussi par le consentement à payer des individus pour y accéder (notamment mesurable par la méthode des coûts de transports).[59]

On peut imaginer un recours à des études existantes - il s'agit d'utiliser la méthode de transfert de bénéfices[60] - pour extrapoler de telles valeurs le consentement à payer pour la préservation des forêts. Une telle estimation existe pour le bassin méditerrané : chaque individu aurait un consentement à payer de 2,03€ pour préserver 100 hectares de forêt, une valeur qui grimpe à 2,63€ en réduisant l'échantillonnage aux zones rurales (Kountouris and Remoundou, 2011). De telles valeurs ont l'avantage d'agréger l'utilité perçue par les individus pour les différentes caractéristiques de la forêt et cela facilite aussi l'intégration de ces éléments dans l'analyse coût-bénéfice. Néanmoins, en mobilisant une valeur qui peut englober l'ensemble d'usages qu'un individu peut percevoir d'une forêt – sans pour autant qu'ils soient identifiés dans le cadre de l'étude – pose des problèmes dès lors qu'on agrège cette valeur avec d'autres éléments marchands (comme présentés ci-avant) pour des raisons de double compte.

L'autre élément à prendre en compte dans les impacts environnementaux relevant des activités des SIS est l'émission des gaz à effet de serre. La sensibilisation au changement climatique et l'apparition des objectifs clairs pour arriver à la neutralité carbone ont favorisé la création d'une valeur tutélaire du carbone en France (A.

[56] Il existe une base de données pour la zone méditerranée de la France depuis 1973, s'appelant prométhée

[57] Il s'agit de données publiées par les sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (SAFER)

[58] Il convient de noter que trois quarts des forêts en France métropolitaine sont de propriété privé selon l'institut national de l'information géographique et forestière

[59] Il s'agit de déterminer le montant dépensé par les individus pour participer à des activités à un endroit précis. L'activité est peut-être gratuite mais cela ne veut pas dire que le coût pour y participer est nul pour le consommateur, y figure notamment le coût du déplacement (essence + péage)

[60] Cette méthode consiste à transposer des résultats d'un contexte à un autre. Il convient alors de vérifier que les deux contextes d'applications soient similaires avant de procéder

Quinet, 2019). Les feux de forêts sont des émetteurs de CO^2, et cela d'un facteur qui varie selon le type de combustible.[61] S'il existe une certaine difficulté pour dissocier la mesure des polluants dans l'atmosphère dû aux feux d'espaces naturels de ceux d'autres origines, l'organisation mondiale de la météorologie a tout de même insisté sur l'observation de très fortes concentrations de particules PM_{10} suivant les plus gros incendies au monde de ces dernières années - en Sibérie et au Canada notamment) (WMO, 2022).

La valeur du carbone se situe désormais à $250€_{2018}$/la tonne de CO^2 à l'horizon 2030, cela afin de remplir l'objectif d'atteindre la neutralité carbone. Toutes les actions possibles pour réduire les émissions de CO^2 coûtant moins de $250€_{2018}$/la tonne de CO^2 doivent être entreprises. La prise en compte de cet élément dans l'évaluation socio-économique des activités des SIS pourrait donc avoir une forte incidence sur la mesure totale des bénéfices sociaux d'éventuels nouveaux investissements dans ces services, et cela d'autant plus que l'on peut considérer un second effet, cumulable avec le premier : en préservant les forêts, leur capacité de séquestration du carbone est maintenue. On aurait alors une double mesure des émissions évitées par les actions des SIS dans le cadre de leur activité de lutte contre les feux d'espaces naturels.

Tout comme pour les autres impacts, les leviers permettant aux SIS de réduire ces dommages sont principalement le délai d'intervention (plus on intervient vite et moins il y a de propagation) mais aussi - et surtout dans le cadre des feux d'espaces naturels – les moyens disponibles, soit les moyens terrestres et les moyens aériens pouvant avoir un impact conséquent sur l'efficacité de la maîtrise et de l'extinction du feu. A ce jour, il est difficile de procéder à l'identification de tels liens de cause à effet en ce qui concerne ce type de feu.

Table 1.4: Résumé des impacts socio-économiques relatifs à l'environnement

Impacts	**Méthode de valorisation**	**Chiffrage**
Surface préservée	Prix marchand de l'hectare	$\simeq 5000$ €/ha
Activité touristique	Divers	Au cas par cas
Émissions CO^2	Valeur tutélaire du carbone	116 €
Valeur intrinsèque	Consentement à payer pour les espaces naturels	$\simeq 2$ €/ha

Pour clore cette section sur les impacts environnementaux, il convient de souligner

[61] Parmi les chiffres disponibles, on peut citer le chiffre de 26 tonnes/hectare pour un pin (World Bank, 2021)

l'importance de soumettre aussi les moyens des SIS à un bilan carbone. A titre d'exemple, des colonnes de renfort pour la lutte contre les feux d'espaces naturels sont souvent mobilisées lors de la période estivale pour augmenter la capacité d'intervention dans les territoires à risque. Ils peuvent alors être amenés à traverser la France de manière ponctuelle pour ce faire.[62] La prise en compte du bilan carbone pourrait alors peser dans la réflexion concernant l'allocation futures de ressources sur les différents territoires et l'optimalité du recours à ce type de renforts terrestres (les mêmes éléments pourraient alimenter les débats pour ce même type de questionnement en ce qui concerne le pré-positionnement des moyens aériens).

Perspectives

Le recensement des impacts socio-économiques ci-avant est la démonstration de la diversité – non pas des missions des SIS, que nous avons déjà démontré – mais des différents types d'impacts pouvant émanés de leurs activités, car ce qu'on a pu constater dans cette section est la nécessité de recenser de nombreux impacts pour chaque typologie d'intervention. A titre d'exemple, les feux industriels peuvent avoir un impact sur la santé des individus, tout en détruisant la marchandise dans un entrepôt et en polluant les alentours. Si nous nous sommes efforcés d'identifier ces impacts ainsi que des mesures monétaires susceptibles d'intégrer le calcul socio-économique, nous devons aussi nous projeter sur la pertinence de la prise en compte de ces impacts. Nous y avons fait allusion tout au long de la présentation de ces impacts : le lien de causalité entre les actions mises en place par les SIS et les impacts observés sur les personnes, les biens et l'environnement. L'identification de ces impacts ne veut pas dire qu'on puisse nécessairement attribuer une réduction de leurs conséquences aux actions des sapeurs-pompiers. Cela dépendra du projet ou de la politique que l'on souhaiterait évaluer. Par exemple, on peut avancer l'idée que de nouveaux avions bombardiers d'eau vont améliorer la réponse opérationnelle des SIS dans la lutte contre les feux de forêts, mais dans quelle mesure ? Si nous ne pouvons pas quantifier cet impact, il est difficile d'avancer combien d'avions supplémentaires il serait optimal d'acheter.

La démarche d'évaluation socio-économique des activités des SIS s'annonce complexe et chronophage : il faut identifier les sources de données pertinentes pour mesurer l'efficacité opérationnelle mais il faut également faire des arbitrages concernant les méthodes de valorisation non-marchande à mobiliser dans les travaux. Ce sont des problématiques auxquels les acteurs des SIS – en tant que praticien – ne sont pas bien préparés. Le travail que nous allons développer dans cette thèse devra donc servir d'une source d'informations et d'outils spécifiques à leur secteur, leur permettant de projeter ces éléments avec une certaine aisance sur leur propre activité. Nous

[62] Un trajet effectué par la route, alors qu'il y a une quarantaine d'années cela se faisait en train

nous rendons compte de la nécessite d'inscrire ce secteur dans une démarche à long terme, les données et les méthodes pertinentes, ainsi que les échanges permettant de les enrichir ne se produiront pas du jour au demain. Il sera nécessaire de cultiver cette démarche d'évaluation et l'inscrire parmi les outils que les acteurs des SIS mobilisent dans leur planification et pilotage stratégique des moyens et des investissements.

Résumé

Dans cette partie, nous avons confronté le secteur de la sécurité civile à la théorie micro-économique. Cela a permis de présenter une mesure claire et transparente de leur activité : la production d'une couverture des risques, que l'on mesure par le biais du délai d'intervention. Par la suite, nous avons présenté les impacts socio-économiques relatifs à cette activité qu'il est possible de mesurer en partant des concepts clés de la microéconomie et en mobilisant parfois des méthodes d'évaluation non-marchande. Ces éléments permettent d'afficher une vision prometteuse sur ce que peut constituer l'évaluation socio-économique des activités des SIS. Les enjeux liés à leur financement et leur organisation peuvent être éclairés en mettant dans la balance ces divers impacts. Dorénavant, il faut prioriser les sujets d'évaluation potentiels - ce sera l'objet de la troisième partie de ce chapitre.

1.3 Les défis de la mesure socio-économique des activités des SIS

Les deux premières parties de ce chapitre ont permis d'une part de présenter et de discuter le périmètre des activités du secteur de la sécurité civile et d'autre part de questionner la manière de mesurer ces activités dans toute leur complexité. Dans cette partie, nous revenons sur trois aspects particuliers qui méritent d'être développés plus précisément en raison de leur importance pour la suite des travaux menés dans le cadre de cette thèse. Il s'agit d'abord de discuter la notion de cause à effet dans le cadre des activités des SIS. Ce volet est fondamental pour appréhender l'évaluation socio-économique de ces services car il permet d'objectiver les impacts des projets ou politiques que l'on envisage de mettre en place. Le deuxième volet concerne les interdépendances des différents services publics et les conséquences organisationnelles et économiques qui en découlent. Le troisième volet concerne les inégalités territoriales dans la production du secours.

1.3.1 La difficile mesure de l'efficacité des actions des SIS

La pratique effective d'une évaluation socio-économique suppose de disposer de données pertinentes d'une part, et d'un système de causalité clair et robuste d'autre part. Pour évaluer une action, il faut pouvoir quantifier son effet. Comme nous avons démontré, la production des SIS ne peut se traduire directement en termes d'impacts socio-économiques - les indicateurs de leur activité comme le délai d'intervention ne permet pas d'objectiver directement le niveau de sécurité sur un territoire. Pour qu'un tel indicateur soit utile dans le cadre de l'évaluation socio-économique, il faut l'associer à un niveau de sécurité, pour lequel il faut choisir une unité de mesure (comme le nombre de vies sauvées). Fonder un tel lien dépend principalement des donnés disponibles - sans mesurer systématiquement ce que l'on observe comme "résultat" dans le cadre de leurs interventions, il est impossible d'en déduire l'efficacité et donc impossible d'évaluer l'efficience des différentes actions qui pourraient être envisagées.

Difficultés conceptuelles : la situation de référence

L'efficacité des SIS dépend de leur capacité à minimiser les conséquences des sinistres, que ce soit en termes de dommages humains, matériels ou environnementaux. Le bénéfice social de leur intervention correspond donc à une mesure des dommages évités qui se calcule nécessairement en différentiel et qui nous renvoie à la notion de situation de référence dans l'évaluation socio-économique.

La situation de référence correspond au scénario que l'on ne peut observer dans les faits réels : si l'on engage un projet, on ne peut plus savoir ce qui se serait produit en son absence. Il s'agit d'un contrefactuel et il est seulement en l'estimant que l'on peut déterminer le véritable impact d'un projet ou d'une politique. En appliquant ce concept à l'activité des SIS, on perçoit toute la difficulté qui existe dans la valorisation de leurs missions : en absence de leur intervention, que se serait-il passé ?

Prenons l'exemple d'un incendie d'habitation en immeuble collectif : si les sapeurs-pompiers contenaient le feu à la pièce d'origine, quels étaient les dommages évités ? Sans l'intervention des sapeurs-pompiers, le feu aurait pu se propager à d'autres pièces, à d'autres étages voire à différents immeubles, créant de plus en plus de dommages, mais jusqu'où ? Comment délimiter un périmètre d'impacts potentiels et sur quels critères ? Est-ce raisonnable de considérer que rien n'aurait été fait à la place des sapeurs-pompiers pour empêcher la propagation du feu ?

Répondre à ces questions, c'est définir la situation de référence, et définir la situation de référence ne dépend pas simplement d'une appréciation quantitative des enjeux, mais aussi d'une appréciation qualitative de l'ensemble des paramètres pou-

vant impacter la mesure des dommages lors d'un sinistre (le vent, la température, l'accessibilité des lieux, etc.). Plus on étend le périmètre d'enjeux, plus on réduit les éventuels substituts à l'intervention des sapeurs-pompiers, et plus on fait grimper la mesure des dommages évités par leur intervention. Le résultat du calcul socio-économique est donc très sensible au choix de situation de référence et une bonne partie de sa crédibilité en dépend.

Très souvent, la situation de référence correspond au maintien du statu quo ("do nothing" en anglais) – ce qui sous-entend que l'on continue d'opérer avec les moyens existants. De ce fait, et à partir du moment que l'on évalue des projets ou politiques biens définis, il n'est pas utile de se projeter sur le scénario de la non-intervention des SIS. Il nous appartient plutôt d'identifier les leviers qui permettent de mesurer en quoi l'intervention des SIS est rendue meilleure (plus efficace), car pour qu'ils soient utiles, on suppose que tout projet doit avoir un impact positif sur la réponse opérationnelle de ces services. Cela impose nécessairement une approche marginale, où l'on détermine l'effet de chaque unité de production sur les divers impacts identifiés dans la précédente partie. Ce n'est pas une tâche simple car, comme nous l'avons démontré, les impacts - tout comme les actions mises en place par les SIS - sont d'une grande diversité. Il y a donc différents paramètres qui rentrent en ligne de compte - selon la typologie d'intervention - lorsque l'on tente de mesurer l'efficacité de leurs actions.

Obstacles empiriques : la mesure du lien de cause à effet

L'identification du lien de cause à effet s'avère particulièrement complexe dans le cadre des activités de réponse aux sinistres par les SIS, notamment en raison de la diversité de leurs missions et des actions qu'ils sont susceptibles de mettre en place dont la mesure peut être complexe. Nous allons décliner les différentes raisons pour cela, avant de proposer notre choix d'approche méthodologique en fonction des données à notre disposition.

Tout d'abord, il convient de rappeler que l'on cherche à évaluer des mesures pour faire face à divers risques et que par conséquent il est indispensable de retenir les notions de probabilité d'occurrence et de gravité - l'exposition et la vulnérabilité au risque - qui constituent les paramètres fondamentaux de la mesure du niveau de risque. Pour autant, on peut déjà souligner le fait que les activités de réponse aux sinistres n'ont aucun impact sur la probabilité d'occurrence. Il en découle de ce constat que ces activités ne peuvent réduire le niveau de dommages à néant (au contraire des mesures de prévention).

La mesure des dommages évités suppose donc l'identification de paramètres ayant un impact sur la gravité du sinistre. Il est dans cette logique que sont construisent les courbes de dommages. Par exemple, les dommages liés aux inondations sont

déterminés en fonction de la hauteur d'eau atteinte dans un logement (Commissariat Général au Développement Durable, 2019). On remarque alors que l'objet de l'évaluation doit avoir un impact tangible sur ce paramètre : un projet de prévention contre les inondations doit réduire la hauteur d'eau dans le logement, permettant alors d'estimer les dommages évités par le projet.

Pour les SIS, il n'est pas évident d'identifier un tel paramètre qui pourrait s'appliquer de manière universelle. Mesurer la gravité d'un incendie d'habitation par l'intensité des flammes, par exemple, semble délicat à mesurer et peu tangible, d'autant plus qu'un tel paramètre serait susceptible de prendre d'autres valeurs pour d'autres typologies de feu. De plus, il faut avant tout que l'on puisse associer une mesure de la production des SIS à ce paramètre.

Dans la précédente partie, nous avons identifié une mesure synthétique de la production des SIS en se basant sur le délai d'intervention, justifiée du fait que cet indicateur traduit la couverture des risques que l'on peut facilement objectiver. Par conséquent, pour mesurer les bénéfices sociaux des actions mises en place par les SIS, nous pouvons considérer la notion du temps comme le paramètre clé pour associer les actions des SIS aux impacts socio-économiques.

La formalisation de ce lien - qui peut sembler évident dans les situations d'urgence (plus on intervient vite et plus on minimise les dommages) - ne l'est pas forcément. Caractériser la causalité est un exercice délicat et la littérature scientifique ne cesse de discuter la robustesse des approches empiriques engagées et la pertinence des conclusions qu'on tire de ces travaux. Ces liens de cause à effet ne sont pas nécessairement fondés quand on observe les données disponibles, et ils peuvent comporter des effets spécifiques comme des effets de seuil ou même souffrir biais fondamentaux dans l'identification de telles relations.

L'appui sur le délai d'intervention pour associer la production des SIS aux dommages observés lors des sinistres remonte à longue date (K. L. Rider, 1979), et il est également employé dans d'autres secteurs liés à la sécurité tel que la police où il traduit sur les mêmes fondements logiques l'efficacité de leurs actions (Blanes i Vidal and Kirchmaier, 2017; Law, Problems, and Autumn, 1971). Pour autant, nous n'avons pas connaissance de courbes de dommages développées et utilisés dans le domaine du risque incendie. Le délai d'intervention a plutôt fait sujet de travaux en ce qui concerne l'efficacité de l'intervention des services d'urgences médicales (Pell et al., 2001; Blackwell and Jay S. Kaufman, 2002; Peter T Pons and Markovchick, 2002; Gold et al., 2010; Peter T. Pons et al., 2005), mais également concernant le rôle des sapeurs-pompiers dans les sauvetages de personnes en cas d'incendie d'habitation (Jaldell, 2017; Runefors, 2020). La littérature se focalise donc majoritairement sur le lien de cause à effet entre le délai d'intervention et les dommages humains (risque

de fatalité), avec des résultats qui ne font pas l'unanimité – nous allons discuter les raisons pour cela dans les prochains paragraphes.

Au-delà de ces travaux empiriques et malgré l'emploi très large de cet indicateur, les échanges au sein du groupe de travail *ESE pour les SIS* ont mis en avant ses limites pour traduire l'efficacité de leur intervention. En effet, ces praticiens tiennent à souligner le fait que le délai d'intervention seul ne suffit pas comme critère : à quoi sert-il d'arriver vite si l'on n'a pas le matériel nécessaire ? Ou les compétences et les qualifications requises ? Ces éléments d'une nature plus qualitative pourraient, selon eux, même avoir un impact plus important sur l'efficacité de l'intervention que le délai d'intervention.

La principale contrainte à l'identification du lien de causalité entre le délai d'intervention et les dommages observés émane des biais dans la procédure d'estimation économétrique visant à expliquer l'impact de X (notre variable indépendante qui sera le délai d'intervention) sur Y (notre variable dépendante – une mesure des dommages observés). Il est ainsi que l'on peut obtenir des coefficients de l'effet marginal du délai d'intervention sur l'ampleur des dommages observés lors des sinistres. L'obstacle dans cette procédure d'estimation est l'existence d'endogénéité, qui prend différentes formes et peut remettre en question les résultats obtenus et par conséquent invalidé les résultats qui seraient intégrés dans l'ACB.

Tout d'abord, l'endogeneité peut prendre la forme d'un biais de variables omises : en absence de certaines variables dans le modèle d'estimation économétrique, les coefficients obtenus seront biaisés. Cela concerne des variables qui ne figurent pas dans les données mobilisées, mais il est important de faire la distinction entre les variables pour lesquelles les données ne sont pas disponibles, et les variables pour lesquelles il n'existe pas de données. Par exemple, il peut y avoir d'un côté les informations qualitatives liées aux conditions d'intervention dans les comptes rendus de sortie de secours qui ne sont pas systématiquement informatisées dans les bases de données (la difficulté d'accès aux lieux, etc.), et de l'autre les inconnus comme le laps de temps entre la survenue d'un sinistre et l'appel au secours (le délai d'intervention traduit le laps de temps entre l'appel au secours et leur arrivée sur les lieux, mais on ne connaît pas le temps qui s'est écoulé avant que l'appel au secours soit placé, ce laps de temps aura son impact sur les dommages).

Il y a ensuite le biais de simultanéité qui occupe une place importante dans la littérature concernant la causalité des activités des services publics comme la police (Cameron, 1988; Levitt, 2002). Ce biais se caractérise par la simultanéité des décisions qui sont prises dans l'allocation des moyens : plus de moyens sont alloués là où la demande est considérée la plus importante. Les conséquences pour toute

estimation économétrique sont simples : l'estimation sera biaisée vers le bas car les données démontreront systématiquement une corrélation positive entre les moyens et l'activité. Dans le cadre du délai d'intervention, ce biais peut se traduire par la priorisation des interventions en fonction de leur gravité (Wilde, 2008), on recenserait alors plus de fatalités à des délais très courts, ce qui engendrerait une sous-estimation de son impact sur la probabilité de survie.

Au-delà de ces biais liés à l'endogénéité, il convient aussi de s'interroger sur la forme de cette relation de cause à effet car si l'on mobilise très souvent des modèles de régression linéaires, il est raisonnable de s'interroger sur la linéarité de l'impact que peut avoir le délai d'intervention sur les diverses mesures des dommages (Ma et al., 2019). Cela pourrait se traduire, par exemple, par des effets de seuil : l'impact supplémentaire de chaque minute passée à attendre l'arrivée des secours ne sera pas nécessairement identique (passer d'un délai de 10 minutes à 9 minutes n'aura pas le même impact que de passer de 30 à 29 minutes). De tels effets auront un impact sur la robustesse du bilan socio-économique des mesures liées à cet indicateur – on risquerait d'attacher erronément des bénéfices à des mesures visant une réduction du délai d'intervention si cette réduction ne permettait pas de franchir un tel seuil.

Ces éléments montrent en quoi il n'est pas raisonnable de se contenter de faire des hypothèses sur cette relation entre le délai d'intervention et les dommages, et cela d'autant plus qu'il est nécessaire de faire cette analyse pour les différentes typologies d'intervention, compte tenu de la diversité des impacts identifiés.

La contrainte des données : enjeux de disponibilité et de qualité

La démarche scientifique engagée dans cette thèse impose de revenir sur la disponibilité et la qualité des données. Avant toute chose, il convient de rappeler, c'est assez classique, que les données dont on dispose n'ont pas été produites pour alimenter une réflexion académique mais qu'elles proviennent d'un système d'information conçu pour optimiser le pilotage du service qui a comme objectif ultime est de protéger les habitants d'un territoire. De ce fait, il convient d'analyser - en amont de toute démarche d'évaluation socio-économique – les contraintes liées aux données disponibles ainsi que les biais induits dans leur collecte.

Pour établir des liens de causalité, il nous faut à la fois des données portant sur les actions mises en place par les SIS dans le cadre de leurs interventions et sur les dommages qui en résultent. En ce qui concerne les moyens et les actions mises en place, il s'agit d'une donnée strictement interne, seul les SIS recensent ces informations. Pour y trouver des informations précises, les statistiques annuelles des SIS ne suffisent pas, il est nécessaire de consulter les bases de données à l'échelle départementale qui recense l'ensemble des interventions et les moyens engagés. On y trouve notamment des informations relatives aux horaires d'engagement des véhicules de

secours. Cela permet notamment d'en déduire le délai d'intervention de manière systématique ainsi que le type et le nombre d'engins envoyés sur le lieu du sinistre.

Au-delà de cet indicateur, nous possédons peu d'informations relatives aux actions mises en place par les sapeurs-pompiers lors des interventions. Des informations peuvent figurer dans les comptes rendus de sortie de secours (CRSS) mais ne sont pas systématiquement remontées dans les bases de données centralisées en raison de la nécessité de faire une entrée manuelle pour informatiser la donnée. Sans un support adapté pour décrire ces éléments davantage d'ordre qualitatif, l'information peut être perdue. S'il peut exister des informations relatives aux gestes appliqués aux victimes dans le cadre de la mission de secours d'urgence aux personnes (à titre d'exemple : arrêt hémorragie, respiration artificielle, pansement, immobilisation fracture), ce n'est pas le cas à priori en ce qui concerne l'incendie ou le feu de forêt.

Le levier principal pour mesurer la réponse opérationnelle des SIS demeure donc le délai d'intervention et cela quel que soit la typologie d'intervention (secours à personne, incendie ou autre). Il est cet indicateur que nous utiliserons pour élaborer le lien de cause à effet entre les actions des SIS et les impacts socio-économiques.

En ce qui concerne la mesure des dommages constatés lors des interventions (les impacts socio-économiques), il convient de distinguer les données collectées en interne par les SIS des données disponibles en externe. La donnée brute recueillie par les SIS concernant les impacts socio-économiques de leurs interventions est limitée par rapport aux différents impacts que nous avons identifié dans la partie précédente. Nous pouvons rapidement faire un point sur les données existantes dans les statistiques annuelles des SIS par rapport aux trois axes de valorisation identifiés (personnes, biens, environnement) :

- Personnes : l'état de santé des victimes est systématiquement recensé à l'issue d'une intervention. Cette donnée est établie sur une échelle ordinale (indemne, blessé léger, blessé grave, décédé)
- Biens : il n'y a pas de donnée renseignée de manière systématique, ni sur les surfaces détruites ni sur la valeur des biens matériels
- Environnement : le pourcentage de feux d'espace naturel éteint avant d'avoir parcouru 5 hectares

Nous pouvons donc faire quelques premiers constats concernant la qualité et la pertinence des données existantes. Ce sont, pour rappel, uniquement les éléments publiés dans le rapport des statistiques annuelles des SIS de la part de l'administration centrale (la DGSCGC). Nous discuterons par la suite les données qui sont réellement recueillies lors des interventions par les SIS (visible dans les bases de données à l'échelle départementale ou dans les CRSS mais qui ne figurent pas nécessairement

dans cette publication), cela ainsi que les sources de données éventuelles recueillies par d'autres acteurs.

L'état de santé est un indicateur fondamental pour évaluer les dommages subis par les victimes dans le cadre des missions de secours. La donnée récupérée par les SIS demeure assez sommaire puisqu'elle ne permet pas d'apporter de précisions sur les blessures subies par les victimes. Seul le lien avec la typologie de l'intervention permet d'éclairer la nature exacte de ces blessures (une victime d'un accident de la route aura davantage tendance à souffrir d'un traumatisme physique qu'une victime d'un malaise sur voie publique, par exemple).

De ce fait, deux blessés graves définis selon cette échelle n'auront pas nécessairement les mêmes caractéristiques et par conséquent le degré d'urgence associé à leur prise en charge ne sera pas le même non plus. Les critères pour établir cette mesure sont précisés par le guide de doctrine opérationnelle du secours d'urgence aux personnes.[63] Il est évident que cette catégorisation répond aux contraintes opérationnelles des sapeurs-pompiers qui sont avant tout des secouristes agissant dans l'urgence, il est difficile de leur imposer davantage de procédures liées à la collecte de données sans impacter leur capacité à assurer les bons gestes. Néanmoins, elle peut paraître vague et sujet de biais puisque la formation et l'expertise des intervenants peut conduire une appréciation divergente de l'état de santé de la victime.

Quant aux données collectées en externe, ce sont les données hospitalières qui permettraient de suivre le devenir de la victime ainsi que les coûts associés à sa prise en charge. Cette donnée permettrait d'apporter davantage de précisions sur la gravité de son état de santé. Néanmoins, les SIS peinent à collaborer avec les services hospitaliers pour faciliter le suivi des victimes secourues. Ce sont des contraintes du travail inter-service qu'il est difficile pour les SIS de dépasser avec leurs moyens actuels – qui se charge d'échanger avec le service hospitalier pour assurer un suivi des victimes ?

Un alternatif pourrait alors consister à créer de la donnée en évaluant la qualité du service fourni à la population au travers d'enquêtes de satisfaction. On pourrait alors interroger les victimes sur leur propre état de santé, même si cela pourrait générer de nouveaux biais (cognitifs notamment, la perception de la victime étant peut-être différent après l'intervention) et nécessiterait bien sûr d'employer des moyens humains et financiers.

Au total, la capacité à mobiliser des données relatives aux impacts sur les personnes est actuellement assez limitée au-delà de la mesure de l'état de santé recensé à l'issue de l'intervention de secours. Cette donnée peut être associée à la fois au libellé

[63] Ce document est disponible depuis le portail national des ressources et des savoirs de l'ENSOSP

d'intervention (s'agit-il d'un malaise vagal, un arrêt cardio-vasculaire, etc.), au profil démographique de la victime (âge et sexe) et aux moyens opérationnels consacrés à l'intervention (le véhicule et son délai d'arrivée sur les lieux). Ces informations permettent de présager une estimation du lien de cause à effet comme présentée dans la précédente section.

Nous constatons qu'il n'y a pas de données relatives aux impacts sur les biens qui sont recensées systématiquement par intervention. Il nous appartient alors de considérer que le recueil de telles données concernant les dommages matériels est trop contraignant pour les acteurs des SIS, du moins sur une base systématique. En absence de telles données, notre capacité à mesurer l'impact socio-économique de leurs actions est très limitée et il convient alors d'analyser les données qui sont collectées en externe par d'autres acteurs. Cela concerne principalement les données assurantielles qui correspondent aux versements d'indemnités aux sinistrés. Cette donnée n'est pas à la disposition des SIS et le croisement de leurs données avec celles des assurances ne va pas de soi. De plus, nous ne pouvons considérer cette donnée complète pour les raisons déjà présentés dans la partie précédente (la valeur réelle des biens ayant tendance à être supérieurs aux indemnisations).

La création de nouvelles données de la part des SIS s'avère alors incontournable. Que ce soit pour les structures ou les biens (particuliers ou professionnels), il serait nécessaire de recenser soit directement la valeur des dommages subis, soit quantifier ces dommages et ensuite appliquer une valeur tutélaire, et cela de manière distincte pour les différents types d'incendies les plus récurrents (habitation, commercial, entrepôt, domaine agricole). Néanmoins, l'évaluation de ces dommages peut s'avérer complexe : par exemple, il peut être difficile de cerner l'ensemble des dégâts dans l'immédiat, et les sapeurs-pompiers n'étant pas nécessairement amenés à retourner sur les lieux d'intervention, il peut y avoir une perte de données. Il serait alors nécessaire pour les SIS d'imaginer une méthodologie permettant d'estimer les dommages au moment du sinistre en faisant du mieux possible, sachant que la valeur de certains biens peut être d'une grande complexité et que dans certains cas il est possible qu'il n'existe aucune source de données pour les valoriser derrière.

Ces données doivent permettre de mesurer l'efficacité des actions mises en place par les SIS dans le cadre des incendies. Il est donc important d'avoir une donnée standardisée qui faciliterait la phase de recueil de données et ainsi favoriser les analyses statistiques des métadonnées à l'échelle nationale (ces données seraient recueillies par chaque SDTIS indépendamment). En parallèle, il faut aussi renseigner des données relatives aux conditions d'intervention, permettant d'apprécier les contraintes réelles des sapeurs-pompiers en intervention qui peut impacter l'efficacité de leur intervention et donc influencer le lien de cause à effet.

Pour l'environnement, la donnée concernant les surfaces brûlées est incontournable pour valoriser les actions des SIS car les différents impacts (valeur marchande, valeur non-marchande d'usage et de non-usage) sont nécessairement liés à l'ampleur des dommages matériels. Cette donnée est disponible pour l'ensemble des incendies de forêt via une source externe.[64]

Il est toutefois plus difficile de détenir des informations qualitatives concernant, par exemple, le type d'arbres ou la biodiversité au sein du massif forestier. Si ces éléments peuvent raisonnablement être identifiés, ils ne sont pas recensés dans les bases de données que nous avons consultées. De la même manière, s'il est possible d'identifier des données concernant, par exemple, la pollution de l'air, il est difficile de les associer directement aux données relatives aux surfaces brûlées. Il est ces effets indirects qui sont particulièrement difficiles à quantifier pour les SIS et cela d'autant plus que les liens de cause à effet sont moins évidents à objectiver.

L'analyse du volet environnemental de l'activité des SIS repose donc sur une agrégation de nombreuses sources, tout en assurant une cohérence par rapport aux actions mises en place. Il semblerait donc que les défis relatifs aux données environnementales ne peuvent reposer uniquement sur les SIS. La mesure des impacts liés à la biodiversité est particulièrement complexe et doit être mesuré à très long terme et la collecte de telles données ne peut relever de la responsabilité des SIS.

Résumé

Cette section a permis de mettre la lumière sur la faisabilité de la mesure de l'efficacité des missions des SIS. On constate que la quantification de l'ensemble des impacts relevant de leurs missions représenterait sans doute une charge trop importante à ce jour pour eux en termes de gestion et de traitement de données. Pour que l'évaluation socio-économique soit abordable pour ces services, il convient alors de prioriser la formalisation de ces liens de cause à effet et de la monétarisation des impacts associés. Cela repose à la fois sur l'optimisation de l'usage de données existantes (ce sera le sujet du chapitre 3) ainsi que le développement de nouveaux indicateurs pour faciliter de telles mesures (ce sera traité dans le chapitre 2).

1.3.2 L'interdépendance des politiques publiques

La sécurité civile ne fonctionne pas en silo. Ses différentes missions impliquent une forte interaction avec d'autres acteurs à la fois publics et privés. Les travaux du groupe de travail *ESE pour les SIS* ont permis de souligner l'importance de ces interactions dans le bilan socio-économique des projets ou politiques mises en place par les pouvoirs publics qui les concernent – ils seront présentés en détail dans

[64] Le ministère de l'agriculture publie le nombre d'hectares brûlés sur son site, la base de données s'appelant bdiff

cette section mais cela concerne principalement : la santé publique, le changement climatique, la sécurité routière et l'aménagement du territoire. Ce sont des sources de variation exogène dans l'activité des SIS qui peuvent avoir un impact strictement d'ordre budgétaire (permettant de réaliser des coûts dans la provision du service ou au contraire contribuer à les augmenter) mais qui peuvent également comporter un volet socio-économique avec un impact sur le bien-être des individus, soit du côté de l'offre (chez les sapeurs-pompiers), soit du côté de la demande (chez les usagers).

Ce sont d'éventuels coûts ou bénéfices indirects qui peuvent manquer de visibilité et ne pas être pris en compte dans la prise de décision des pouvoirs publics. Une nouvelle fois, la principale raison pour cela est l'absence d'un lien de causalité robuste et transparent permettant d'asseoir et de donner de la crédibilité à la relation avancée – relation qui est généralement identifiée à partir d'une analyse qualitative des activités, mettant en avant les situations réellement vécues par les différents acteurs. Si ces éléments ne sont pas explicités, les décideurs publics peuvent passer à côté d'impacts significatifs dans leur choix de politique publique, ainsi générant un risque accru de décisions sous-optimales, susceptibles d'exacerber les coûts pour les pouvoirs publics et/ou réduire le bien-être des populations à court, moyen ou long terme.

Ces interdépendances sont le résultat d'un processus de production complexe que nous avons défini dans la partie précédente : l'efficacité et l'efficience des missions de sécurité civile dépendent de beaucoup de paramètres différents. Dans cette section, nous détaillerons ces paramètres au travers de différents exemples qui permettront de démontrer en quoi différentes politiques publiques peuvent impacter le secteur de la sécurité civile.

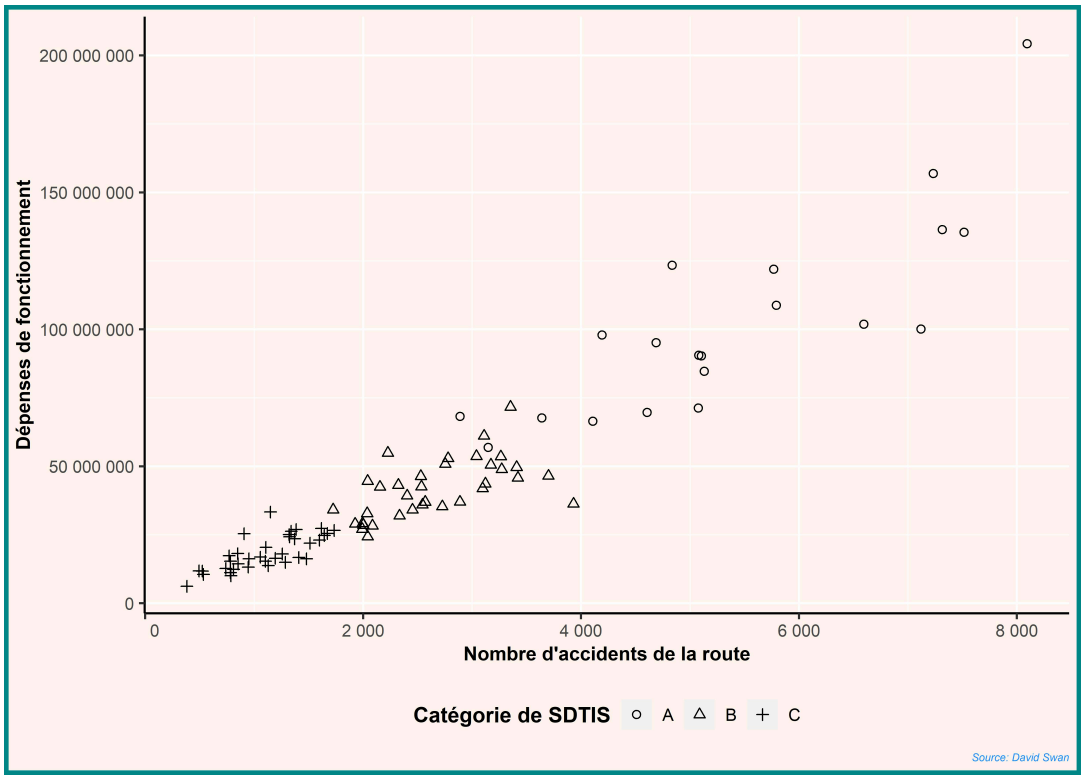
En parallèle, la notion de co-production soulève la question de la substituabilité de certaines activités : peut-on remplacer une approche curative par une réponse préventive ? Est-ce que certains services peuvent se substituer ? En économie publique, on considère souvent les substituts privés pour les biens publics (Stiglitz, 2000), y compris la sécurité (Clotfelter, 1977). Nous avancerons l'hypothèse qu'il peut également y avoir de tels phénomènes à l'intérieur de la sphère publique.

La politique de sécurité routière

Les sapeurs-pompiers sont les primo-intervenants en cas d'accident de circulation. Ils possèdent un matériel spécifique pour gérer notamment la désincarcération des victimes. Il s'en suit que l'activité des SIS en matière de secours routiers dépend de la politique de sécurité routière : plus il y a de l'insécurité sur les routes, et plus ils seront amenés à intervenir pour porter secours aux victimes. On peut alors supposer que le coût du service est proportionnel au niveau d'insécurité routière, sachant que le coût des SIS dépendant principalement de leur activité opérationnelle. Par exemple,

on peut constater que le degré d'insécurité routière (admettons qu'il s'agit du nombre d'accidents par 10 000 habitants) est corrélé avec le coût de fonctionnement des SIS (voir fig 1.5).

Figure 1.5: La corrélation entre les dépenses des SIS et l'accidentologie routière



A partir de cette observation, on peut supposer que la sécurité routière et plus précisément la prévention des accidents de la route représente un levier permettant de réduire le nombre d'interventions des sapeurs-pompiers. Lors de l'évaluation socio-économique des mesures de sécurité routière, il serait alors pertinent de prendre en compte une éventuelle réduction de la sollicitation des SIS qui pourrait se traduire par une baisse des coûts de fonctionnement mais également du risque d'accidents de ces primo-intervenants lors de leur intervention (déclenchement airbag, feu, explosion, etc.).

La politique d'aménagement du territoire

Les SIS sont fortement impactés par l'aménagement du territoire. De nouvelles habitations, de nouvelles usines ou de nouveaux axes routiers vont nécessairement impacter leur couverture territoriale en modifiant la typologie des risques présents sur le territoire ainsi que leur capacité à intervenir de manière efficace sur les lieux des sinistres. Cela fait partie des raisons pour lesquelles les SIS doivent renouveler

leur SDACR tous les cinq ans pour actualiser leur réponse opérationnelle face à l'évolution des risques.

Tout d'abord, l'apparition de nouveaux bassins de risques crée une tension opérationnelle. A moyens constants et en cas de hausse de l'activité, le délai d'intervention des SIS serait susceptible de s'allonger et cela nuirait à la qualité du service perçu par le citoyen. Pour le pallier, il serait nécessaire d'augmenter les coûts pour augmenter le potentiel opérationnel du SIS. Le maillage territorial suppose des coûts fixes importants pour couvrir l'ensemble du territoire dans un délai et avec les moyens matériels nécessaires pour faire face aux risques existants. Des mutations engendrées par l'aménagement du territoire peut nuire à l'optimalité de ce maillage en faisant apparaître de nouveaux besoins. Répondre à ces nouveaux besoins peut même rendre certains éléments de l'ancien maillage territorial obsolète, ce qui peut créer des difficultés pour les SIS au-delà de la sollicitation du service – l'organisation du personnel (dont une majorité sont des volontaires) peut imposer une contrainte significative et exacerber le coût du service. Ouvrir de nouvelles casernes, par exemple, sous-entend de recruter de nouveau personnel, une démarche qui peut s'avérer coûteuse et peu fructueuse selon les écrits des pouvoirs publics et les enjeux liés au volontariat (Ferry, 2009).

Le rôle du SIS dans la planification de l'aménagement du territoire ne doit pas être sous-estimé car il peut y avoir de fortes interdépendances avec l'activité économique sur le territoire. La construction de nouvelles structures (entrepôts) peut être soumise à une évaluation de la part du SIS pour déterminer la sécurité des lieux et sa capacité à intervenir en cas de sinistre (on parle ici du risque incendie). Dans le cas où le SIS considère que le risque potentiel dépasse sa capacité opérationnelle (rupture de la réponse opérationnelle), un avis défavorable peut être émis, ce qui peut empêcher dans certains le développement de l'activité économique sur le territoire.[65]

La politique relative au changement climatique

La valeur tutélaire du carbone est un exemple de la volonté politique relative à la transition écologique. Pour faire face au changement climatique, il est préconisé d'attribuer un prix aux émissions de CO^2 susceptibles de contribuer au réchauffement climatique. Cela permet de pénaliser les actions générant ces émissions et récompenser celles visant à les réduire dans le cadre de l'évaluation socio-économique de divers projets publiques.

Pour les SIS, cela rejoint leur activité relative au risque de feu d'espace naturel – plus leur intervention est efficace et moins il y a d'émissions de CO^2 dans l'atmosphère. Il

[65] A titre d'exemple le SDIS76 a émis un défavorable à un futur entrepôt Amazon susceptibles de créer plus de 1000 emplois, selon les derniers articles de presse, cet entrepôt ne sera pas construit

en découle que l'évaluation socio-économique devrait être de plus en plus favorable envers les investissements relevant de la lutte contre les feux d'espaces naturels au fur et à mesure que les préoccupations autour du changement climatique deviennent importantes.

En parallèle, toute politique visant à lutter contre le changement climatique aura comme impact indirect de réduire aussi les probabilités d'occurrence d'évènement exceptionnel susceptibles de mobiliser les sapeurs-pompiers en masse. Sachant que dans le cadre des catastrophes naturelles, les sapeurs-pompiers prennent des risques susceptibles de mettre en danger leur bien-être au profit d'autrui, on peut supposer qu'en limitant l'aggravation de telles catastrophes, on évite non seulement des dépenses conséquentes pour pallier le niveau de risques accrus mais aussi des coûts sociaux relatifs aux primo-intervenants que sont les sapeurs-pompiers et qui risquent leurs vies dans de telles situations.

La politique de santé publique

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons présenté les activités des SIS et avons démontré la part majoritaire qu'occupe le secours à personne dans leur activité opérationnelle. Le groupe de travail *ESE pour les SIS* a souligné l'impact que peut avoir la couverture médicale sur la sollicitation des SIS : les populations dépourvus d'un accès aux soins de premiers recours aurait tendance à solliciter les services de secours pour combler cet absence. Dans ce cadre figure, les conséquences sur l'organisation des SIS sont nombreuses : une hausse de l'activité pour des interventions qui ne concernent pas son cœur de métier (le secours d'urgence), et qui serait susceptible non seulement d'accroître les coûts de la provision du service mais aussi de nuire à la motivation des effectifs au travers des missions qui s'éloignent de ce cœur de métier.

Ce questionnement, qui est déjà d'une haute importance sur le plan politique (Maurey and Longeot, 2020) et sur le plan juridique (avec la loi récente, dite *Matras*[66]), l'est également sur le plan économique : élargir les opérations des sapeurs-pompiers impose d'assumer une hausse de l'activité globale, avec des répercussions pouvant se faire sentir sur les finances de ces services mais également sur la qualité de service perçu par les citoyens ainsi que la capacité à mobiliser les effectifs volontaires.

Cette problématique est forte intéressante puisque les SIS viendraient véritablement pallier les lacunes d'un autre service, l'accès aux soins de premier recours (que l'on sera amené à mesurer via l'accès à un médecin généraliste). Le constat des praticiens serait alors que les individus situés dans les zones à faible couverture médicale (déserts médicaux - nous reviendrons sur leur définition dans le chapitre 4) auraient

[66] Cette loi, pour rappel, intègre les soins d'urgence aux missions des sapeurs-pompiers

plus tendance à reporter ou à renoncer à leurs rendez-vous médicaux, et seraient amenés à solliciter les SIS suite à une dégradation de leur état de santé. On aurait, par ce biais, un phénomène de substitution qui engendrait une multiplicité de coûts : une consommation des moyens opérationnels des SIS avec un coût d'opportunité élevé (des moyens qui ne peuvent plus assurer les urgences) et des prises en charge inadaptées pour les victimes en vue de leurs pathologies (susceptibles de générer aussi des coûts médicaux en cas de transport à l'hôpital).

De ce fait, il devient alors indispensable de clarifier cet éventuel effet de substitution entre l'accès aux médecins généralistes sur un territoire et le recours aux sapeurs-pompiers pour la prise en charge de personnes malades. Si une telle relation parait évidente pour les praticiens – et qui est véritablement fondé sur les constats qu'ils relèvent lors de leur activité quotidienne - on ne recense aucun travail empirique sur cet enjeu de substitution en France. S'il est avancé que les SIS comblent les insuffisances des services de santé, il conviendrait de le vérifier, chiffres à l'appui, pour déterminer en quelle mesure une baisse de l'offre médicale engendre une hausse de l'activité des SIS.

Compte tenu de l'importance de cet enjeu au vu de la situation actuelle des SIS et de la préoccupation des pouvoirs publics vis-à-vis de la désertification médicale, il sera proposé d'aborder en plus de détail cette relation d'interdépendance entre sécurité civile et santé publique dans un des chapitres de cette thèse (chapitre 4).

La mesure des interdépendances : liens de causalité et effets de substitution

Les relations que nous venons de décrire peuvent parfois paraître complexe, pour mieux les appréhender d'un point de vue empirique, il convient de déterminer par quel biais on souhaiterait les mesurer. Plusieurs pistes se présentent, dont le volume d'activité et le délai d'intervention. Si, pour d'autres analyses, le volume d'activité représente quelques lacunes – notamment pour traduire l'efficacité des missions ou la qualité de service perçu par l'usager – il a davantage d'intérêt pour pouvoir expliciter les liens d'interdépendances que nous venons de décrire. En effet, la conséquence principale des phénomènes d'interdépendance se traduit en termes du nombre de sollicitations des SIS de la part de la population : que ce soit un lien de causalité direct ou un effet de substitution, le volume d'activité devrait être impacté. Chacun des exemples présentés ci-avant ont effectivement démontré que l'impact le plus tangible concernait la sollicitation du service.

L'enjeu d'un point de vue statistique est alors d'isoler l'impact que peut entraîner une telle interdépendance. Il s'agit surtout de démêler l'effet causal que peut avoir certains phénomènes sur l'activité des SIS. Cette identification repose notamment sur la nature des données disponibles. Différentes approches sont possibles : en comparant

différents territoires à une période (données transversales), en comparant l'évolution dans le temps sur un territoire donné (données temporelles) ou en combinat les deux sources de variation – entité et temporalité (données de panel). L'organisation des SIS à l'échelle départementale favorise une analyse par panel puisque chaque SDTIS représente une entité indépendante qui définit sa propre activité en fonction de son territoire. Les données mises à disposition pour nos travaux (annexe B) nous laisse envisager la possibilité d'identifier des liens de cause à effet robuste, voire des effets de substitution précis.

Quant au délai d'intervention, il semble cette fois-ci plus difficile de s'en servir pour mesurer directement le phénomène qui nous intéresse - les interdépendances. En effet, dans ce cas de figure il s'agit plutôt d'un effet indirect : une hausse de la sollicitation du service générera des délais d'interventions rallongés, toute chose égale par ailleurs (ou à moyens constants). En réalité, les SIS vont chercher à combler les insuffisances qui apparaissent dans leur couverture en réallouant les moyens opérationnels en fonction des nouveaux besoins. Le délai d'intervention risque donc de ne pas traduire de manière juste l'impact des interdépendances.

Cet indicateur se profile alors davantage comme un levier pour déterminer l'impact socio-économique des phénomènes d'interdépendance à long terme, plutôt qu'une mesure directe permettant de les identifier. Pour asseoir une telle relation de cause à effet, il serait nécessaire d'analyser au minima sur une période de plusieurs années son évolution pour voir en quoi les délais d'intervention ont été impacté par les phénomènes d'interdépendances dans différentes zones d'un même territoire.

Les principales difficultés dans cette approche concernent le croisement de données entre différents services. A titre d'exemple, certaines données peuvent apparaître à l'échelon régional en ce qui concerne la santé publique (avec le pilotage des Agences Régionales de la Santé), représentant ainsi une donnée moins fine que ce que nous possédons pour les SIS. Il est de cette manière que notre capacité à identifier des relations dans les données peut rencontrer des limites s'il n'y a pas de variation entre SIS à l'échelle régionale pour les données relevant de la santé publique.

Ce même problème existe également par rapport aux données climatologiques – il semble difficile d'appréhender de telles questions à l'échelle territoriale. Cela peut limiter notre capacité à identifier de telles relations en réduisant le degré de variation que l'on observe dans les données.

L'existence d'un effet de substitution suppose que le service perçu par l'usager (l'utilité qu'il en obtient) peut également être obtenu par la consommation d'un autre service, de sorte à faire qu'il est indifférent entre les deux de ce point de vue, son choix se faisant ainsi sur le coût qu'il doit consentir pour le consommer. Si les services publics sont gratuits, ce n'est pas pour autant qu'un agent économique n'y

associe un coût nul à sa consommation : un rendez-vous médical suppose notamment un déplacement au cabinet médical, par exemple. Pour mesurer un tel effet de substitution il convient alors d'identifier plusieurs indicateurs relatifs à la consommation des deux services en question ainsi que le degré d'accès à ces services. Pour quantifier la demande (consommation) des services, on peut s'appuyer sur les mesures les plus simples comme le nombre de demandes (le nombre de consultations médicales, le nombre d'intervention par les SIS) qui traduisent tout simplement le volume d'activité.

Quant au degré d'accès aux services, il s'agit de trouver un proxy permettant de traduire les coûts (que l'on ne peut pas mesurer) pour les usagers de consommer le service en question. On peut imaginer, par exemple, que la densité médicale peut constituer un indicateur pour l'accès aux soins de premiers recours alors que le délai d'intervention traduit l'accès aux SIS.

Les limites de cette approche concernent la qualité des données permettant de traduire l'accès aux services en termes de son coût pour l'usager. Cette approximation sera nécessairement imparfaite et ne peut tenir compte de l'expérience globale de l'usager et son rapport avec le service en question. Par exemple, des expériences antérieures pourraient le rendre réticent vis-à-vis de l'utilisation d'un certain service et aurait donc un impact sur la substituabilité des services de son point de vue. Il faut aussi considérer en quelle mesure les données disponibles permettent de qualifier le phénomène de substitution étudiée : les éléments qualitatifs issus des observations des praticiens lors des interventions qui indiquent l'effet de substitution ne sont pas renseignés dans les bases de données, il faut alors trouver un critère pour qualifier ce qui peut être inclut dans l'analyse (en fonction de la nature de l'intervention, par exemple, on peut faire un arbitrage sur la substituabilité). Il s'agira notamment d'arbitrer sur le degré d'urgence perçu pour chaque intervention.

Intégration dans l'ESE : un coût social à expliciter

L'intérêt d'étudier ces phénomènes d'interdépendance réside dans la mesure du coût social qu'ils peuvent représenter. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible d'objectiver ces phénomènes en termes de leur coût. Si les SIS perçoivent ces interdépendances comme des contraintes supplémentaires dans l'organisation de leur service, alors les coûts engendrés ne sont pas explicites. A partir des indicateurs que nous avons préconisés, il est possible d'envisager une mesure des coûts (ou des économies) générés par ces interdépendances, correspondant à la fois à des éléments financiers mais aussi à des éléments d'ordre social qu'il serait pertinent à intégrer à l'évaluation socio-économique de ces services si les faits sont avérés.

Il y a globalement deux catégories d'impacts qui peuvent se produire et que l'on peut recenser dans le cadre de telles interdépendances : des impacts sur l'usager

et des impacts sur l'organisation du service et de sa production. Mesurer un tel coût repose sur différents éléments : le coût dans la provision du service et le coût indirect sur les parties prenantes, qui peut être tangible ou pas. La question d'une sur-sollicitation du service pose des questions dans le cadre des SIS qui opèrent avec des moyens finis où le coût d'opportunité d'engagements des moyens peut être important. En parallèle, le métier de sapeur-pompier possédant un fort caractère de fierté par rapport à la notion de feu, contraindre ce personnel à une mutation forte de ses missions peut avoir des effets indirects sur leur mobilisation ce qui est d'autant plus important quand il s'agit des volontaires qui sont en France - comme on a pu l'expliquer précédemment - indispensables au modèle de sécurité civile.

L'impact organisationnel concerne tout d'abord l'incidence budgétaire que peut avoir un tel phénomène : les activités de réponse aux sinistres représentent un coût important pour les pouvoirs publics et sont nécessairement corrélé au volume d'activité (voir fig). Il s'en suit que ce coût est susceptible d'être revu à la hausse ou à la baisse en fonction de divers facteurs externes qui ne relèvent pas de la responsabilité de ces services. Il est d'ailleurs ce constat qui est ressorti du groupe de travail *ESE pour les SIS* et qu'il serait souhaitable de fonder avec des données à l'appui.

A partir du volume d'activité, il est possible de quantifier plusieurs conséquences sur les coûts de la provision du service : la hausse des coûts associés aux sorties de véhicules et de la sollicitation accrue du personnel (qui comprend le personnel d'astreinte) qui peuvent se faire ressentir à court terme, et les coûts associés à la réorganisation du maillage territorial pour face à une hausse de la demande (nouvelles embauches), ou à défaut le coût de l'inaction qui consisterait alors à mesurer l'impact d'une dégradation de la réponse opérationnelle sur les usagers (via le délai d'intervention).

En parallèle, il peut également y avoir un volet social qu'il convient d'expliciter étant donné que le personnel des SIS (dont beaucoup sont de volontaires) n'est pas indifférent à des mutations de son activité. Pour un métier qui est fondé sur le principe de donner à autrui en aidant les autres, cela peut notamment se traduire par une perte de bien-être si le personnel ne perçoit plus le même sentiment d'accomplissement dans son engagement (l'identité de sapeur-pompier renvoie au soldat du feu plutôt qu'à l'idée, pour caricaturer, d'aider les personnes âgées à leur domicile).

De la même manière, la réorganisation du service peut avoir un impact sur le personnel au travers de leur sollicitation. Pour les volontaires, quitter leur lieu de travail pour assurer des carences ambulancières en zone rurale pendant plusieurs heures, par exemple, peut créer des réticences auprès de leur employeur. Ces éléments, certes peu tangibles, ont nécessairement un coût.

L'impact sur l'usager, quant à lui, découle de la qualité du service perçu par

le citoyen. Cela peut intervenir notamment dès lors que les sapeurs-pompiers sont soumis à des contraintes qui sont susceptibles de dégrader leurs conditions d'intervention. Le préjudice que peut subir la victime peut être plus importante en raison de tels paramètres. Bien sûr, il peut aussi y avoir des synergies permettant une amélioration des conditions d'intervention, ainsi créant des bénéfices supplémentaires à certaines politiques publiques qu'il conviendrait de mesurer.

Résumé

L'interdépendance des politiques publiques peut générer, comme nous venons de le décrire, des coûts qu'ils peuvent être difficile d'expliciter pour les décideurs publics. Ils reposent à la fois sur l'identification de liens de cause à effet entre différents secteurs et la mesure de coûts parfois peu tangibles aux premiers abords. De plus, ces impacts ne sont pas nécessairement immédiats, mais peuvent se développer sur le moyen et long terme, nécessitant des adaptations et des changements structurels dans la provision des services. Pour éviter la survenue de situations indésirables pour les praticiens, il convient alors de mieux cerner les coûts associés à ces phénomènes d'interdépendance en amont des choix politiques susceptibles d'impacter une pluralité de secteurs.

La sécurité civile est un secteur particulièrement exposé aux conséquences de tels liens d'interdépendances, avec des impacts peu visibles sur leur activité dus à des changements dans d'autres secteurs. Il sera alors notre objectif d'expliciter les enjeux économiques relatifs à une problématique précise d'interdépendance entre politiques publiques : les déserts médicaux et leur impact sur la sollicitation des SIS dans leur activité opérationnelle de secours à personne (chapitre 4).

1.3.3 Les inégalités territoriales liées à l'activité des SIS

La production d'un service public à l'échelle territoriale suppose de garantir un fort degré d'homogénéité dans l'accès au service pour que toute la population puisse en bénéficier de manière égalitaire. En matière de sécurité civile, cet accès se traduit par un service de proximité, que l'on mesure via le délai d'intervention. Quand un appel au secours est passé, tout citoyen a le droit de bénéficier du même niveau de service.

Cet objectif fait face à de nombreuses contraintes : une topographie rendant l'accès aux différents coins du territoire très variable (l'existence de zones montagneuses), des investissements dans l'infrastructure plus ou moins conséquents entraînant un impact sur l'efficacité du déploiement des moyens des SIS sur le terrain (la qualité du réseau routier), une démographie hétérogène (la part de personnes âgées dans la population), ou encore l'accès à d'autres services publics (la notion d'interdépendance

présentée dans la section précédente). Cela sans mentionner le fait que la typologie de risques sur chaque territoire peut être très différente (présence ou non de risques naturels ou industriels de grande ampleur).

Il en découle que l'accès au secours ne peut être parfaitement égalitaire (assurer le même délai d'intervention pour tous les citoyens) sans engendrer des coûts exorbitants. Il y a donc nécessairement des arbitrages à faire entre l'accessibilité du service et son coût. En matière de sécurité civile, où il s'agit notamment de préserver la vie humaine en portant secours aux victimes en situation d'urgence, de tels arbitrages renvoient à la notion de la valeur d'une vie statistique puisque le niveau de couverture choisi est associé à un délai d'intervention, qui est lui associé à une probabilité de dégradation de l'état de santé avec - en cas d'urgence - un risque de décès. Il devient alors intéressant dans un contexte de production à l'échelle territoriale d'étudier comment sont traités ces arbitrages : est-ce que l'on consacre les mêmes moyens économiques à la couverture des risques sur chacun des territoires ?

Ce questionnement permet de croiser deux types d'inégalités relatives à l'activité des SIS : celles liées à la production du secours et celles liées à l'accès au secours. La production des SIS sera nécessairement adaptée à la typologie de risques présente sur le territoire - les moyens mis à disposition seront différents d'un territoire à un autre : la surface du territoire devrait, par exemple, dictée le nombre de CIS pour créer le maillage territorial, alors que la nature des risques déterminera la composition du parc d'engins de secours (la présence du risque feu de foret aura un impact sur le nombre de camion citernes feux de forêt par exemple).

L'étude de telles inégalités dans la production des SIS demeure utile pour savoir en quelle mesure les spécificités territoriales ont un impact sur l'efficience de cette production. Une telle mesure d'efficience décrit en quoi le processus de production optimise les moyens employés pour produire un résultat donné. Par exemple, combien de sapeurs-pompiers et véhicule de secours faut-il pour couvrir un territoire de X km^2 en Y minutes ? Connaître les déterminants de telles inégalités dans la production du secours peut notamment permettre aux décideurs publics de mieux apprécier les enjeux auxquels font face certains territoires. En démontrant les raisons qui expliquent une efficience moins élevée, il serait alors possible de prendre des décisions adaptées à ces spécificités, qui pourraient éventuellement être généralisé selon certains caractéristiques comme, par exemple, le degré de ruralité de certains territoires. Une politique publique adaptée à ces sources d'inefficience pourrait alors être entreprise et son évaluation ne se ferait pas sur les exacts mêmes critères (on tiendrait compte de ces sources d'inefficience exogène).

L'accès au service devrait, quant à lui, être homogène sur l'ensemble de territoires dans la poursuite d'un objectif d'accès égalitaire au service public. En principe,

si tous les citoyens bénéficient du même délai d'intervention, alors ils bénéficient du même niveau de service et si l'on considère que le délai d'intervention permet d'objectiver le risque de dégradation à l'état santé (3)) alors l'utilité qu'ils déduisent des SIS serait identique. Néanmoins, l'exposition et la vulnérabilité des populations à différents risques n'est pas identique. De ce fait, l'existence d'inégalités dans l'accès au service pourrait s'expliquer par des questions d'équité : une meilleure qualité de service requise pour obtenir le même résultat auprès de certaines sous populations.

La poursuite d'un objectif d'accès égalitaire au secours ne correspond donc pas nécessairement à une solution optimale sur le plan socio-économique. Par exemple, si la salubrité des logements fait que le taux des incendies d'habitation est plus élevé sur un territoire que sur un autre, alors il sera nécessaire que le SIS intervient plus rapidement pour que le coût social de ces incendies ne soit pas plus élevé que sur un autre territoire où le risque serait en réalité plus faible.

Sachant que l'exposition et la vulnérabilité des populations face à différents risques n'est pas identique, on peut imaginer que le degré d'accès au secours peut constituer un levier permettant de lutter contre les inégalités de revenu et de santé, cela en privilégiant une approche de toute proximité pour les personnes les plus dépourvues qui bénéficierait d'une meilleure qualité de service. Compte tenu du fait que les bénéfices sociaux associés aux actions des SIS ne se limitent pas à l'utilité procurée auprès de la victime (un service efficace pourrait, par exemple, réduire les coûts hospitaliers de la prise en charge des victimes), alors la poursuite d'un objectif d'équité dans l'accès au secours pourrait favoriser l'intérêt collectif dans un bilan socio-économique, sans même introduire des pondérations pour faire apparaître les inégalités. Dans ce sens, l'accès au secours aurait un effet redistributif en termes de bien-être pour la collectivité dans l'ensemble.

Ces questionnements ont une place importante dans les débats autour de l'emploi des méthodes d'évaluation socio-économique dans le domaine de la sécurité civile. Tout d'abord, dans un contexte de raréfaction de ressources budgétaires, la rationalisation des moyens a vu disparaître des centaines de centres de secours composant le maillage territorial des SIS, mais à quel prix ? Et quelle est l'économie réelle de telles fermetures ? Si différentes conséquences sont décrites par les praticiens (des délais d'intervention préétablis difficiles à respecter, des interventions plus longues en raison de l'éloignement des centres de secours de certaines zones rurales, et une difficulté à mobiliser les effectifs volontaires qui en résulte), il manque une objectivation de ces impacts d'un point de vue empirique.

Pour alimenter ces réflexions, il convient d'analyser ces deux types d'inégalités (de production et d'accès au service), et cela pour mieux comprendre en quoi il serait nécessaire de les intégrer ou de les faire apparaître dans les arbitrages des décideurs

publics vis-à-vis du maillage territorial des SIS. Par exemple, dans quelle mesure peut-on considérer qu'il soit raisonnable de dépenser plus sur un territoire qu'un autre pour atteindre le même niveau de service en poursuivant un objectif d'accès égalitaire au service public ?

Les questions d'égalité de traitement entre territoires sont souvent mentionnées mais peu prises en compte dans le calcul socio-économique selon le rapport E. Quinet (2013). Par ailleurs, il est conseillé de traiter la question de l'accessibilité de manière qualitative avec notamment une approche cartographique (E. Quinet, 2013). Nous verrons dans cette section que les problématiques relatives à l'équité et l'égalité dans l'accès au secours peuvent être abordé de manière empirique à partir du délai d'intervention et le coût de production du service.

Les enjeux de la mesure d'efficience dans le secteur public

Dans cette section, nous nous intéressons tout d'abord à la mesure d'efficience de la production des SIS. L'efficience peut prendre différentes formes, ce qui peut être efficient d'un point de vue financier ne l'est pas forcément sur le plan socio-économique. Le principal exemple de cela peut être visualisé au travers de la mesure de la production des SIS et notamment le choix d'output. Nous avons discuté dans la partie précédente les différents choix d'outputs possibles et avons présenté les raisons qui nous ont amené à privilégier le délai d'intervention au volume d'activité (le délai d'intervention se rapprochant d'une mesure des bénéfices sociaux associés à l'intervention des SIS).

Néanmoins, il nous appartient d'évaluer ce choix avec une démonstration des écarts qui peuvent se produire dans de telles analyses. Ce sera le premier objectif du dernier chapitre de cette thèse 5 : présenter l'efficience des différents SIS en fonction de ces deux mesures d'outputs pour voir si oui ou non on arrive aux mêmes conclusions concernant leur efficience technique.

L'intérêt de mesurer cette efficience se trouve principalement dans la nécessité de mesurer la performance du service public. Les statistiques composant les indicateurs nationaux des SIS ne permettent pas de dire des choses précises sur l'efficience de leur activité. Pour y arriver, il est nécessaire d'engager des travaux empiriques qui évaluent les inputs relatifs aux outputs. Ces analyses porteraient sur les différents territoires de la France Métropolitaine, en considérant chaque SDTIS comme un producteur indépendant (chaque département représente une entité de production) dans un modèle basé sur le concept d'une frontière de production. Ce concept et les méthodes associées seront discutées lors de la présentation du choix d'approche méthodologique dans le chapitre 5.

Il est tout à fait légitime de procéder de cette manière en considérant les SIS comme

des entités à part à l'échelle territoriale puisque ils sont, pour rappel, financés en grande partie par les collectivités locales, et ont donc chacun une forte autonomie dans la conduite de leurs activités. Il est cela qui pose un cadre d'analyse comparatif riche pour étudier les inégalités dans leurs modes de production et il est pour cette raison que nous engagerons des travaux empiriques pour exploiter la richesse des données à notre disposition pour traiter cette question.

La mesure des inégalités dans la production du secours

Mesurer les inégalités dans la production du secours nécessite de mesurer l'efficience de la transformation d'inputs en outputs. Dans le cas des SIS, cela revient à mesurer – selon nos définitions dans la partie précédente – en quoi les moyens humains et matériels (les sapeurs-pompiers, les véhicules, et les centres d'incendie et de secours) permettent d'assurer un niveau de couverture des risques (le délai d'intervention). Augmenter ces différents moyens doit permettre de réduire le délai d'intervention.

Il convient de rappeler que le délai d'intervention n'a jamais été privilégié pour ce type d'analyse dans la littérature existante pour mesurer l'efficience de la production des SIS, qui s'est plutôt basée sur les indicateurs plus traditionnels de la production que sont les outputs directs dont principalement le volume d'activité (Jaldell, 2002; T. Puolokainen, 2015). Nous avons expliqué pourquoi cette approche semble insuffisant pour mesurer l'activité des SIS (le nombre d'interventions ne traduit pas leur efficacité) mais nous aimerions constater quelle différence on relève dans la mesure de l'efficience technique avec ce recours à différents indicateurs. Est-ce que les mesures d'efficience pouvant être estimées seront très différentes ? Et peuvent-ils nous conduire à des conclusions différentes concernant l'optimalité des ressources allouées aux SIS ? Ou encore donner une autre perspective sur les caractéristiques des territoires favorisant une production efficiente ?

En tenant compte des spécificités de chaque territoire, on peut estimer la performance de l'ensemble des SIS, permettant d'identifier les entités les plus efficientes et leurs bonnes pratiques en termes de choix d'input, mais surtout pour déterminer les facteurs qui sont source d'inefficience. En effet, l'hétérogénéité des territoires que nous avons présentées en début de cette section peut être difficile à intégrer dans le calcul socio-économique. Pourtant, une bonne connaissance des enjeux réels sur chaque territoire est indispensable pour pouvoir appréhender la mesure de leur activité et se projeter sur l'efficience de la production.

S'intéresser à l'efficience technique des SIS est d'autant plus important qu'ils ont été contraints à s'adapter à une rationalisation de leurs moyens dans un contexte d'une raréfaction de ressources budgétaires. En effet, les dernières décennies ont été marquées par la fermeture de casernes avec pour conséquence l'aggravation des délais d'intervention. Il devient alors intéressant d'objectiver cet impact en termes

d'une mesure globale de l'efficience de la production des SIS sur une longue période. Les données disponibles – qui regroupent l'activité des SIS sur la décennie de 2010 à 2019 – permettent d'envisager différentes analyses pour mieux caractériser ces changements en tenant compte des évolutions sociétales comme la démographie.

De tels éléments doivent permettre de répondre aux discussions d'ordre politique, relatives à l'efficience des moyens leur sont alloués et particulièrement sur le maillage territorial qu'ils proposent, des débats qui ont été soulevés il y a près de vingt ans suivant la départementalisation des SIS (Cour des Compte, 2004). Il semble alors pertinent de revenir sur cette période (post-départementalisation) pour confronter la rationalisation des moyens qui a suivi (la fermeture de centres de secours) au discours des praticiens qui assurent avoir de plus en plus de difficultés à assurer des missions de plus en plus diverses avec des moyens constants. Si les statistiques permettent d'illustrer certaines choses : l'activité est en hausse, les délais d'intervention s'allongent et les moyens sont relativement constants, on ne peut se contenter d'observer ces tendances pour fonder une analyse complète de leur activité et en faire des déductions concernant son optimalité d'un point de vue socio-économique.

Face aux constats critiquant l'organisation des SIS et dans l'intérêt d'alimenter ces débats autour de la suffisance des moyens alloués aux SIS, il nous appartient d'objectiver la mesure de leur activité en exploitant les variations temporelles et interterritoriaux pour pouvoir en déduire les meilleures pratiques existantes (best-practice) en matière de couverture des risques. Pour ce faire, nous proposerons une analyse de l'efficience technique de leur production à l'échelle départementale en tenant compte de divers paramètres permettant de caractériser le niveau de risque existant sur chaque territoire. Il est au travers de telles analyses que nous pourrons identifier les différents facteurs propres à chaque territoire qui sont susceptibles de générer des inefficiences dans la production du secours. Comprendre les spécificités de chaque territoire semble incontournable pour pouvoir appliquer une politique publique appropriée. Si l'on est en capacité d'identifier les sources d'inefficience dans la production du secours, alors on peut mieux allouer les ressources à l'avenir pour tenir compte de ces phénomènes.

La mesure des inégalités dans l'accès au secours

Un accès égalitaire aux SIS suppose que toute personne peut bénéficier de ce service dans les mêmes délais. Un tel accès est difficile à établir pour plusieurs raisons : la distribution de la population sur un territoire n'est pas uniforme (il y a des zones urbaines et des zones rurales) ni statique (il y a des phénomènes de migration et déplacements de population liés à l'aménagement du territoire). La question de l'accès égalitaire est donc indissociable des questions économiques : une distribution

non-uniforme de la population rend difficile une couverture à coût équivalent sur l'ensemble des territoires et sa nature dynamique fait que les coûts fixes engagés dans la création et maintien du maillage territorial peuvent s'avérer inefficients s'ils ne tiennent pas compte des évolutions susceptibles de se produire sur le territoire dans le futur.

Compte tenu de l'autonomie que possède les SIS pour satisfaire la demande sur leur territoire, la question se pose de savoir si oui ou non les mêmes moyens sont consacrés à la couverture des risques sur l'ensemble des territoires français. Il s'agit d'un enjeu socio-économique de taille puisque ces dépenses sont la réflexion du consentement à payer pour la protection de la population et de l'environnement. Si ce n'est pas le cas, et que ces écarts ne peuvent pas s'expliquer par les disparités en termes de typologies de risques sur chaque territoire, alors on pourrait en déduire que la valeur accordée - implicitement - à la vie humaine était différente selon les territoires.

La mesure de ces inégalités peut se poser de plusieurs manières : entre territoires, à l'intérieur d'un même territoire ou dans un aspect temporel. Le premier cas consiste à faire des comparaisons interterritoriales qui agrègent les informations à l'échelle départementale, permettant de savoir sur le plan national si oui ou non les mêmes moyens sont mis en place pour assurer la couverture territoriale des risques. Cette approche est favorisée par les données à notre disposition qui sont agrégés à l'échelle départementale et qui recouvre l'ensemble des territoires de la France Métropolitaine.

Deuxième option : mesurer les écarts intra-territoriaux qui revient à comparer à l'échelle locale l'accès au secours, par municipalité notamment. Cela peut s'avérer plus complexe à mettre en place en raison du fonctionnement des centres de secours qui ont chacun une zone d'intervention prioritaire (centre de 1er appel) qui ne correspond nécessairement aux délimitations des diverses municipalités. De plus, la désagrégation des coûts qui est nécessaire pour apprécier ces écarts intra-territoriaux supposent de faire des approximations en absence de données systématisées à cette échelle locale.

Troisième approche : comparer les moyens consacrés à la couverture des risques à différentes périodes dans le temps. Il peut y avoir des changements du côté de l'offre (les moyens consacrés à la couverture territoriale) et du côté de la demande (le niveau de risque existant). Sur un même territoire, le niveau d'accès au secours peut donc évoluer, créant des inégalités temporelles (la population à l'année t ne bénéfice peut-être pas du même accès au secours que la population à l'année t-10, par exemple). La mesure de telles inégalités peut notamment favoriser une meilleure évaluation de la couverture des risques et une amélioration de son pilotage à long terme. Si, dans le temps, on dépense plus pour atteindre les mêmes résultats, alors

le coût de la couverture des risques a augmenté et on accorde - implicitement - une valeur plus élevée à la réponse aux risques de la part des SIS. Cela peut notamment permettre de démontrer en quoi les diverses évolutions sur un territoire peuvent impacter le coût de la provision du service.

Enfin, il est en combinant les variations observées entre entités et entre périodes dans l'accès au secours qu'il est possible d'identifier les facteurs susceptibles de réduire ou d'aggraver les inégalités. Une nouvelle fois, cela peut aider à la pilotage du service en objectivant les variables qui influent sur la provision du service, aidant à la fois les praticiens et les décideurs publics à mieux cerner les besoins futurs.

Évaluation et usage du coût d'un accès égalitaire au service public

L'intérêt de mesurer ces inégalités se trouve dans le fait qu'ils permettent de révéler les choix des pouvoirs publics concernant l'exposition au risque de la population. En fonction des moyens qui sont consacrés à la couverture des risques, on peut en déduire l'importance accordée – de manière implicite - à la préservation de la vie humaine, et cela a l'échelle territoriale. Il est cet aspect comparatif, qui émane des éventuelles inégalités territoriales que nous venons de décrire ci-dessus, qui peut nous permettre de quantifier le surcoût de la production d'un accès égalitaire au service public.

En effet, imposer une contrainte d'accès égalitaire veut dire renoncer à un traitement égalitaire des populations sur le plan économique : plus de moyens financiers seront consacrés à la couverture des risques sur certains territoires que sur d'autres en raison de leur hétérogénéité. En parallèle, un tel accès égalitaire ne correspond pas non plus à un optimum socio-économique puisqu'il ne permettra pas de minimiser l'exposition au risque et par conséquent le risque de mortalité parmi la population (Felder and Brinkmann, 2002). Dès lors que les individus n'ont pas tous les mêmes caractéristiques (revenu, état de santé, accès aux soins médicaux, etc.), alors ils n'ont pas la même vulnérabilité face au risque et ils ne percevront pas la même utilité d'un accès de proximité aux SIS. La question d'équité dans la distribution des secours doit alors se poser, même s'il n'est pas clair en quelle mesure le gain d'utilité associé à l'accès de proximité au secours peut varier selon le profil des individus (catégorie socio-professionnelle notamment), on se doute que les SIS sont amenés à prendre en compte cet élément.

La politique publique concernant la couverture territoriale des risques s'avère donc complexe à évaluer : la poursuite d'un accès égalitaire au service engendre des inefficiences sur le plan économique. De ce fait, dès lors que l'on s'engage dans une démarche d'évaluation socio-économique de ces activités, il conviendrait d'en tenir compte car la poursuite de cet objectif ne devrait pas être un facteur pénalisant dans le calcul socio-économique et surtout auprès des décideurs publics. Le défi à

relever consiste alors à déterminer ce qui est acceptable en termes de surcoût à la collectivité pour poursuivre un objectif d'accès égalitaire.

Dans le cadre de l'évaluation socio-économique, les enjeux d'équité peuvent aussi être pris en compte en identifiant les bénéficiaires et les perdants d'un projet ou politique. Cela peut notamment permettre de calibrer des mesures pour rééquilibrer les gains socio-économiques d'une politique de manière équitable. Une telle redistribution permet aux décideurs publics de répondre à leurs objectifs politiques. Sur ce point, la politique publique de sécurité civile peut permettre d'identifier les préférences et les tolérances en termes de la couverture des risques en comparant les territoires. Cela pourrait prendre la forme de nouvels investissements dans la prévention des différents risques.

Si nous envisageons de mesurer le coût qui est consenti implicitement par la collectivité dans le choix de la couverture territoriale des SIS, il convient de déterminer quel usage il est possible de donner à cet indicateur. Savoir quel pourrait être un coût acceptable d'un accès égalitaire au service public est une question qui permettrait de faire rentrer en ligne de compte les difficultés à produire de manière homogène un service public à toute une population en exploitant les variations observées entre territoires. Il est ainsi qu'une telle valeur pourrait être utilisée dans l'évaluation socio-économique pour remettre en perspective les moyens employés pour assurer un niveau de couverture des risques. En cas d'écart significatifs - et en tenant compte des disparités en termes de typologies de risques sur les différents territoires - cela pourrait signifier que l'on accorde - implicitement - plus de valeur à la vie humaine sur certains territoires que sur d'autres. En observant ces choix dans la couverture des risques, on aurait alors des indicateurs objectifs permettant d'évaluer l'existence ainsi que l'ampleur de ces inégalités territoriales.

Résumé

Nous venons de présenter les enjeux économiques principaux relatifs aux inégalités territoriales de la production et l'accès au service public de la sécurité civile proposé par les SIS (la couverture des risques). L'exploration de ces inégalités au travers des données disponibles permettront dans le chapitre 5 de démontrer d'abord en quoi la production des SIS peut être considéré comme efficient d'un point de vue technique, cela en abordant l'évolution de leur production dans le temps pour voir en quoi la politique menée pendant la dernière décennie a contribué à faire évoluer l'efficience de la production de ce service public. Ensuite, nous procéderons à une estimation du coût implicite de la production du secours sur les différents territoires, cela pour déterminer si, à l'échelle territoriale, les mêmes moyens sont consacrés à la production de la couverture des risques, compte tenu de leur hétérogénéité. Cela dans l'optique d'en déduire en quoi les décideurs publics sont prêts à renoncer à un

accès égalitaire au service pour poursuivre des objectifs d'efficience. Sans porter de jugement, il s'agit de déterminer une mesure du surcoût que la collectivité est prête à consentir pour poursuivre un objectif d'accès égalitaire de couverture des risques.

Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue l'activité des SIS afin d'identifier une mesure pertinente de leur production (le délai d'intervention) et de sélectionner les problématiques les plus pertinentes et abordables - compte tenu des données à notre disposition - pour appréhender la mesure socio-économique des SIS. Il s'agit d'explorer le lien de cause à effet entre leurs actions et la mesure des dommages observés dans le cadre de leurs activités principales (l'incendie dans le chapitre 2 et le secours à personne dans le chapitre 3, d'analyser l'interdépendance des secteurs de sécurité civile et de santé publique dans le chapitre 4 pour déduire le coût d'un éventuel effet de substitution, et de mesurer les inégalités dans la production du secours pour une meilleure connaissance de ses déterminants et dans l'accès au secours pour estimer le coût consenti par la population pour bénéficier d'une couverture des risques dans le chapitre 5.

Chapitre 2

Comment mesurer la performance socio-économique des services d'incendie et de secours? Une revue de la littérature

2.1 Enjeux de la mesure de l'efficacité des actions des SIS pour le calcul socio-économique

Le premier chapitre a mis en avant les difficultés qu'on rencontre lorsqu'on cherche à mesurer et à évaluer les services de sécurité civile. Sans mesure précise de leur activité, toute évaluation manquera de fiabilité, et c'est une chose qui peut être préjudiciable lorsqu'on cherche à présenter des arguments concrets pour justifier l'octroi de fonds publics. L'absence d'une telle objectivation rend difficile tout discours auprès des décideurs publics qui n'ont pas nécessairement une connaissance fine du secteur et pour lesquels il est préférable de présenter des indicateurs synthétiques qui peuvent traduire l'efficience des actions ex-ante – chose que permet le calcul socio-économique.

Nous avons aussi pris connaissance dans le premier chapitre des faiblesses dans les données recueillies par les SIS en France en matière de dommages liés aux sinistres et en particulier les incendies. L'absence de telles données rendent difficile l'objectivation des impacts socio-économiques de leurs actions et il semble prioritaire d'y apporter une solution et cela d'autant plus que la conjoncture y est favorable avec l'intégration de nouveaux systèmes d'information.[1] Pour mieux objectiver les

[1] NexSIS est le futur système d'information et de commandement unifié des SIS, il a trois objectifs : améliorer le service rendu aux citoyens, apporter une forte interopérabilité des services de sécurité et de secours, et projeter

bénéfices sociaux associés aux activités des SIS face à leurs coûts, il faut donc pouvoir fournir des indicateurs harmonisés sur un plan national et faciliter la collecte de données et donc la production d'indicateurs socio-économiques.[2]

Produire de tels indicateurs suppose de posséder des données pertinentes qui recouvrent l'activité dans sa globalité : les inputs, les outputs et les outcomes. A partir du moment que les données existantes ne sont qu'une représentation partielle de l'activité, alors toute analyse et tout indicateur synthétique s'expose à un risque de biais. Pour les SIS, suivant les définitions de leur activité dans le premier chapitre, cela suppose de pouvoir quantifier les actions qu'ils mettent en place (les moyens mobilisés) ainsi que leur impact socio-économique (dommages évités sur les personnes, les biens et l'environnement). Ces données doivent permettre de déterminer en quoi les inputs permettent d'obtenir un résultat donné – une quantité d'output qui correspond à un outcome (résultat social). Il y a donc un lien de cause à effet à identifier, qui permettrait de fonder le calcul socio-économique avec une forme de "evidence-based decision making". Il y a donc deux axes nécessaires à ce travail : la récupération des données pertinentes et leur exploitation pour valider ces liens de cause à effet.

Ce chapitre abordera alors les pratiques existantes en matière de la mesure d'activité des SIS afin d'apprécier leur pertinence et leurs contraintes pour le recueil de nouvelles données en France qui seraient destinées à intégrer le calcul socio-économique. Il traitera aussi la validité des liens de cause à effet pouvant être avancés dans la littérature afin d'apprécier la fiabilité des résultats statistiques pouvant être extrapolés dans le cadre d'une méthodologie de calcul socio-économique à grande échelle (niveau national).

La collecte des données représente un enjeu important pour le calcul socio-économique qu'il est nécessaire d'éclaircir dans le cadre des missions des SIS car - il convient de rappeler - les données recueillies dans le cadre des activités de sécurité civile par les SIS sont renseignées directement par les agents en intervention. Il est donc nécessaire d'évaluer la faisabilité des méthodes imposées aux praticiens par une telle démarche – que peut-on demander comme charge de travail (cognitif) supplémentaire à un sapeur-pompier dans le cadre de son intervention ? De plus, le recueil des données terrain par les acteurs du métier peut faire apparaître des biais de mesure (la fatigue pourrait impacter la précision avec laquelle ils recensent les informations dans le bilan d'intervention) qui auront nécessairement un impact sur le calcul socio-économique, comme l'appréciation de leurs gestes/actions en

l'ensemble des acteurs de la sécurité civile à l'ère digitale. Les travaux du GT *ESE pour les SIS* a contribué à alimenter les réflexions sur les démarches à mettre en place pour optimiser la collecte de données dans les années à venir.

[2] Cette demande émane notamment de la DGSCGC et a été mentionné dans un rapport du sénat (Vogel, 2019a) dont le commentaire fait référence à ce travail de thèse engagé et financé au sein de l'ENSOSP

intervention ou des dommages constatés, sans oublier la difficile appréciation d'une situation de référence (les dommages potentiels).

Ces problématiques ne peuvent donc être dissociés de ce qui a été présenté dans le premier chapitre – la difficile mesure d'une production (l'output : ce qui est mis en œuvre pour produire les services) qui est différente de celle du résultat social (l'outcome : la minimisation des dommages matériels, la sécurité des personnes, etc.) qu'on cherche à obtenir par ces services. Du coup, cette difficulté, qui est de nature conceptuelle, a de conséquences bien réelles car le résultat social peut non seulement être complexe à observer et à mesurer, mais également sensible à une multitude de facteurs externes - parfois inobservables - rendant difficile l'identification de toute relation de cause à effet entre les outputs et les outcomes.

Il est seulement en répondant à ces problématiques qu'on pourra arbitrer les meilleurs indicateurs à la fois d'un point de vue théorique et pratique pour prétendre à une utilisation étendue des méthodes d'évaluation socio-économique dans le domaine de la sécurité civile. Pour ce faire, la thèse prend le parti de s'appuyer sur les pratiques existantes dans la profession qu'on trouve dans la littérature scientifique, en se focalisant dans ce chapitre sur la lutte contre l'incendie. Étant donné que les problématiques liées à l'activité incendie des SIS sont communes à tous les pays, il est intéressant de comparer les différentes approches méthodologiques employées ainsi que la nature des données mobilisées et cela d'autant plus que de tels éléments empiriques ne sont pas visibles dans le cas de figure français. Alors qu'on pourrait envisager d'autres approches (des entretiens par exemple), nous considérons qu'il existe suffisamment de littérature scientifique sur le sujet pour que ce soit la manière la plus efficace d'appréhender les problématiques auxquelles nous souhaitons apporter des éléments de réponse.

La revue de la littérature qui suit cherche précisément à identifier - dans le cadre de l'activité de lutte contre l'incendie - les pratiques en recueil de données et les résultats obtenus en matière de relation de cause à effet. C'est sur la base de ce travail de recension que la thèse s'appuiera par la suite pour fonder de manière plus précise la démarche d'évaluation socio-économique de ces services en rapprochant notamment les résultats obtenus d'autres méthodologies existantes, pour lesquelles il existe des parallèles significatifs avec le risque incendie, comme notamment les programmes des actions de prévention contre les inondations (PAPI). Un tel rapprochement se justifie par les similitudes entre ces deux typologies de risque que nous allons rapidement présenter.

Le risque incendie génère comme le risque inondation des dommages matériels qui représentent l'élément le plus tangible à quantifier dans le calcul socio-économique, cela en raison du fait qu'on peut rapprocher la destruction des biens à leur prix de

marché. Il s'agit alors d'un point de départ pertinent dans le domaine de la sécurité civile puisque, comme nous avons décrit dans le premier chapitre, l'application d'autres méthodes de valorisations dont les méthodes non-marchandes nécessite une bonne maîtrise de ces méthodologies, notamment de la manière dont les valeurs monétaires affichées ont été élaborés (l'exemple principal restant la valeur d'une vie statistique qui n'équivaut pas à la valeur de la vie humaine). En se focalisant dans ce chapitre sur les dommages matériels, il est déjà possible de développer des analyses robustes de cette mission "phare" des SIS avant d'appréhender les éléments moins tangibles ensuite.

Tout comme les mesures de prévention face au risque inondation, les actions de lutte contre l'incendie ont pour objet de limiter les dommages constatés lorsqu'un sinistre se produit. Plus le sinistre est intense - un facteur qu'on cherche à mesurer au travers d'un proxy, comme la hauteur d'eau atteinte dans un logement pour le risque inondation - et plus les dommages seront importants. Il est en associant les caractéristiques de l'aléa à un niveau de dommages qu'il est possible d'établir des courbes de dommages qui traduisent leur variation en fonction de l'intensité de l'aléa. Ces courbes facilitent le calcul socio-économique puisqu'elle permet de relever directement une valeur des dommages attendus pour une intensité d'aléa donnée. Cela a l'avantage de simplifier le travail pour les praticiens mais également de garantir une approche standardisée du calcul sur le territoire national, chose importante pour les SIS qui évoluent en autonomie à l'échelle territoriale.

Ces courbes permettent notamment de déboucher sur l'indicateur synthétique des Dommages Évités Moyens Annuels (DEMA), obtenu en multipliant les dommages évités par la probabilité d'occurrence sur une année des différents aléas auxquels le projet est censé apporté une réponse. Cet indicateur traduit dans les évaluations les bénéfices associés aux projets qu'on envisage de mettre en place.

Nous souhaitons alors poser un cadre pour le calcul des DEMA pour les actions de lutte contre l'incendie et c'est la raison pour laquelle nous procédons à une revue de littérature sur ce questionnement. Pour y répondre, il semble indispensable de traiter deux échelons relatifs au paramétrage de ces courbes de dommages :

- un premier échelon relatif à la mesure des dommages : que peut-on exploiter en termes de données et avec quelles limites, comment peut-on les monétariser;
- et un deuxième échelon relatif à l'efficacité des actions des sapeurs-pompiers en intervention : quelle relation est affichée, quels facteurs l'influencent et comment elle peut varier en fonction de la nature de l'intervention.

Ce travail de recensement est nécessaire en raison des spécificités du secteur de la sécurité civile et plus particulièrement de la lutte contre l'incendie. Les actions des

sapeurs-pompiers dans la réponse aux sinistres semblent, a priori, bien plus difficiles à paramétrer que des mesures relatives à des installations techniques à titre préventif (les digues pour le risque inondation mais également les détecteurs de fumées ou les systèmes d'arrosage automatique pour le risque incendie). Les nuances dans leurs gestes pour lutter contre un incendie sont difficiles à objectiver : leur efficacité est impactée par des facteurs externes (l'agencement des lieux d'intervention par exemple) et leurs interventions varient de manière importante (un feu industriel ne présente ni les mêmes enjeux ni la même organisation qu'un feu d'habitation).

D'un point de vue conceptuel, le fait que leur intervention et les moyens mis en place ne permettent pas d'empêcher la survenue de tels sinistres a des conséquences importantes pour l'emploi d'une méthodologie de calcul socio-économique. En effet, contrairement aux domaines où sont traités des actions de prévention, les choix qui se présentent aux décideurs publics dans le dimensionnement d'un service public comme les SIS sont bien plus nuancés puisqu'il ne s'agit pas d'un choix binaire entre la mise en place ou non d'un projet spécifique, mais plutôt d'un choix dans le niveau de couverture des risques – tel qu'a été formalisé dans le premier chapitre. Cette nuance dans les options à évaluer fait partie des raisons pour lesquelles les praticiens ont autant du mal à s'approprier ces outils.

L'absence de méthodologie reconnue au sein des administrations pose également question. La publication de données sur le coût des incendies tel est le cas au Royaume-Uni (Office of the Deputy Prime Minister, 2005) ne semble pourtant pas avoir débouché sur un travail plus fin pour comprendre l'impact marginal des actions des sapeurs-pompiers sur ces coûts. Les travaux relatifs à l'évaluation socio-économique dans ce domaine relève plutôt de la sécurité incendie en prenant davantage une approche du point de vue bâtimentaire que du point de vue des SIS.

Le travail qui suit pose ce qui pourrait être les fondements d'un véritable calcul socio-économique de l'activité de lutte contre les incendies des SIS pour fournir des éléments favorables à la production de courbes de dommages qu'on pourrait généraliser au niveau national. En même temps, il doit également permettre d'identifier les obstacles qui peuvent exister dans une telle approche, et éviter ainsi la reproduction des mêmes erreurs. Cela est d'autant plus important que la France ne publie aucun chiffre relatif aux dommages/coûts des incendies comme peut être le cas dans d'autres pays occidentaux comme les Etats Unis ou le Royaume Uni (Office of the Deputy Prime Minister, 2005).

Pour ce faire, il est donc proposé d'analyser une littérature scientifique large, qui recouvrent des travaux de différents disciplines – qu'on peut apprécier via leur revue de publication – pour confronter les résultats statistiques qui pourront ensuite servir dans le calcul socio-économique, d'abord via des pistes pour un meilleur recensement

de données. A l'issu de cette revue de littérature, nous discuterons les perspectives pour ce calcul en l'état des connaissances et évoqueront les éventuelles limites qui seront apparues au travers des constats relatifs aux travaux existants.

2.2 La revue de la littérature

2.2.1 Introduction

Les services d'incendie et de secours (SIS) contribuent au bien-être social en répondant à divers incidents, non seulement les incendies mais également les catastrophes naturelles et les opérations de sauvetage en milieu périlleux. Leurs actions sauvent des vies et protègent les biens ainsi que le patrimoine historique et naturel. Néanmoins, les SIS ont historiquement été évalués sur la seule base de leur efficience technique (Ahlbrandt, 1973; Bouckaert, 1992; I. M. G. Sánchez, 2006; Reiljan, Tarmo Puolokainen, and Ülper, 2015), sans prendre en considération les bénéfices sociaux relatif à leurs actions. L'efficience technique mesure uniquement la transformation d'inputs en outputs. Les services publics tels que les SIS produisent pourtant un bien complexe, avec des outputs hétérogènes qui ne peuvent pas être associés directement aux bénéfices sociaux attendus (Jaldell, 2005).

La conjoncture économique relative aux finances publiques a imposé davantage de rigueur sur la dépense publique, un phénomène auquel les services publics tels que les SIS sont notamment exposés (Commission, 2008). Il y a, par conséquent, une hausse importante dans la demande pour une meilleure connaissance du rendement social des investissements dans les SIS (Sénat, 2022).

Se contenter d'une approche par l'efficience technique - même quand les outputs sont reliés aux objectifs socio-économiques (Jaldell, 2005; Jaldell, 2019) - sera toujours insuffisant pour évaluer les investissements dans les SIS. D'abord, une telle approche ne permet pas de peser les bénéfices sociaux des actions des SIS avec leurs coûts respectifs et deuxièmement, cela ne prend pas en compte l'ensemble des risques pour lesquels les SIS ont été dimensionnés.

De plus, alors que l'optimisation spatiale a prouvé populaire pour améliorer la localisation des centres d'incendie et de secours (Murray, 2013; Hou et al., 2021; Kiran, Corcoran, and Chhetri, 2018; Nisanci, 2010; Badri, Mortagy, and Ali Alsayed, 1998), la résolution de tels problèmes d'optimisation renvoie à des objectifs multiples et contradictoires (P. Chevalier et al., 2012). Une meilleure compréhension des vrais bénéfices économiques liés aux changements de couverture du risque incendie est indispensable.

L'évaluation économique est une méthode visant à déterminer les investissements les plus rentables parmi plusieurs alternatives en comparant les coûts et leurs bénéfices. Par sa nature, cela a pour intention de guider les décideurs publics dans leur choix en mettant en avant les investissements qui créent de la richesse d'un point de vue social - chose qui se réfère au critère de Kaldor-Hicks précisant que les bénéfices perçus par ceux qui profitent de l'investissement doit être au moins en mesure de compenser les pertes subies par ceux qui y perdent à l'échange, ce qui revient à dire que l'investissement doit générer un bénéfice net social positif. De tels cadres d'évaluation existent pour que la dépense publique soit allouée de manière optimale et pour que les ressources ne soient pas gaspillées.

L'utilisation de ce type d'évaluation se développe de manière plus systématique dans le secteur public. Cela se traduit notamment par la publication de guidelines produits au sein des administrations qui arbitrent sur les investissements publics (Guesnerie, 2017; Great Britain and Treasury, 2018). Ces méthodes gagnent également de l'adhérence dans les domaines relatifs aux SIS tels que la gestion des risques naturels (OECD, 2018; World Bank, 2021) et ont déjà été utilisés pour évaluer des mesures de protection contre l'incendie (Butry, Brown, and Fuller, 2007; Butry, 2009; Hasofer and Thomas, 2008; Hopkin, Spearpoint, Arnott, et al., 2019). Le risque inondation est un autre exemple abouti dans lequel des courbes de dommages sont employées pour estimer les pertes financières subies en cas de survenu d'un tel aléa (Huizinga, de Moel, and Szewczyk, 2017). La comparaison de courbes de dommages - démontrant l'évolution des dommages monétaires en fonction de certains paramètres clés - avec et sans des mesures de protection contre les inondations facilitent notamment l'évaluation de ces investissements en proposant une mesure claire de la réduction des dommages obtenus qui peut être intégrée dans une analyse coût-bénéfice.

Le parallèle avec le domaine du risque incendie est assez évident et démontre pourquoi il est nécessaire d'aller au-delà de ces simples mesures d'inputs et outputs évoqués ci-avant pour évaluer les dépenses des SIS. Pour ce faire, il est indispensable de comprendre les mécanismes qui permettent d'associer les outputs directs de leurs opérations aux mesures d'outcomes sociaux d'intérêt général. Cela sous-entend de mesurer l'effet marginal de différentes actions des SIS sur ces outcomes - définis globalement comme les pertes humaines et financières - pour lesquels les indicateurs les plus communs sont la propagation de l'incendie en termes de surfaces détruites et du risque de décès en cas d'incendie. Il y a des obstacles à l'estimation de cette relation, notamment en raison du niveau d'incertitude qui plane sur les conséquences sociales de tels évènements, mais surtout relatifs à la capacité du SIS à les réduire efficacement.

Pour répondre aux enjeux de l'évaluation socio-économique, il devient essentiel de maîtriser la relation complexe qui existe entre les outputs intermédiaires (comme le

délai d'intervention) et les outcomes (comme la valeur économique de la préjudice). Le développement qui suit a pour ambition de revenir sur ces relations importantes et structurantes de cette activité et sur lesquelles il existe une littérature importante. Il permettra dans un deuxième temps de discuter des pratiques d'évaluation actuelles et de préciser les développements à engager pour les améliorer.

2.2.2 Méthodologie

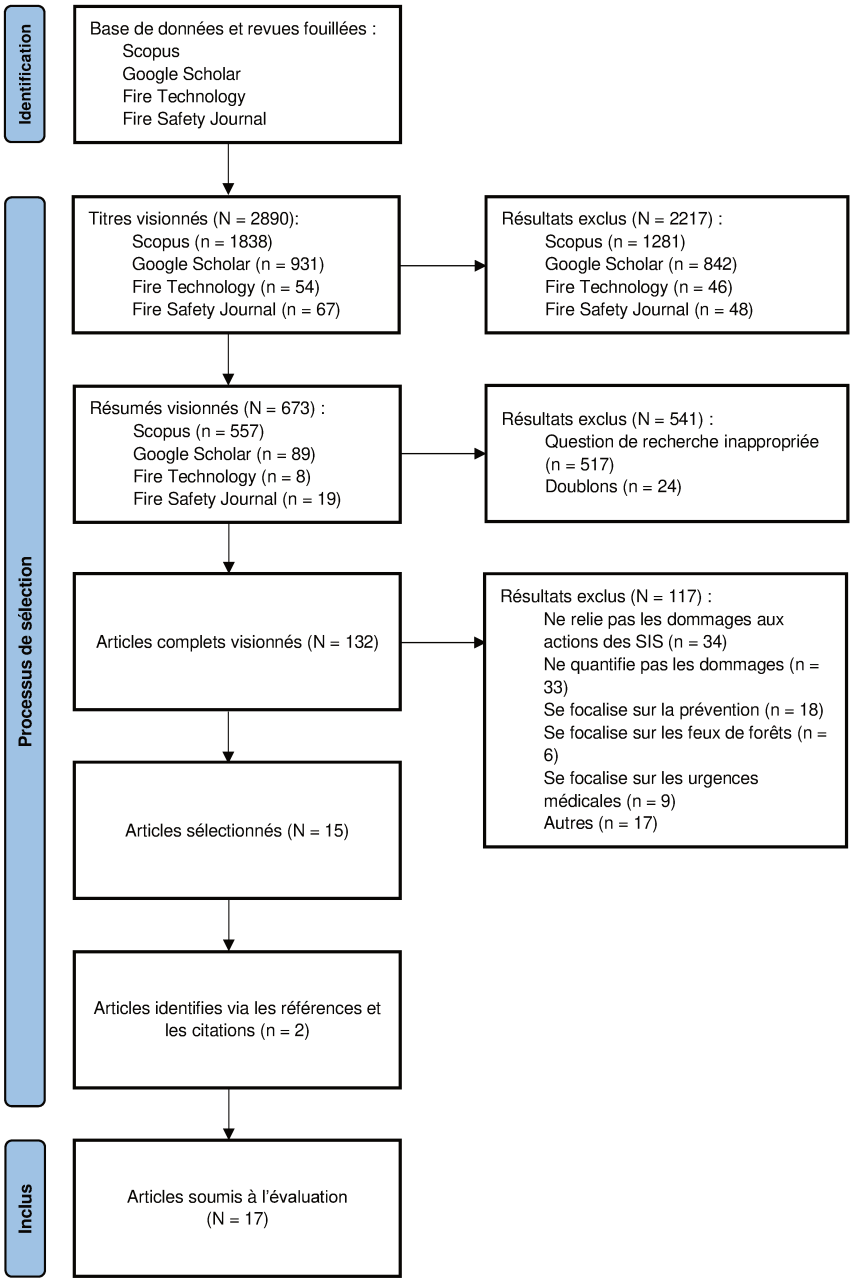
Une revue de littérature systématique a été conduite sur l'identification des liens de cause à effet entre les actions de lutte contre l'incendie des SIS et les outcomes sociaux d'intérêt sur les trente dernières années (1990-2021). Les articles scientifiques ont été sélectionnés au travers de plusieurs phases qui sont présentés dans la Figure 2.1. Deux sources principales ont été mobilisées : Scopus et Google Scholar. En complément de ces bases de données, des recherches ont également été faites à l'intérieur des revues scientifiques suivantes : Fire Technology et Fire Safety Journal ; ces revues ont été considérées comme les sources de connaissance les plus pertinentes sur le sujet. Les critères de recherche exacts sont disponibles en annexe E.

Les mots clés suivants ont été utilisés dans la première phase: "economic evaluation", "cost-benefit", "cost-effectiveness", "damage", "loss", "impact", "reponse time", "fire suppression", "effects" et "benefits" ; ils ont été croisés avec "fire and rescue service", "fire department", "fire service" and "fire brigade". Les titres des résultats obtenus ont été visualisés et une deuxième phase de sélection a été effectuée en fonction de la pertinence du titre de chaque article et ensuite en fonction du résumé de chaque article.

A ce stade, les résultats de différentes bases de données ont été regroupés et les doublons exclus. Les articles restants ont été ensuite triés selon le critère suivant : l'analyse d'une corrélation ou estimation d'un lien de cause à effet entre les actions de lutte contre l'incendie des SIS et les dommages observés. Un critère d'exclusion a aussi été appliqué pour ne retenir que les travaux faisant référence aux actions des SIS et non pas à d'autres acteurs qui peuvent être impliqués dans la réponse aux urgences, tel qu'a été le sujet de certaines recherches, intégrant d'autres primo-répondants (Weinholt and Andersson Granberg, 2015; Sund and Jaldell, 2018). Seuls les articles en anglais ont été considérés dans la sélection.

Les références et les citations des articles retenus ont été triés à partir de Semantic Scholar pour identifier des références secondaires. Ils ont été analysés selon les données employées, les techniques empiriques utilisées, les résultats obtenus, cela afin de déterminer leur capacité à identifier et quantifier de manière robuste les effets de causalité entre les actions de lutte contre l'incendie des SIS et les outcomes

Figure 2.1: Prisma flow chart



(a) Source : (Page et al., 2021)

sociaux mentionnés ci-dessus.

L'identification et la connaissance des données mobilisées dans ces travaux est primordial pour déterminer la validité externe des résultats qui sont présentés. La collecte de données est particulièrement délicate pour les SIS pour plusieurs raisons qui sont liées à la nature des données (dommages directs et indirects avec une temporalité différente) et à leur mode de recensement (dommages d'ordre tangible recensé par les assureurs, dommages intangibles recensables seulement auprès des sinistrés ou dommages relevant de l'utilité publique).

Pour les SIS, cela implique que la disponibilité de personnel pour collecter les données est coûteuse et nécessite des arbitrages sachant que la récupération de telles données ne peut être la priorité dans les situations d'urgence. C'est pour ces raisons que le transfert des résultats d'un contexte à un autre peut être d'un grand intérêt pour les SIS afin de produire des évaluations à moindre coût. La technique de transfert de bénéfices consiste à identifier des résultats pertinents venant des travaux existants qui peuvent être ensuite appliqués avec prudence dans un autre contexte. Une telle approche doit être appliquée avec précaution pour être fiable (Wickham et al., 2019) et il est donc indispensable que les résultats possèdent une certaine validité externe. C'est pour cette raison qu'il est indispensable d'identifier les hypothèses faites dans les différents travaux et d'en déduire les conséquences si on venait à appliquer les résultats dans un contexte différent.

Par ailleurs, la collecte de données peut être adaptée en fonction des objectifs et des contraintes de l'évaluation. On peut notamment exploiter différents types de données pour atteindre une même mesure des dommages. Par exemple, les dommages structurels aux logements peuvent être mesurés de manière quantitative et continue (la valeur monétaire ou le nombre de mètres carrés associés aux dommages) mais également de manière qualitative et ordinale (le nombre de pièces endommagées par le feu). Quand une mesure continue d'une donnée est utilisée, elle peut prendre une infinité de valeurs (la mesure monétaire des dommages structurels par exemple), alors qu'une mesure ordinale sous-entend une classification qui aura comme effet de regrouper certaines observations (ou de points statistiques).

Ces approches peuvent notamment permettre de réaliser des gains de temps dans la collecte de données - il est plus facile de mesurer le nombre de pièce endommagées que de quantifier l'ensemble des dommages monétaires lors d'un feu d'habitation – mais ont pour conséquence un recours nécessaire à différentes méthodes d'analyse pour interpréter les coefficients des modèles de régression obtenus. Par exemple, selon la nature de la variable dépendante (binaire, ordinaire, continue), on aura recours à des modèles statistiques différents (linéaire, logistique). La comparabilité des résultats obtenus de différents études peut alors souffrir de telles divergences.

Par ailleurs, ces modèles - employés pour identifier des liens de causalité - peuvent souffrir de divers biais qui fragilisent les conclusions, notamment en raison des variables omises via le problème d'endogénéité lorsqu'on cherche à mesurer l'impact d'une variable indépendante (l'action des sapeurs-pompiers) sur la variable dépendante (les dommages). Dès lors qu'une variable exclue de la modélisation s'avère indispensable pour expliquer une relation de cause à effet, alors il y aura un biais dans la modélisation proposée et plus précisément dans la variable indépendante pour laquelle on cherche à déterminer un coefficient de mesure (son impact marginal sur la variable dépendante). Quand la variable exclue a une corrélation positive avec cette variable indépendante, alors son exclusion entraînera une surestimation de l'impact de cette variable dans l'estimation du modèle. Il est pour cette raison qu'il est important d'inclure toutes les variables explicatives dans la procédure d'estimation. Néanmoins, cela peut être impossible s'il n'en existe pas une mesure dans les données recueillies. On distinguera alors les variables omises par contrainte (impossibilité d'observer la donnée) et par choix (décision de ne pas observer la donnée pour des raisons de simplicité ou de coût).

Le problème d'endogénéité prend également une autre dimension dans l'analyse économétrique du secteur public puisqu'il est soumis au biais de simultanéité, ou de causalité inverse. L'exemple le plus courant de ce phénomène a été mis en avant dans l'économie de la criminalité (Tella and Schargrodsky, 2004), où il s'avère difficile d'évaluer l'impact de la police sur le taux de criminalité en raison du fait que les moyens alloués dépendent justement du niveau de crime. Cet exemple peut facilement être transposé aux SIS puisque la prévalence du risque incendie sera déterminant pour calibrer le niveau de couverture de ce risque de la part des SIS. On peut constater que cette problématique est particulièrement prégnante dans le secteur public puisque les pouvoirs publics doivent répondre à la demande des citoyens. Pour rester au pouvoir, ils sont donc amenés à répondre à leurs attentes.

A l'échelle de notre analyse, où l'on est plutôt amené à s'interroger sur le rôle que peut jouer le délai d'intervention (ou plus généralement la quantité des moyens déployés pour lutter contre un incendie) pour évaluer l'efficacité des actions mises en place par les sapeurs-pompiers, cette endogénéité découle plutôt du fait que les appels d'urgence peuvent faire sujet d'un tri au moment de l'appel. De ce fait, les sinistres d'une plus grande urgence seront traités le plus rapidement (le déploiement des moyens sera accéléré par rapport à des cas représentant un degré d'urgence moins élevé), chose qui a été démontré dans le cas des services d'urgence médical (Wilde, 2008). On ne pourra pas déduire l'effet causal des moyens supplémentaires pour éteindre un incendie si les plus gros feux créant les dommages les plus importants nécessite systématiquement plus de moyens opérationnels.

Enfin, les résultats obtenus dans ces travaux doivent nécessairement être faciles à

interpréter afin d'être transposables à des situations réelles par les praticiens. Les bénéfices quantifiés doivent être directement imputables aux actions entreprises par les SIS et faciles à associer aux indicateurs de performance de ces services, par exemple : une minute de délai supplémentaire, un sapeur-pompier ou un engin de secours supplémentaire, etc. Cela est important si de telles recherches conduisent à alimenter les évaluations socio-économiques des activités des SIS.

2.2.3 Résultats

Suivant les étapes présentées dans la figure 2.1, 132 articles ont été retenus selon les critères de recherche par mots-clés. A ce stade, les raisons pour l'exclusion de différents articles sont visibles dans la figure 2.1. 15 articles ont été sélectionnés et 2 autres articles ont été identifiés via les références et les citations. 2 articles correspondant à l'ensemble des critères n'étaient pas disponibles pour une analyse complète (Smith et al., 2016; Tillander, Lindblom, and Keski-Rahkonen, 2002). L'ensemble de travaux figurant dans cette revue de la littérature est constitué de 17 articles. Le tableau 2.1 donne un résumé des résultats de ces différents travaux scientifiques.

Des 17 articles retenus, 13 ont analysé l'impact des SIS sur les dommages structurels causés par les incendies et 4 ont analysé uniquement les opérations de sauvetage ; 5 articles ont considéré simultanément les dommages structurels et humains. 15 articles ont utilisé la variable du laps de temps (délai d'intervention) sous une forme ou une autre pour analyser l'évolution de ces dommages en fonction de l'intervention des SIS.

Globalement, ces travaux ont fait référence au délai d'intervention mais d'autres notions ont été mobilisés telles que le délai de détection de l'incendie ou la durée d'extinction. 7 articles ont inclus la propagation de l'incendie sur une échelle binaire ou ordinaire dans l'analyse alors que dix articles ont inclus une mesure contenu des dommages matériels causés par les incendies soit au travers de la valeur monétaire du mètre carré détruit ("dollar loss") ou la surface détruite (m^2).

Des modèles de régression logistique ont été employés dans 3 des 4 articles traitant le risque de fatalité dans les incendies d'habitation (Jaldell, 2017; Runefors, 2020; Min, Kim, and C. K. Lee, 2019). Un quatrième et cinquième cas de modèles de régression linéaire généralisé ont été présentés dans deux autres articles qui ont employé la propagation de l'incendie sur une échelle ordinaire ou binaire comme variable dépendante pour analyser la performance des SIS (Jaldell, 2005; Jaldell, 2019). Des modèles de régressions linéaires ont été utilisés dans cinq articles pour estimer la relation entre le délai d'intervention et les dommages structurels (Brent and Beland, 2020; Challands, 2010; Y. S. Lin, C. H. Lin, and Huang, 2009; L. Lu

et al., 2014). Un article a employé des simulations pour générer des courbes de dommages à partir d'un logiciel adapté au risque incendie (Anderson and Ezekoye, 2018) alors qu'un second article a effectué des simulations de Monte Carlo dans son analyse (Buffington and Ezekoye, 2019).

Table 2.1: Résultats qualitatives de la revue de la littérature

Premier auteur (année)	Sujet	Méthodologie	Indicateurs Clés	Données	Résultats	Pays	Évaluation Économique	Limites de la stratégie empirique
Anderson (2018)	Quantification des dommages d'incendie d'habitation	Simulations avec le logiciel CFast pour générer des courbes de dommages	- Pièce de départ - Surface d'origine - Surface endommagée - Durée d'engagement	Données nationales sur l'incendie	L'impact de sapeurs-pompiers ou de nouveaux centre d'incendie et de secours sur le nombre d'incendies contenus à la pièce d'origine	Etats Unis	Non	Valeurs hypothétiques du gain d'efficience relatif à l'intervention des sapeurs-pompiers
Brent (2020)	Impact des conditions de circulation sur l'intervention des primo-répondants	Régression linéaire	Retard dû à la circulation - Délai d'intervention - Valeur monétaire des dommages matériels	Données d'un état des USA sur l'incendie et les conditions de circulation sur 8 ans	Une plus forte circulation est associée à des dommages matériels plus importants dûs aux incendies. L'impact est non-linéaire et le plus fort dans le dixième décile de la distribution.	Etats Unis	Non	Bruit statistique dans les données
Brudney (1992)	Evaluation des différentes composi-tions de personnel des services d'incendie et de secours	Analyse coût-efficacité d'un effectif de sapeurs-pompiers professionnels, de volontaires et d'un mixte	- Dommages matériels - Nombre d'incendies - Nombre de blessés - Indice assurantielle	Données des services d'incendie et de secours d'un état des USA sur 3 ans	Il est coût-efficace de favoriser un service d'incendie et de secours composé uniquement de volontaires lorsque le coût annuel est $< 835\$$/volontaire, au delà de $1500\$$/volontaire il est préférable d'employer uniquement des professionnels.	Etats Unis	Oui	Validité externe des résultats

Table 2.1: suite

Premier auteur (année)	Sujet	Méthodologie	Indicateurs Clés	Données	Résultats	Pays	Évaluation Économique	Limites de la stratégie empirique
Buffington (2019)	Impact du délai d'intervention sur les dommages matériels	Corrélation entre les indicateurs de la sévérité des dommages et le délai d'intervention avec des simulations Monte-Carlo	- Délai d'intervention - Surface brûlée - Mesure ordinaire de la propagation - Dommages dûs aux flammes	Données nationales sur 16 ans	La probabilité de propagation augmente entre 4 et 11 minutes, les dommages augmentant de 3000$ minute entre 3 et 13 minutes. La probabilité que les dommages excèdent 50 000$ est deux fois plus grand après 12 minutes qu'après 3 minutes.	Etats Unis	Non	Qualité et fiabilité des données mobilisées
Challands (2010)	Impact du délai d'intervention sur les dommages matériels	Corrélation entre le délai d'intervention et des dommages causés par l'incendie	- Délai d'intervention - Dommages monétaires dûs aux incendies - Mesure ordinaire de la propagation	Données nationales sur 5 ans	Les dommages dûs aux incendies croît de 4000$/minute. Le délai d'intervention n' pas d'influence sur la survie des victimes.	Nouvelle Zélande	Non	Qualité et fiabilité des données
Jaldell (2019)	Impact du délai d'intervention sur la propaga-tion des incendies d'habitation	Estimation d'une fonction de production avec un modèle de régression logistique	- Délai d'intervention - Mesure binaire et ordinaire de la propagation	Données nationales sur 5 ans	L'efficience des services d'incendie et de secours diminue avec le délai d'intervention. Augmenter le personnel améliore l'efficience, notamment pour le recrutement de sapeurs-pompiers professionnels.	Suède	Non	Les données ne concernent pas les dommages monétaires dûs aux incendies

Table 2.1: suite

Premier auteur (année)	Sujet	Méthodologie	Indicateurs Clés	Données	Résultats	Pays	Évaluation Économique	Limites de la stratégie empirique
Jaldell (2017)	Impact du délai d'intervention sur la survie des victimes pour les incendies d'habitation	Régression logistique	- Délai d'intervention - Nombre de décès	Données nationales sur 9 ans	Diminuer le délai d'intervention d'une minute permet de sauver environ 2 vie/an.	Suède	Non	N'emploie pas de variables socio-démographiques de contrôle
Jaldell (2005)	Impact du service d'incendie et de secours sur la maîtrise des incendies	Estimation d'une fonction de production avec des modèles de régression probit	- Délai d'intervention - Surface de propagation - Personnes sauvées - Nombre de sapeurs-pompiers	Données nationales sur 2 ans	Le délai d'intervention n'influence pas la propagation. Mobiliser plus de sapeurs-pompiers permet de réduire la propagation et la notion d'esprit d'équipe peut avoir un impact sur l'efficacité de la lutte.	Suède	Non	N'emploie pas de variables environnementales de contrôle
Kobayashi (2011)	Analyse des activités de lutte contre l'incendie sur les dommages des incendies d'habitation construite en bois	Corrélation entre les dommages matériels et les délais de réponse des services d'incendie et de secours	- Délai d'intervention - Délai de traitement - Durée d'intervention - Surface endommagée (m^2)	Données nationales sur 10 ans	Il y a peu de corrélation entre le délai d'intervention et la surface endommagée. Une corrélation plus significatif est observée entre la surface endommagée et la distance entre le lieu de l'incendie et le centre d'incendie et de secours le plus proche.	Japon	Non	Fiabilité des données relatives au délai d'intervention

Table 2.1: suite

Premier auteur (année)	Sujet	Méthodologie	Indicateurs Clés	Données	Résultats	Pays	Évaluation Économique	Limites de la stratégie empirique
Kobes (2016)	Analyse des facteurs influençant la survie en situation de sauvetage lors des incendies	Analyse statistique de questionnaires soumis aux officiers de sapeurs-pompiers	- Nombre de décès - Délai d'intervention - Caractéristiques des victimes	Données nationales sur 2 ans	Un grand nombre de sauvetages sont effectués dans les incendies d'habitation mais la capacité à les réussir est dépendant des caractéristiques socio-démographiques des victimes dont leur mobilité.	Pays Bas	Non	Qualité et fiabilité des données
Lin (2009)	Facteurs explicatives des dommages causés par les incendies	Analyse par facteurs, par chemins et régression linéaire	- Dommages monétaires dûs aux incendies - Délai d'intervention - Durée d'extinction - Moyens humains engagés dans la lutte	Données nationales sur 4 ans	La durée d'extinction et les moyens humains nécessaires pour y parvenir augmentent avec les dommages constatés mais pas avec le délai d'intervention.	Taiwan	Non	Risque d'endogénéité dans l'analyse
Lu Lu (2014)	Impact du délai d'intervention sur la surface brûlée	Régression linéaire	- Surface endommagée (m^2) - Délai d'intervention	Données nationales et régionales sur les incendies urbaines sur 9 à 11 ans	La capacité des services d'incendie et de secours est le plus important à des délais d'intervention inférieur à 12 minutes.	Chine et Japon	Non	N'étudie pas les incendies avec un délai d'intervention supérieur à 15 minutes

Table 2.1: suite

Premier auteur (année)	Sujet	Méthodologie	Indicateurs Clés	Données	Résultats	Pays	Évaluation Économique	Limites de la stratégie empirique
Manes (2019)	Impact du délai d'intervention sur la survie et les dommages matériels	Corrélation entre le délai d'intervention et les dommages dûs aux incendies	- Délai d'intervention - Nombre de décès - Dommages monétaires dûs aux incendies	Données nationales sur 8 ans	Le taux de mortalité dans les incendies plafonne entre 4 et 9 minutes. Les dommages augmentent jusqu'à 6 minutes et puis décroient.	Royaume-Uni	Non	Risque d'endogénéité dans l'analyse
Mattson (1997)	Impact socio-économique des services d'incendie et de secours	Impact d'un changement du délai d'intervention sur les dommages humains et matériels suite aux incendies	- Délai d'intervention - Nombre d'incendies - Nombre de décès - Nombre de blessés - Dommages monétaires	Données des services d'incendie et de secours recouvrant 50 sur 300 municipalités et données assurantielles	Les sapeurs-pompiers professionnels ne sont pas rentables pour des municipalités avec une population inférieure à 30 000.	Suède	Oui	Données assurantielles issues d'un pays voisin
Min (2019)	Effet de l'accessibilité aux services d'incendie et de secours sur les décès et les blessés dans les incendies	Régression logistique	- Nombre de décès et de blessés dans les incendies involontaires d'habitation - Score d'accès spatial aux service d'incendie et de secours	Données d'une grande ville sur 4 ans	Il y a un lien significatif mais de faible grandeur entre l'accessibilité aux services d'incendie et de secours et le nombre de décès et de blessés constatés. Améliorer l'accès pourrait réduire la prévalence de ces évènements.	Etats Unis	Non	Interprétation du score d'accessibilité spatiale aux services d'incendie et de secours

Table 2.1: suite

Premier auteur (année)	Sujet	Méthodologie	Indicateurs Clés	Données	Résultats	Pays	Évaluation Économique	Limites de la stratégie empirique
Runefors (2020)	Les sauvetages dans les incendies d'habitation	Régression logistique	- Délai d'intervention - Nombre de décès	Données nationales sur 1 an	Une réduction du délai d'intervention d'une minute peut permettre de sauver 5 vies/an.	Suède	Non	Absence de données longitudinales
Sardqvist (2000)	Les actions des services d'incendie et de secours sur la surface brûlé des incendies non-résidentiels	Régression linéaire	- Surface brûlée (m^2) - Délai d'intervention - Durée d'intervention - Nombre d'engins mobilisés	Données d'une grande ville sur 4 ans	Le délai d'intervention n'est pas associé à la surface brûlée à l'arrivée du service d'incendie et de secours	Angleterre	Non	Validité externe des résultats

Les données employées dans ces travaux ont tendance à couvrir l'échelle nationale (Jaldell, 2005; Jaldell, 2019; Jaldell, 2017; Runefors, 2020; Y. S. Lin, C. H. Lin, and Huang, 2009; Anderson and Ezekoye, 2018; Buffington and Ezekoye, 2019; Kobes and Van Den Dikkenberg, 2016; Kobayashi, 2011; Martina Manes and David Rush, 2019), avec un nombre d'articles traitant les données américaines de la NFIRS (National Fire Incident Reporting System) (Min, Kim, and C. K. Lee, 2019; Brent and Beland, 2020; Anderson and Ezekoye, 2018; Buffington and Ezekoye, 2019). Seulement cinq articles ont utilisé des données à un échelon inférieur (Min, Kim, and C. K. Lee, 2019; Brent and Beland, 2020; L. Lu et al., 2014; Sardqvist and Holmstedt, 2000; Brudney and W. D. Duncombe, 1992). Trois articles ont utilisé une deuxième source de données pour acquérir des données sur les dommages causés par les incendies (Mattsson and Juas, 1997), un deuxième article obtient des données sur les conditions de circulation afin d'analyser l'impact sur les dommages en raison d'une arrivée retardée sur les lieux de l'intervention des SIS (Brent and Beland, 2020) et un troisième mobilise de données de recensement pour exploiter les facteurs socio-démographiques de la population (Min, Kim, and C. K. Lee, 2019).

Deux articles soulignent le problème d'endogénéité relatif à l'identification de liens de cause à effet dans l'introduction de leur travail (Anderson and Ezekoye, 2018; Buffington and Ezekoye, 2019) alors qu'un nombre de travaux utilisent des variables de contrôle pour tenir compte de l'information non-observée dans leur modélisation statistique (Jaldell, 2019; Min, Kim, and C. K. Lee, 2019; Y. S. Lin, C. H. Lin, and Huang, 2009; L. Lu et al., 2014; Buffington and Ezekoye, 2019; Brudney and W. D. Duncombe, 1992). Un article semble proposer une solution au problème d'endogénéité en utilisant les conditions de circulation pour analyser les dommages causés par les incendies comme variable instrumentale (Brent and Beland, 2020).

D'un point de vue géographique, les pays les plus récurrents dans cette revue de littérature sont les Etats Unis et la Suède, chaque pays comptant cinq articles. Alors que les dommages structurels causés par les incendies sont utilisés dans une grande variété de travaux dans tous les pays, les fatalités en cas d'incendie ont majoritairement été étudiées en Europe (Jaldell, 2017; Runefors, 2020; Kobes and Van Den Dikkenberg, 2016; Martina Manes and David Rush, 2019), avec juste une exception venant des Etats Unis (Min, Kim, and C. K. Lee, 2019).

Pour résumer les résultats des articles qui forment cette revue de littérature par rapport aux deux impacts principaux imputables aux actions des SIS dans la lutte contre l'incendie (les dommages structurels et les fatalités): il y a de plus en plus de preuves empiriques qu'un délai d'intervention réduit des SIS est associé à une plus faible propagation des incendies (Jaldell, 2019; L. Lu et al., 2014; Buffington and Ezekoye, 2019), avec tout de même une relation non-linéaire (Brent and Beland, 2020); il y a aussi des preuves empiriques de deux articles indiquant un

potentiel à réduire le nombre de fatalités dans les incendies d'habitation avec un délai d'intervention plus court (Runefors, 2020; Kobes and Van Den Dikkenberg, 2016), bien qu'il y a ait au moins un article qui contredit cela dans ces résultats (Challands, 2010). De tels effets sont au final peut être statistiquement significatifs mais de faible magnitude (Min, Kim, and C. K. Lee, 2019) laissant plus de questions que de réponses vis-à-vis de l'efficience économique de ces actions.

Deux articles dans cette revue de littérature produisent une évaluation économique, un à partir d'une analyse coût-efficacité (Brudney and W. D. Duncombe, 1992) et l'autre à partir d'une analyse coût-bénéfice (Mattsson and Juas, 1997). Les deux travaux suggèrent qu'en fonction de l'écart de performance et de coûts des effectifs de sapeur-pompier professionnels et volontaire, il est possible d'établir des seuils d'optimalité pour la composition des effectifs sur un critère socio-économique qui tient compte des dommages causés par les incendies dans ces différents scénarios.

2.2.4 Discussion

Limites

Cette revue de littérature présente elle-même des limites qui sont nécessairement liées aux critères d'exclusions qui ont été imposés. Le choix de se focaliser exclusivement sur les articles portant sur le lien entre les actions de lutte contre l'incendie et les pertes constatés, ainsi écartant d'autres travaux sur la propagation des incendies (Sund and Jaldell, 2018; Manes and Rush, 2019; S. Lu et al., 2013; Song et al., 2003). De manière similaire, la littérature extensive sur la protection incendie - dont les systèmes d'arrosage automatiques (Butry, 2009; Hasofer and Thomas, 2008; Hopkin, Spearpoint, and Van Coile, 2018) - a été exclu et pourrait impliquer que certains résultats relatifs à l'association entre les dommages causés par les incendies et le laps de temps avant son extinction aient été négligées. Toutefois, cela n'implique pas pour autant que ces résultats seraient d'une fiabilité suffisante pour traduire les actions des sapeurs-pompiers - notre objectif principal.

De manière similaire, la décision a été prise - pour ne retenir que les développements qui concernent les activités dans lesquels les sapeurs-pompiers sont les acteurs principaux - que tout travail relatif aux services d'urgence médicale et les collaborations d'autres services avec les SIS seraient exclus car ils n'ont pas analysé la performance du SIS seul. Ce choix est fait pour éviter toute confusion que pourrait causer les effets confondants sur les résultats qu'on attribuerait à tort aux SIS en cas d'action jointe par de multiples services. Cela permet ainsi d'éviter tout risque de surestimer la valeur socio-économique des actions entreprises par les sapeurs-pompiers. Cet arbitrage dans le processus de sélection a relativement peu de conséquences sur la composition de la revue de la littérature compte tenu de l'orientation sur la

lutte contre l'incendie – les collaborations ont plutôt tendance à concerner les interventions pour les urgences médicales (Weinholt and Andersson Granberg, 2015; Holmgren and Weinholt, 2016). Les exceptions sont les travaux analysant le rôle des primo-intervenants (dont les agents du secteur privé) dans la détection précoce des incendies. On se prive donc des études susceptibles d'évaluer l'efficacité d'une détection très rapide des incendies, analyse qui apporterait peu d'éléments pertinents relatifs à l'efficacité réelle des actions des SIS quand on tient compte de leurs contraintes organisationnelles – on ne peut pas envisager une couverture territoriale à moins de cinq minutes, connaître l'impact marginal à ce niveau représente alors un intérêt limité dans le cadre des calculs susceptibles d'être produit par les SIS.

Ces choix n'interdisent pas de tirer des conclussions significatives sur l'état de la littérature en ce qui concerne la mesure d'efficacité des actions engagées par les sapeurs-pompiers dans la lutte contre l'incendie, à la fois dans la mesure des dommages et son association à leurs actions, aussi diverses que soient-elles. Ces travaux - exclus - ont tendance à s'appuyer sur les mêmes données et n'apportent pas des originalités sur la question de causalité entre dommage et actions des SIS qu'on cherche à développer.

Interprétation des résultats

Cette revue de littérature a traité l'estimation des liens de cause à effet des actions de lutte contre l'incendie de la part des SIS sur les dommages sociaux observés, cela dans le but de mieux évaluer les investissements dans ces services en calculant à la fois les bénéfices et les coûts de ces services dans différents scénarios avec les méthodes d'évaluation socio-économique.

En termes de résultats empiriques, les résultats les plus pertinents qui pourraient servir dans l'évaluation socio-économique relative aux ressources allouées aux SIS sont les suivants: la capacité à contenir les dommages causés par l'incendie est nettement supérieur dès lors que le délai d'intervention est inférieur à 12 minutes (L. Lu et al., 2014; Buffington and Ezekoye, 2019), réduire le délai d'intervention d'une minute peut réduire le nombre de fatalités de 2,8% (Jaldell, 2017) et le nombre de fatalités dans les incendies pourrait augmenter de 58% sont l'intervention des SIS (Runefors, 2020).

La majorité de ces résultats sont exprimés relatifs au délai d'intervention - cela a toujours constitué une approche logique de la qualité de la provision des services d'urgence. La couverture du risque incendie, par exemple, a été traité à plusieurs reprises au travers des algorithmes d'optimisation (Murray, 2013; Clarke and Miles, 2012; Shahparvari, Fadaki, and Chhetri, 2020). Ces travaux choisissent d'optimiser le délai d'intervention sous l'hypothèse que plus vite on arrive sur les lieux, plus l'intervention des SIS est efficace pour limiter les dommages. Les preuves empiriques

d'une telle relation ne sont pas toujours facilement identifiables, au point de remettre en cause un usage automatique de cette relation dans l'évaluation économique des SIS. L'hétérogénéité présente dans la nature des incendies auxquels font face les SIS peut notamment peser sur l'importance relative de chaque facteur de leur réponse dans l'atteinte d'efficacité (les moyens et la rapidité de leur déploiement). Il s'agit en effet du point le plus souvent mis en avant par les praticiens dans de telles discussions au sujet du délai d'intervention et cela quel que soit la nature de l'intervention. Néanmoins, son importance semble être le plus conséquent en matière de lutte contre l'incendie : l'efficacité dépend d'une réponse rapide avec des moyens adaptés. De tels moyens sous-entend du personnel et du matériel mais également les ressources nécessaires pour lutter contre le feu. Il serait alors indispensable de combiner une mesure non seulement du délai d'intervention des premiers moyens sur les lieux mais surtout de l'ensemble de moyens acheminés sur les lieux avec leur délai respectif.

Cette revue de littérature montre qu'une grande importance est accordée au délai d'intervention dans l'analyse de l'efficacité de la lutte contre l'incendie des sapeurs-pompiers. Les avantages de cet indicateur sont visibles au travers des résultats qu'on vient de présenter : il permet de synthétiser sous un indicateur unique l'impact marginal d'une intervention plus ou moins efficace. Cet indicateur bénéfice également d'une large reconnaissance et son recensement dans les systèmes d'information est systématique. Les résultats renforcent l'hypothèse selon laquelle le délai d'intervention impacte le niveau des dommages, mais cette relation n'est sans doute pas aussi simple qu'on pourrait l'imaginer. Elle est sans doute loin d'être linéaire, chose qui est visible au travers des fonctions de croissance des incendies (Manes and Rush, 2019; Holborn, Nolan, and Golt, 2004). Ces fonctions sont non seulement non-linéaires mais varient aussi selon les caractéristiques du bâtiment.

Il y a un certain degré de convergence entre les résultats présentés dans cette revue de littérature par rapport à l'impact du délai d'intervention sur les dommages causés par les incendies dans différents pays (Etats Unis et Chine/Japon), donnant une indication qu'il peut être envisageable d'appliquer ces résultats à différents contextes avec la méthodologie de transfert de bénéfices - principalement pour les pays ne possédant pas de leurs propres données. Cela a déjà été appliqué dans un cas de figure (Holmgren and Weinholt, 2016) même s'il ne concerne pas un transfert au niveau international.

Pour autant, il ne faut pas se limiter à cet indicateur. Il faut impérativement s'interroger – suivant les remarques des praticiens – sur le rôle des autres facteurs contribuant à l'efficacité des actions menées par les SIS. En effet, le délai d'intervention seul s'avère assez réducteur pour traduire l'activité de lutte contre l'incendie de la part des SIS dès lors qu'on prend conscience de divers paramètres liés à l'efficacité d'une intervention et justement l'hétérogénéité que peut présen-

ter différents incendies en termes de risques et donc de besoins matériels. Le délai d'intervention est juste un élément qui forme la réponse des SIS : le nombre de sapeurs-pompiers, le nombre et le type d'engins incendie et le nombre de lances incendies peuvent tous impacter la performance des SIS dans un degré différent selon la nature de l'incendie. Cette revue de littérature ne montre que très peu d'éléments permettant de lier ces facteurs au niveau de dommages causés par les incendies. Par ailleurs, seuls quelques travaux mettant en relation l'utilisation d'eau avec la capacité ou la force de frappe des SIS dans la lutte contre l'incendie permettent d'alimenter ce questionnement (Grimwood and Sanderson, 2015; Sardqvist, Jonsson, and Paul Grimwood, 2018).

L'intérêt du calcul socio-économique pour les SIS va bien au-delà du délai d'intervention en ce qui concerne la lutte contre l'incendie. Pour apprécier l'intérêt social de nouveaux investissements dans leurs services, il semble indispensable de mesurer l'impact de moyens matériels plus avancés, ou des infrastructures plus favorables à l'intervention des SIS. La littérature existante ne permet pas d'appréhender ces questions car, pour une raison ou une autre, les travaux ne se sont pas penchés sur leur retour sur investissement. L'approche par le délai d'intervention bride les possibilités puisque certaines dépenses n'auront qu'un impact sur l'intervention des SIS par d'autres canaux, comme par exemple du matériel plus performant permettant d'éteindre plus rapidement les incendies, une fois sur les lieux. Les lances incendies connaissent, par exemple, de fortes évolutions et pourtant on ne semble pas être en capacité d'en déduire le gain en efficacité obtenu et le traduire dans une analyse coût-bénéfice.

Cette revue de la littérature a également démontré en quoi il est possible d'employer différentes mesures de la propagation d'un incendie pour mesurer l'impact du SIS sur les dommages. Compte tenu de la difficulté - à la fois en termes de temps et de coût - d'établir et d'entretenir des bases de données fiables sur les dommages causés par les incendies sur une échelle continue, une approche ordinale semble constituer un bon point de départ pour les SIS cherchant à développer leur acquisition de données sur ces dommages. Cette observation s'oppose toutefois aux conseils que l'on peut retrouver dans la littérature concernant la collecte de données sur les incendies (Salter et al., 2013) - l'arbitrage entre la facilité du recueil de données et la qualité inhérente des données qui en ressortent ne fait pas l'unanimité.

Si les pertes monétaires dues aux incendies sont récupérables auprès des assureurs, elles représentent évidemment une source de données riches, tout en tenant compte du fait qu'elles doivent sous-estimer les pertes réelles, notamment en ce qui concerne les incendies d'habitation.

On peut observer qu'une majorité de cette littérature se focalise sur le risque des

incendies d'habitation. Alors que ce risque est significatif dans le dimensionnement des SIS, il ne représente qu'une faible part de leur activité. Cela semble être une des principales limites de la littérature existante étant donné que des ressources plus coûteuses sont nécessaires pour lutter contre les incendies de nature plus complexe et de plus grande ampleur tels que les incendies industriels, un fait pour lequel il y a déjà des écrits (Grimwood and Sanderson, 2015).

Les articles recensés dans cette revue de littérature traitent essentiellement des conséquences directes associées aux incendies sur lesquelles les SIS peuvent en théorie agir : les dommages structurels et les fatalités. La question doit être posée de savoir si ces effets sont suffisamment exhaustifs pour l'évaluation socio-économique des activités des SIS. Il y a eu, par exemple, des travaux portant sur la valorisation des bénéfices intangibles associés aux actions des SIS (Jones et al., 2012). Ces approches nécessiteraient, pour conclure de manière plus robuste, d'importants travaux complémentaires. Une piste plus abordable constituerait à prendre en compte les morbidités résultant de l'exposition au feu. Dans les évaluations existantes des activités des SIS, ces impacts ne sont ni quantifiés ni monétarisés. Ils sont pris en compte simplement comme des bénéfices non-monétaires qui ne peuvent peser dans les calculs d'efficience. Il y a pourtant des travaux sur le sujet (Spackman and Carter, 2010) et même si la qualité de la donnée reste un enjeu de taille, il devrait vraiment y avoir plus d'efforts consacrés à l'impact des actions des SIS sur les morbidités liées aux incendies.

Enfin, cette revue de la littérature met en lumière les lacunes dans la valorisation monétaire des dommages causés par les incendies. Les résultats indiquent qu'il existe peu de données permettant de valoriser de manière précise ces pertes, puisque les mesures de propagation en surface ne sont pas accompagnées par une mesure monétaire. Les mesures monétaires utilisées tendent à se baser sur les données assurantielles (Mattsson and Juas, 1997) ou le prix de construction du mètre carré (Buffington and Ezekoye, 2019), tous les deux susceptibles de sous-estimer les réelles pertes économiques. De plus, les données venant du Royaume-Uni et des Etats Unis présentent des limites importantes (Buffington and Ezekoye, 2019; Salter et al., 2013) – des données manquantes sont récurrentes, des ambiguïtés existent dans la classification des incendies en fonction de leur propagation - et cela malgré le fait qu'elles représentent a priori les meilleures sources sur le plan mondial.

Perspectives

Cette revue de la littérature a révélé trois pistes clefs pour les travaux futurs dans ce domaine. D'abord, il s'agit de mener davantage de réflexions sur le rôle que peuvent avoir les différentes ressources mobilisées par les SIS pour limiter les dommages causés par les incendies. Les travaux actuels ne permettent pas d'établir claire-

ment le rôle que jouent les facteurs communément évoqués (délai d'intervention, nombre de sapeurs-pompiers, nombre d'engins, quantité d'eau disponible) dans la détermination de l'efficacité du SIS pour différentes typologies d'intervention. Ils ne permettent pas non plus de mesurer ces interactions en tenant compte des contraintes et des coûts de ces facteurs. L'absence d'éléments solides sur ce point ne permet pas de déterminer le retour sur investissement de nouvelles acquisitions ou de la réallocation de ressources existantes au sein de leurs services. La collecte de données doit être améliorée à la fois en ce qui concerne les ressources mobilisées en cas des différents incendies et en termes de mesure des dommages directs et indirects qui en résultent.

Le deuxième point concerne la mesure des pertes monétaires suite aux incendies. Les données existantes demeurent incomplètes et dont la fiabilité peut être questionnée. Des travaux futurs pourraient notamment discuter le niveau de sous-estimation des pertes générées par les incendies auquel conduit l'usage des indicateurs existants (valeur assurantielle, prix de construction) relatif à une valeur socio-économique élaboré à partir du bien-être, et étudier les éventuelles divergences en fonction des typologies d'incendies (résidentiel vs industriel vs commercial).

Le troisième point renvoie à l'intérêt qu'il y aurait à développer des études contrefactuelles relatives aux différentes typologies d'incendie pour déterminer les dommages potentiels si ces évènements ont lieu. L'étude de scénarios du pire pourrait avoir le potentiel de donner une meilleure vision des bénéfices que la collectivité retire des investissements dans les SIS. Étant donné la nature ex-ante de l'évaluation socio-économique que l'on prône, il serait nécessaire de définir ces situations contrefactuelles pour caractériser les insuffisances dans la couverture du risque incendie plutôt que d'estimer le niveau de dommages en cas d'absence totale de SIS.

De tels éléments pourraient notamment servir dans une analyse probabiliste pour déterminer une mesure annualisée des dommages évités par les actions des SIS dans la lutte contre l'incendie. Cela pourrait s'avérer particulièrement pertinent étant donné que les dommages causés par les incendies sont distribués de manière déséquilibrée sur les évènements extrêmes (Brent and Beland, 2020; S. Lu et al., 2013). Cela mènerait sans doute à se poser davantage de questions sur l'acceptabilité des risques (Van Coile, Jomaas, and Bisby, 2019) mais serait enrichissant pour ce débat autour de l'impact social des actions menées par les sapeurs-pompiers.

Conclusion

Cette revue de la littérature a démontré les progrès récents dans la formalisation de l'effet causal des actions des SIS dans la lutte contre l'incendie sur les dommages observés, principalement via le biais du délai d'intervention. Les résultats montrent un certain consensus sur le lien de cause à effet qui existe entre les actions entreprises

par les SIS et le niveau de dommages observés dans les incendies. Néanmoins, il y a un manque de profondeur vis-à-vis de différentes typologies d'incendie, et le regroupement de travaux sur le délai d'intervention demeure au détriment des autres inputs de production des SIS.

Il reste un nombre de zones grises concernant les impacts socio-économiques relatifs aux actions menées par les sapeurs-pompiers dans le cadre de la lutte contre l'incendie. De ce fait, il est difficile d'obtenir une mesure précise du rendement social des investissements dans les SIS qui peuvent être calculés à partir des éléments disponibles à ce jour. Se faisant, la collectivité accepte des situations dans lesquelles se manifesterait une allocation sous-optimale de ressource. Compléter ces zones grises ne sera pas facilité par la nature dynamique et évolutive des activités des SIS. Il y a un besoin prononcé pour davantage de recherches académiques et opérationnelles pour aboutir à une mesure plus complète de l'impact social des activités du secteur.

2.3 Application des résultats : perspectives pour le calcul socio-économique des SIS

Le travail précédent permet d'alimenter les réflexions sur la mise en place d'indicateurs socio-économiques des activités des SIS en France. Plusieurs SIS cherchent à se lancer dans cette démarche et une des attentes du groupe de travail *ESE pour les SIS* était justement le développement d'indicateurs de références. De plus, comme souligné en introduction, l'administration centrale (la DGSCGC) cherche aussi à mettre en place des indicateurs au sein des systèmes d'information (NexSIS) pour recueillir une donnée pertinente pour le calcul socio-économique et qui serait commune à tous les territoires. Cela passe notamment par une étape préalable qui consiste à définir les besoins en matière de données qui sont adaptées pour faciliter la traduction en bénéfices sociaux des impacts de l'activité de ce secteur. Cette partie introduit quelques bonne pratiques sous forme de guidelines en la matière pour favoriser un choix réfléchi en matière d'exploitation de données dans l'optique de produire un calcul socio-économique pertinent qui optimise les ressources disponibles.

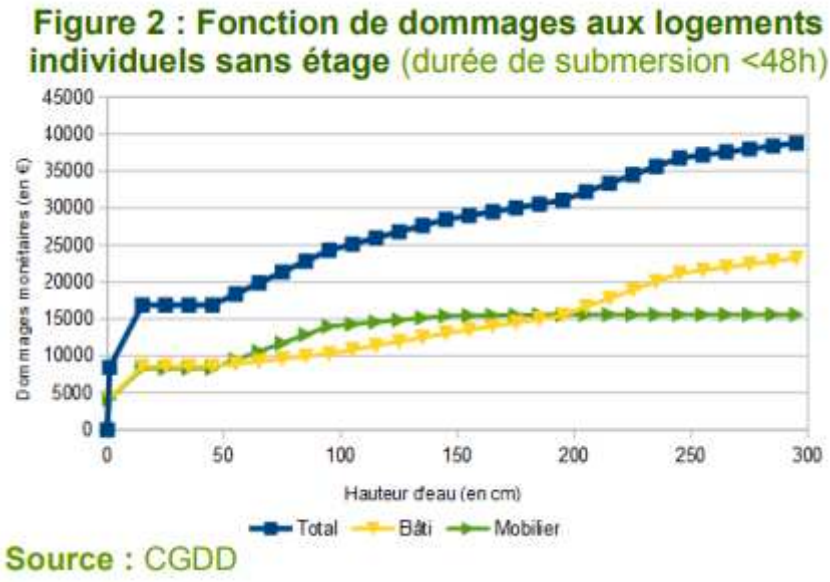
Pour ce faire, il est proposé de confronter l'approche mobilisée dans le domaine des programmes d'actions de prévention contre les inondations (PAPI) aux données disponibles relatives à l'incendie en France.[3] Dans ce qu'il est des PAPI, il existe de vastes sources de données permettant d'élaborer notamment les courbes

[3] Une réunion entre le GT *ESE pour les SIS* et deux représentants du Commissariat Général au Développement Durable a permis d'établir plusieurs parallèles entre ces deux domaines

de dommages qui associé la hauteur d'eau au niveau de dommages constatés dans les logements.[4]

D'abord, le graphique 2.2 illustre une fonction de dommages monétaires en cas d'inondation. On peut y identifier plusieurs paramètres clés permettant d'arriver à ce résultat : une définition claire des enjeux étudiés (logement sans étage), un paramètre traduisant l'intensité de l'aléa (la hauteur d'eau), un critère d'inclusion (une durée de submersion supérieure à 48h) et plusieurs sous-catégories de dommages (bâti et mobilier).

Figure 2.2: Extrait du guide d'évaluation socio-économique des PAPI : fonction de dommages monétaires



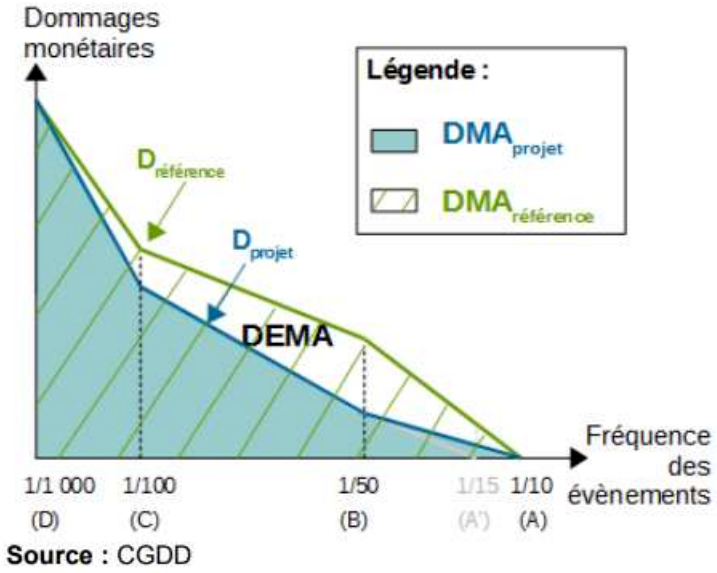
Source : (Commissariat Général au Développement Durable, 2019)

Ce graphique permet d'illustrer plusieurs choses dont les résultats de la revue de littérature que nous venons d'effectuer a permis de mettre en avant relatif aux dommages créés par les incendies : les fonctions de dommages doivent être spécifiques à un enjeu bien précis pour produire des résultats fiables, et les courbes représentent des relations non-linéaires qui sont, par ailleurs, différents pour les dommages au bâti et pour les dommages au mobilier. Ce sont ces spécificités qui nous conduisent à s'interroger sur les mêmes relations en ce qui concerne les dommages dues aux incendies qu'il reste encore à formaliser pour différents cas de figures type (incendie d'habitation, d'entrepôt, etc.).

[4] Éléments en libre accès sur le site du ministère de l'écologie

La figure 2.3 permet, quant à lui, de visualiser les dommages subis pour différents aléas et illustre ainsi le gain qui est obtenu par des projets permettant de réduire ces dommages. On voit ainsi deux courbes, la différence entre les deux (la zone hachée) illustrant les dommages évités moyens annuels du projet. Cet indicateur prend donc en compte une mesure annualisée des dommages de différents aléas susceptibles de produire avec des probabilités plus ou moins importants, avec des dommages plus élevés pour des évènements plus rares. On constate dans le cas des inondations, qu'il s'agit des différents crus pouvant se produire.

Figure 2.3: Extrait du guide d'évaluation socio-économique des PAPI : illustrations des dommages évités moyens annuels (DEMA)



Source : (Commissariat Général au Développement Durable, 2019)

Le parallèle avec le risque incendie permet ici de démontrer ce qu'il reste à faire, avec des éléments qui n'ont pas forcément été mis en évidence dans la revue de la littérature précédente. La période de retour, signifiant la probabilité d'occurrence des aléas d'intensité différente, permet dans le domaine des inondations de pondérer l'impact d'un projet en fonction de l'ensemble des évènements susceptibles de se produire - démarche qu'on n'a pas identifié relatif à l'incendie. On voit alors ici plusieurs choses : les dommages attendus varient selon les aléas mais les dommages évités varient également, cela traduit le fait que le projet est optimisé pour répondre à un certain aléa, mais aura également un impact positif sur les dommages engendrés par d'autres aléas. Au final, il est la somme de cette zone (DEMA) pour l'ensemble

des scénarios pris en compte qui détermine le bénéfice associé au projet. On constate ici qu'on est bien dans un cadre d'analyse ex-ante – il y a intrinsèquement un degré d'incertitude dans le calcul qui est proposé.

Le guide méthodologique concernant les PAPI soulève deux grands axes de réflexion pour l'application au risque incendie qu'on va développer dans cette partie : la formalisation du lien de causalité entre l'aléa et les dommages, et l'intensité de l'aléa en fonction de la probabilité d'occurrence des événements possibles.

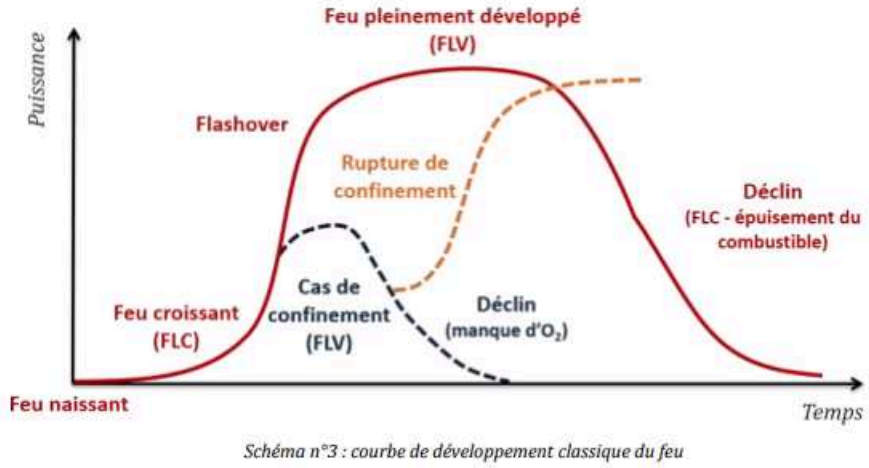
Aspects méthodologiques pour le calcul socio-économique de lutte contre l'incendie

En principe, il serait idéal de posséder des courbes de dommages pour l'ensemble d'éléments relatifs au risque incendie. La réalité fait qu'il existe peu de données disponibles pour élaborer de tels éléments dans l'immédiat en France. La revue de littérature a montré que même quand elles existent, la fiabilité de telles données peut être questionnée. Néanmoins, les résultats obtenus montrent qu'il est possible d'estimer de telles courbes de dommages à partir du paramètre du délai d'intervention. Toutefois, les connaissances en ce qui concernent la valorisation des dommages causés par les incendies nécessitent d'être affinées. La seule donnée disponible pour la France vient de la Fédération Française de l'Assurance (FFA) qui indique que le coût moyen d'un sinistre type incendie d'habitation était à hauteur de 8399€ et le coût moyen d'un sinistre type incendie commercial était de 15215€ en 2020 (Fédération Française de l'Assurance, 2020). A partir de ces chiffre seuls, il est difficile d'élaborer les mêmes courbes de dommages que nous venons de présenter pour le risque inondation.

Un travail universitaire a débuté une telle approche à partir de cette donnée en s'appuyant sur les caractéristiques de la fonction logarithmique qui correspondrait à l'évolution d'un incendie suivant la courbe dans la figure 2.4. Cela permettrait de reproduire une éclosion lente, une forte montée en puissance et enfin une période de stabilisation du feu dans la mesure des dommages. Cette proposition seule ne permet pas d'aboutir à une évaluation de mesures de lutte contre l'incendie puisque seul le délai moyen d'intervention a pu être mobilisé. On ne sait donc pas, sur les bases de ces travaux, la durée de ces différentes phases dans la progression de l'incendie.

Toutefois, les résultats de cette revue de littérature nous obligent à remettre en question l'hypothèse selon laquelle les dommages suivraient une fonction logistique - approche proposée dans le mémoire universitaire de Canouet (2016). Selon les résultats obtenus à partir de données réelles - observées dans plusieurs pays (L. Lu et al., 2014; Buffington and Ezekoye, 2019) - les dommages et la propagation des incendies suivraient une autre forme de fonction. Il s'agit de la fonction de puissance

Figure 2.4: Extrait du guide de doctrine opérationnelle incendie : évolution d'un incendie



Source : (Ministère de l'Intérieur, 2018)

suivante :

$$p(X = x_i | t_a) = A(t_a) x_i^{-B(t_a)} \tag{2.1}$$

Dans cette équation, t_a correspond au délai d'intervention pour un incendie identifié (a). X est la variable discrète aléatoire de la surface brûlée par un incendie donné et x_i la valeur correspondante. Ensuite, il existe deux paramètres A et B qui doivent être estimés sur les données disponibles pour les surfaces brûlées et le délai d'intervention correspondante. Il convient de souligner l'importance que différents travaux accordent aux évènements extrêmes : un délai d'intervention rallongé est surtout corrélé à une hausse de la probabilité de dommages très lourds – chose qui est reflétée par cette forme fonctionnelle.

La revue de littérature a montré un manque de données et d'applications concrètes sur cette relation pour différentes typologies de feu. Il existe les feux d'habitation, les feux d'établissements recevant du public (ERP) - à la fois avec et sans local de sommeil - les feux d'entrepôts ou de locaux industriels, les feux de locaux artisanaux et les feux de locaux agricoles (DGSCGC, 2020a). Il y a aussi les feux d'espaces naturels - qui n'ont pas été abordés dans le cadre de la revue de littérature – et qu'il semblerait nécessaire de considérer à part en raison du fait que les dommages ne prennent pas la même forme (on n'appliquerait pas les mêmes catégories "bâti" et "mobilier" pour cette typologie de feu). Néanmoins, on peut souligner que la même forme fonctionnelle (fonction de puissance) garderait sa pertinence pour les feux d'espaces naturels (L. Lu et al., 2014). Cela renforce le constat qu'on est davantage confronté à une absence de données et d'indicateurs qu'à des difficultés conceptuelles

infranchissables.

Avec un recensement de quelques indicateurs clés, on peut donc estimer des courbes de dommages matériels qui permettraient de déduire l'impact d'une réponse plus ou moins rapide des SIS. Ces éléments seraient notamment à combiner avec la mesure des dommages humains pour lesquels il existe des travaux importants abordant la probabilité de survie des victimes en fonction du délai d'intervention (Jaldell, 2017; Runefors, 2020).

Ces éléments donnent toutefois une vision incomplète pour permettre une approche globale de l'évaluation socio-économique des actions de lutte contre l'incendie, et cela sur deux fronts :

- d'autres impacts sont à prendre en compte – notamment en ce qui concerne les incendies de grande ampleur – comme les dommages environnementaux générés par les fumées en termes de tonnes de carbones émises mais également en termes de contamination et de toxicité pour la population ainsi que des interruptions à l'activité économique que l'on peut mesurer via la valorisation du temps perdu par les professionnels comme par les particuliers ;
- l'évaluation des actions des sapeurs-pompiers ne peut se reposer uniquement sur le délai d'intervention.

La quantification des différents impacts sera abordée dans la prochaine section. Quant à la prise en compte de différentes actions mises en place par les sapeurs-pompiers, il est nécessaire de mettre la lumière sur la nécessite d'étendre la mesure du délai d'intervention à la mesure de la durée d'intervention pour évaluer l'impact des différentes actions des SIS. Il s'agit d'un indicateur déjà recensé par les SIS qu'il sera utile de mobiliser dans ce calcul puisque la propagation d'un incendie est associée au temps, et cela au-delà du délai d'intervention puisque cet indicateur s'arrête en réalité au moment où l'intervention (les actions des sapeurs-pompiers) débutent. Il est ainsi que la durée d'intervention s'avère être le meilleur proxy pour évaluer l'efficacité des actions mises en place par les SIS : de meilleurs moyens doivent permettre d'éteindre l'incendie plus rapidement, et cette rapidité doit être corrélé au niveau de dommages constatés.

Pour évaluer le gain associé aux investissements dans de nouveaux moyens, il est donc préconisé d'étudier le lien entre les moyens déployés sur une intervention et sa durée, en tenant compte toujours des divers paramètres susceptibles d'impacter la lutte contre l'incendie.

Au-delà de l'estimation des courbes de dommages, le guide méthodologique des PAPI (Commissariat Général au Développement Durable, 2019) met en avant la nécessité de retenir plusieurs scénarios relatifs à l'intensité de l'aléa afin de pondérer

une mesure annuelle des dommages évités. Ces scénarios doivent correspondre à une probabilité d'occurrence et à un niveau d'exposition aux dommages. On vient de voir, par exemple, que les dommages liés aux incendies sont particulièrement sensibles aux événements extrêmes et il faut donc en tenir compte dans le calcul socio-économique. Ce calcul probabiliste semble donc incontournable compte tenu du fait que les investissements sont orientés vers la couverture de tels risques de feux complexes avec une faible probabilité d'occurrence.[5]

Concrètement, on peut faire l'illustration pour les typologies qui s'avèrent le plus important pour dimensionner les moyens des SIS : le feu d'habitation, le feu industriel et le feu d'établissement recevant du public (ERP). Tout d'abord, il convient d'établir les différents scénarios pour chaque cas de figure, on propose d'en mobiliser trois pour lesquels il serait nécessaire d'annualiser la probabilité d'occurrence. Pour ce faire, nous nous appuyons sur la figure 2.4, relative à la doctrine opérationnelle des sapeurs-pompiers en matière d'incendie de structure.

Ce schéma permet de proposer trois scénarios d'une gravité différente selon la phase du feu au moment de l'appel au secours : un feu naissant, un feu croissant et un feu pleinement développé. Plus le feu est déjà développé, et plus il représente un risque de propagation et de dommages importants. Cela suppose de recueillir une donnée qui n'est pas immédiatement visible dans les travaux existants et n'est pas recensé à ce jour en France.

A partir de ces trois évènements, il faut construire leur probabilité d'occurrence et le niveau de dommages initial associé, autrement dit les dommages survenus avant même l'appel au SIS. Avec trois évènements possibles pour trois typologies de feu, on se retrouve déjà avec neuf scénarios auxquels il faut introduire l'aspect comparatif du calcul socio-économique. Il s'agit de déterminer en quoi les actions possibles par les SIS vont réduire les dommages dans chaque scénario par le biais du délai d'intervention. Il est à ce stade que l'on peut s'appuyer sur les courbes de dommages pour déterminer le gain en termes de dommages évités de l'action qui sera en cours d'évaluation. Pour les neufs scénarios, une mesure des dommages évités est pondérée par la probabilité d'occurrence de l'évènement et ensuite sommée pour déterminer les bénéfices liés à l'action sur une année dans ce cas qui pourra être comparée à son coût annuel.

Comme cela sera présenté dans la prochaine section, ces courbes de dommages doivent concerner différents impacts, mais toujours en s'appuyant sur l'indicateur commun du délai et de la durée d'intervention. Pour chaque évènement, on peut résumer l'équation suivante :

[5] On peut rappeler que les discussions au sein du GT *ESE pour les SIS* se sont notamment orientées sur les investissements pluriannuels en cours dans le cadre du pacte capacitaire qui pourrait bénéficier de telles évaluations

$$\begin{aligned} DE_i = (P_A * ((D_0|A) + D_{t(S)}) - ((D_0|A) + D_{t(R)}))+ \\ (P_B * ((D_0|B) + D_{t(S)}) - ((D_0|B) + D_{t(R)}))+ \\ (P_C * ((D_0|C) + D_{t(S)}) - ((D_0|C) + D_{t(R)})) \end{aligned} \tag{2.2}$$

Cette équation présente les différentes étapes du calcul socio-économique qui s'effectue en différentiel. A partir des courbes de dommages, il suffit de remplacer D_t par les valeurs correspondantes pour le niveau de dommages pour le délai d'intervention retenu. On notera que la valeur de D_0 sera logiquement très différente pour les trois évènements A, B et C. L'évènement A correspond à un feu naissant, on considère alors que les dommages initiaux (à l'arrivée du SIS) sont minimes. L'évènement C correspondra au cas de figure où les dommages sont déjà importants quand les secours arrivent sur place, leur impact sera alors moins important, toute chose égale par ailleurs.

Au-delà des dommages directs, il est le périmètre des enjeux qui déterminera les dommages évités qu'on pourra attribuer à une intervention efficace du SIS. Il est à ce niveau qu'il faut définir la situation de référence. On peut alors relever sur ce point une différence majeure entre les résultats qui seront obtenus ici par rapport au risque inondation : les aléas les plus intenses ne représenteront pas nécessairement la mesure la plus importante des dommages évités.

Axes de valorisation dans le calcul socio-économique de lutte contre l'incendie

Il existe divers éléments dans la littérature qui sont susceptibles d'être mobilisés dans le cadre du calcul socio-économique des SIS. Si, jusqu'à présent dans ce chapitre, il y a eu une orientation sur les dommages matériels causés par les incendies, on ne peut négliger les sauvetages de personnes ou les dommages environnementaux qu'on peut associer à la lutte contre l'incendie.

Tout d'abord, il est évident que la valeur d'une vie statistique (VVS) trouve sa place dans le domaine de la sécurité civile. La valorisation des vies sauvées représente un axe majoritaire des gains sociaux que l'on peut associer aux actions des sapeurs-pompiers quand on compare la VVS qui doit se situer aujourd'hui à 3 787 000€ selon la feuille de calcul proposé par France Stratégie.[6] Il y a donc un réel intérêt stratégique à amputer les vies sauvées par les actions des sapeurs-pompiers dans le calcul socio-économique. Pour ce faire, il est nécessaire d'associer la probabilité de survie de la victime en fonction du délai d'intervention. Bien sûr, la probabilité

[6] Disponible via leur site web : 2022 : B - Valeurs tutélaires de référence pour valoriser les effets non marchands

d'avoir des sauvetages à réaliser varie selon la typologie d'incendie – pour cette raison, seuls les incendies d'habitation seront concernés par cette axe de valorisation dans un premier temps. La valorisation des blessés et de la morbidité figure de manière moins claire puisque les débats autour des méthodes de valorisation se poursuivent de manière vive, avec notamment le dernier rapport de France Stratégie démontrant la prise en compte des dommages psychologiques (Rochaix and Dervaux, 2022) en cas d'inondations. Il peut y avoir un recours à différentes mesures : les années de vies ajustés pour la qualité (QALY) et les années de vies perdues en raison de l'handicap (DALY),[7] sans négliger la valeur d'une année de vie proposée par le rapport Quinet (E. Quinet, 2013). On peut souligner le poids que peut représenter, par exemple, les brûlures avec des pondérations (réduisant la qualité de vie) allant de 0,1 à 0,6 issu des travaux *Global Burden of Disease* (Salomon et al., 2013) - des chiffres qui se rapprochent de ceux correspondant à des accidents vasculaires-cérébrales, les cancers ou le VIH dans cette même étude.

En ce qui concerne les dommages matériels, plusieurs sources affirment l'utilisation de la valeur de reconstruction comme base pour les dommages liés aux constructions (De Marcellis-Warin, Peignier, and Boisclair, 2004; World Bank, 2021). La valeur du m^2 pour différentes constructions constituerait un élément clé auquel il serait possible de rajouter la perte de différents objets (affaires personnelles, ou stocks de produits), selon la nature des incendies. Il serait alors nécessaire de recenser ces m^2 brûlés dans les incendies pour pouvoir en déduire la capacité du SIS à limiter les dommages et de créer des courbes de dommages tels que présentés pour les inondations, avec l'accent sur la pluralité de ces courbes pour correspondre aux différents impacts.

Ces valorisations ne peuvent être utiles que si les effets peuvent être amputés aux actions des sapeurs-pompiers qui sont évaluées spécifiquement. La revue de la littérature montre qu'il est surtout en mesurant le gain en termes de délai d'intervention par de nouveaux investissements dans les SIS qu'il sera possible de produire des bilans coût-bénéfices de ces nouvelles mesures. Il est donc primordial que les SIS identifient les facteurs de production permettant d'améliorer cet indicateur pour ensuite produire le calcul socio-économique de leurs actions. Comme nous avons évoqué, il convient de s'appuyer sur la durée d'intervention comme proxy pour les autres actions mises en place par les sapeurs-pompiers lors de leur intervention en ce qui concerne la lutte contre l'incendie.

[7] Le QALY renvoie à une mesure des années de vies préservées en fonction de la qualité de vie. Le DALY renvoie à une mesure des années de vies perdus en fonction du degré d'handicap.

Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, on a pu rentrer dans le détail du calcul relatif à la mesure du gain qui peut être associé aux actions mises en place par les SIS dans la lutte contre l'incendie. La compétence exclusive dans ce domaine des SIS fait qu'il est indispensable de formaliser des éléments permettant d'objectiver les moyens financiers importants qui sont consacrés à la couverture de ce risque.

Nos résultats indiquent qu'il y a beaucoup de possibilités pour quantifier l'impact des actions de lutte contre l'incendie à condition de procéder à un meilleur recensement des impacts, à commencer par les surfaces brûlées. La littérature scientifique internationale présente les fondements d'une telle approche empirique qu'on pourrait mobiliser en France dès lors que ces éléments sont recueillis dans les bases de données.

Néanmoins, les cadres d'application sont restreints par la capacité à démontrer l'effet de causalité entre les actions mises en place par les SIS et les dommages observés. L'ensemble des travaux présentés dans ce chapitre démontre l'intérêt et la pertinence d'associer le délai d'intervention aux dommages observés lors des incendies. La difficulté réside dans le fait que les sujets d'évaluation qu'on souhaiterait traiter ne concerne pas uniquement des ajustements dans les délais d'intervention des SIS – certes important et qui renvoie à la notion de production que nous avons défini dans le premier chapitre comme la couverture des risques – mais le renouvellement ou l'acquisition de divers matériels permettant d'améliorer l'efficacité de lutte contre l'incendie et de garantir la sécurité des sapeurs-pompiers en intervention. Sur ce plan, il s'avère difficile d'en déduire l'impact en termes de dommages évités de tels projets ou investissements qui permettraient de produire le calcul socio-économique. Nous proposons donc de mobiliser la durée d'intervention comme proxy pour l'efficacité de ces différentes actions, une fois sur les lieux de l'intervention.

Une telle démarche demeure délicate pour les SIS qui ne veulent pas nécessairement s'engager sur des mesures concrètes des gains d'efficacité qui pourraient les faire basculer dans une logique d'objectifs-résultats à la place d'objectifs-moyens.[8]

Nous avons aussi pu voir en quoi il est difficile d'avoir des scénarios précis relatifs à la lutte contre l'incendie compte tenu de l'hétérogénéité dans toutes ces types d'intervention. A ce niveau, nous constatons une absence d'une approche probabiliste pour quantifier le risque de survenu de différents types d'incendie de différentes intensités. En parallèle, cette hétérogénéité concerne aussi la définition du périmètre des enjeux de différents incendies (pavillon, immeuble à grande hauteur).

[8] Il s'agit notamment des questions juridiques qui deviennent de plus en plus épineuses pour les SIS, leur responsabilité étant engagée de plus en plus souvent dans les recours juridiques de la part des victimes.

Sans établir des standards basés sur les connaissances des praticiens, il est difficile de développer une méthode de calcul commune qui permettrait de produire des résultats objectifs sur l'ensemble des territoires. Nous proposons alors de le faire sur la base de l'intensité de l'aléa au moment de l'appel au secours.

Il est à partir de ces leviers qu'il sera possible à l'avenir de mieux objectiver les actions mises en place par les sapeurs-pompiers dans le cadre de la lutte contre l'incendie. Ces leviers étant fonction du niveau de couverture des risques choisi par les pouvoirs publics, on pourra alors alimenter un calcul socio-économique qui permettra d'orienter les choix futurs en matière d'investissement dans cette couverture qui est produite, pour rappel, exclusivement par les SIS.

Chapitre 3

Le délai d'intervention comme indicateur fondamental de la valorisation socio-économique des services d'incendie et de secours

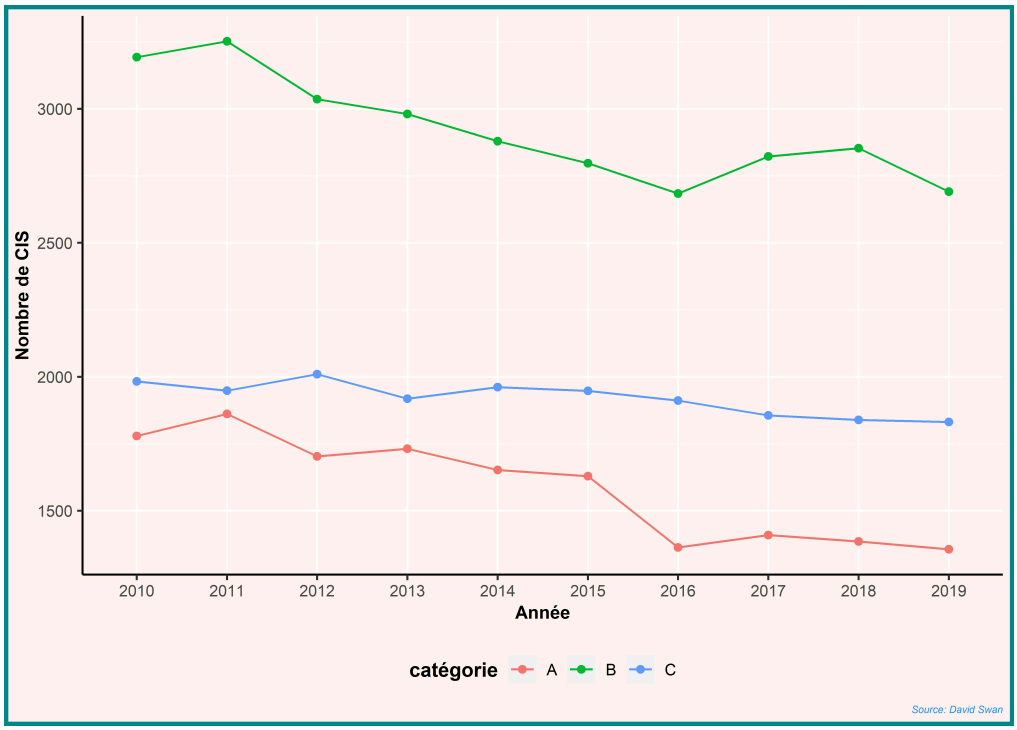
3.1 Le délai d'intervention dans le pilotage des SIS

Les chapitres précédents ont montré le caractère décisif du délai d'intervention dans l'organisation des SIS car il s'agit du facteur le plus dimensionnant du service en termes de sa provision mais également en termes de qualité perçue par les citoyens. Il a été rappelé que le délai d'intervention est fixé de manière arbitraire sur les territoires, souvent en fonction des éléments historiques relatifs à l'organisation de ces services. Cet indicateur demeure un sujet assez complexe pour les pouvoirs publics car il est déjà coûteux d'assurer les délais d'intervention qui, par ailleurs, ont tendance à se rallonger en ce moment. Cet indicateur est sensible sur le plan politique car il est mobilisé directement dans les controverses en termes de l'égalité d'accès au service public pour toute la population. Compte tenu de la dispersion inégalitaire de la population sur les territoires, et des caractéristiques contrastées des qualités des infrastructures routières, ce faire - dans l'absolu - relève presque de l'impossible.

Même si le discours égalitaire reste très puissant, la tendance n'en est pas moins à la fermeture de centres de secours en France, comme on peut le voir dans la figure 3.1. Ces fermetures s'accompagnent d'une hausse générale des délais d'intervention que l'on a pu apercevoir dans le premier chapitre. Si les praticiens ont tiré la sonnette d'alarme sur ces questions, les argumentaires mobilisés ont du mal à mettre en avant

des mesures précises permettant d'objectiver le coût social de ce type de fermeture.

Figure 3.1: La fermeture des CIS en France entre 2010 et 2019 par catégorie de SDTIS



La thèse essaie ici dans ce chapitre de démontrer l'intérêt qu'il y a là à établir une relation la plus robuste possible entre le délai d'intervention des SIS et l'état de santé des victimes. Ce faisant, il est alors plus facile de démontrer en quoi la dégradation de cet indicateur (délai d'intervention) a un coût social pour la collectivité. Dès lors qu'on peut établir une relation entre une décision, une restructuration, un investissement et le délai d'intervention, il devient possible de le mesurer au regard de son coût social.

Calculer le nombre de vies sauvées relatives aux activités des SIS représente un intérêt stratégique pour ces services mais peut également permettre d'aider le pilotage et planification en permettant d'objectiver les gains relatifs à la couverture territoriale rapportée à son coût. Il en sera notamment le cas à la fin de ce chapitre pour démontrer en quoi ce type de calcul peut permettre d'objectiver le rendement social de l'implantation d'un centre d'incendie et de secours (CIS), chose qui pourrait être utile dans le cadre de l'élaboration du Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques (SDACR).

Pour apprécier l'efficacité des actions mises en place par les SIS, en particulier le maillage territorial de ces services, il est indispensable de tenir compte du poids

relatif des différentes activités comme le veut le principe de proportionnalité dans l'évaluation socio-économique. Nous rappelons que plus de 80% de l'activité des SIS concerne désormais la mission de secours d'urgence aux personne (SUAP). C'est pour cette raison que l'analyse de l'activité SUAP est incontournable et sera au centre de ce chapitre.

Pour arriver à de telles mesures il faut d'une part considérer que, même si le critère du délai d'intervention constitue un proxy clair de la qualité de service (chaque citoyen attend la réponse la plus rapide possible de la part des SIS), il ne permet pas d'affirmer une mesure de l'utilité sociale qui en découle sans produire des études empiriques l'associant à des mesures de bien-être des individus. Autrement dit, l'intérêt social pour optimiser cet indicateur doit être réel et on doit être en capacité de le démontrer – on revient à la notion de "evidence-based decision making".

D'autre part, le mécanisme complexe qui se cache derrière cet indicateur - qui est en réalité un élément très composite - peut vivement complexifier l'interprétation des résultats obtenus de telles analyses empiriques en raison de la présence d'endogénéité dans cette variable du délai d'intervention. Par cela, on entend que les estimations peuvent s'avérer biaiser, empêchant ainsi d'établir une relation de causalité claire entre ce délai et l'impact en termes de la santé et de la sécurité des personnes.

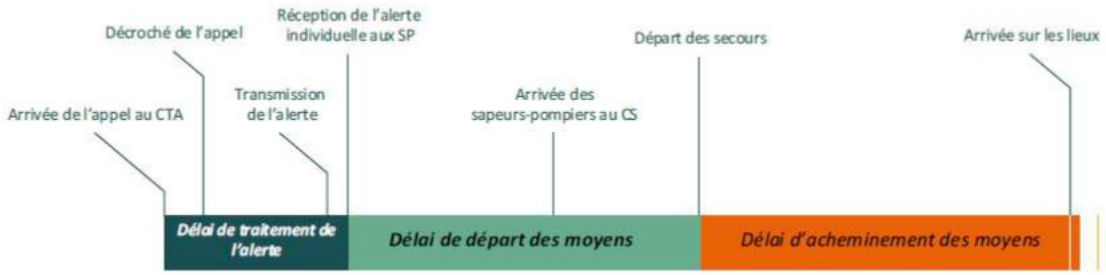
Ce chapitre va alors se pencher principalement sur l'estimation empirique de cette relation afin d'évaluer la pertinence et la robustesse du délai d'intervention en tant que proxy pour déduire le gain socio-économique des actions des SIS dans le cadre de leur activité SUAP – celle qui dimensionne le plus l'allocation de leurs ressources.

Il convient tout d'abord de revenir sur les caractéristiques des interventions de secours et des deux variables d'intérêt : le délai d'intervention et l'état de santé des victimes.

Afin de comprendre la nature du délai d'intervention et les différentes analyses possibles à partir de cet indicateur, il est nécessaire de décrire précisément l'ensemble du processus entre le moment où un appel d'urgence est reçu, le déclenchement des opérations et l'arrivée des secours sur les lieux. Ces différentes phases sont visibles dans la figure 3.2 qui permet de réaliser que le délai d'intervention est en fait composé de plusieurs sous-parties, chacune d'entre elles recensée de manière précise dans les systèmes d'information des SIS.

On recense alors le délai de traitement de l'alerte, le délai de rassemblement et le délai de route. L'approche proposée ici cherchera justement à exploiter la variation dans ces différentes sous parties du délai d'intervention pour mesurer le lien de cause à effet avec l'état de santé des victimes. Nous viendrons à expliciter l'intérêt pour décomposer le délai d'intervention dans cette approche dans les paragraphes

Figure 3.2: Le déroulé d'une intervention de secours



(a) Source : SDIS79

suivants.

Quant à la nature des interventions des SIS, il est important de définir le fait que lorsqu'un appel au secours est passé, on considère une situation d'urgence : plus on met du temps à répondre à cette urgence et plus la situation (l'état de santé de la victime) aura tendance à s'aggraver. Dans ce cas de figure, il nous appartient de trouver par quel biais nous pouvons mesurer une telle dégradation de l'état de santé. Sur ce point, il est évident que nous sommes limités par les données existantes. Les interventions SUAP effectuées par les SIS peuvent représenter un degré d'urgence variable et il sera nécessaire d'en tenir compte. Nous avons vu dans le premier chapitre que cette hétérogénéité est une caractéristique inhérente de l'activité des SIS.

Les contraintes dans la mesure de l'état de santé par les SIS ne doivent pas présenter un obstacle à l'analyse que nous souhaitons mettre en place. Il est logique d'y retrouver une échelle simpliste qui favorise un recueil des données rapides et efficaces car ce sont des primo-intervenants évoluant dans un cadre de travail mobile. Nous exploiterons l'échelle ordinaire et les données qu'elle représentent pour ce qu'elles valent : un risque de dégradation de l'état de santé. Sur cette échelle, nous retrouvons plusieurs grandes catégories, soit : les personnes indemnes, les blessés légers, les blessés graves et les décédés.

Le risque associé au passage d'un de ces différents états de santé à un autre correspond à un changement d'utilité pour la victime. Quand l'état de santé se dégrade, il y a une perte de bien-être qui représente un coût social pour la collectivité. Ce coût sera différent en fonction du degré de la dégradation de l'état de santé. La perte de bien-être associé à un risque de blessé léger n'est pas la même que pour un risque de décès - que nous pouvons traduire, par ailleurs, à partir de la valeur tutélaire de la vie humaine. Ce sera l'objet final de ce chapitre, mais il reste différentes étapes à valider avant d'employer cette valeur, qui, débouchera sur des coûts extrêmement sensibles aux résultats que nous obtiendrons au travers de ce chapitre – d'où l'importance de s'attarder sur ces aspects méthodologiques.

L'utilisation du délai d'intervention dans ce cas de figure est fondée sur ses propriétés comme output intermédiaire de l'activité des SIS. L'intérêt de mesurer la production à partir d'un output intermédiaire dépend de sa qualité en tant que proxy pour l'output final. On mesure cette qualité via sa corrélation avec l'output final, cette corrélation doit être élevée pour que cette mesure soit fiable comme proxy (Law, Problems, and Autumn, 1971). Il est alors nécessaire que le délai d'intervention soit fortement corrélé à la sécurité des personnes (qu'on mesure par leur état de santé en cas d'intervention de secours – là où il y a un risque de dégradation).

Nous choisissons de s'attarder sur la nature même de cette relation, un choix qu'il est nécessaire de justifier compte tenu de la nature très logique de la relation qui est supposée exister à ce niveau – on pourrait simplement imposer une relation hypothétique entre le délai d'intervention et l'état de santé pour produire un calcul rapide, basée éventuellement sur l'appui des experts. Néanmoins, la réalité est telle que cette relation est en fait largement discutée à la fois par les scientifiques et les praticiens dès lors qu'on sort du cadre des urgences absolues où le pronostic vital de la victime est engagé. Il est pour cette raison que seule une approche empirique peut nous permettre de fonder véritable cette approche pour justifier le calcul socio-économique. Cette discussion autour de l'impact réel du délai d'intervention émane du fait de l'hétérogénéité des urgences auxquels sont confrontés les services de secours. Il en découle de cette réalité un véritable obstacle pour l'estimation de cette relation que nous allons maintenant pouvoir appréhender dans un cas de figure précis – l'endogénéité due au traitement accordé aux différents degrés d'urgence par les SIS.

D'un point de vue économétrique, le terme "endogénéité" ne peut être dissocié de la notion de biais d'estimation. Des estimations biaisées induisent des interprétations qui s'éloignent de la réalité et donc pose un réel problème dans l'analyse économique de divers phénomènes, notamment dans la sphère publique où les résultats scientifiques des modélisations peuvent être contestés par leur incapacité à traduire la réalité du terrain. C'est en traitant ce phénomène par rapport au délai d'intervention que nous pouvons donner davantage de crédibilité à nos calculs.

Compte tenu de nos objectifs empiriques et des débats autour de cet indicateur, l'idée que l'endogénéité peut impacter les résultats obtenus pose un cadre très riche pour apporter de nouveaux éléments à partir des données des SIS à notre disposition.

Si notre approche représentera des originalités dans son détail, cela ne doit pas permettre de négliger le fait que nous pouvons nous baser sur un certain nombre d'écrits, car la difficulté à contourner le phénomène d'endogénéité n'est pas étrangère à l'analyse du secteur public. De manière générale, il est considéré que les activités publiques sont particulièrement exposées au biais de simultanéité qui reflète une

difficulté à établir le sens de causalité entre deux variables du fait qu'elles soient déterminées l'une en fonction de l'autre. Cela se produit dans le secteur public lorsque les décideurs publics fixent le niveau de production d'un bien public en fonction de la demande et fait partie des fondements de la théorie des choix collectifs – les actions du gouvernement reflète les choix des individus (Stiglitz, 2000).

Cette simultanéité peut générer des estimations biaisées de l'impact de l'action publique en déployant des méthodes d'analyse économétrique traditionnelles. C'est notamment le cas pour la mesure des outputs indésirables comme le nombre d'incendies ou le nombre de victimes par exemple. Souvent, et en raison de ce qui vient d'être décrit dans le paragraphe précédent, on observe que la production publique est corrélée positivement avec ces outputs, faisant en sorte qu'on peut en déduire de manière contre-intuitive qu'en mettant plus de moyens on aggraverait la situation. Une telle échelle d'analyse ne permet donc pas de traduire les avantages d'un point de vue socio-économique de la production publique. Ce phénomène d'endogénéité dans le secteur public a le plus souvent été étudié par rapport à l'activité de la police (Cameron, 1988; Levitt, 2002) – les analyses empiriques ne permettant pas de déduire que le nombre de policiers réduit le taux de crime, bien au contraire. C'est un secteur qui possède des parallèles importants avec les SIS (un objectif de minimiser des outputs indésirables) et pour lequel on retrouve les mêmes qualifications d'outputs (directs, intermédiaires et finaux) (Law, Problems, and Autumn, 1971). Il est alors raisonnable d'imaginer que ce secteur souffre des mêmes difficultés, même si des travaux empiriques sur ce questionnement sont bien moins apparents que pour le cas de la police qu'on vient de présenter.

Il nous appartient alors de s'interroger sur la présence d'endogénéité dans cette variable du délai d'intervention, chose qui ne semble pas avoir été traité par rapport à l'activité de la police et seulement de manière sporadique par rapport aux services d'aide médicale (Fifer et al., 2007; Wilde, 2008; Facchetti, 2021). Alors même qu'il y a plusieurs raisons de croire qu'il est au contraire très prégnant, principalement en raison de l'hétérogénéité des interventions et la perception de l'urgence par les différents acteurs concernés.

Les analyses classiques qui ont été proposées sur ce sujet dans la littérature ont surtout mobilisé la distance (distance entre le lieu d'envoi d'un équipage et le lieu d'intervention), mais cette variable pose problème car ce qui compte c'est le temps pris pour parcourir cette distance. L'approche proposée ici permet d'approfondir les recherches sur ce sujet en utilisant les sous parties du délai d'intervention que sont le délai de traitement de l'alerte, le délai de rassemblement et le délai de route. En prenant les choses plus directement sous cet angle, l'analyse du phénomène qu'on cherche à mesurer est plus juste et présente une solution originale au phénomène d'endogénéité qui peut exister dans de telles données et qu'on pourra présenter plus

clairement, données à l'appui, dans le cœur de ce chapitre.

Au-delà de la validation de cette relation empirique au sens propre – est-ce qu'on observe une dégradation dans l'état de santé en fonction de délai d'intervention, oui ou non - il nous appartient aussi de préciser les caractéristiques de cette relation et l'étendue des possibilités qui en découlent pour nos objectifs de calcul socio-économique. Nous pouvons décliner cela en deux objectifs distincts :

- étudier la linéarité de l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé : faire des arbitrages dans la politique publique relative au délai d'intervention des SIS (le niveau de couverture des risques) sous-entend la comparaison de différents seuils et notamment le passage entre différents objectifs de délai à atteindre. Dans le cadre des urgences, nous savons que le temps est précieux, alors peut-on accorder la même importance à chaque minute qui est gagnée ? Il se pourrait que l'impact soit plus ou moins important à différents intervalles et cela aura nécessairement des conséquences sur les interprétations possibles dans l'évaluation de telles politiques et renforce la nécessité de produire des calculs très précis et pertinents aux questions qui se posent en matière de couverture des risques;
- et étudier cette relation au-delà du risque de décès : l'hétérogénéité des interventions renvoie nécessairement à l'étude de la dégradation de l'état de santé au-delà du simple risque de décès. Il semble alors important de prendre en compte l'éventuel impact sur des effets de santé non fatal, car déterminer les gains socio-économiques ne doit pas se limiter uniquement aux vies sauvées par l'intervention et cela d'autant plus que le calcul socio-économique devient de plus en plus concerné par de tels effets sur la santé et le bien-être des populations.

Comme nous le verrons au cœur du chapitre, ces différentes questions méritent davantage d'attention de la part de tous les acteurs afin d'arriver à une mesure plus juste de ces arbitrages qui sont délicats et qui doivent refléter un grand nombre d'enjeux pour les décideurs publics – à la fois politique, économique et sociale.

Ce chapitre se propose de mettre à profit les données extrêmement riches relatives au délai d'intervention. Ces données, qui ont pu être exploitées pour quelques territoires en France Métropolitaine, permettent de décomposer le délai d'intervention en différentes sous parties. Les données mobilisées qui ont été transmises par plusieurs SDTIS constituent des données propres qui ne sont pas remontées dans leur intégralité à l'échelle nationale. Ces données n'ont jamais fait l'objet d'une telle exploitation jusqu'à présent. Le travail qui suit a fait sujet d'une publication dans la revue scientifique internationale *Value in Health* Swan, 2022.

Pour compléter ce chapitre, et pour rapprocher les résultats obtenus des réalités décrites par les praticiens, il devient alors possible dans la dernière partie du chapitre d'effectuer un premier calcul pour valoriser les gains socio-économiques associés aux actions des SIS en s'appuyant sur les résultats du travail précédemment cité et dont les résultats ont été validés au travers de leur publication en revue internationale classée. Ce calcul s'appuie sur une notion contrefactuelle originale, fruit des échanges avec un SIS. L'objectif ici est alors de montrer de manière plus opérationnelle les conséquences de l'approche proposée ici.

3.2 Le délai de route comme déterminant de l'impact des interventions de secours sur l'état de santé des victimes

3.2.1 Introduction

Les services d'urgences médicales sont contraints - tout comme d'autres secteurs publics - à développer leur activité dans une conjoncture budgétaire défavorable. Pour garantir un choix optimal d'un point de vue social dans l'allocation de ressources et dans les arbitrages où les restructurations rendues nécessaires, il leur est indispensable de pouvoir mesurer, de manière fiable, l'impact socio-économique de leurs décisions. Une dégradation de la conjoncture budgétaire – et les obligations en matière de restructuration et d'arbitrages qui l'accompagnent - ne fait que renforcer l'importance de ces raisonnements. L'analyse socio-économique large permet de dépasser les seules considérations financières et de peser le pour et le contre de ces choix du point de vue de la collectivité.

L'évaluation socio-économique est en effet utile pour les décideurs publics car elle peut amener une clarté sur les bénéfices sociaux attendus de l'action publique et ainsi aider à rationaliser la prise de décision. En ce qui concerne les services d'urgence médicale, ces bénéfices correspondent aux décès évités grâce à leurs actions, chose pour laquelle il est possible d'attribuer une valeur monétaire avec la notion de la valeur d'une vie statistique (VVS) (OECD, 2012).

Le délai d'intervention est un élément clé pour ces services puisque la nature même des urgences médicales sous-entend une nécessité d'agir vite. Le délai d'intervention mesure le laps de temps à partir du moment où l'appel au secours est reçu jusqu'au moment que les moyens engagés pour répondre à l'urgence arrivent sur les lieux de l'intervention. Il peut être divisé en trois sous-parties : le délai de traitement de l'appel (de la réception de l'appel jusqu'à l'envoi de l'alerte), le délai de préparation

(de la réception de l'alerte par le service concerné jusqu'à leur départ) et le délai de route (du moment de départ jusqu'à l'arrivée sur les lieux).

En France, environ 15 000 000 d'appels au secours sont reçus chaque année par le service d'aide médicale urgente (SAMU) (Haute Autorité de Santé, 2020) et près de 19 000 000 par les services d'incendie et de secours (SIS) (Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC), 2018). Ces chiffres positionnent la France à un niveau similaire à d'autres pays développés: environ 11 000 000 d'appels sont réceptionnés par les services ambulanciers au Royaume-Uni (Office, 2017) alors que les SIS aux Etats Unis reçoivent plus de 20 000 000 d'appels par an pour de l'aide médicale urgente (National 911 Program, 2020). Le poids social de cette aide médical urgente est très important : entre 2015 et 2018, les SIS en France ont pris en charge près de 10 000 000 de victimes pour une forme d'aide médicale, dont environ 1 000 000 ont été blessé grave et près de 215 000 sont décédés (DGSCGC, 2020a).

Le délai d'intervention pour les SIS en France est actuellement aux alentours de 14 minutes (Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC), 2018). Ce délai est bien supérieur à celui que l'on observe dans d'autres pays pour les situations d'urgence qui oscillent entre 7 et 8 minutes au Royaume-Uni et aux Etats Unis (Kay, 2021; Mell et al., 2017). Néanmoins, il est inférieur aux délais pour les appels de second niveau au Royaume-Uni qui se situent aux alentours de 20 minutes. Selon Cabral et al. (2018), le délai d'intervention moyen pour les services d'aide médicale urgente est inférieur à 10 minutes dans un bon nombre de pays de l'Europe.

L'impact du délai d'intervention sur l'état de santé des victimes a reçu relativement peu d'attention de la part des économistes malgré les efforts considérables pour rapprocher la recherche en opérations et l'usage de "System Status Management" (SSM) pour optimiser le délai d'intervention entre l'offre et la demande pour les services d'aide médicale urgente (Goldberg, 2004; Lam et al., 2015). Le délai d'intervention peut aussi représenter une forme de contrôle de qualité pour ces services: plus le délai d'intervention est réduit, plus les citoyens reçoivent un service de haute qualité. Il apparaît dès lors comme un indicateur de performance efficace et c'est pour cela qu'il s'est développé largement (Al-Shaqsi, 2010) et qu'il est devenu un instrument de comparaison facile à mettre en œuvre par les décideurs publics (*The Ambulance Service: Understanding the New Standards* 2019). Toutefois, augmenter la couverture de ces services en diminuant le délai d'intervention aura toujours un coût. Il est donc dans l'intérêt collectif de déterminer le niveau optimal de la provision de ce type de services pour ajuster les dépenses et maximiser le bien-être social.

Pour faciliter ce type de prise de décision concernant la couverture des services

d'aide médicale urgente, il est indispensable de pouvoir estimer les bénéfices qui seront associés à une amélioration de cette couverture, ou au contraire de considérer les coûts sociaux d'une réduction de cette couverture, pour les comparer ensuite aux coûts ou économies financiers qui seraient réalisés par de tels changements. Ces impacts socio-économiques peuvent déjà être quantifiés comme le risque de perte de vies humaines.

C'est le sens de l'approche qui est proposée ici, elle consiste à traiter la relation qu'on peut établir entre le délai d'intervention et les différents états de santé des victimes.

Les acquis de la littérature

La littérature scientifique existante permet de dégager des objectifs clairs pour ce papier et de choisir l'approche méthodologique la plus appropriée. Nous détaillons ici les acquis de cette littérature et décrivons les aspects méthodologiques (la démarche économétrique) qui seront mobilisés dans notre travail, en évoquant leur intérêt par rapport aux enjeux du secteur des SIS - et plus particulièrement des services d'urgence médicale – ainsi que l'application que nous souhaitons faire des résultats par rapport à l'analyse socio-économique.

Lerner et al. (2006) ont conclu qu'il n'y avait pas eu beaucoup d'études cherchant à déterminer la valeur économique des soins d'urgences produits sur les lieux des interventions en dehors de l'hôpital. La littérature existante associant le délai d'intervention aux états de santé des victimes est globalement limitée à la recherche médicale à propos de la prise en charge de crises cardiaques (D. W. Lee, Moon, and Heo, 2019; Bohn et al., 2018; Chang et al., 2018; Klosiewicz, Skitek-Adamczak, and Zielinski, 2017; Rajan et al., 2016; O'Keeffe et al., 2011; Vukmir, 2006; Chase et al., 2006; Gold et al., 2010) ou de grandes traumatismes (Nasser et al., 2019; Harmsen et al., 2015; Byrne et al., 2019; Mahama et al., 2018; Ali Ali et al., 2015). Pour autant, il n'y a pas d'accord global sur l'impact du délai d'intervention des services d'urgence médicale sur l'état de santé des victimes (Blackwell and Jay S. Kaufman, 2002; Blackwell, Kline, et al., 2009; Weiss et al., 2013; Peter T Pons and Markovchick, 2002; Peter T. Pons et al., 2005). Cette littérature ne prend pas en compte l'effet plus large que peut avoir le délai d'intervention de ces services sur l'état de santé et le bien-être des victimes pour des interventions hétérogènes, dont certaines représentent un moindre degré d'urgence.

Une étude notable de Wilde (2008) traite cette problématique au travers de la question de l'endogénéité du délai d'intervention. Elle écrit que : "Le personnel des services d'aide médicale urgente peut répondre plus rapidement aux événements les plus graves avec le plus de risque à la vie humaine. Un tel effet de tri fait qu'il est difficile d'obtenir des estimations non biaisées des bénéfices d'une diminution du délai

d'intervention, même quand les données sont disponibles". Une telle sous-estimation peut mener à une mauvaise interprétation de la rentabilité socio-économique des politiques publiques visant à optimiser ce délai d'intervention. Wilde (2008) a contourné ce problème en utilisant la distance entre l'agence le plus proche des services d'aide médicale urgente et le lieu de chaque intervention comme variable instrumentale. Pour répondre à la critique de l'endogénéité du délai d'intervention, notre travail prolonge cette approche en utilisant une procédure d'estimation différente.

Les travaux scientifiques visant à intégrer le gain social associé à une réduction du délai d'intervention dans le cadre de l'analyse socio-économique sont rares. Cela nécessite l'estimation de l'effet marginal du délai d'intervention sur l'état de santé des victimes, chose qui a été estimée dans le contexte thaïlandais pour différents types d'intervention d'aide médicale urgente à partir de modèles de régression logistique et ensuite transposé dans le cadre d'une analyse coût-bénéfice avec une VVS spécifique à ce pays (Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn, 2014). La même forme de modèle a également été employée pour analyser l'impact du délai d'intervention sur les sauvetages en cas d'incendie d'habitation (Runefors, 2020). Ce type de modèle donnera le cadre empirique de ce travail.

Il n'est pas uniquement la problématique d'endogénéité qu'il est nécessaire de traiter pour arriver à des estimations non-biaisées de cette relation entre le délai d'intervention et l'état de santé des victimes. La littérature existante soulève aussi la question de la non-linéarité de l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé. Deux approches ont été suggérées et/ou employées dans la littérature : Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn (2014) suggère d'utiliser une estimation à moyenne mobile en créant des sous-échantillons de données pour obtenir des résultats plus fiables, tandis que Ma et al. (2019) emploie un modèle additif pour estimer la relation non-linéaire entre le délai d'intervention et l'état de santé.

Imposer l'hypothèse d'une relation linéaire est une hypothèse très forte. Dans l'optique de mobiliser l'effet marginal du délai d'intervention dans le cadre de l'analyse coût-bénéfice, une telle hypothèse pourrait mener à l'emploi d'estimations incorrectes si jamais il était avéré que l'impact du délai d'intervention diffère de façon significative en fonction de l'intervalle du délai étudié. Cela serait particulièrement néfaste pour évaluer les politiques visant à optimiser le délai d'intervention. Par exemple, si l'impact du délai d'intervention sur l'état santé est non-linéaire, alors l'évaluation d'une politique visant à réduire ce délai de 10 à 9 minutes pourrait s'avérer erronée si l'effet marginal utilisé dans les calculs étaient estimé sur un grand intervalle de délais pour déterminer la réduction de décès ou de blessés graves obtenue par la politique.

Il y a eu peu de travaux traitant l'impact du délai d'intervention sur les per-

sonnes blessées. Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn (2014) ont trouvé que le délai d'intervention avait un impact plus conséquent sur la probabilité d'observer de blessés graves que de décès. Wilde (2008) a trouvé que la probabilité d'hospitalisation augmentait avec le délai d'intervention. Ces résultats indiquent que les bénéfices sociaux pouvant être associés à des réductions du délai d'intervention ne se limitent pas aux décès évités. Si tel est bien le cas, alors l'impact du délai d'intervention sur le nombre de blessés graves évités devrait aussi être valorisés en termes monétaires dans l'analyse coût-bénéfice des politiques visant à optimiser ce délai. Il est surprenant de constater que ce volet n'a pas été beaucoup étudié jusqu'à présent dans la littérature étant donné les coûts conséquents que l'on peut associer aux blessés graves, à la fois en termes de coûts d'hospitalisation mais également d'un point de vue social en termes de perte d'utilité. Il y a bien sûr des limites à de telles approches vu qu'en France, par exemple, la valeur monétaire pour un blessé grave est basé sur un pourcentage arbitraire de la VVS[1] (E. Quinet, 2013).

Les travaux cités ci-avant qui utilisent l'effet marginal du délai d'intervention sur l'état de santé emploient des modèles de régression logistique puisqu'il s'agit de l'approche la plus commune dans le monde des statistiques pour estimer des probabilités associées à des variables discrètes. En associant un changement du délai d'intervention à la probabilité d'observer un état de santé donné, il est possible de déterminer le bénéfice social d'une réduction du délai d'intervention en multipliant la VVS par ce coefficient, comme cela à été démontré par les précédents travaux (Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn, 2014). Cette approche est pertinente vis-à-vis des fondations théoriques de la VVS puisqu'un changement dans l'exposition au risque peut être évalué directement dans la fonction d'utilité suivante :

$$E(U) = (1 - R)U(y). \tag{3.1}$$

Objectifs

Trois hypothèses sont formulées à partir des points clés soulevés en introduction ci-avant :

- l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé des victimes est sous-estimé à partir de données composées d'interventions hétérogènes pour de l'aide médicale urgente ;
- l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé est non-linéaire ;

[1] 3 000 000€ (base 2010) x 0,15 = 450 000€

- le délai d'intervention a un impact significatif sur la probabilité de blessé grave qui diverge de celui sur la probabilité de décès.

La première hypothèse concerne le problème d'endogénéité soulevé par Wilde (2008). Dans ce travail, le délai de route (le délai d'acheminement des moyens entre le centre de secours et le lieu de l'accident) sera utilisé dans l'estimation pour déterminer l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé des victimes et cette estimation sera comparée à celle basée sur le délai d'intervention dans sa globalité pour visualiser au mieux la possible endogénéité de cette variable.

La deuxième hypothèse adresse la question de la non-linéarité de l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé. Suivant les suggestions de Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn (2014), ce travail crée des sous-échantillons de données basé sur des intervalles de 5 minutes - qui se chevauchent, minute par minute - pour pouvoir employer une estimation plus souple et adaptée afin de déterminer si l'impact d'un changement du délai d'intervention sur l'état de santé est différent selon l'intervalle retenu et de quelle manière il varie (est-il plus fort ou plus faible quand le délai est rallongé).

La troisième hypothèse analyse l'impact du délai d'intervention sur la probabilité de blessures graves. Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn (2014) ont trouvé que l'effet marginal du délai d'intervention était plus important pour les blessés graves que pour les décès. Ce travail visera à valider ou rejeter ce résultat à partir de nouvelles données issues d'un contexte différent.

3.2.2 Méthodologie

Données

Une base de données a été construite sur une période de 4 ans (2015-2018) pour trois départements de France Métropolitaine. Cette base de données recouvre toutes les interventions effectuées par les SIS libellées comme du "secours à personne" et exclut ainsi les sauvetages liés aux incendies. Le contexte français est assez particulier car les SIS répondent à des incidents d'une grande diversité : des urgences médicales à des accidents de la route. Chaque département est libellé A, B ou C - un indicateur basé principalement sur la taille de la population. Une demande de données a été formulée sur l'ensemble du territoire de France Métropolitaine (dont 20 SIS sont de catégorie A, 37 de catégorie B et 40 de catégorie C). Les SIS ont été contactés via un réseau national des contrôleurs de gestion, 29 départements ont accusé réception de la demande mais seulement 4 ont fourni les données appropriées. Un échantillon d'un département de chaque catégorie a été établi et utilisé pour les estimations dans cet article. La représentativité de cet échantillon sera discutée au moment de

commenter les résultats.

Ces données comportent notamment le délai d'intervention divisé en ces différentes sous-parties du délai de traitement de l'alerte, du délai de préparation et du délai de route. Ces différents délais sont collectés via les informations transmises par les sapeurs-pompiers en intervention et sont rentrés dans un système d'information au niveau du centre de traitement de l'alerte (CTA). L'état de santé des victimes est mesuré sur une échelle ordinaire prenant les valeurs d'indemne, blessé léger, blessé grave et décédé. Cette échelle est utilisée systématiquement par les SIS en France. L'état de santé est déterminé par le chef d'agrès responsable de l'intervention au moment de la fin de l'intervention, qui a lieu généralement à l'arrivée à l'hôpital. Un décès pourrait être observé à n'importe quel moment durant l'intervention : lors de l'arrivée sur les lieux, en administrant des gestes de secours ou durant le transport à l'hôpital.

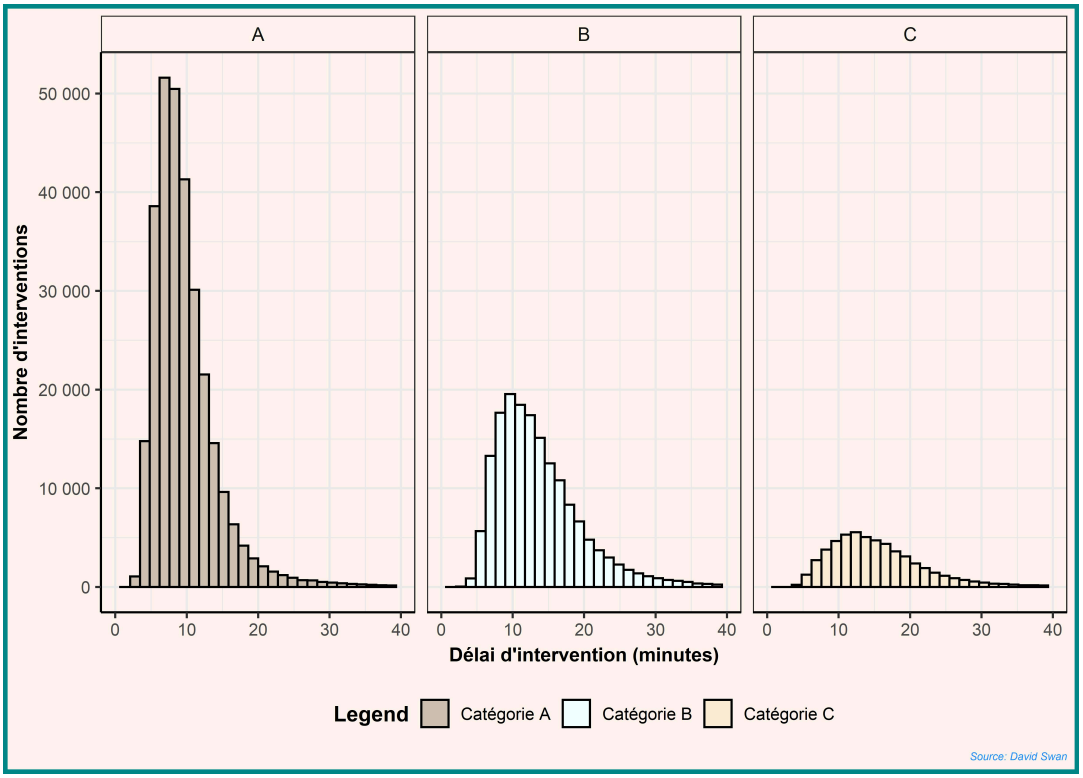
Table 3.1: Statistiques descriptives de l'échantillon

	Décédé			Blessé Grave		
Variable	A	B	C	A	B	C
	(N=5816)	(N=2985)	(N=1511)	(N=27862)	(N=4038)	(N=7556)
SEXE						
Homme	3732 (64.2%)	1899 (63.6%)	1034 (68.4%)	16083 (57.7%)	2352 (58.2%)	4629 (61.3%)
Femme	2084 (35.8%)	1086 (36.4%)	477 (31.6%)	11779 (42.3%)	1686 (41.8%)	2927 (38.7%)
AGE VICTIME						
Moyenne (SD)	66.1 (18.4)	68.2 (18.1)	67.9 (18.7)	58.1 (24.1)	55.5 (25.3)	57.8 (25.2)
Médiane [Min, Max]	67.0 [0, 103]	70.0 [0, 99.0]	70.0 [1.00, 99.0]	62.0 [0, 108]	58.0 [0, 99.0]	61.0 [0, 99.0]
Manquant	0 (0%)	0 (0%)	30 (2.0%)	0 (0%)	0 (0%)	121 (1.6%)
DELAI DE TRAITEMENT						
Moyenne (SD)	1.35 (1.81)	2.84 (2.34)	2.78 (2.03)	1.54 (2.42)	4.25 (3.50)	4.35 (3.48)
Médiane [Min, Max]	0.983 [0.517, 46.4]	2.17 [0.517, 29.1]	2.28 [0.517, 23.0]	1.03 [0.517, 50.1]	2.98 [0.567, 29.0]	3.33 [0.517, 29.8]
DELAI DE PREPARATION						
Moyenne (SD)	2.87 (1.93)	2.97 (1.38)	4.83 (2.96)	2.80 (1.86)	3.04 (1.51)	5.18 (3.01)
Médiane [Min, Max]	2.15 [0.517, 15.7]	2.72 [0.517, 13.2]	4.22 [0.517, 23.6]	2.10 [0.517, 19.4]	2.75 [0.517, 26.2]	4.65 [0.517, 22.3]
DELAI DE ROUTE						
Moyenne (SD)	5.45 (3.76)	6.11 (5.17)	7.39 (5.89)	5.46 (3.53)	6.21 (5.15)	7.22 (5.66)
Médiane [Min, Max]	4.72 [1.02, 55.7]	4.98 [1.02, 53.3]	6.08 [1.02, 50.7]	4.73 [1.02, 54.5]	5.00 [1.02, 52.9]	6.00 [1.02, 52.6]

Table 3.2: Statistiques descriptives de l'échantillon (suite)

	Indemne			Total		
Variable	A	B	C	A	B	C
	(N=264026)	(N=161805)	(N=46648)	(N=297704)	(N=168828)	(N=55715)
SEXE						
Homme	136950 (51.9%)	83090 (51.4%)	24647 (52.8%)	156765 (52.7%)	87341 (51.7%)	30310 (54.4%)
Femme	127076 (48.1%)	78715 (48.6%)	22001 (47.2%)	140939 (47.3%)	81487 (48.3%)	25405 (45.6%)
AGE VICTIME						
Moyenne (SD)	46.9 (26.2)	48.7 (26.9)	53.0 (27.3)	48.3 (26.2)	49.2 (26.9)	54.1 (26.9)
Médiane [Min, Max]	45.0 [0, 115]	48.0 [0, 99.0]	54.0 [0, 99.0]	48.0 [0, 115]	49.0 [0, 99.0]	56.0 [0, 99.0]
Missing	0 (0%)	0 (0%)	817 (1.8%)	0 (0%)	0 (0%)	968 (1.7%)
DELAI DE TRAITEMENT						
Moyenne (SD)	1.98 (3.44)	4.85 (4.04)	4.07 (3.86)	1.93 (3.34)	4.80 (4.01)	4.07 (3.78)
Médiane [Min, Max]	1.18 [0.517, 56.2]	3.37 [0.517, 30.0]	2.67 [0.517, 30.0]	1.17 [0.517, 56.2]	3.32 [0.517, 30.0]	2.72 [0.517, 30.0]
DELAI DE PREPARATION						
Moyenne (SD)	2.67 (1.79)	3.09 (1.52)	4.64 (2.96)	2.69 (1.80)	3.09 (1.52)	4.71 (2.97)
Médiane [Min, Max]	2.07 [0.517, 21.6]	2.82 [0.517, 28.5]	3.70 [0.517, 22.8]	2.07 [0.517, 21.6]	2.82 [0.517, 28.5]	3.80 [0.517, 23.6]
DELAI DE ROUTE						
Moyenne (SD)	5.18 (3.18)	5.85 (4.40)	6.70 (4.76)	5.21 (3.23)	5.86 (4.43)	6.79 (4.93)
Médiane [Min, Max]	4.50 [1.02, 57.5]	4.77 [1.02, 55.2]	5.73 [1.02, 55.8]	4.52 [1.02, 57.5]	4.78 [1.02, 55.2]	5.80 [1.02, 55.8]

Figure 3.3: La distribution des interventions par le délai d'intervention



3.2.2.1 Modélisation

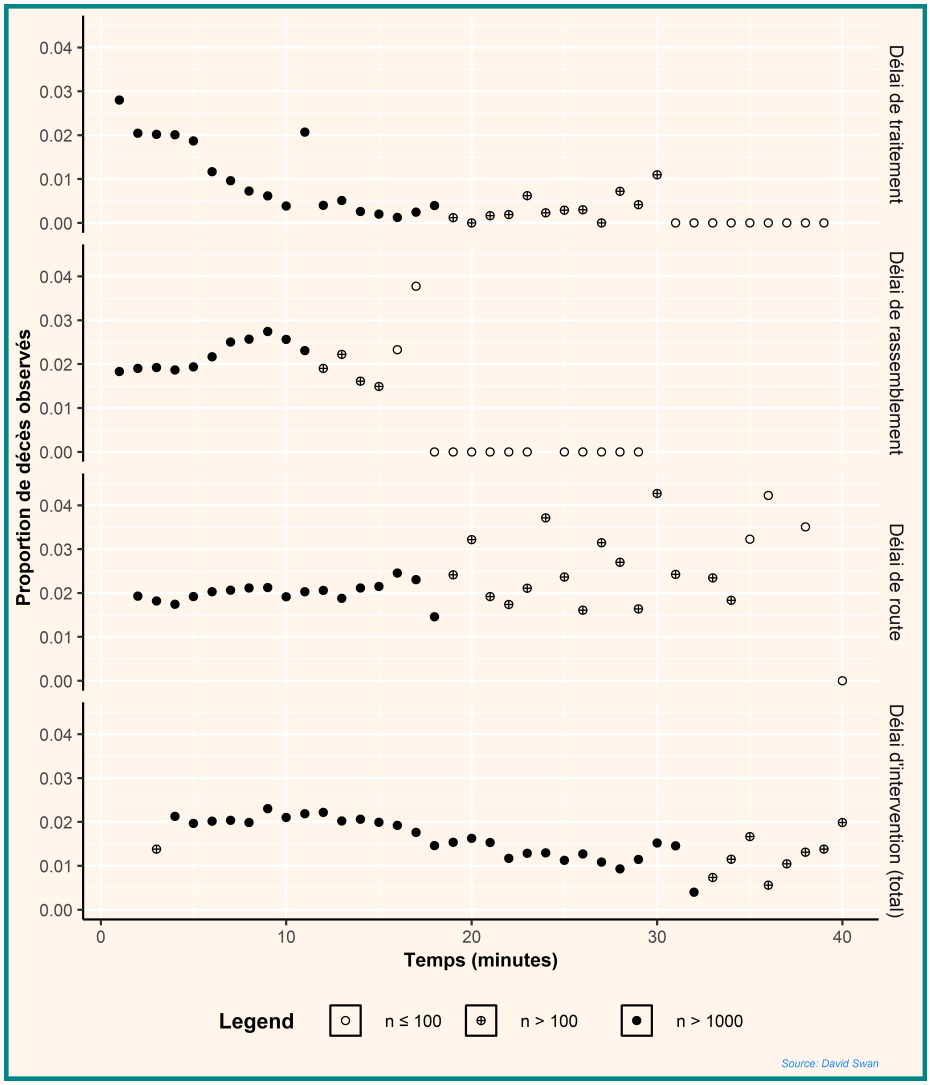
Ce travail de recherche déploie à la fois un modèle de régression logistique binomial et multinomial pour estimer l'effet marginal du délai d'intervention et du délai de route sur l'état de santé des victimes. Le modèle binomial considère le cas binaire de décès ou de survie, tandis que le modèle multinomial emploie trois catégories : indemne et blessé léger (les deux sont combinés pour constituer un niveau de référence de la variable dépendante), blessé grave et décès. Les effets marginaux sont calculés pour chaque modèle pour traduire l'impact d'un changement d'une minute du délai d'intervention sur la probabilité d'observer un blessé grave ou un décès par rapport à la référence.

La procédure d'estimation est construite comme suit :

Dans le modèle de régression logistique binomiale, une série de prédicteurs linéaires (le vecteur β_K) sont régressés sur le logarithme de la variable discrète d'intérêt (l'état de santé) :

$$Logit(E(Y|X_i)) = logit[P(Y = 1 = \text{décès})] = log(\frac{P(Y = 1)}{P(Y = 0)}) = \beta_K \cdot X_i \qquad (3.2)$$

Figure 3.4: La proportion de décès constatée selon le délai d'intervention



La probabilité est ensuite calculée comme suit :

$$E(Y) = P(Y = 1) = \frac{e^{\beta_K \cdot X_i}}{1 + e^{B_K \cdot X_i}} \tag{3.3}$$

Enfin, il est possible de calculer l'effet marginal de la variable β_k :

$$Log\frac{P(Y = \text{Décès})}{P(Y = Survie)} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 AgeVictime + \beta_3 SexeVictime + B_K \cdot X_i \tag{3.4}$$

x_1 correspond au délai d'intervention dans le modèle 1 et le délai de route dans le modèle 2. X_i correspond à K vecteurs de variables muettes associées à différentes catégories de département (A,B,C), différentes années (2015,2016,2017,2018) et différentes catégories d'interventions de secours d'urgences (urgence vitale, traumatisme physique, accident de la route et autre).

Le modèle multinomial est appliqué en mobilisant l'état de santé sans gravité (la somme des catégories indemne et blessé léger) comme niveau de référence, permettant l'estimation de l'impact du délai d'intervention sur la transition vers les autres états de santé : le blessé grave et le décès. Cette transition reflète l'objectif d'identifier la valeur économique (utilité) d'éviter une blessure grave ou un décès. Y=1 pour la catégorie sans gravité, Y=2 pour blessé grave et Y=3 pour décès. Du coup, le modèle peut être écrit comme suit pour l'estimation de la probabilité de blessé grave :

$$Logit(E(Y = 2|X_i)) = logit[P(Y = 2)] = log\frac{P(\text{Etat=Blessé grave})}{P(Etat = \text{Sans gravité})} = B_K \cdot X_i \tag{3.5}$$

Estimation économétrique

Équation 3.6 présente l'estimation du modèle binomial. x_1 correspond au délai d'intervention total dans le modèle 1 et au délai de route dans le modèle 2. X_i correspond à K vecteur de variables muettes associées aux différentes catégories de département, des différentes années et des différentes catégories d'intervention (*urgence vitale, traumatisme grave, accident de la route et autre*). Les modèles 3 et 4 suivent la même procédure pour estimer le modèle sous sa forme multinomiale. Ces quatre modèles utilisent l'ensemble des données à condition que le délai d'intervention soit inférieur à 60 minutes.

$$log(\frac{P(Y = \text{Décès}}{P(Y = Survie}) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 AgeVictime + \beta_3 SexeVictime + \beta_K X_i \quad (3.6)$$

Les sous-échantillons sont créés sur différents intervalles du délai d'intervention et un modèle est estimé sur chacune d'entre elles, à la fois pour le cas binomial et multinomial. Le premier intervalle correspond aux interventions avec un délai d'intervention compris entre 4 et 8 minutes (pour ressortir l'effet marginal à 6 minutes), le deuxième entre 5 et 9 minutes jusqu'à l'intervalle 38 à 42 minutes, intervalle au-delà duquel les données deviennent insuffisantes pour conclure.

3.2.3 Résultats

Les statistiques descriptives dans le tableau 3.1 précisent le profil des victimes (le sexe et l'âge), ainsi que les différentes sous parties du délai d'intervention relatives aux différents états de santé pour chaque catégorie de département. Figure 3.3 affiche la distribution des interventions en fonction du délai d'intervention pour chaque catégorie de département. Figure 3.4 illustre la proportion de décès observés à chaque minute du délai de traitement, du délai de préparation, du délai de route et du délai d'intervention total.

Le tableau 3.3 affiche les résultats des quatre premiers modèles de régression utilisant l'ensemble de données. Le délai d'intervention affiche un coefficient négatif dans le modèle 1 et ce résultat est statistiquement significatif, suggérant que la probabilité de décès diminue quand le délai d'intervention est rallongé. Par comparaison, le modèle 2 affiche un coefficient positif pour le délai de route qui est également statistiquement significatif, indiquant qu'au contraire la probabilité de décès augmente avec le délai d'intervention. Le modèle 3 affiche un coefficient positif et significatif pour l'impact du délai d'intervention total sur la probabilité de décès grave. Ce même coefficient demeure significatif et gagne en ampleur dans le modèle 4 en utilisant le délai de route.

Les effets marginaux peuvent être calculés à partir des coefficients obtenus dans le tableau 3.3. En utilisant les résultats du modèle 4, on obtient un effet marginal de 0,02 et de 0,1 points de pourcentage pour l'augmentation de la probabilité de décès et de blessé graves par rapport à un délai d'intervention rallongé d'une minute. Les résultats des modèles à moyenne mobile sont présentés graphiquement dans les figures 3.5 et 3.6.

Ces graphiques présentent les effets marginaux calculés à partir des estimations de modèles de régression logistique sur chaque sous-échantillon, avec le délai de route comme variable explicative. Figure 3.5 démontre que la probabilité de décès est

Table 3.3: Résultats des régressions logistiques binomiales

	Modèle 1	Modèle 2
(Constante)	−4.399*** [−4.490;−4.309]	−4.490*** [−4.582;−4.399]
délai d'intervention	−0.030*** [−0.034;−0.026]	
âge victime	0.026*** [0.025;0.027]	0.026*** [0.025;0.027]
sexe victime	0.668*** [0.626;0.711]	0.650*** [0.608;0.692]
sdis catégorie B	0.492*** [0.442;0.542]	0.782*** [0.728;0.835]
sdis catégorie C	0.827*** [0.760;0.894]	1.024*** [0.954;1.094]
année 2016	−0.022 [−0.079;0.035]	−0.012 [−0.069;0.045]
année 2017	0.035 [−0.022;0.091]	0.055. [−0.002;0.112]
année 2018	−0.202*** [−0.259;−0.145]	−0.210*** [−0.267;−0.153]
traumatisme	−3.018*** [−3.145;−2.897]	−3.006*** [−3.132;−2.884]
accident voie publique	−1.868*** [−1.983;−1.756]	−1.901*** [−2.016;−1.789]
autre	−2.154*** [−2.203;−2.105]	−2.091*** [−2.140;−2.042]
délai de route		0.012*** [0.007;0.017]
délai de diffusion		−0.181*** [−0.193;−0.169]
délai de départ		−0.006 [−0.016;0.005]
Observations	521 279	521 279
F	1301.472	1119.740
RMSE	0.40	0.40

Note: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, . p<0.1 ; [;] intervalle de confiance à 95%

croissante quel que soit le délai d'intervention. Pourtant, l'effet est non-linéaire car tous les points formeraient une droite horizontale en cas de linéarité parfaite. Figure 3.5 montre qu'un délai d'intervention rallongé d'une minute a le plus fort impact lorsque ce délai se situe entre 15 et 20 minutes. L'effet marginal dans cet intervalle pour un retard d'une minute de ce délai est estimé à 0,2 points de pourcentage.

Figure 3.6 donne des informations supplémentaires concernant l'impact du délai de route sur la probabilité de blessé grave. Les résultats montrent que la probabilité de constater un blessé grave est croissant tout au long de la distribution, mais contrairement au cas de la probabilité de décès, l'effet marginal est le plus fort pour un délai d'intervention supérieur à 30 minutes, où l'estimation est de 0,25 points de pourcentage pour un changement d'une minute de ce délai.

3.2.4 Discussion

Interprétation des résultats

Il est possible d'observer dans la figure 3.3 que le nombre d'interventions varie selon la catégorie de département. De plus, le délai moyen d'intervention est plus faible dans les départements de catégorie A dans lequel plus d'interventions sont effectuées

Table 3.4: Résultats des régressions logistiques multinomiales

	Modèle 1	Modèle 2
(Constante) BG	−2.334*** [−2.376;−2.292]	−2.413*** [−2.456;−2.370]
(Constante) DCD	−4.312*** [−4.402;−4.221]	−4.419*** [−4.511;−4.328]
délai d'intervention BG	0.004*** [0.002;0.006]	
délai d'intervention DCD	−0.029*** [−0.033;−0.024]	
âge victime BG	0.013*** [0.013;0.014]	0.013*** [0.013;0.014]
âge victime DCD	0.028*** [0.027;0.029]	0.028*** [0.027;0.029]
sexe victime BG	0.368*** [0.346;0.390]	0.364*** [0.342;0.386]
sexe victime DCD	0.727*** [0.685;0.770]	0.709*** [0.667;0.752]
année 2016 BG	−0.008 [−0.038;0.022]	−0.007 [−0.038;0.023]
année 2016 DCD	−0.023 [−0.080;0.034]	−0.013 [−0.070;0.044]
année 2017 BG	−0.039* [−0.069;−0.008]	−0.036* [−0.066;−0.006]
année 2017 DCD	0.032 [−0.025;0.089]	0.052. [−0.005;0.109]
année 2018 BG	−0.099*** [−0.129;−0.069]	−0.099*** [−0.129;−0.068]
année 2018 DCD	−0.223*** [−0.281;−0.166]	−0.232*** [−0.290;−0.175]
sdis catégorie B BG	−1.182*** [−1.218;−1.147]	−1.124*** [−1.160;−1.088]
sdis catégorie B DCD	0.363*** [0.313;0.413]	0.653*** [0.600;0.706]
sdis catégorie C BG	0.633*** [0.601;0.665]	0.623*** [0.590;0.657]
sdis catégorie C DCD	0.951*** [0.883;1.018]	1.135*** [1.064;1.205]
traumatisme BG	−1.295*** [−1.327;−1.263]	−1.293*** [−1.325;−1.261]
traumatisme DCD	−3.184*** [−3.308;−3.060]	−3.172*** [−3.296;−3.048]
accident voie publique BG	−0.997*** [−1.042;−0.952]	−1.011*** [−1.056;−0.966]
accident voie publique DCD	−2.000*** [−2.114;−1.887]	−2.034*** [−2.148;−1.921]
autre BG	−1.346*** [−1.371;−1.320]	−1.320*** [−1.346;−1.295]
autre DCD	−2.329*** [−2.378;−2.279]	−2.266*** [−2.315;−2.217]
délai de diffusion BG		−0.026*** [−0.030;−0.022]
délai de diffusion DCD		−0.181*** [−0.194;−0.169]
délai de départ BG		0.026*** [0.021;0.031]
délai de départ DCD		0.001 [−0.009;0.011]
délai de route BG		0.018*** [0.016;0.021]
délai de route DCD		0.015*** [0.011;0.020]
Observations	521 279	521 279
ρ 2	0.130	0.133
ρ 20	0.712	0.714

Note: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, . p<0.1 ; [;] intervalle de confiance à 95% ; DCD = décédé, BG = blessé grave

Figure 3.5: L'effet marginal du délai de route sur l'état de santé - modélisation binomiale

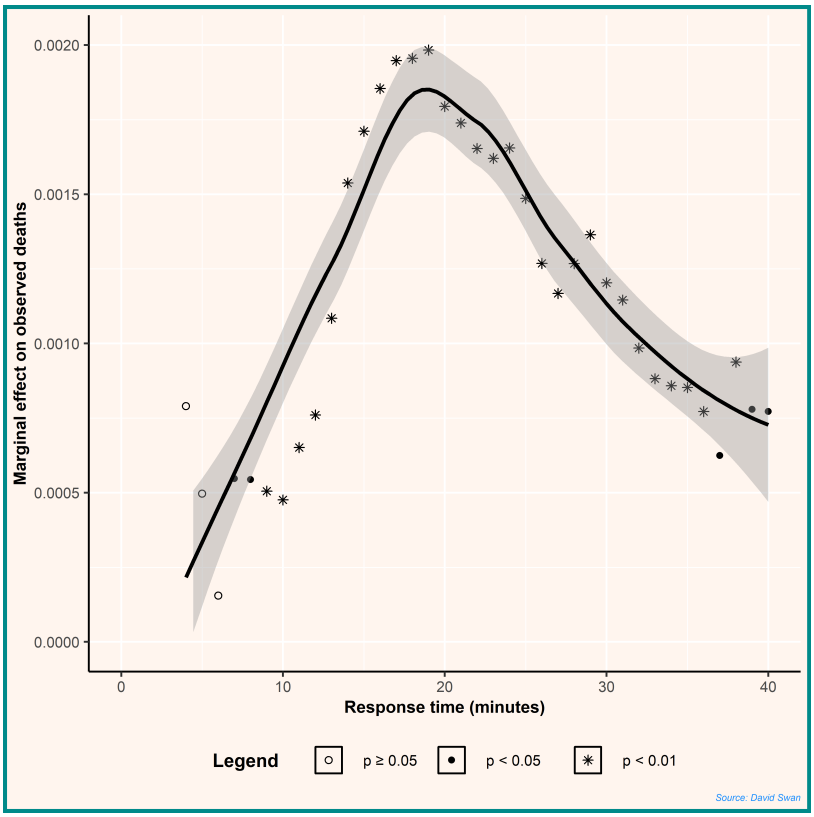
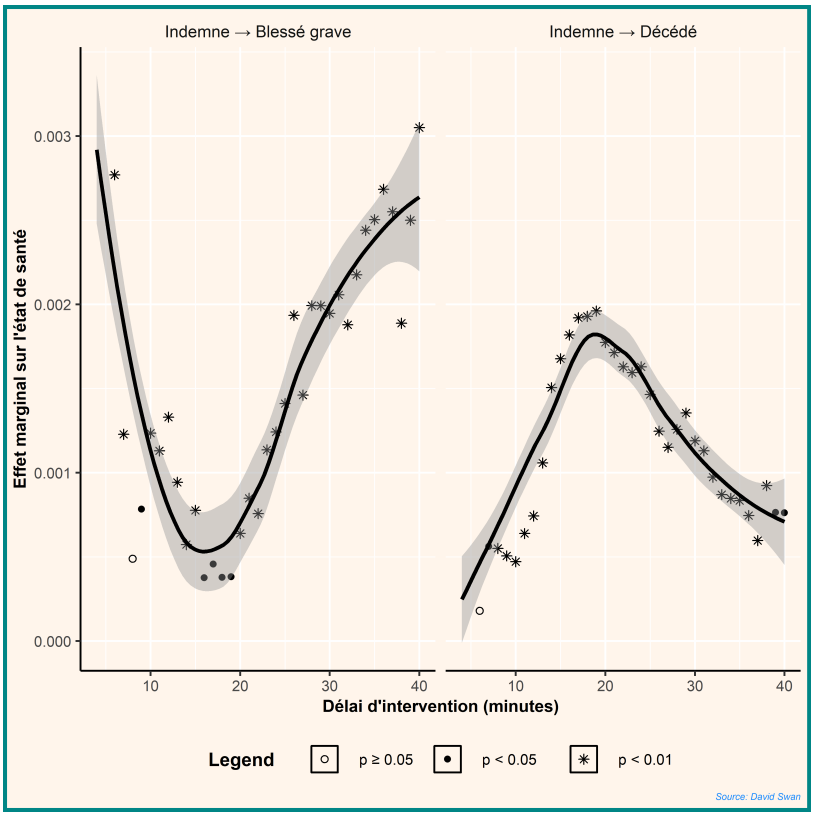


Figure 3.6: L'effet marginal du délai de route sur l'état de santé - modélisation multinomiale



que dans les départements de catégorie B et C. Des délais de route plus rallongés dans les départements de catégorie B et particulièrement C, suggérant qu'ils correspondent davantage à des zones rurales. Des délais de rassemblement plus longs pour les départements de catégorie C indique que ce sont des zones rurales reposant sur un personnel volontaire plutôt que professionnel.

Les résultats indiquent que l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé diffère de manière significative selon que l'on retient le délai de route ou le délai d'intervention total comme indicateur. Les motivations pour l'emploi du délai de route dans la modélisation viennent de l'éventuelle présence d'endogénéité pouvant être associée au délai d'intervention total. L'hypothèse est faite que cette endogénéité réside le plus probablement dans le délai de traitement de l'appel, où la perception et le ressenti humain du degré d'urgence peuvent influencer la rapidité de la réponse donnée. Une telle relation peut être observée dans la figure 3.4. Les coefficients négatifs dans les modèles 1 et 3 sont contre-intuitifs et on peut avancer que cela est en raison de l'endogénéité du délai d'intervention total. Cela pourrait expliquer la raison pour laquelle des travaux précédents n'ont pas toujours identifiés une relation significative entre le délai d'intervention et l'état de santé. Le délai de route se présente comme un indicateur plus robuste pour les travaux futurs dans ce domaine.

Les résultats démontrent également que l'estimation de l'effet marginal du délai d'intervention sur l'état de santé produit des résultats très différents selon l'intervalle du délai d'intervention retenu dans l'estimation. Ceci est un résultat de la non-linéarité de la relation entre le délai d'intervention et l'état de santé qui est visible dans les figures 3.5 et 3.6. L'effet marginal moyen d'un délai rallongé d'une minute aura un impact dix fois plus important sur la probabilité de décès dans l'intervalle de 17 à 21 minutes comparée à l'ensemble des données.

Quant à l'impact du délai d'intervention sur la probabilité de blessure grave, nos résultats répliquent ceux de Jaldell et al (Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn, 2014), démontrant que l'ampleur de cet impact pour un rallongement du délai d'intervention est plus grande sur cette probabilité de blessure grave que de décès. Néanmoins, les estimations visibles dans les figures 3.5 et 3.6 suggèrent que la magnitude de cet impact dépend énormément de l'intervalle du délai d'intervention. Des estimations similaires n'ont pu être trouvées dans les travaux publiés à propos d'autres pays européens.

Enfin, étant donné l'objectif de mobiliser de telles estimations dans le cadre de l'analyse coût-bénéfice, il est important de prendre en considération les valeurs monétaires qui seraient associées à ces effets marginaux. En employant les valeurs tutélaires en vigueur en France, l'effet marginal du délai d'intervention sur la prob-

abilité de décès serait multiplié par 3 000 000€$_2$010 et celui correspondant au risque de blessure grave par 450 000€$_2$010. Compte tenu de la magnitude des estimations obtenues et le degré auquel elles varient selon l'intervalle du délai d'intervention, il est facile de constater en quoi l'utilisation erronée d'une telle estimation pourrait mener à un calcul biaisé des bénéfices monétaires d'une politique visant à optimiser le délai d'intervention des services d'urgence médicale.

Limites

Par le biais du délai de route dans l'estimation, il y a une hypothèse implicite que n'importe quel changement du délai de route sur l'état de santé est équivalent à n'importe quel changement identique du délai d'intervention totale. Cela veut dire que les différentes sous parties du délai d'intervention (traitement, rassemblement, route) sont parfaitement substituables. Cette hypothèse semble suffisamment vraisemblable pour contourner le problème d'endogénéité.

Alors que les résultats donnent de bonnes indications que l'emploi du délai de route peut réduire le biais dû à l'endogénéité lors de l'estimation de l'impact du temps sur l'état de santé, il existe encore des éléments qui pouvaient contribuer à biaiser l'estimation vers le bas. Par exemple, le comportement du personnel médical pendant le trajet pouvait amener à une conduite plus rapide et risquée pour les interventions les plus urgentes, ainsi créant des délais de route systématiquement plus bas pour un degré d'urgence élevé. Un plus gros problème pourrait venir du fait qu'il pourrait y avoir un envoi stratégique de véhicules plus près ou plus loin du lieu de l'intervention selon le degré d'urgence, cela dans le but de réduire les difficultés organisationnelles liées à la simultanéité des interventions. Cela pourrait accentuer le risque d'endogénéité dans l'indicateur du délai de route. Il est également possible d'imaginer que la topographie ou les conditions météorologiques pourraient générer du bruit statistique dans l'estimation à partir du délai de route (Lucchese, 2020).

Ce travail ne considère pas le rôle de la durée de l'intervention qui est composée à la fois du temps passé sur le lieu de l'intervention et en transit à l'hôpital en plus du délai d'intervention. Ce sujet renvoie notamment au principe du "golden hour" qui est traité longuement dans la littérature (Newgard et al., 2010; Dinh et al., 2013) mais n'a pas figuré dans les objectifs de ce travail. Il est évident que ces intervalles de temps pourraient tout de même impacter les états de santé observés dans la base de données utilisée.

De plus, la notion de l'état de santé utilisée dans cette base de données peut être qualifiée de résultat intermédiaire puisqu'il s'agit d'un état de santé défini au moment de l'arrivée à l'hôpital. Il y a clairement un besoin de définir l'état de santé final, c'est-à-dire à la sortie de l'hôpital. Néanmoins, cela demeure une tâche complexe en raison des difficultés administratives et logistiques pour suivre les patients au

travers de leurs parcours à l'hôpital puisque cela ne relève plus de la responsabilité des services ambulanciers.

Notre échantillon semble manquer un peu de représentativité pour la France métropolitaine. Sur la période étudiée, le délai d'intervention moyen pour les départements de catégorie A, B et C étaient respectivement 11min2sec, 11min41sec et 12min52sec alors que notre échantillon a les valeurs suivantes : 7min56sec, 8min57sec et 11min12sec. En termes de volume d'activité, le nombre moyen d'interventions annuels étaient de 72 156, 29 588 et 12 479 pour la France métropolitaine contre 129 056, 51 263 et 15 358 pour notre échantillon. La proportion de décès observés était de 0,017, 0,021 et 0,026 pour la France métropolitaine alors que notre échantillon indique des valeurs de 0,012, 0,019 et 0,026.

Les délais d'intervention moyen pour les départements de catégorie A, B et C mobilisés dans ce travail sont donc significativement plus bas que les moyennes nationales, et le nombre d'interventions significativement plus élevé. Il est possible de supposer que ces trois départements représentent un niveau de performance au-dessus de la moyenne nationale. Toutefois, il n'est pas chose évidente de déterminer quel serait l'impact de ce constat sur la représentativité de nos résultats. On pourrait s'attendre à ce que le délai d'intervention soit déjà optimisé dans ces départements, ce qui aurait comme conséquences des estimations plus basses issues de nos modèles que si l'on avait pris d'autres départements.

Perspectives

Il serait souhaitable de pouvoir répondre aux doutes qui peuvent subsister concernant l'exogénéité du délai de route en prenant en compte un échantillon plus grand recouvrant davantage de territoires sur le sol français. De futurs travaux utilisant cet indicateur du délai de route serait le bienvenu afin de renforcer la validité de cet indicateur. Il serait également intéressant de voir des travaux proposés sur l'ensemble de la durée des interventions d'urgence médicale, c'est-à-dire du délai de traitement jusqu'au délai de transport à l'hôpital car il ne semble pas exister de travaux prenant en compte tous ces éléments. Enfin, étant donné que les résultats de ce travail développent la littérature sur le lien entre le délai d'intervention et l'évolution de l'état de santé en dehors du risque de décès (Wilde, 2008; Jaldell, Lebnak, and Amornpetchsathaporn, 2014), de futurs travaux devraient se consacrer à cette relation.

Conclusion

Ce travail a présenté une solution originale au problème d'endogénéité du délai d'intervention en s'appuyant plutôt sur le délai de route. A partir d'une base de données hétérogènes sur les interventions de secours à personne effectuées par les

SIS, on trouve que les probabilités de risque de décès et de blessure grave augmentent avec le délai de route. On obtient des estimations plus faibles en se basant sur le délai d'intervention totale avec la même modélisation, ce qui suggère qu'il y a un problème d'endogénéité significatif quand on produit de telles estimations sur des interventions hétérogènes. Les données indiquent que cette endogénéité est favorisée avant tout par le délai de traitement de l'appel au secours. De plus, on trouve que l'effet marginal du délai de route sur l'état de santé des victimes est non linéaire et que cette relation est différente selon l'état de santé étudié. Ces résultats peuvent contribuer à produire de l'analyse coût-bénéfice plus fiable sur les politiques publiques visant à optimiser le délai d'intervention pour améliorer l'état de santé des victimes.

3.3 Application des résultats : la valorisation socio-économique du maillage territorial des SIS

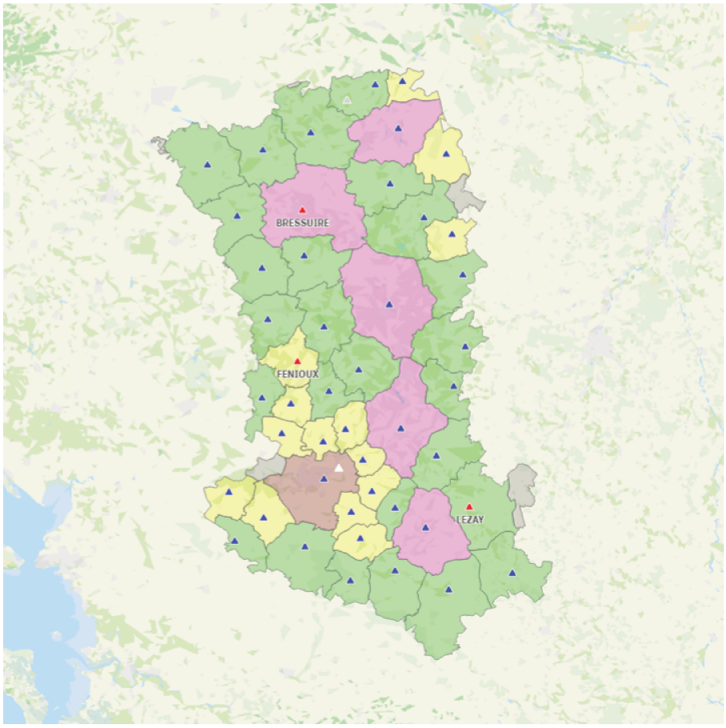
Afin de décliner ces résultats au sein des pratiques réelles des SIS et ainsi percuter l'intérêt fondamental du travail que nous avons entrepris dans ce chapitre, il est proposé de travailler sur un cas d'étude présenté lors des séances du groupe de travail *ESE pour les SIS* : l'impact socio-économique de la suppression d'un CIS sur un territoire.

L'objectif est de démontrer en quoi il est possible, à partir des éléments disponibles, de produire un calcul permettant de comparer les coûts avec les gains de la couverture des risques par un CIS. Cet exemple sera basé notamment autour des résultats obtenus dans la partie précédente concernant l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé des victimes prises en charge par le SIS.

Le département qui fera sujet de ce cas d'étude est le département des Deux-Sèvres, SDTIS de catégorie C, avec une surface de 6054km^2 et 47 CIS. La figure 3.7 démontre le maillage territorial de ce département via un réseau ce CIS dispersés sur l'ensemble du territoire. Il est important de souligner dans ce maillage territorial que les plus gros CIS - les Centres de Secours Principaux (CSP) - sont situés dans les agglomérations puisqu'il est là que l'activité opérationnelle est la plus important en raison de la densité de la population.

Le maillage territorial et plus globalement la couverture des risques ont une dimension politique très forte que l'on a pu expliciter dans le premier chapitre - les décideurs publics valident le niveau de couverture des risques sur leur territoire - qui se traduit concrètement via le choix d'un délai d'intervention admis. Les arbitrages en matière de couverture des risques, qui sont discutés, dans les SDACR notamment, devraient être retenus au regard des bénéfices quantifiés et valorisés d'un service de

Figure 3.7: Présentation du territoire des Deux-Sèvres



proximité et les coûts qu'ils faut consentir pour l'obtenir. Tout indicateur permettant d'objectiver les bénéfices réels face aux coûts seraient donc le bienvenu pour rendre les choix de couverture plus clairs.

A ce jour, les SDACR ne mettent en avant ces éléments qu'au travers d'un discours qualitatif, faisant en sorte que les coûts ne peuvent être objectivés de la même manière dans l'ensemble des arbitrages. Cette approche donnerait une dimension supplémentaire (à la fois quantitative et synthétique) à ces débats pour alimenter les réflexions sur ces arbitrages que les décideurs publics sont amenés à faire.

Ces arbitrages sont fréquents et les acteurs des SIS reconnaissent avoir des difficultés à justifier leurs préconisations et leurs choix en matière de couverture des risques auprès des décideurs publics. Nous pouvons faire référence à un cas concret qui a été évoqué lors du groupe de travail *ESE pour les SIS* qui démontrent l'aspect bien réel de tels arbitrages autour du coût de la couverture des risques : un directeur de SDTIS a expliqué comment il avait déjà reçu de la part d'un élu une préférence pour réduire le nombre de CIS sur le territoire en évoquant le fait "qu'il serait possible de couvrir l'ensemble du territoire avec seulement deux CIS, un au nord et un au sud". L'interlocuteur du groupe de travail - le directeur du SDTIS - a souligné qu'il était difficile de répondre de manière claire à cette interrogation avec des éléments quantitatifs à l'appui. C'est pour cette raison que l'approche qui sera présentée ici représente pour la première fois une objectivation de l'implantation de chaque CIS sur le territoire.

Il y a bien évidemment des limites à cela, et ce travail ne vise pas à présenter une méthodologie exhaustive pour laquelle toutes les données nécessaires ne sont malheureusement pas réunies. Il s'agit plutôt de démontrer en quoi il est possible, à partir des données dont disposent l'ensemble des SDTIS de France et en s'appuyant sur les valeurs tutélaires qui sont mobilisés au niveau de l'Etat dans le cadre de l'évaluation socio-économique, de présenter des éléments de réponse à la question de la rentabilité sociale des SIS au travers de leur maillage territorial. On démontre par-là l'intérêt de l'approche engagée ici.

Cette démonstration s'inscrit dans le cadre de l'expérimentation et de l'exploration des approches possibles du calcul socio-économique des SIS, étant donnée qu'un des principales critiques auxquelles le GT *ESE pour les SIS* s'est confronté était effectivement "le manque d'exemple concrets démontrant les résultats obtenus par ces calculs et comment ils peuvent être présentés pour objectiver les actions des sapeurs-pompiers pour in fine justifier les moyens qui leur sont alloués".

On retient alors ici une approche simple qui a été discutée avec les professionnels et qui se base uniquement sur l'indicateur du délai d'intervention, tel qu'il a été mobilisé ci-précédent pour qualifier l'impact sur l'état de santé des victimes. Se basant sur des indicateurs communs à tous les SIS, sa reproductibilité est donc assez élevée, chose qui permettrait in fine de confronter divers résultats de différents territoires dans les caractéristiques et les résultats risquent de traduire des résultats divergents mais qui ne feraient qu'enrichir les réflexions sur ces problématiques de la couverture des risques et de son coût.

Le calcul d'application engagé ici à titre d'illustration nécessite de disposer d'une situation de référence issu non pas d'hypothèses mais de la réalité du terrain et de l'activité réelle. Toutefois, la complexité qui entoure l'activité des SIS et leur choix en matière de couverture des risques (multiplicité des risques, disponibilité des effectifs, simultanéité des interventions) fait qu'il n'était pas envisageable de développer un travail de prospective complet autour des impacts de ces diverses problématiques.

La donnée utilisée pour développer la situation de référence se base sur le principe du "centre de 1er appel" qui renvoient à une classification spatiale des interventions dans le périmètre d'intervention d'un CIS donné. Ce découpage territorial de la part des SIS permet d'isoler dans les données les interventions dans lesquelles le CIS de 1er appel a répondu à l'appel au secours et celles où il a fallu faire appel à un autre CIS, nécessairement situé plus loin. C'est cet élément qui permet de caractériser la situation contrefactuelle en prenant le delta dans le délai d'intervention entre l'intervention du CIS de 1er appel (traduit par le code 1) et l'intervention par un

autre CIS (le code 3).[2]

Figure 3.8: Donnes globales du SDIS 79 concernant la réponse du CIS de 1er appel

Délai d'intervention selon le code de 1er appel

code_1er_appel	famille	delai_inter
1	AVP	613
2	AVP	801
3	AVP	1027
1	INC	949
2	INC	1047
3	INC	1360
1	SUAP	661
2	SUAP	800
3	SUAP	1092

Le calcul se repose sur les résultats de la partie précédente, soit l'effet marginal du délai d'intervention sur l'évolution de l'état de santé des victimes. Pour des questions de simplicité et pour éviter tout risque de double compte, le calcul est proposé uniquement sur le taux de mortalité évité grâce à la réduction du délai d'intervention. On étudie deux exemples de deux centres de secours avec des caractéristiques différents : le CIS Bressuire emploie des sapeurs-pompiers professionnels de garde et s'appuie sur des effectifs volontaires en fonction de l'activité avec de l'astreinte et le CIS Lezay emploie uniquement des sapeurs-pompiers volontaires sur la base de l'astreinte. Les deux CIS n'ont donc évidemment pas le même volume d'activité, il y a eu 1347 interventions sur le secteur de Bressuire en 2019 contre 245 sur celui de Lezay.

On observe les écarts entre le délai de réponse de centre de 1er appel pour le CIS Bressuire dans la figure 3.9 et pour le CIS Lezay dans la figure 3.10. A Bressuire, en ce qui concerne l'activité SUAP le nombre de non-réponses (code 3) est peu nombreux mais quand cette situation se produit le delta dans le délai d'intervention est extrêmement important, avec une augmentation d'un facteur supérieur à 2,5. A Lezay, le nombre de non-réponses est plus important relatif à l'activité globale de ce CIS mais compte tenu du maillage territorial du SDIS, cet effet semble être anticipé puisque le delta entre le code 1 et le code 3 est bien plus faible, de l'ordre de 2 minutes soit environ 20% de rallonge de ce délai.

[2] Le code 2 correspondant au cas où plusieurs CIS sont intervenus. Dans ce cas il est plus difficile de démêler qui est arrivé sur les lieux en premier

Figure 3.9: Donnes de la réponse du CIS Bressuire en tant que centre de 1er appel

Délai d'intervention selon le code de 1er appel: CIS Bressuire

code_1er_appel	famille	delai_inter	n
1	AVP	675	56
2	AVP	667	54
3	AVP	1085	1
1	INC	1003	42
2	INC	865	49
3	INC	1796	2
1	SUAP	581	871
2	SUAP	695	78
3	SUAP	1514	12

Figure 3.10: Donnes de la réponse du CIS Lezay en tant que centre de 1er appel

Délai d'intervention selon le code de 1er appel: CIS Lezay

code_1er_appel	famille	delai_inter	n
1	AVP	976	4
2	AVP	930	7
3	AVP	1472	3
1	INC	906	4
2	INC	1316	9
3	INC	1571	9
1	SUAP	862	125
2	SUAP	830	44
3	SUAP	974	30

Pour ces deux cas, il est possible d'en déduire une mesure partielle du rendement social de chacun de ces CIS en imaginant la situation contrefactuelle de la fermeture du centre, avec un recours au maillage territorial existant des autres centres pour garantir les interventions sur ces secteurs. Le calcul se fait comme suit: le delta entre les codes 1 et 3 est multiplié par la probabilité de constater un décès à chaque minute supplémentaire du délai d'intervention, le chiffre obtenu est ensuite multiplié par le nombre d'interventions attendus sur le secteur à partir des données disponibles et enfin multiplié par la valeur d'une vie statistique, que l'on peut estimer à hauteur de 3 787 000€.[3]

Sachant que le coût de fonctionnement annuel du CIS Bressuire est d'environ 1 200 000€ et celui de Lezay de 273 000€, les résultats présentés dans le tableau 3.5 permettent d'en déduire une mesure partielle du rendement social de ces CIS en rapportant les coûts à leurs bénéfices sociaux relatifs à leur place dans le maillage territorial du département. Si ce calcul ne peut être considéré comme une vision complète des bénéfices sociaux attribuables à l'implantation d'un CIS sur le territoire, il s'agit néanmoins de proposer un point de départ et un ordre de grandeur qui dans certains cas est déjà suffisant pour justifier de son existence à créer un bénéfice social net.

Table 3.5: Calcul des bénéfices sociaux relatifs à l'implantation des CIS sur le territoire

	Δ Délai d'intervention	Coefficient multiplicateur	Nombre d'interventions	VVS	Bénéfices sociaux
CIS Bressuire	15.55	0.002	871	3 787 000€	25 645 658€
CIS Lezay	1.87	0.001	125	3 787 000€	885 211€

On retire plusieurs conclusions intéressantes de ce travail exploratoire et de ces résultats. Tout d'abord, la situation de référence que nous avons mobilisée démontre déjà que chaque CIS joue son rôle dans la production de la couverture des risques (maillage territorial) puisque le délai d'intervention pour intervenir à différents coins du territoire est sensiblement différent dès lors qu'on supprime un CIS. Il est seulement en quantifiant l'impact que cela peut avoir en termes de délai d'intervention et par conséquent sur l'état de santé et donc le bien-être de la population que nous arrivons à donner une traduction monétaire à cette couverture des risques, permettant ainsi de procéder à des jugements quantitatifs et objectifs par rapport au coût

[3] En se basant sur les fiches de calculs mis à disposition par France Stratégie

de l'organisation des moyens permettant de produire cette couverture des risques.

Enfin, cette démonstration ne permet pas de tenir compte de divers impacts qui se produiraient en cas de suppression d'un CIS ou de la modification du maillage territorial. Il s'agit notamment des éléments présentés dans le premier chapitre : l'impact sur la sollicitation des effectifs et la capacité à les maintenir dès lors qu'on les éloigne de leur domicile (particulièrement sensible pour les volontaires). Sans tenir compte de ces éléments, nous arrivons déjà à un résultat plutôt favorable sur le plan coût-bénéfice du maintien du maillage territorial existant, ce qui nous permet de faire deux remarques supplémentaires : le calibrage actuel du maillage territorial du SIS en question s'avère plutôt juste sur le plan socio-économique (les exemples mis en avant ne démontrent pas une inefficience inhérente – le coût que représente ce maillage territorial est alors peut-être surestimé vis-à-vis de son impact socio-économique), et que les fermetures de CIS qu'ont connu différents territoires ont sûrement généré un coût social dont l'ampleur fut ignoré par les décideurs publics.

Ce type de calcul devrait s'inscrire dans une démarche plus globale d'objectivation des délais de couverture de différents risques de la part des SIS. Nous ne pouvons apprécier le coût des moyens consacrés à la couverture des risques sans appréhender ces éléments relatifs au bien-être qu'on associe à la création de cette sécurité, qui parfois demeure implicite et difficilement visible dans l'appréciation des activités des SIS et qui ont souvent le défaut de se figer sur l'activité réelle et non pas la production de cette couverture des risques, que l'on arrive à traduire en réalité aisément par le biais du délai d'intervention.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis de traiter sous un nouvel angle le calcul de l'impact du délai d'intervention sur l'état de santé des victimes à partir de données originales, et de proposer une méthode plus robuste pour l'apprécier dans le cadre de l'organisation des SIS. Nous avons montré que le délai d'intervention (total) peut biaiser les estimations obtenues de cette relation puisque le degré d'urgence influence la réponse des services d'urgence. Nous apportons des résultats en faveur d'un impact significatif - tant sur le plan statistique qu'économique - du délai d'intervention sur l'état de santé des victimes en se basant sur le délai de route.

Nous allons plus loin pour identifier la non-linéarité de cette relation, qui a notamment des conséquences sur l'application des résultats dans le calcul socio-économique : le gain obtenu par une réduction du délai d'intervention en termes de bénéfices sociaux (relatifs au maintien en bon état de santé des victimes) peut varier en fonction de sa durée initiale - une minute en moins quand le délai est de 20 minutes n'équivaut pas à une minute en moins quand le délai est de dix minutes.

En parallèle, et alors que ce type d'approche concerne principalement le risque de décès des victimes, nous démontrons que ces estimations gardent aussi leur pertinence pour qualifier l'impact d'une dégradation non-fatale à l'état de santé des victimes. Il s'agit d'un résultat qui justifie l'inclusion d'une grande hétérogénéité d'interventions dans l'échantillonnage des analyses, et qui permet surtout d'élargir la prise en compte d'impacts dans le calcul socio-économique de l'action publique relative à la couverture des risques.

Enfin, ce chapitre mobilise ces estimations au travers d'un cas d'étude simple, susceptible d'être reproduit plus largement dans l'élaboration des documents de planification de moyens à long terme. Ces approches - en proposant une mesure objective et robuste des bénéfices sociaux relatifs à la conception du maillage territorial des SIS - trouveraient toute leur place dans la planification et la justification des niveaux de couverture et des délais d'intervention fixés lors de l'élaboration et la reconduite du SDACR tous les cinq ans.

Chapitre 4

L'interdépendance des politiques publiques dans le calcul socio-économique

4.1 L'interdépendance des politiques de santé publique et de sécurité civile en France

Le précédent chapitre a permis de discuter le rôle clef que joue le critère du délai d'intervention dans l'évaluation de la création de valeur des services de secours d'urgence aux personnes et de préciser la nature de l'arbitrage relatif à la proximité du service à la population et son coût.

Dans ce chapitre nous abordons une complexité supplémentaire qui est liée au fait, comme il a pu être précisé dans le cadrage général du premier chapitre, que les services de secours aux personnes sont marqués par de multiples co-productions dont il faut tenir compte dans les évaluations. Ces co-productions peuvent avoir un impact considérable sur l'organisation des différents services en fonction du degré de substituabilité qui existe entre eux, et comme nous serons amenés à le constater, cela peut évoluer dans le temps en fonction de la politique menée par les décideurs publics ainsi que l'évolution démographique.

Ce chapitre aborde ce point en revenant sur l'interdépendance en France des politiques de santé publique et de sécurité civile, en mobilisant pour la toute première fois des modèles économétriques pour fonder la relation qui existe entre ces deux secteurs d'activité. Tout comme le chapitre précédent, celui-ci s'articule autour de l'activité de secours à personne des SIS qui représente, pour rappel, plus de 80% des interventions sur le plan national et par conséquent mérite une attention particulière.

Il aborde cette question sous l'angle territorial, par le biais des controverses sur les déserts médicaux et les carences ambulancières. Ce sont deux phénomènes qui touchent les SIS avec une problématique commune : ils génèrent une sursollicitation du service qui crée des tensions opérationnelles. Ils représentent chacun une co-production avec les services de santé. L'objectif de ce chapitre sera de mesurer et d'objectiver leur impact sur l'organisation des SIS et le coût que cela peut représenter pour la collectivité.

Éléments de contexte

Définitions

Nous proposons tout d'abord un extrait d'un circulaire interministériel de 2015[1] qui précise parfaitement la nature de cette interdépendance :

"L'aide médicale urgente (AMU), l'organisation des soins et celle du parcours de soins relèvent de la compétence du ministère chargé de la santé. Les missions de sécurité civile dont celle du secours d'urgence aux personnes (SUAP, également dénommé secours à personne – SAP – dans différents textes en vigueur) sont du ressort du ministère de l'intérieur. L'efficacité de la réponse à la demande d'un usager, patient ou victime, nécessite l'action coordonnée des différents acteurs du SUAP et de l'AMU. La coordination des interventions, la complémentarité des moyens et, plus généralement, la coopération entre ces acteurs constitue un impératif reposant sur un objectif de qualité du service rendu aux usagers mais recouvre également une exigence d'efficience globale du dispositif."

L'existence de cette co-production est donc claire et formelle, que ce soit pour les praticiens ou les pouvoirs publics.

Le terme "désert médical" est très médiatisé et peut faire l'objet de nombreuses définitions et mobiliser des indicateurs très divers pour en rendre compte. Les rapports sur ce sujet caractérisent l'existence de déserts médicaux par une présence réduite de médecins généralistes sur un territoire qui impacte directement l'offre de soins de premiers recours pour la population. Cette offre concerne principalement la prévention, le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies et des affections courantes ; la dispensation des médicaments, produits et dispositifs médicaux et l'orientation dans le système de soins (Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative, 2008).

Le lien entre l'activité des SIS et la désertification médicale est fondé sur

[1] Circulaire interministérielle DGOS/R2/DGSCGC no 2015-190 du 5 juin 2015 relative à l'application de l'arrêté du 24 avril 2009 relatif à la mise en œuvre du référentiel portant sur l'organisation du secours à personne et de l'aide médicale urgente

l'intervention des sapeurs-pompiers auprès de la population pour du secours "non-urgent", souvent appelé de la "bobologie" et qui renvoie à de maux bénins ou de petites blessures et traumatismes sans gravité.

Les carences ambulancières concernent les transports sanitaires - l'acheminement de toute personne souffrante vers une structure de soins pour des raisons de soins ou de diagnostic. Une carence ambulancière se produit lorsqu'il y a l'impossibilité d'avoir recours à une ambulance conventionnée. Dans ce cas, le SAMU demande au SIS de prendre en charge le transport sanitaire.

Il est important de signaler que ces deux phénomènes ne bénéficient pas du même degré de formalisation : les carences ambulanciers sont identifiables dans les statistiques des SIS car chaque demande est formulée par le SAMU et par conséquent est recensée dans les systèmes d'information. Au contraire, le secours "non-urgent" ne bénéficie pas d'une définition stricte et donc n'apparaît pas explicitement dans les statistiques.

La situation en France

Le phénomène de désertification médicale préoccupe en France les pouvoirs publics et les populations, et fait l'objet de nombreuses controverses (Maurey and Longeot, 2020). Elle pose un problème politique au sens où la désertification médicale implique et renforce l'inégalité de l'accès aux soins de premiers recours parmi la population, ce qui remet en cause le principe d'égalité d'accès au service public qui est un principe général du droit en France.[2]

Associer l'activité de la santé publique à celle de la sécurité civile et des SIS peut paraître surprenant à première vue. Pourtant, les SIS effectuent plus de 80% de leur activité opérationnelle dans le cadre d'une mission partagée avec les services de santé que l'on dénomme le secours d'urgences aux personnes (SUAP).[3] Surtout, cette activité n'a fait que progresser en termes de sa part dans l'activité globale depuis maintenant plusieurs décennies.[4] Quant à la dernière décennie (période 2009 à 2019), le nombre total d'interventions effectué par les sapeurs-pompiers pour le motif « secours à personne » a augmenté de plus d'un million.[5]

En outre, il convient de relativiser la notion de secours d'urgence puisque plus de

[2] L'égalité d'accès au service public est un principe général de droit en France. Cela renvoie à un principe non-écrit dans les textes mais qui s'impose à l'administration dans ses diverses activités. De plus, il est inscrit dans la déclaration universelle des droits de l'homme (UDHR) - datant de 1948, l'UDHR concerne tous les pays membres de l'Organisation des Nations Unies (ONU)

[3] Les missions des SIS sont définies dans l'article L1424-2 du Code Général des Collectivités Territoriales, consultable sur le site légifrance

[4] Selon un communiqué de la fédération de sapeurs-pompiers de France, la part de l'activité de secours à personne dans l'activité globale était de 50% en 1998 contre 84% en 2019.

[5] Il s'agit d'un calcul comparatif que nous avons effectué à partir des statistiques des SIS publiés par la DGSCGC dont les publications sont disponible sur le site du ministère de l'intérieur

80% des interventions SUAP relèvent de situations moins critiques.[6] De plus, près de la moitié des interventions pour secours à personne (environ 2 000 000 sur plus de 4 000 000) ont lieu aux domiciles des victimes et dans certains cas, les sapeurs-pompiers sont sollicités pour lever un doute : on qualifie ces interventions de « levée de doutes » (Bertolucci and Tiberghien, 2018).

Au-delà des statistiques, un rapport du Sénat de 2016 (Collombat and Troendlé, 2016)évoque notamment le "brouillage des compétences respectives du 15 et du 18" ainsi que le lien entre l'activité de secours à personne des SIS et la désertification médicale : "Les SDIS, qui jouissent d'un maillage équilibre sur l'ensemble du territoire national, sont en effet perçus comme un service public de santé de proximité dans les territoires les moins densément peuplés, les plus enclavés, privés d'une présence suffisante de certaines spécialités médicales. Ils sont également perçus comme un remède à l'isolement des populations les plus fragiles".

En outre, la fédération nationale des sapeurs-pompiers de France se positionne sur cette problématique, publiant en 2019 un communiqué[7] précisant que "la désertion des hôpitaux et cliniques dans les territoires ruraux au profit des zones urbaines a provoqué une évolution forcée du travail des sapeurs-pompiers. Aujourd'hui, les sapeurs-pompiers couvrent le déficit de service public dans les territoires."

Enfin, la toute nouvelle loi dite *Matras*[8] intègre les soins d'urgence aux missions des sapeurs-pompiers, ainsi permettant de reconnaître les compétences des SIS - qui possèdent des médecins, des infirmiers et des pharmaciens – pour l'administration de soins d'urgence auprès des victimes.

Ce sont ces éléments dans leur ensemble qui traduisent la substituabilité entre les SIS et les services de santé, et par conséquent permet d'avancer l'hypothèse d'une relation entre l'apparition de déserts médicaux et l'accroissement de l'activité des SIS.

Quant aux carences ambulancières, il est possible de faire des constats plus précis : 342 207 interventions par les SIS de ce type en 2009 contre 405 783 en 2019, soit une hausse de 18,6%. En ce qui concerne la part de cette activité dans l'activité de secours d'urgence aux personnes, elle est passée de 11,9% à 12,3% sur cette même période.

Ces phénomènes peuvent être une source d'inefficiences dans le système de soins et selon un récent rapport du Sénat sur le sujet des déserts médicaux (Maurey and

[6] Les statistiques des SIS renseignent l'état de santé des victimes sur une échelle ordinaire comportant 4 catégories : décès, urgence absolue (blessé grave), urgence relative (blessé léger) et impliqué (indemne) ; même en ce qui concerne les interventions les plus graves (libellées *malaises ou maladies à domicile : urgences vitales*), plus de 80% des victimes ne représentent qu'une urgence relative ou sont indemnes

[7] Ce communiqué est disponible sur le site de la fédération

[8] Il s'agit de la loi du 23 novembre 2021 visant à consolider le modèle de sécurité civile français

Longeot, 2020), la situation est particulièrement préoccupante : ils ont estimé le coût de ces inefficiences dans le système territorial de soins à 5 milliards d'euros. Toujours selon ce rapport, une partie conséquente de ce coût repose sur les SIS, preuve qu'on ne peut négliger leur rôle dans l'organisation des soins à l'échelle d'un territoire.

Des phénomènes français ou international ?

L'implication des SIS dans les missions qu'on peut rattacher à l'aide médical se développe non seulement en France mais également à l'étranger comme au Royaume-Uni (Lowton, 2010; Economy, 2017) ou en Suède (Holmgren and Weinholt, 2016). L'extension des missions des SIS dans ce sens répond à la nécessité de rendre les dépenses publiques plus efficients dans une conjoncture budgétaire défavorable qui touche beaucoup de pays (Holmgren and Weinholt, 2016).

Néanmoins, cette réalité peut être très différente d'un pays à l'autre : les appels aux SIS pour de l'aide médicale représente 64,1% des appels total aux Etats Unis - chiffre similaire à la France (68,7%) - mais correspondent à seulement 16,7% des appels en Nouvelle Zélande ou encore 9,8% en Suède et 9,7% en Italie (CTIF, 2020).

La désertification médicale et les inégalités sociales qui en résultent dans l'accès aux soins est une problématique internationale qui concerne principalement les pays occidentaux qui sont touchés par un vieillissement de leur population. L'Europe s'en préoccupe particulièrement comme en témoigne le financement de plusieurs projets au sujet des déserts médicaux par la commission européenne en date de 2021.[9]

La régulation de l'offre des transports sanitaires serait particulièrement complexe en France (Borowczyk and Corneloup, 2022). Si la dépense moyenne pour un transport sanitaire se situe dans la moyenne sur le plan international, les conditions de prise en charge sont moins contraignantes et plus généreuses en France qu'à l'étranger (Borowczyk and Corneloup, 2022).

Malgré les spécificités apparentes du cas français en ce qui concerne les transports sanitaires, il convient de souligner que les deux phénomènes (la désertification médicale et les carences ambulancières) sont en réalité indissociables puisqu'ils concernent tous les deux des pénuries dans l'offre de système de soins. Leurs origines peuvent donc être similaires - chose que nous serons amenés à démontrer par la suite - et de ce fait ces phénomènes sont susceptibles de toucher les mêmes territoires et générer des inefficiences similaires.

[9] Il s'agit de deux projets co-financés par le programme santé de l'Union Européene : Promoting Evidence-Based Reforms on Medical Deserts (OASES et Action for Health and Equity – Addressing Medical Deserts (AHEAD)

Enjeux économiques et organisationnels pour les SIS

L'un des principaux constats issus des échanges au sein du groupe de travail *ESE pour les SIS* porte sur la complexité des liens d'interdépendance entre le secteur de la sécurité civile et d'autres acteurs économiques à la fois publics et privés, et la difficulté de les expliciter dans le cadre d'une évaluation globale comme nous avons pu l'évoquer dans le premier chapitre avec l'approche par la co-production.

La co-production suppose notamment un certain degré de substituabilité entre les inputs qui sont mobilisés dans le processus de production car ils sont destinés à produire le même output (la santé et le bien-être des populations dans ce cas). Il est alors important de déterminer dans quelles conditions et dans quelle mesure une telle substitution se produit. Ensuite, il est possible de se projeter sur le coût de cette substitution, et cela en prenant différentes perspectives.

L'appui des SIS dans le cadre de l'organisation des soins de premiers recours se présente comme une solution de dernier recours, décrit comme un service "tampon" dans la littérature scientifique en sciences de gestion par Bertolucci and Tiberghien (2018) ou comme le "palliatif" pour faire face au recul des autres services publics selon un rapport du Sénat (Maurey and Longeot, 2020).

Les carences ambulancières, quant à elles, ont la particularité de concerner l'organisation du secteur privé car ce sont des transporteurs sanitaires privés qui sont chargés de cette mission par le SAMU (Borowczyk and Corneloup, 2022). Les échanges au sein du groupe de travail *ESE pour les SIS* ont notamment soulignés la nature récurrente de ces carences à certains créneaux horaires ou jours de la semaine. L'indisponibilité d'ambulances privées peut donc être partiellement attribuée à un problème de rentabilité qui dépend de spécificités territoriales. Néanmoins, les ambulanciers privés souffrent de manière plus globale de la crise économique (Borowczyk and Corneloup, 2022) et l'emploi des moyens des SIS pour effectuer les transports sanitaires ne semble pas susceptible de diminuer à moyen terme.

Le recours aux SIS suppose tout d'abord une disponibilité de moyens. Anciennement organisés au niveau communal avant la loi de départementalisation des années 90, les SIS sont implantés de manière historique dans les communes de France et bénéficient donc d'une forte proximité à la population. De ce fait, les SIS présentent une solution rapide pour les citoyens qui font face à un accès réduit aux soins de premiers recours, mais présentent également une solution pour les services de santé lorsqu'une carence ambulancière se produit. Ce recours représente ainsi un gain de temps et par conséquent un gain d'utilité pour l'usager.

Pour l'usager, l'intervention des SIS est gratuite et facilement accessible via le

numéro d'urgence 18. En ayant recours au services de secours, il minimise ses coûts puisque sa prise en charge ne lui engendrera aucun frais de déplacement. De plus, il bénéfice aussi d'un gain de temps puisqu'il n'a pas à attendre un rendez-vous médical. Il en est de même pour la situation de carence ambulancière - sa prise en charge est plus rapide. Le recours aux SIS représente ainsi un gain d'utilité pour l'usager. Il est toutefois difficile à quantifier ce gain qui repose sur la mesure d'un contrefactuel : en absence de soins de premiers recours par les acteurs de la santé publique, et en absence de ces soins via les SIS, que se passe-t-il ? Combien de temps d'attente subit les usagers et quel en est le coût?

En parallèle, cela engendre nécessairement un coût pour les SIS que nous essaierons d'estimer à partir de l'évolution de l'activité en fonction de la désertification médicale. Nous pouvons aussi se baser sur des données relatives au coût des carences ambulancières qui a déjà fait sujet de discussions dans le sphère politique. Ce coût a souvent été mal appréhendé, avec en preuve le fait qu'il a été considéré nécessaire de revaloriser le remboursement des frais d'intervention de la part de la sécurité sociale aux SIS de plus de 60% entre 2021 et 2022 pour mieux tenir compte du coût réel de cette activité pour les SIS.[10] Toutefois, nous ne savons pas en quelle mesure ce coût se rapporte au gain d'utilité obtenu par l'usager.

Ces deux phénomènes ont vraisemblablement les mêmes origines. Les déserts médicaux seraient la conséquence des dynamiques économiques et démographiques locales (Maurey and Longeot, 2020) alors que les carences ambulancières serait dû au vieillissement de la population et l'éloignement des centres hospitaliers ("Guide de Bonnes Pratiques : Définition Des Conditions de "Temporisation" Des Carences Ambulancières" 2021). Ce sont ces similitudes qui font que les SIS touchés par l'un de ces phénomènes seront probablement touchés par l'autre également.

Une hausse des interventions de secours à personne a plusieurs conséquences sur l'organisation des SIS qui peuvent intervenir à court et à long terme : un ajustement à la hausse du potentiel opérationnel journalier (POJ) pour tenir compte de la hausse de l'activité, et une difficulté à maintenir les effectifs volontaires face à la mutation de l'activité[11] - sachant que les volontaires effectuent 80% des interventions en milieu rural (Ferry, 2009) et que plus d'un tiers effectue un engagement inférieur à 5 ans au sein d'un SIS. Cela se transforme comme la crainte d'un effet ciseau : des effectifs qu'il faut renouveler rien que pour maintenir les effectifs opérationnels, et cela face à une sollicitation croissante des services. Il s'agit d'une deuxième manière de mesurer le coût de ces phénomènes pour les SIS.

Ce sont en tout cas les facteurs qui expliquent en quoi les SIS subissent ces

[10] Ces inquiétudes ont notamment été soulevées dans le cadre d'une question au Sénat en date du 7 juillet 2022
[11] Pour rappel, ce sont des missions qui peuvent être considérées comme démotivant

phénomènes. Ce sont des variables exogènes sur lesquels ils n'ont aucune capacité d'influencer. S'ils ont le sentiment de combler les déficits de la santé publique et que cette vision semble même être partagée par les pouvoirs publics, il conviendrait d'en définir l'impact socio-économique pour développer une meilleure connaissance de ces phénomènes et de leurs enjeux pour la collectivité.

Les implications pour le calcul socio-économique

Pour mener correctement une évaluation, il est incontournable de bien prendre en compte les synergies entre certaines politiques publiques qui peuvent, dans certains cas, être au cœur du dispositif. C'est le cas pour l'activité de secours d'urgence à personne au sein des SIS qui représente, du fait de son poids dans l'activité globale, un facteur prépondérant dans le coût du service. Tout élément susceptible d'impacter cette activité et le coût de sa provision mérite d'être pris en compte dans l'évaluation.

Il devient alors impératif d'objectiver les liens d'interdépendance qui existent entre la santé publique et la sécurité civile pour apprécier l'ensemble de coûts perçus par les différentes parties prenantes pour ne pas omettre ces éléments de l'évaluation, ce qui pourraient induire des biais dans l'interprétation des résultats.

Nous proposons dans cette section de formaliser les différents impacts qui émanent d'une amplification de ces missions "annexes" que sont le secours "non-urgent" et les carences ambulancières, non seulement pour les SIS mais pour la collectivité dans son ensemble. Nous regroupons ces impacts par acteur : le producteur et le bénéficiaire.

Le producteur correspond aux SIS. Ils subissent une sollicitation supplémentaire qui ne relèvent pas de leur mission de secours d'urgence aux personnes mais à laquelle ils doivent être en capacité d'apporter une réponse opérationnelle.

Il y a tout d'abord un coût direct : chaque intervention engendre un coût pour le producteur, celui de la mobilisation de ces moyens opérationnels (personnel et matériel). Ce coût peut être traduit par le "coût moyen d'une intervention" - un indicateur proposé chaque année dans les statistiques des SIS. Ce coût s'élevait à 1067€ en 2021. A titre comparatif, nous rappelons que l'intervention pour carence ambulancière est remboursée par la sécurité sociale aux SIS à hauteur de 200€. En retenant ces chiffres, il y a alors un déficit important du point de vue des SIS.

Ensuite, il faut tenir compte du coût d'opportunité de ces moyens : le temps de compléter une telle intervention relevant de cette mission "annexe", les moyens opérationnels qui y sont consacrés sont indisponibles, chose qui aura une conséquence sur le maillage territorial, le temps de cette durée d'indisponibilité. Ce coût d'opportunité des moyens engagés n'est pas visible puisqu'il ne renvoie à au-

cune opération financière. Il s'agit d'une mesure du meilleur usage alternatif des ressources auquel on renonce. À tout moment, les SIS peuvent être sollicités pour une vraie urgence – que ce soit pour du secours d'urgence aux personnes, pour éteindre un incendie, etc. – et si les moyens à proximité ont déjà été engagé ailleurs, alors l'intervention sera nécessairement moins efficace car il sera nécessaire de faire venir des moyens de secours de plus loin.

Ce coût d'opportunité s'avère délicat à évaluer car cela dépend des typologies de risques présents sur un territoire et de ce fait la probabilité de constater une intervention en simultanée. Ce sont des choses pour lesquelles les SIS sont dimensionnés afin d'éviter une rupture capacitaire. Pour ce travail, nous allons étudier l'évolution de la durée des interventions pour en déduire l'impact sur le coût de production du maillage territorial.

Il y a aussi des coûts encore moins tangible dont il faut tenir compte. Le décalage entre la perception du métier de sapeur-pompier et de son activité réelle peut constituer un coût pour les effectifs, coût qui sera exacerbé par le statut des volontaires qui assurent ces missions sur leur temps de travail mais également sur leur temps libre. A titre d'exemple, les carences ambulancières sont décrites comme un "irritant" chez les sapeurs-pompiers (Borowczyk and Corneloup, 2022). Ce coût se traduit par une perte d'utilité et une probabilité de désengagement accrue. En parallèle, il y a un coût pour le SIS en tant que structure, lié au recrutement : la hausse de ces missions "annexes" est évoquée dans les difficultés liées au maintien des effectifs et donc les démarches engagées pour recruter de nouveaux effectifs peuvent être partiellement amputé à ce phénomène, cela d'autant plus que le métier de sapeur-pompier vit une véritable transformation en termes de sa perception auprès du public et donc d'éventuels futurs volontaires au sein du SIS.[12]

Le bénéficiaire des actions qui sont menées par les sapeurs-pompiers dans le cadre de ces missions "annexes" sont les usagers - les victimes qui font appel au secours. Il est important de rappeler qu'il y a un coût d'accès aux services publics pour tout citoyen. Il s'agit d'un coût qui reflète le temps et l'argent qu'elle doit consacrer à sa prise en charge : un rendez-vous chez un médecin généraliste demande des frais de transport et un sacrifice de temps. L'accès à ce type de rendez-vous peut donc engendrer des arbitrages pour l'individu dans la prise en charge de sa pathologie. Retarder la consultation chez un médecin peut nuire à la santé de l'individu. Plus ce retard se cumule et plus le patient sera susceptible de développer des pathologies évitables.

Il y a ici un réel intérêt pour les pouvoirs publics de garantir cet accès notamment aux plus dépourvus pour éviter des dépenses supplémentaires qui pourraient intervenir

[12] On ne parle plus des sapeurs-pompiers comme les "soldats du feu" mais les "soldats de la vie".

plus tard, puisque plus ce retard se cumule et plus le patient sera susceptible de développer des pathologies évitables. Il y aurait ainsi un surcoût pour la collectivité.

Dans le cadre de l'éventuelle substitution entre l'offre de la médecine générale et l'offre des SIS, il faut aussi s'interroger sur la qualité de la prise en charge pour la victime. Sa prise en charge retardée peut engendrer non seulement des coûts médicaux plus élevés mais également une perte d'utilité liée à une hospitalisation, par exemple, ou la prise en charge par les secours qui peuvent s'avérer davantage traumatisant sur le plan psychologique que la simple consultation médicale.

Nous constatons alors que le bénéfice social généré par cette activité "annexe" des SIS est complexe en ce qui concerne l'impact sur les usagers, avec plusieurs éléments distincts : l'utilité gagnée via un gain de temps et un coût de déplacement réduit, les coûts évités par une prise en charge retardée par le système de santé et le surcoût dû à une prise en charge par les secours qui peut s'avérer sous-optimal - ce dernier élément n'étant pas estimables à partir des informations disponibles.

Pour les carences ambulancières, il y a une distinction à faire sur la question de la qualité de prise en charge puisqu'on peut considérer qu'en raison des réglementations concernant les équipements nécessaires pour la prise en charge des transports sanitaires auxquels les SIS doivent adhérer, les patients bénéficient du même niveau de service qu'ils soient pris en charge par les transporteurs privés ou les sapeurs-pompiers. L'impact des carences ambulancières se ressentent alors principalement en termes du gain de temps obtenu par le patient.

Nous identifions alors le gain de temps comme le principal axe de valorisation tangible. Si nous savons qu'il existe des valeurs tutélaires du temps E. Quinet, 2013, le contexte médical représente un cas particulier où l'appréciation de l'attente ou le temps perdu par le patient risque d'être accentué.

Pour faciliter le travail qui suit, nous allons supposer que l'ensemble des impacts sur l'organisation des SIS peuvent être mesurés au travers de leur coût de fonctionnement. En effet, les différents impacts organisationnels cités reflètent des mutations dans leur activité qui auront comme principale conséquence à moyen et long terme un impact sur le coût de dimensionnement du SIS.

Ces éléments seraient à mettre en perspective avec les bénéfices sociaux générés par ces missions "annexes". Pour ce faire, il est nécessaire de formaliser un le contre-factuel relatif à la non-prise en charge de ces missions "annexes" de la part des SIS, chose qui est difficile à évaluer en raison du fait qu'on ne l'observe pas dans les faits réels. Nous ne pourrons le faire ici, néanmoins, ce sont ces coûts là qui peuvent permettre d'apprécier dans le calcul socio-économique l'efficience des actions menées par les SIS.

Dans le reste du chapitre, nous alimentons les réflexions à avoir sur la mesure de ces coûts en passant notamment par une validation empirique des relations qui sont supposées exister – selon les discours des praticiens et des pouvoirs publics - entre la politique de santé publique et la politique de sécurité civile.

4.2 Les déserts médicaux: analyse des effets de substitution entre les sapeurs-pompiers et les médecins généralistes

4.2.1 Introduction

Quelle mesure du désert médical ?

Beaucoup d'efforts ont été faits ces dernières années pour développer une mesure pertinente de ce phénomène (Radke and Mu, 2000; Luo and Wang, 2003; Luo and Qi, 2009; Andrée Mizrahi and Arié Mizrahi, 2010), l'aboutissement desquels a été l'apparition de l'indicateur de l'accessibilité potentielle localisée (APL) qui permet d'approcher une mesure empirique de la désertification médicale, et cela à une échelle spatiale réduite. L'unité de mesure de cet indicateur a quelque peu évolué depuis son origine (Barlet et al., 2012), et il est désormais calculé en nombre de consultations médicales accessibles par habitant standardisé à moins de 20 minutes de trajet motorisé[13] (Vergier, Chaput, and Lefebvre-Hoang, 2017). Il existe également une mesure plus simple de la densité médicale, déterminée par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE), et mesurée en nombre de médecins par 100 000 habitants.

Jusqu'à présent, les travaux sur les déserts médicaux ont porté très majoritairement sur cette question de leur définition et des politiques pouvant permettre d'y remédier, laissant encore beaucoup de pistes à explorer (Chevillard, Lucas-Gabrielli, and Mousques, 2018). En termes d'impacts socio-économiques, les conséquences de la désertification médicale restent à défricher.

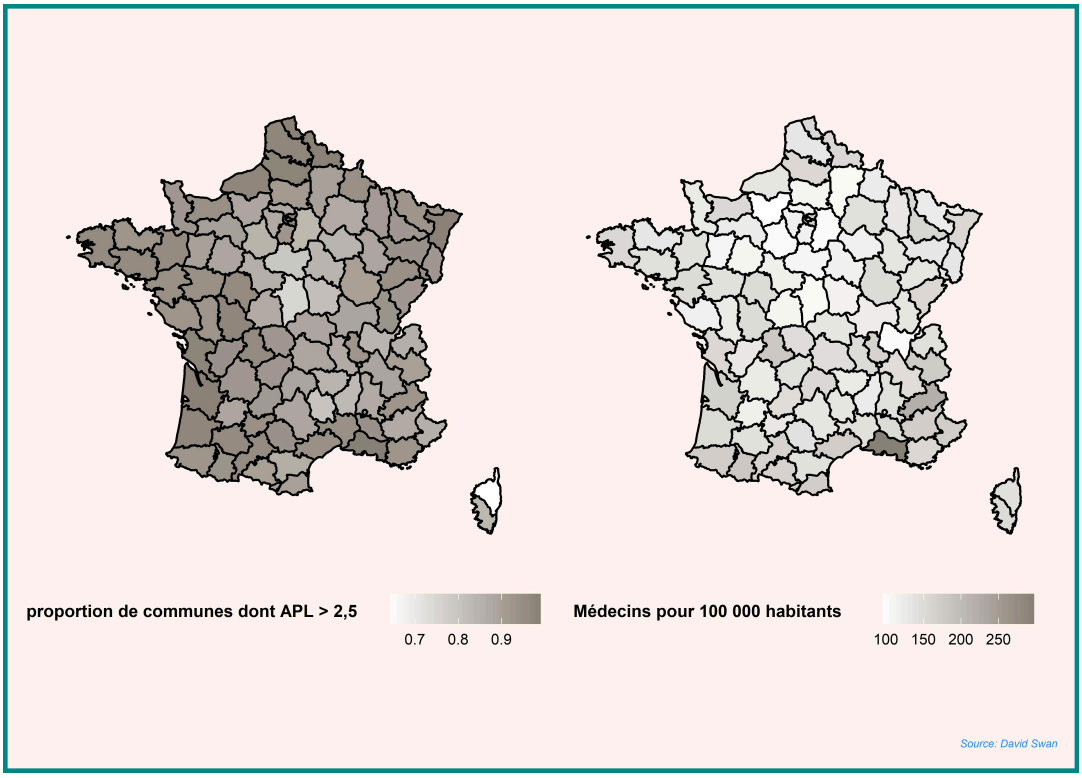
La situation en France

Il existe indéniablement des inégalités dans la couverture médicale en France. Ces inégalités sont visibles dans la figure 4.1. D'abord, nous avons pris les données concernant l'APL sur la période 2015-2018 et nous avons calculé la proportion de communes se trouvant au dessus du seuil de 2,5 consultations/habitant standardis-

[13] Une pondération reflétant la consommation de soins pour différentes tranches d'âge

ées.[14] De ce fait, à gauche sur la figure 4.1, on observe dans les territoires les plus claires, le plus de communes se qualifiant de désert médical. A droite, nous affichons simplement le nombre de médecins généralistes pour 100 000 habitants sur la même période. De ce fait, les territoires les plus claires correspondent aussi aux territoires avec la plus faible couverture médicale.

Figure 4.1: Les inégalités dans la couverture médicale en France (2015-2018)



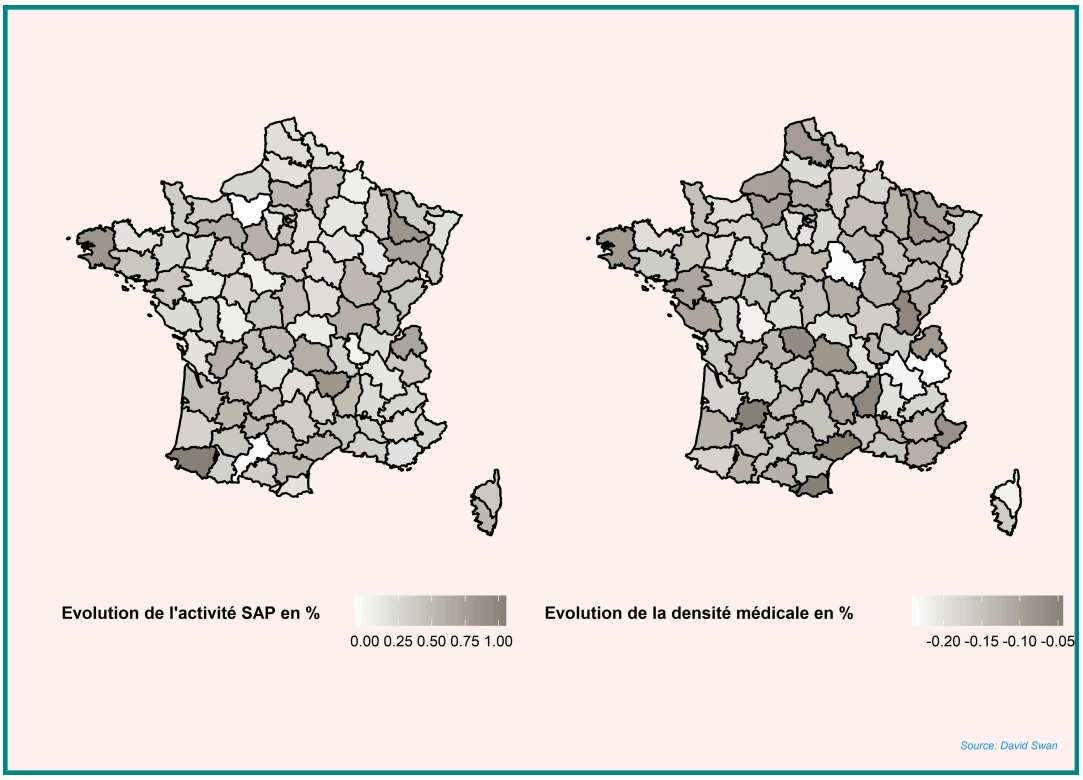
Nous constatons que, même si nous avons adapté l'indicateur de l'APL pour mieux représenter les inégalités territoriales en prenant la proportion de communes au dessus du seuil admis plutôt que la moyenne globale de cet indicateur à l'échelle territoire, il traduit des inégalités a priori moins importante que le deuxième indicateur de la densité médicale.

Nous avons déjà évoqué la place de plus en plus importante du secours d'urgences aux personnes dans l'activité globale des SIS. Cela est une nouvelle fois visible dans la figure 4.2 où nous comparons cette progression avec l'évolution de la densité médicale. Sur la gauche, nous observons l'évolution de l'activité de secours à personne sur la période de 2010 à 2019, même si les situations restent hétérogènes d'un territoire

[14] Il s'agit du seuil privilégiés dans les résultats de Vergier, Chaput, and Lefebvre-Hoang (2017) pour qualifier un désert médical

à un autre (dont certains ont connu un doublement du nombre d'interventions de ce type), on observe que l'activité de secours à personne a globalement progressé sur l'ensemble du territoire. A droite, nous observons l'évolution de la densité médicale sur la période 2012 à 2019.[15] On peut y voir une baisse globale de la densité médicale sur l'ensemble de territoires mais, une nouvelle fois, les changements sont très hétérogènes.

Figure 4.2: L'évolution de l'activité de secours à personne et de la densité médicale en France



Si nous constatons clairement que sur le plan national l'activité de secours à personne augmente alors que la densité médicale baisse, il n'est pas possible d'y voir une corrélation évidente au niveau territorial. Certains territoires semblent coupler une baisse de la densité médicale avec une hausse de l'activité de secours à personne, alors que d'autres affichent la relation contraire. Nous devrons rentrer davantage dans le détail pour rechercher la corrélation qui est supposée exister entre la désertification médicale et l'activité de secours à personne.

Peut-on imaginer qu'une dégradation de l'offre médicale engendre un déplacement de la demande vers les SIS ? La hausse incessante des activités de secours à personne non-urgente observées ces dernières années sur certains territoires ne s'expliquent-t-

[15] Nous ne possédons pas les données pour les années 2010 et 2011

elle pas en partie par le développement de la désertification médicale ? Ne peut-on pas considérer l'hypothèse selon laquelle l'intervention des sapeurs-pompiers étant gratuite, les citoyens cherchant à maximiser leur bien-être sous contrainte budgétaire préféreraient appeler les services de secours plutôt que de se rendre chez un médecin généraliste ? Ainsi le déficit dans la production de soins pourrait être comblé, au moins partiellement par les SIS, que l'on pourrait alors considérer comme un substitut pour la médecine générale. C'est le discours des praticiens que nous allons chercher à formaliser en s'appuyant sur les éléments qualitatifs dans leurs discours et les données à notre disposition.

Tout comme les praticiens des SIS, les pouvoirs publics adhérent aussi à l'hypothèse que la désertification médicale a un impact sur l'activité des SIS (Collombat and Troendlé, 2016; Maurey and Longeot, 2020). Néanmoins, au-delà de ces simples observations il n'y a pas de fondements empiriques de cette relation, ce qui pose problème pour la prise en compte des impacts évoqués dans la précédente section dans le calcul socio-économique.

Il y a une absence de travaux scientifiques sur l'éventuel rôle des SIS dans la gestion des déserts médicaux et la substitution qui pourrait se produire. Toutefois, cette notion de substitution est bien présente dans la littérature sur l'offre médicale sous d'autres angles. D'abord, la notion de substituts dans l'offre de soins de premiers recours s'est déjà posée au travers de la prise en compte des soignants informels (Jiménez-Martín, R. V. Sánchez, and Prieto, 2011; Chen et al., 2017) ou également en termes de la substitution entre médecins et infirmiers (Laurant et al., 2005; Martínez-González et al., 2014; Krämer and Schreyögg, 2019). Le rapprochement peut également être fait avec les travaux sur le phénomène de crowding dans les services d'urgences dont l'amplitude peut être conséquente (Morley et al., 2018).

Sur cette base il est possible d'engager une nouvelle approche de la problématique des déserts médicaux, en appréhendant la question de la substitution entre les soins de premiers recours et les services de secours afin d'enrichir notre connaissance de la relation entre ce phénomène et la sollicitation des SIS, pour ensuite décliner ces impacts dans le cadre du calcul socio-économique.

4.2.2 Approche méthodologique

La première étape dans cette analyse consiste à estimer l'impact de la densité médicale sur la sollicitation des sapeurs-pompiers. Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier les interventions des SIS que l'on peut qualifier de secours "non-urgent". Une hypothèse doit être faite sur la qualification de ces interventions qui sont toutes recensées dans l'activité de secours d'urgence aux personnes par les SIS. Nous décidons de tenir compte seulement des interventions ayant lieu au domicile des vic-

times et pour lesquelles les victimes ne sont pas médicalisées.[16] Ces interventions regroupent trois libellés :

- les urgences vitales à domicile pour lesquels la victime n'a pas été médicalisée (on considère donc que cela pourrait être requalifié en secours "non-urgent");
- les interventions à domicile pour situation de carence ambulancière où le patient n'est pas médicalisé ;
- et les interventions pour aide à domicile pour lesquelles la victime n'a pas non plus été médicalisée.

Nous estimons ainsi la demande pour le secours "non-urgent" (SNU) comme une fonction des facteurs socio-démographiques (E) de chaque territoire et de sa couverture médicale (M). Pour expliquer la demande, nous tiendrons compte en particulier du revenu et de la santé des populations.

$$D(SNU) = f(E, M) \tag{4.1}$$

Nous avançons alors l'hypothèse qu'il existe une relation négative entre le niveau de couverture médicale et la demande pour le secours "non-urgent" de la part des citoyens.

La densité médicale est mesurée ici comme le nombre de médecins par 100 000 habitants afin de recouvrir la période la plus longue possible[17] (2012 à 2019) pour lesquelles nous possédons les données relatives aux interventions des SIS. Compte tenu des interrogations portant sur l'impact de cette activité "annexe" sur la motivation des effectifs, nous décidons d'estimer l'emploi relatif de sapeurs-pompiers professionnels et de sapeurs-pompiers volontaires par les SIS en fonction de la couverture médicale - nous avons vu à plusieurs reprises qu'il s'agit d'une grande préoccupation, à la fois pour les praticiens et les pouvoirs publics. Les sapeurs-pompiers volontaires ayant des difficultés à s'engager pour assurer ce type de mission qui sort du cœur de métier des sapeurs-pompiers, on pourrait observer une évolution dans le nombre de professionnels employés par rapport aux volontaires. Cela signifierait une adaptation pour dimensionner le maillage territorial en raison de la désertification médicale, chose qui aurait un certain coût.

Comme précédemment, il est important de contrôler pour les spécificités territoriales qui sont déterminants dans la proportion de sapeurs-pompiers volontaires employés relatifs aux professionnels. Par exemple, les zones rurales s'appuient davantage sur

[16] La notion de "médicalisé" remplace celle de blessé grave dans le recensement de blessés par certains SIS.

[17] Les données concernant l'APL ne sont exploitables que pour les années de 2015 à 2018 en raison d'un changement dans son unité de mesure

des volontaires que les zones urbaines - cela sera pris en compte.

$$R(\frac{SPP}{SPV}) = f(E, M) \tag{4.2}$$

Afin de mesurer l'impact de l'offre médicale sur le dimensionnement de la réponse des SIS, il est supposé que la couverture médicale (M) rentre dans la fonction de coût du SIS. Cette fonction sera définie à partir du coût des moyens humains employés par le SIS (L) puisque ce sont les moyens les plus dimensionnant relatifs à leur organisation. Les mêmes variables socio-démographiques sont utilisées pour tenir compte des divergences en termes de demande et de spécificités territoriales ayant un impact sur l'organisation de la couverture des risques par les SIS (E).

$$C(SIS) = F(L, M, E) \tag{4.3}$$

On distingue dans L les effectifs de sapeur-pompiers professionnels et volontaires qui n'ont pas le même coût, que ce soit termes de rémunération ou en termes de régime de travail.

$$C(L) = F(SPP, SPV) \tag{4.4}$$

Enfin, on définit une fonction d'utilité relative au recours à la médecine générale (M) et aux services de secours (S) en se basant sur la quantité demandée pour ces services en fonction de leur qualité respective (Qu). L'utilité (B) sera considérée comme le bien-être de l'individu, qu'il doit optimiser selon la consommation des services M et S qu'il choisira en fonction de l'utilité nette qu'ils lui procurent. On considère ici que son choix se basera sur l'ensemble de bénéfices et de coûts sociaux qu'il perçoit, c'est-à-dire l'ensemble des effets ressentis par l'individu, non seulement le coût financier mais la qualité du service.

$$U(B) = max(M, S) \tag{4.5}$$

On considère le cas particulier de demande unitaire, l'individu ne consomme pas les deux services, il choisit simplement celui qui lui procure le plus d'utilité. Ils sont considérés comme des substituts purs, permettant d'estimer cette relation en considérant que le rapport des utilités marginales des deux services est égal au rapport de leur qualité relative, qui sera utilisée comme proxy pour leur coût.

$$\frac{U_{m,M}}{U_{m,S}} = \frac{Qu_M}{Qu_S} \tag{4.6}$$

En effet, on peut considérer que plus la qualité augmente, plus l'utilité du patient augmente. Dans le cas de la couverture médicale, plus la proximité d'un accès à un médecin augmente, moins le patient aura comme coût à supporter pour se déplacer que ce soit en termes de temps de trajet ou de son coût en carburant ou en transport public. Cet indicateur de qualité relatif à la couverture médicale sera proposé sous deux formes, d'abord en qualifiant la densité médicale comme proxy pour la qualité du service et ensuite en s'appuyant sur la proportion de communes correspondant à des déserts médicaux dans cette même optique (les deux mesures illustrées dans la figure 4.1).

Pour le secours, nous prenons un indicateur relatif au délai d'intervention, indicateur que nous mobilisons tout au long de nos travaux et que nous avons identifié comme un indicateur de qualité de service. Sachant que l'utilité doit être croissante en cette mesure de qualité de service, nous utilisons une transformation du délai d'intervention (son réciproque) pour obtenir ces caractéristiques.

$$Qu_1 = \frac{(1/\text{délai d'intervention})}{\text{densité médicale}} \tag{4.7}$$

Il semble indispensable de proposer ces deux mesures compte tenu des données que nous mobilisions et des hypothèses qui sont posées. D'un côté, il est préférable de pouvoir exploiter l'ensemble de la série de données disponibles pour enrichir l'analyse puisqu'il s'agit d'un phénomène susceptible d'impacter l'organisation de l'offre des SIS à moyen et à long terme. Néanmoins, nous devons aussi tenir compte des définitions existantes dans la littérature en ce qui concerne les déserts médicaux pour pouvoir répondre aux hypothèses qui ont été émises.

$$Qu_2 = \frac{(1/\text{délai d'intervention})}{1/\text{proportion de communes dont APL} < 2.5} \tag{4.8}$$

Données

Pour estimer ces équations, nous mobilisons plusieurs sources de données. Les données mobilisées dans le cadre de ce travail s'articulent autour de la base de données INFOSDIS - des données d'enquête collectées par la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC) sur une base annuelle auprès de l'ensemble des services départementaux/territoriaux d'incendie et de secours (SDTIS). Ces données recouvrent la période 2010-2019 et comportent les informations relatives aux effectifs des SDTIS, de leurs interventions (dont l'état de santé des victimes) et de leurs moyens matériels et financiers.

L'ensemble de données utilisé seront agrégées au niveau départemental pour correspondre au découpage organisationnel des SIS et de ces données.

Nous complétons cette base de données par les informations relatives aux effectifs de médecins généralistes en France issues de Score Santé.[18] La même source permet également d'obtenir le nombre de bénéficiaires de la couverture médicale universelle complémentaire qui sera utilisé pour caractériser les inégalités de santé,[19] des indicateurs socio-démographiques issus de l'INSEE dont le niveau de vie[20] ainsi que les données démographiques de la population, de l'observatoire des territoires pour l'indicateur de l'accessibilité potentielle localisée[21] et la caisse national de l'assurance maladie[22] (CNAM) en ce qui concerne le montant des honoraires des médecins libéraux généralistes.

Le tableau 4.1 recapitule les statistique descriptive de notre échantillon. Il permet une nouvelle fois de prendre la mesure de l'hétérogénéité de l'activité des SIS - les dépenses varient d'un facteur de 50 et l'activité en matière de secours à personne d'un facteur de 100 - mais également de la situation socio-démographique des différents territoires - que ce soit la proportion de personnes âgées au sein de la population, le nombre de bénéficiaires de la CMU-C ou encore le niveau de vie. Il sera indispensable de contrôler pour ces facteurs dans les modélisations qui vont être proposées.

Modélisation

Les données portant sur un panel de dix ans, plusieurs approches empiriques sont possibles et différentes modélisations seront estimées à partir de plusieurs modèles de régression linéaire : les moindres carrés ordinaires, les effets fixes et les effets aléatoires.

Le point de départ sera systématiquement une estimation par les moindres carrés ordinaires. Ce modèle ne tient pas compte du fait que l'on mesure les mêmes entités à des périodes différentes. De ce fait, on peut s'attendre à des estimations biaisées dès lors qu'il existe des spécificités territoriales non-observées.

L'emploi des modèles à effet fixe propose l'avantage de prendre en charge toute l'hétérogénéité non-observée entre les entités puisque l'estimation consiste à comparer les mesures observées à l'intérieur de chaque entité entre les différentes périodes. L'inconvénient de ce modèle réside dans le fait que toute hétérogénéité observée est absorbée par cet effet fixe, ainsi réduisant la capacité à estimer l'impact de différentes variables qui restent "invariables" entre les différentes périodes. Le

[18] Nous les avons téléchargé depuis le site web score santé

[19] La CMU-C est une aide solidaire pour les dépenses de santé à destination des personnes en situation de précarité. Nous nous en servirons pour tenir compte de la précarité des populations, chose qui risque d'être corrélée à la demande de secours

[20] Le niveau de vie est égal au revenu disponible du ménage divisé par le nombre d'unités de consommation (UC). Le niveau de vie est donc le même pour tous les individus d'un même ménage. Une description plus complète est disponible sur le site de l'insee.

[21] l'APL calculé sous son format actuel est disponible depuis 2015 à la fois à l'échelle communale et départementale

[22] Nous avons formulé une demande auprès de la CNAM qui nous a permis d'acquérir ces données qui permettent de traduire la demande pour la médecine générale à l'échelle territoriale

Table 4.1: Statistiques Descriptives

	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
SPP	511	835	49	8 669
POP	676 834	659 391	124 948	6 765 112
DEP_SP	38 786 032	38 631 309	4 692 236	279 442 103
NB_SAP	35 924	43 470	4 734	417 959
VCT_DOMV	8 376	10 209	265	91 669
VCT_DOMC	4 105	7 825	186	99 343
VCT_DOMA	1 953	2 738	169	49 688
NB_CMUC	47 880	60 120	4 179	528 145
MED_G	1 012	1 168	175	12 038
REV	19 909	1 523	16 960	28 150
APL	3.90	0.56	2.70	5.12
SPV	1 930	964	271	5 826
P_APL	0.09	0.05	0.01	0.36
P_MED	0.57	0.13	0.15	3.03
SP	2 442	1 416	510	8 996
POP $>$ 60	0.27	0.05	0.16	0.46

Notes: SPP: Nombre de sapeur-pompiers professionnels, POP: Population INSEE, DEP_SP: Dépenses de personnel des SIS (euros), NB_SAP: Nombre d'interventions Secours à Personne, VCT_DOMV: Nombre de victimes d'urgence vitale à domicile, VCT_DOMC: Nombre de victimes à domicile situation de carence, VCT_DOMA: Nombre de victimes à domicile aide à personne, NB_CMUC: Nombre de bénéficiaires de la CMUC, MED_G: Nombre de médecins généralistes, REV: Niveau de vie médian de l'INSEE (euros), APL: Accessibilité Potentielle Localisée, SPV: Nombre de sapeur-pompiers volontaires, P_APL: Proportion de communes qualifiée comme déserts médicaux, P_MED: Proportion de médecins libéraux généralistes parmi le total des médecins généralistes, SP: Effectif total de sapeur-pompiers, POP $>$ 60: Proportion de la population agée de plus de 60 ans

modèle à effet aléatoire, quant à lui, permet d'exploiter les deux types de variation, "intra" entité et "inter" entité, cela au prix d'imposer l'hypothèse que ces éléments non-observés ne sont pas corrélés avec les variables explicatives utilisées.

Tout d'abord, on estime l'impact que peut avoir la désertification médicale sur la demande de secours :

$$SNU_{it} = \alpha + \beta_1 M_{it} + \beta_2 X_{it} + \epsilon_{it} \tag{4.9}$$

SNU correspond au nombre d'interventions de secours suivant la définition donnée dans la partie précédente. M est la mesure de la densité médicale pour chaque SIS i et à chaque période t. X correspond aux variables de contrôle que nous employons dans nos modèles, soit : le nombre de bénéficiaires de la CMU-C et la part de la population âgée de plus de 60 ans.

La deuxième équation qui suit estime l'impact organisationnel d'une évolution de la densité médicale sur l'emploi relatif des sapeurs-pompiers professionnels et volontaires (rSP) pour construire le maillage territorial :

$$rSP_{it} = \alpha + \beta_1 M_{it} + \beta_2 X_{it} + \epsilon_{it} \tag{4.10}$$

Dans un troisième temps, une fonction de coût est proposée dont nous cherchons à établir l'importance de la densité médicale :

$$C_{it} = \alpha + \beta_1 SPP_{it} + \beta_2 SPV_{it} + \beta_3 M_{it} + \beta_4 X_{it} + \epsilon_{it} \tag{4.11}$$

Enfin, il est possible d'estimer la substitution entre les médecins généralistes et les sapeurs-pompiers en estimant l'impact de la qualité relative de ces deux services sur leur demande relative. En absence de mesure directe de la qualité de service en termes d'utilité pour les usagers, on retient les variables proxy pour cette qualité de service définie dans la section précédente et permettant d'approcher une mesure de l'utilité qu'ils en retirent. La demande est ensuite mesurée à partir du nombre d'interventions de secours et le montant des honoraires (hors dépassements) des médecins libéraux généralistes.

$$D_{it} = \beta_0 + \beta_1 Q_{it} + \beta_4 X_{it} + \epsilon_{it} \tag{4.12}$$

Ci-dessus sont présentées les estimations sous leur forme des moindre carrés ordinaires mais l'ensemble des modèles seront estimés sous deux autres formes que l'on généralise ci-dessous avec le modèle à effet fixe et le modèle à effet aléatoire. Le mod-

èle à effet fixe a pour principal effet de contrôler pour les différences systématiques et invariables dans le temps entre les territoires, il est ainsi que tous ces éléments sont regroupés dans la variable α_i.

Modèle à effet fixe :

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \epsilon_{it} \tag{4.13}$$

Modèle à effet aléatoire :

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \tag{4.14}$$

4.2.3 Résultats

Les premiers résultats présentés dans le tableau 4.2 indiquent qu'une réduction de la densité médicale de 10% a pour tendance d'accroître l'activité des SIS pour le secours non-urgent à domicile d'entre 5% et 7%, même si ce coefficient n'est toutefois pas significatif au seuil de 5% dans le modèle 2 (effet fixe). L'ensemble des modèles indiquent que la part de la population âgée de plus de 60 ans a un impact significatif au seuil de 5% sur la sollicitation des SIS pour ce type de secours "non-urgent". Le modèle 2 indique même que pour une hausse de 1% de cette part de la population, il y a une augmentation de plus de 3% de ce type d'intervention. Les inégalités sociales que l'on caractérise via le nombre de bénéficiaires de la CMU-C ont un impact positif et significatif dans les modèles 1 et 3, ce qui n'est pas le cas pour le modèle 2 dans lequel ce coefficient est d'une faible grandeur. Ces modèles indiquent une meilleure capacité à expliquer les variations de la sollicitation des SIS pour du secours "non-urgent" sur le plan inter-territorial que sur les évolutions temporelles à l'intérieur de chaque territoire, si l'on se base sur les R^2 calculés qui indiquent que les modèles 1 et 3 expliquent plus de deux tiers de la variation alors que le modèle 2 ne peut expliquer que 14% de cette variation.

Les résultats de la deuxième phase d'estimation sont affichés dans le tableau 4.3. Une réduction de la densité médicale est associée à un recours plus important à des sapeurs-pompiers volontaires dans l'ensemble des trois modèles. Une baisse de 10% de la densité médicale serait associée ici à une hausse de 1% à 1.5% du ratio de sapeurs-pompiers volontaires par rapport aux sapeurs-pompiers professionnels employés au sein des SIS.

L'écart conséquent entre les estimations de ce coefficient entre le modèle 1 et les modèles 2 et 3 pourrait être un signe d'endogénéité, constat qui sera développé dans la prochaine section. Quant aux autres variables, les résultats varient selon la mod-

Table 4.2: Impact de la densité médicale sur la sollicitation des SIS

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
(Intercept)	3.476***		4.860***
	[1.582;5.369]		[2.015;7.706]
log(D.MED)	−0.505**	−0.565	−0.684**
	[−0.877;−0.134]	[−1.247;0.117]	[−1.155;−0.212]
log(NB_CMUC)	0.841***	0.135	0.830***
	[0.742;0.940]	[−0.632;0.902]	[0.666;0.994]
log(POP > 60)	0.746*	3.298**	0.962*
	[0.162;1.331]	[0.968;5.627]	[0.090;1.834]
Effet Fixe Région	OUI	NON	OUI
R^2	0.701	0.144	0.747

Note: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, . p<0.1; intervalle de confiance à 95% entre parenthèses [borne inférieure;borne supérieure]; D.MED: Densité médicale, POP > 60: Proportion de personnes âgées, NB_CMUC: Nombre de bénéficiaires de la CMUC

élisation retenue. Il semblerait que les SIS emploient davantage de sapeurs-pompiers volontaires relatif aux professionnels dès lors que la population est vieillissante et composée davantage de personnes âgées de plus de 60 ans. Au contraire, les effectifs professionnels seraient priorisés là où les inégalités socio-démographiques sont plus importantes.

Table 4.3: Impact de la densité médicale sur l'emploi de sapeurs-pompiers professionnels et volontaires

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
(Constante)	−14.653***		−6.133***
	[−15.889;−13.417]		[−7.622;−4.645]
log(D.MED)	0.738***	0.115*	0.149**
	[0.496;0.980]	[0.027;0.202]	[0.053;0.245]
log(POP > 60)	−0.534**	0.275.	−0.383**
	[−0.879;−0.189]	[−0.026;0.576]	[−0.672;−0.094]
log(NB_CMUC)	0.725***	−0.048	0.234***
	[0.663;0.787]	[−0.148;0.051]	[0.144;0.323]
Effet Fixe Région	OUI	NON	OUI
R^2	0.807	0.023	0.348

Note: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, . p<0.1; intervalle de confiance à 95% entre parenthèses [borne inférieure;borne supérieure]; D.MED: Densité médicale, POP > 60: Proportion de personnes âgées, NB_CMUC: Nombre de bénéficiaires de la CMUC

Le tableau 4.4 présente l'estimation de la fonction de coût qui indique tout d'abord le poids relatif de l'emploi de sapeurs-pompiers professionnels et de volontaires sur le plan financier dans le coût de production des SIS. Si les modèles 1 et 3 indiquent un écart de presque 300% entre ces deux facteurs de travail, l'écart est bien moins important dans le modèle 2. Selon ce modèle, une hausse du nombre de sapeurs-pompiers volontaires de 10% engendre une hausse de 1.2% du coût de personnel d'un SIS contre 2.6% pour les professionnels. Il est notable que la part des personnes âgées de plus de 60 ans est significative au seuil de 5% dans ce même modèle, indiquant qu'une hausse de 10% de cette part de la population augmente le coût en personnel des SIS de l'ordre de 5.8%.

Table 4.4: Modélisation du coût des SIS, dont l'impact de la densité médicale

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
(Intercept)	10.979***		11.546***
	[10.444;11.514]		[10.692;12.401]
log(SPP.SIS)	0.644***	0.261**	0.609***
	[0.609;0.679]	[0.079;0.444]	[0.546;0.672]
log(SPV.SIS)	0.164***	0.124.	0.151***
	[0.136;0.193]	[−0.018;0.266]	[0.094;0.208]
log(D.MED)	−0.012	−0.150*	−0.144**
	[−0.087;0.063]	[−0.277;−0.023]	[−0.243;−0.046]
log(NB.CMUC)	0.097***	0.063	0.161***
	[0.060;0.134]	[−0.072;0.197]	[0.097;0.224]
log(POP $>$ 60)	−0.083	0.583**	0.098
	[−0.184;0.017]	[0.181;0.985]	[−0.080;0.276]
Effet Fixe Région	OUI	NON	OUI
R^2	0.978	0.169	0.905

Note: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, . p<0.1; intervalle de confiance à 95% entre parenthèses [borne inférieure;borne supérieure]; SPP.SIS: Effectifs de sapeur-pompiers professionnels, SPV.SIS: Effectifs de sapeur-pompiers volontaires, D.MED: Densité médicale, POP $>$ 60: Proportion de personnes âgées, NB.CMUC: Nombre de bénéficiaires de la CMUC

Le résultat le plus probant de cette modélisation est l'impact de la densité médicale sur le coût du personnel des SIS. Les modèles 2 et 3 produisent des résultats similaires - tous les deux significatifs au seuil de 5% - indiquant qu'une baisse de la densité médicale de 10% a pour conséquence une augmentation de 1,5% du coût de personnel des SIS. Ce résultat indique en quoi une couverture médicale insuffisante peut conduire à rehausser le coût de la provision de secours par les SIS.

Enfin, l'élasticité calculée relative à la demande des deux services relatives à leur qualité respective pour les citoyens est présentée dans le tableau 4.5 démontrent l'arbitrage et le degré de substituabilité entre le recours aux sapeurs-pompiers et les médecins généralistes. Les trois modèles indiquent un coefficient positif, signe que la qualité relative du service mène à une consommation relative plus forte - le résultat attendu. On peut constater que cette estimation est d'une grandeur plus importante quand on mesure la qualité de la couverture médicale via la proportion de communes qualifiées de désert médical que par la mesure de la densité médicale. Ces résultats indiquent qu'une hausse de 10% de la qualité relative du secours perçu par le citoyen par rapport à la médecine générale engendre une hausse de 0.8% de la consommation relative des secours par rapport aux consultations médicales.

Table 4.5: Modélisation de la substituabilité entre la médecine générale et les secours de la part des citoyens

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 6
(Constante)	−6.109***		−6.999***	−7.315***		−7.356***
	[−7.175;−5.043]		[−8.560;−5.439]	[−8.169;−6.462]		[−8.642;−6.070]
log(Qu 1)	0.151***	0.014	0.062			
	[0.069;0.232]	[−0.096;0.123]	[−0.034;0.158]			
log(pop_insee)	0.111*	0.267	0.128	0.115	0.722	0.123
	[0.015;0.206]	[−0.777;1.310]	[−0.058;0.314]	[−0.025;0.255]	[−1.169;2.613]	[−0.089;0.335]
log(NB_CMUC)	−0.075*	−0.238.	−0.070	−0.056	−0.133	−0.062
	[−0.148;−0.002]	[−0.499;0.023]	[−0.204;0.064]	[−0.164;0.053]	[−0.681;0.414]	[−0.225;0.101]
log(p.old)	0.700***	1.639***	0.984***	0.711***	0.891	0.719***
	[0.508;0.893]	[0.965;2.313]	[0.634;1.335]	[0.427;0.996]	[−0.453;2.235]	[0.300;1.138]
log(Qu 2)				0.085***	0.066	0.083*
				[0.035;0.134]	[−0.083;0.215]	[0.015;0.152]
effet fixe région	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI
Observations	651	651	651	372	372	372
R2	0.529	0.074	0.216	0.500	0.017	0.297

Note: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, . p<0.1 ; intervalle de confiance à 95% entre parenthèses [borne inférieure;borne supérieure] ; Qu 1 = élasticité de la demande de secours relatif à la densité médicale, Qu 2 = élasticité de la demande de secours relatif à la proportion de communes dont l'accessibilité potentielle localisée < 2,5, p.old = proportion de personnes âgées de plus de 60 ans, pop_insee = population totale, nb_cmuc = nombre de bénéficiaires de la CMU-C

4.2.4 Discussion

Interprétation des résultats

Les premiers résultats semblent confirmer l'idée reçue que les sapeurs-pompiers sont contraints de combler le recul des autres services publics dont nous avons principalement identifiés la désertification médicale. Ce résultat doit toutefois être nuancé compte tenu de l'effet non-significatif du modèle à effet fixe. Cela indique que sur la période étudiée, la variation de la densité médicale à l'intérieur des départements n'a pas eu un effet significatif sur la sollicitation des SIS. Il est possible qu'il soit difficile de dissocier le phénomène de la désertification médicale de celui du vieillissement de la population. Dans le modèle 2 (tableau 4.2), le coefficient pour la part de la population âgée de plus de 60 ans est hautement significatif et surtout d'une grandeur plusieurs fois plus importante que celui obtenu dans le modèle 1. Ce modèle à effet fixe indique donc qu'il est davantage le vieillissement de la population qui impacte la sollicitation des SIS que la désertification médicale. Cela peut conduire à poser d'autres questions telles que le maintien à domicile des personnes âgées.

La deuxième idée reçue concernait la difficulté à motiver et à inciter les sapeurs-pompiers pour ce type de missions qui ne relève pas du cœur de métier des SIS. Il est pour cette raison que l'on s'est intéressé à l'emploi relatif des sapeurs-pompiers professionnels et volontaires dans les SIS en rapport avec la densité médicale. Les résultats indiquent qu'il y a un recours général à la mobilisation de sapeurs-pompiers volontaires dans le cadre de cette mutation des missions. On peut néanmoins soupçonner un problème d'endogénéité dans cette estimation avec pour preuve un coefficient trois fois plus grand pour le modèle des moindres carrés ordinaires par rapport au modèle à effet fixe. Cela pourrait être dû à la simultanéité des impacts relatifs à l'absence de médecins et à la possibilité de recruter des sapeur-pompiers professionnels sur certains territoires. Malgré tout, le coefficient est significatif au seuil de 5% dans les modèles à effet fixe et à effet aléatoire, indiquant un recours à davantage de volontaires relatif aux professionnels afin de combler les insuffisances de la couverture médicale. Cela pourrait notamment s'expliquer par le moindre coût des volontaires relatif aux professionnels, visibles dans le tableau 4.4.

Ce résultat indique aussi la fragilité du modèle de sécurité civile en France qui repose très majoritairement sur l'emploi de sapeurs-pompiers volontaires pour proposer une couverture des risques adéquates. Il en découle qu'en absence de volontariat, le coût de cette couverture serait bien plus élevé et amènerait à modifier la couverture avec des conséquences sociales potentiellement importantes.

Il est bien sûr d'une grande importance d'interpréter le fait que le coût des SIS augmentent avec une baisse de la densité médicale et cela indépendamment des

choix en matière de personnel. Une baisse de l'offre médicale impacte nécessairement l'organisation et le coût des SIS puisque ce résultat est significatif dans les modèles à effet fixe et à effet aléatoire 4.4. Nous en déduisons que la réduction de la densité médicale est un facteur qui contribue à l'accroissement des coûts des SIS. Il est ce coût qu'il serait nécessaire de confronter au gain d'utilité obtenu par les usagers du fait de ce recours aux services de secours pour ce type d'intervention.

Les derniers résultats concernent les préférences des individus entre l'offre médicale et l'offre de secours dans leurs décisions de recours à l'un de ces deux services. Parmi les deux propositions pour caractériser la qualité de l'offre médicale, la part des communes qualifiées de désert médical entraîne des résultats plus probants dans la mesure de la substitution qui peut se produire entre les deux services étudiés. Si les modèles à effets fixes n'indiquent pas de résultats significatifs au seuil de 5%, il semblerait toutefois que l'élasticité soit positive, caractérisant ainsi un déplacement de la demande pour les SIS relatifs à celle pour l'offre médicale suite à un changement relatif dans la qualité des deux services. Ces premiers résultats empiriques donnent une indication que les discours des praticiens vis-à-vis de ce phénomène sont justifiés et méritent d'être creusés davantage sur le plan socio-économique.

Limites

Les mesures employées dans les modélisations proposées dans cette partie peuvent être discutées. Tout d'abord, la définition de ce qu'est le secours "non-urgent" pose un obstacle fondamental. Nous sommes partis du principe que le critère d'une intervention à domicile représentait un point clef, et qu'il fallait retenir divers libellé d'intervention - dont le libellé "urgence vitale" - puisque ces interventions sont du plus grand nombre dans les données et auront pu faire sujet d'une requalification par la suite, raison pour laquelle nous avons choisi de les trier sur la base de l'état de santé en fin d'intervention.

Nos mesures relatives à la qualité des services produits à la fois par les sapeurs-pompiers et les médecins généralistes peuvent aussi être discutées. Si ces mesures "proxy" ne peuvent être exactes, nous sommes convaincus qu'elles permettent de caractériser une partie des informations qui déterminent les choix des usagers dans leur consommation de ces services. La capacité du délai d'intervention à résumer le niveau de service fourni à la population par les SIS est très forte, mais on peut imaginer qu'à court terme, cet indicateur varie peu sur le territoire dans sa globalité et que la perception du service par les individus peut en réalité devenir aléatoire en fonction des circonstances qui peuvent devenir exceptionnelles. De ce fait sa capacité à traduire la qualité du service perçu par la population pourrait être limitée et il serait intéressant de pouvoir s'appuyer sur des informations relatives à la satisfaction des patients, qui serait un reflet de la qualité de leur prise en charge.

Du côté de l'offre médicale, nous avons privilégié la densité médicale plutôt que l'accessibilité potentielle localisée, indicateur pour lequel des données complètes n'étaient pas disponibles. Ce choix permet notamment d'évaluer ce phénomène sur dix ans alors que les données en ce qui concerne l'APL ne recouvraient que la période depuis 2015. Néanmoins, nous constatons que sa capacité à traduire ce phénomène s'avère plus forte malgré la prise en compte d'une période plus courte.

Les résultats obtenus concernent la dernière décennie (2010-2019), une période marquée par une hausse continue de l'activité globale et des effectifs stables. Les données montrent une dégradation très généralisée de l'offre médicale sur le territoire français lors de cette période et par conséquent les estimations peuvent ne pas être représentatives et surtout ne pas trouver de domaine d'application au-delà de ces circonstances uniques.

Enfin, il se peut que l'échelle territoriale représente un niveau d'agrégation trop important pour étudier le comportement des populations par rapport à cette problématique très particulière. Nous aurions souhaité étudier aussi l'échelle communale mais malheureusement, les données des SIS que nous avons pu mobiliser jusqu'à présent ne permet pas une découpage aussi fine du territoire.

Perspectives

Il serait intéressant de développer davantage la notion de secours "non-urgent" pour mieux l'identifier dans les données disponibles. Au delà de l'état de santé, on pourrait imaginer une qualification selon les gestes appliqués lors de l'intervention - élément qui est disponible dans les bases de données à l'échelle territoriale.

Pour mieux expliquer le coût qui se répercute sur les SIS, nous suggérons de prendre en compte la durée des interventions, indicateur susceptible de traduire l'impact d'une sollicitation accrue en zone rurale.

Enfin, il est nécessaire de développer une mesure de l'utilité obtenue de la part des usagers grâce à l'intervention des SIS à leur demande. Il s'agirait ici de quantifier et ensuite monétariser la valeur qu'ils accordent à l'attente (ou leur délai de prise en charge) compte tenu de leur pathologie.

Résumé

Dans cette partie, nous avons conduit des travaux exploratoires sur un sujet de recherche originale qui met en lumière les premiers éléments pouvant expliquer empiriquement le lien entre l'activité de secours à personne des SIS et l'activité de la médecine générale. L'objectif était de donner un fondement concret ou de réfuter les constats des praticiens du secteur de la sécurité civile qui considèrent qu'ils sont contraints d'assurer des missions qui sortent du cadre de leur mission – le secours

d'urgence - vision partagée par les pouvoirs publics au niveau de l'État. Il est nécessaire de s'intéresser à cette problématique en raison des divers coûts que cela peut produire pour la collectivité

Nous mettons notamment en avant les résultats les plus pertinents à nos questionnements et dont la fiabilité semble être la plus élevée. En premier lieu, la densité médicale a un impact sur le volume d'activité des SIS et cela se répercute sur leur coût de production, impact qui est toutefois atténué par la capacité à recourir à des effectifs volontaires à moindre coût. Le deuxième résultat à retenir concerne la tendance des usagers à privilégier le service dont la qualité est supérieure relative à l'autre. Il est ainsi que nos résultats donnent du crédit aux discours des praticiens et renforcent l'intérêt de tenir compte d'une telle substitution dans l'évaluation des politiques publiques traitant de la désertification médicale.

Les résultats donnent une première mesure du surcoût créé par ce phénomène mais elle est loin d'être complète. Pour aller plus loin, nous allons confronter ces résultats à un territoire spécifique et intégrer une nouvelle donnée dans l'analyse : la durée des interventions.

4.3 Application des résultats : un cas d'étude d'un territoire touché par la désertification médicale

Objectifs : confrontation des résultats aux situations réelles

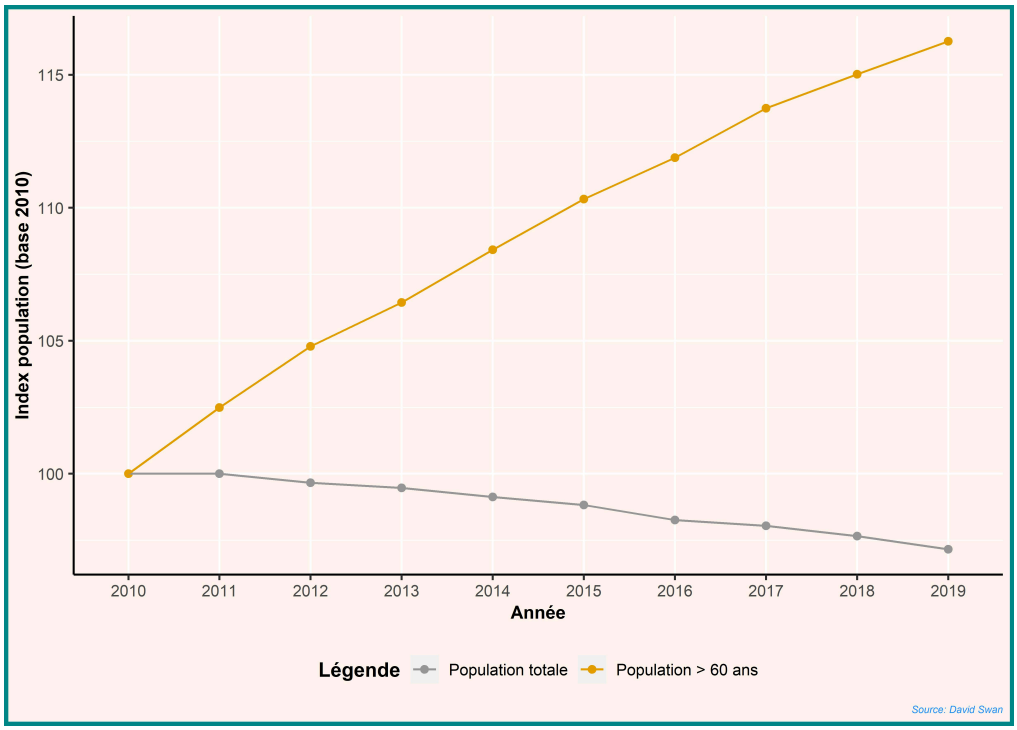
S'intéresser à ce type de phénomène permet d'introduire un nouvel élément dans le calcul socio-économique relatif aux activités des SIS : le surcoût généré par un facteur exogène aux SIS mais endogène aux pouvoirs publics. Dans cette partie, nous chercherons à proposer des indicateurs plus précis de ce phénomène en se basant sur les idées développées dans la première partie du chapitre. Nous nous appuyons ici sur un exemple précis, qui permet d'explorer de manière plus précise les enjeux relatifs à cette problématique. Ce faisant, nous chercherons aussi à confronter les résultats obtenus précédemment à l'échelle d'un territoire, pour déterminer si des modèles qui sont appliqués sur des données nationales peuvent réellement traduire les réalités qu'on peut retrouver sur les territoires les plus touchés par ce phénomène.

L'Orne : un territoire touché par une démographie vieillissante

Nous travaillons ici sur les données d'un département qui a été particulièrement exposé à la désertification médicale et aux carences ambulancières ces dernières années : l'Orne, qui est un SDIS de catégorie C (pour rappel, la plus petite taille). Ce département se caractérise notamment par un phénomène de vieillissement de la

population qui peut être visualisé dans la figure 4.3.

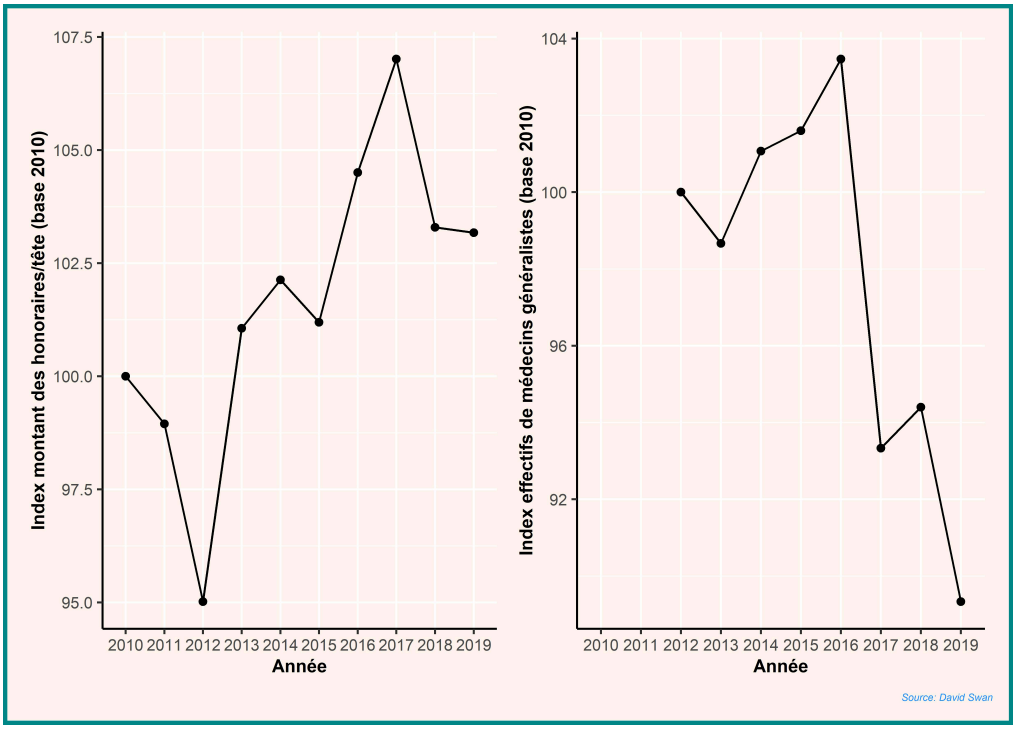
Figure 4.3: L'évolution de la population de l'Orne entre 2010 et 2019



Nous y constatons un phénomène très marqué. La population totale du département a diminué légèrement d'environ 5% sur la décennie 2010-2019 alors que la population de plus de 60 ans a progressé de plus de 15% sur cette même période. La partie précédente l'a déjà souligné, le vieillissement de population peut lui aussi jouer un rôle clef dans la mutation des activités des SIS en ce qui concerne le secours à personne.

En parallèle de ces constats purement démographique, et afin de dissocier ce phénomène de celui de la désertification médicale, il est possible d'observer l'offre et la demande médicale dans la figure 4.4. Mesurée par le proxy du montant des honoraires des médecins libéraux généralistes, la demande a augmenté d'environ 3% en 10 ans alors que le nombre de médecins généralistes (tout confondu) a nettement baissé de plus de 9% sur la période 2012 à 2019. Ce graphique permet d'affirmer qu'il est bien la réduction de la couverture médicale qui est susceptible d'expliquer la mutation de l'activité du SDIS, même si le vieillissement de la population est amené à l'amplifier.

Figure 4.4: L'évolution de l'offre et de la demande de la médecine générale dans l'Orne entre 2010 et 2019



Présentation de l'analyse: la durée d'intervention comme levier de valorisation

A cette occasion, nous exploitons une donnée qui ne figure pas dans celles utilisées auparavant concernant les SIS. Il s'agit de la durée d'intervention qui pourra alimenter nos réflexions à deux plusieurs niveaux. D'abord, il est cette durée que l'on pourrait également appeler la durée d'indisponibilité et qui impacte directement le dimensionnement du SIS. De ce fait, les effectifs nécessaires pour armer un centre de secours auront tendance à croître. Pour garantir ses délais d'intervention, un SIS aura ainsi besoin d'ajuster ses effectifs à la hausse quand la durée moyenne des interventions augmente. De ce fait, nous faisons l'hypothèse qu'une augmentation de la durée des interventions représente un coût pour les SIS qui se répercuterait à moyen et à long terme sur la production du maillage territorial.

Indépendamment des coûts liés au dimensionnement du SIS, cette durée d'indisponibilité correspond aussi à un coût d'opportunité. Pendant ce laps de temps, il y a un risque accru d'une dégradation de la réponse opérationnelle en cas de plusieurs interventions simultanées. Ce coût sera nécessairement différent pour chaque centre de secours, puisque leur dimensionnement varie ainsi que les typologies de risques susceptibles de se produire à n'importe quel moment dans leur zone d'intervention.

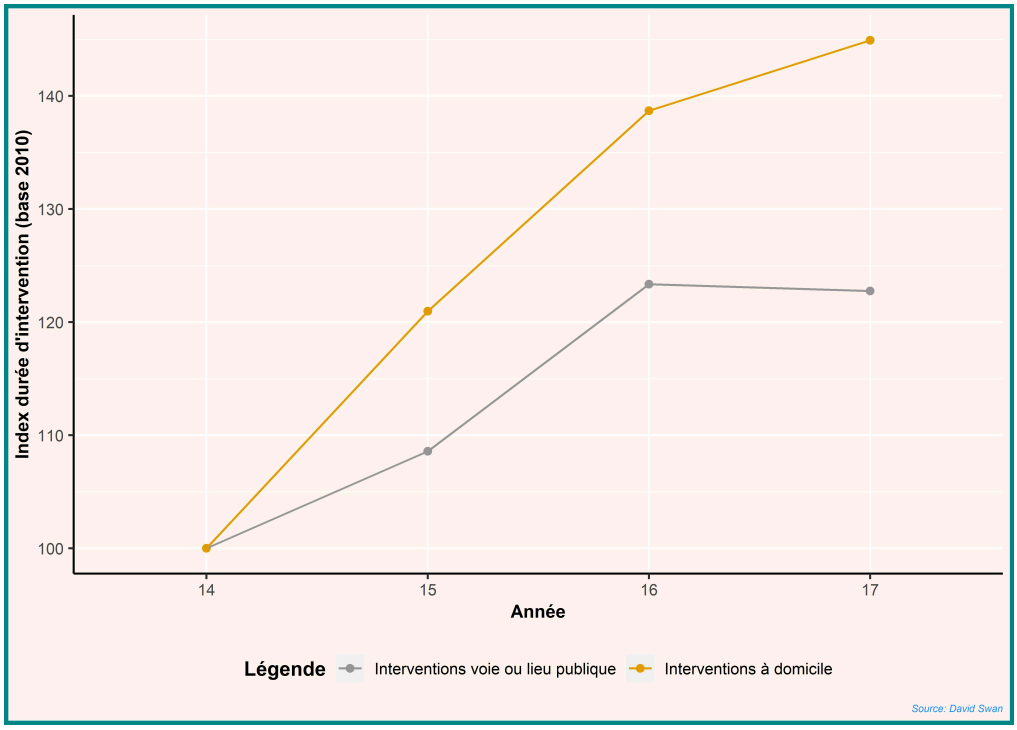
Enfin, on peut également s'interroger sur la pertinence de cet indicateur pour carac-

tériser la préjudice subie par la victime. En effet, si nous imaginons qu'une prise en charge par les secours constitue une réponse sous-optimale pour les pathologiques qu'elles représentent et que cela peut même créer un stress supplémentaire pour elles, alors cette durée d'intervention pourrait représenter un coût pour l'usager. Plus la prise en charge est longue et plus on considère que la préjudice subie est importante.

Face aux évolutions de son territoire en matière d'offre médicale, le SIS s'est interrogé sur sa capacité à assurer l'ensemble de ces missions et de la durabilité de son organisation existante compte tenu de ces changements. Il s'agit d'un exercice qui se prête bien à l'analyse économique qui peut contribuer à objectiver les impacts de tels phénomènes et faciliter l'évaluation des mesures destinées à optimiser l'utilisation des ressources publiques.

L'objectif est donc de montrer en quoi la dégradation relative à l'offre médicale ainsi que l'évolution de la démographie peuvent impacter le coût de l'organisation des SIS. De cette manière il est plus facile d'objectiver les différentes pistes d'actions possibles qui permettrait d'atténuer les coûts que l'on associerait à cette sur-sollicitation du SIS. Pour cela il est donc nécessaire d'observer l'évolution de la durée des interventions, qui est présentée dans la figure 4.5.

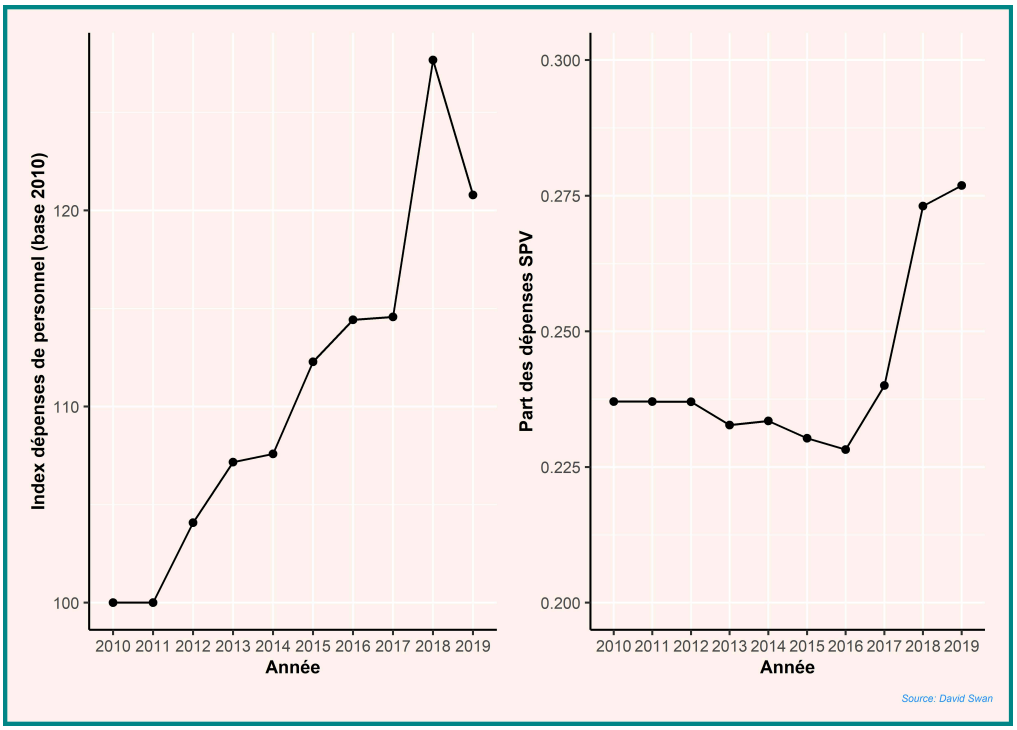
Figure 4.5: L'évolution de la durée d'intervention du SDIS de l'Orne entre 2014 et 2017



Nous y observons une hausse générale de la durée des interventions sur la période de 2014 à 2017. Cette hausse est néanmoins plus remarquée pour les interventions ayant lieu à domicile (les mêmes libellés que mobilisés dans la partie précédente). Ces interventions à domicile ont alors duré en moyenne plus de 40% plus longtemps en 2017 qu'en 2014. La hausse est tout même un peu plus de 20% pour les interventions ayant lieu sur la voie publique. Nous relevons alors ici une mesure très pertinente de la réalité qui nous a été décrit par les praticiens : la sursollicitation de leurs services augmente la tension opérationnelle en raison du rallongement de la durée des interventions. Cette hausse de 40% de la durée des interventions à domicile correspond à environ 48 minutes.

En parallèle, nous observons que sur la période 2010-2019 le coût du personnel du SDIS a augmenté de plus de 20%, alors que, vers la fin de la décennie, la part des dépenses de personnel des sapeurs-pompiers volontaires a augmenté d'environ 4

Figure 4.6: L'évolution des dépenses de personnel du SDIS de l'Orne



Nous pouvons appliquer les résultats des modèles estimés dans la partie précédente pour faire une estimation de ce surcoût relatif à la baisse de la densité médicale. C'est une manière simple de déduire le surcoût pour le SIS de cette hausse de l'activité. Ce calcul permet notamment de confronter les résultats de notre modèle à ce cas de figure, pour voir en quoi cette étude qualitative d'un territoire reflète les résultats

économétriques obtenus précédemment.

Dans l'Orne, la densité médicale a baissé de 8,76% sur la période étudiée. Selon les modèles proposés dans ce chapitre, on pourrait s'attendre à une hausse des coûts de personnel de 1,3% par an, soit 101 512€. Pour confronter cette estimation à la réalité, on observe que les données indiquent que sur la période 2010 à 2019, le coût de personnel du SDIS de l'Orne a augmenté d'environ 2 110 337€, soit de 20,79%. Nous constatons donc un décalage d'environ 0,7 points de pourcentage quand on rapporte ce chiffre à une augmentation annuelle. Cet écart pourrait être dû à l'effet du vieillissement de la population identifiée sur ce territoire et qui aurait comme effet d'amplifier davantage la hausse des coûts pour le SDIS.

Discussion

Ce cas d'étude a permis de démontrer en quoi une majeure partie de l'augmentation des coûts d'un SIS peut être attribuée au phénomène de désertification médicale. En confrontant notre modèle à une réalité territoriale, nous pouvons alimenter les débats autour de la réponse optimale à ce phénomène du point de vue des pouvoirs publics. Ce coût peut-il être justifié? Pour que ce soit le cas, il faudrait que les usagers perçoivent des bénéfices sociaux supérieurs à ces chiffres : nous estimons pour l'Orne environ 300 victimes supplémentaires prises en charge chaque année dans le cadre de ces interventions, représentant ainsi un coût de 338€ par personne.

Nous pourrions proposer différentes interprétations de cette valeur. Elle pourrait, par exemple, servir de proxy pour la valeur qu'accorde la collectivité à la prise en charge de telles pathologies. Nous préférons simplement ramener cette valeur à plusieurs coûts que nous avons présentés à différents étapes de nos travaux : le remboursement des carences ambulancières à 200€ et le coût d'un passage aux urgences qui se situerait dans une fourchette non éloignée de 170€ à 250€. Nous constatons que ces chiffres sont inférieurs à notre estimation du coût pour le SIS, et cela sans tenir compte de divers facteurs, moins tangibles, que nous avons encore du mal à monétariser. Il y a, par exemple, le coût intangible relatif à l'emploi de volontaires dans le cadre de ces missions "annexes". Si la hausse du coût des volontaires que nous constatons se fait à effectif égal et traduit donc une hausse de leur temps d'engagement, cela pourrait alors former la base pour mesurer son coût social ainsi que pour l'évaluation des effets susceptibles de se répercuter à plus long terme (désengagement, difficultés de recrutement, etc.).

Cet exemple permet notamment de mettre la lumière sur un des déterminants de cette hausse des coûts : la durée des interventions. Avec des interventions durant près de 50% plus longtemps en ce qui concernent les interventions à domicile - soit 48 minutes de plus d'indisponibilité - l'impact sur le maillage territorial ne peut être négligeable et les répercussions sur l'organisation du SIS se font ressentir au travers

de leur coût de fonctionnement. L'appréciation de cet indicateur dans une vision à long terme est alors déterminant pour évaluer l'impact sur les SIS de ce type de sollicitation qui sort de leur cœur de métier.

Limites

Si l'intérêt d'objectiver ces phénomènes via l'estimation de modèles économétriques pour ensuite intégrer les résultats obtenus au calcul socio-économique est bien réel, nous devons faire preuve de prudence puisque ces modèles ne sont que des estimations dont les valeurs centrales utilisées peuvent ne peut pas refléter la réalité.

Nous sommes aussi contraints de se contenter d'une mesure très simple du coût généré par ce phénomène, en se basant sur la méthode de "input=output" (T. Atkinson, 2005; Law, Problems, and Autumn, 1971). Cette simplification est imposée par notre choix d'estimer les relations existantes entre ces phénomènes davantage que la valorisation des impacts, chose qui serait la suite logique de ce premier travail.

Nous n'avions pas de données portant sur la durée des intervention à l'échelle globale des territoires. Nous avons pu voir en quoi cet indicateur était riche pour caractériser l'impact sur le maillage territorial dans la dernière partie.

Perspectives

Nous ne savons malheureusement pas estimer la contre partie de ces actions réalisée dans le cadre de ces missions les SIS – la préjudice subie par les patients en cas de non-prise en charge au moment de leur demande pourrait constituer un coût social important, mais pour la mesurer il serait nécessaire de s'engager dans un recueil de données qualitatives relatives à douleur et à l'anxiété des victimes au moment de leur prise en charge ainsi que son coût pour le système de santé.

Les dépenses relatives aux sapeurs-pompiers volontaires qui représentent une part plus importante des dépenses de personnel du SDIS en 2019 qu'en 2010 doivent être scrutés en raison de la place de ces derniers dans le modèle de sécurité civile français à moyen et à long terme. La complexité de l'engagement du sapeur-pompier volontaire et les contraintes qui peuvent y être associées doivent être analysées en plus de détails. Notre cas d'étude a notamment montré que l'indemnisation des sapeurs-pompiers peut croître pour faire face à une sursollicitation du service et cela de manière durable. Cela montre que même si les volontaires restent une solution moins onéreuse que celle qui consiste à mobiliser des professionnels, le coût de leur disponibilité peut devenir conséquent, sans même tenir compte des facteurs intangibles relatives à son bien-être, celui de son entourage ou de son employeur en raison des contraintes qui leur sont imposées, et cela pour en raison d'une activité "annexe" qui ne relève pas du cœur de métier de sapeurs-pompiers. De ce fait,

l'acceptation de ces contraintes peut poser question.

4.3.0.1 Résumé

Nous avons montré ici en quoi les modèles économétriques peuvent alimenter les débats sur ces questionnements et même d'en estimer le coût. Il est important de proposer ce type de modèles pour déterminer de la manière la plus robuste possible l'effet de causalité entre les phénomènes étudiés, d'autant plus qu'ils font sujet de forts débats politiques.

Les résultats montrent que le coût supporté par le SIS pour chaque intervention est supérieur au coût d'une prise en charge par les urgences. Cet écart traduit ainsi une inefficience dans la prise en charge des patients. Ce delta pourrait aussi traduire la valeur accordée par les victimes à l'intervention des SIS dans ces cas de figure. On aurait alors une base pour fonder une mesure du bénéfice en cas de non réponse des services de secours.

Conclusion du chapitre

Les enjeux de la désertification médicale sont au premier plan politique. Jusqu'à présent, il a été difficile de mesurer les impacts que cela peut avoir sur la collectivité et en particulier sur la provision des services publics tels que les SIS qui s'avèrent être des acteurs de premier plan pour faire face à la désertification médicale en raison de leur maillage territorial fort.

Ce travail quantifie le lien entre le niveau de couverture médicale et la sollicitation des SIS en prenant plusieurs approches économétriques. Il s'agit d'évaluer à la fois le volume d'activité, la part des différents effectifs dans l'organisation, le coût de cette organisation et enfin la demande relative pour ces services en fonction de leur qualité. Les résultats montrent qu'il est plus coûteux de produire une couverture territoriale des risques par les SIS quand la couverture médicale diminue, cet effet étant de l'ordre de 1,5% pour une diminution de 10% de l'offre médicale. Ce sont des premiers éléments permettant d'objectiver l'impact du recul de services publics - en milieu rural notamment - sur l'organisation des SIS.

Nous montrons l'intérêt pour des estimations économétriques qui peuvent alimenter le calcul socio-économique et ainsi mieux objectivé des débats fortement politisés. Nous constatons notamment que le coût pour les SIS de cette activité est plus importante que le coût de la prise en charge de ces patients par le système de santé. Il faut alors poser la question de savoir en quoi ce surcoût permet de traduire l'utilité que les patients déduisent cet accès au secours dans ces circonstances.

En appréhendant le rôle que peuvent jouer les interdépendances entre politiques

publiques, nous avons démontré en quoi cela peut générer un surcoût pour certains acteurs (les SIS dans ce cas), qui semble être mal appréhendé par les pouvoirs publics. Ne pas tenir compte des raisons pour de telles évolutions dans les coûts et ne pas chercher des solutions pour optimiser la dépense publique revient à choisir un niveau sous-optimal de la provision du service public. Les résultats significatifs que l'on a objectivés dans ce chapitre et pour lesquels les enjeux sont bien réels et déjà connus des praticiens des SDIS doivent permettre de prendre davantage au sérieux cette interdépendance dans l'évaluation des différentes politiques publiques mises en place sur les territoires.

Chapitre 5

Les enjeux économiques de la production égalitaire de la couverture des risques par les services d'incendie et de secours

5.1 Peut-on produire un bien homogène sur des territoires hétérogènes?

Le chapitre introductif - en décrivant les caractéristiques de ce secteur - a insisté sur le fait que la production des SIS devait être comprise comme un potentiel disponible, à créer et maintenir sous tension pour pouvoir, le cas échéant, intervenir le plus rapidement possible. C'est sous cet angle particulier que le calcul socio-économique doit appréhender la réalité et la qualité de ce service.

De manière générale, les politiques d'aménagement du territoire cherchent toutes à assurer une cohésion nationale en permettant à toute personne de disposer d'un accès égal aux services publics. Les territoires peuvent toutefois représenter des caractéristiques distinctes qui auront nécessairement un impact sur l'offre et la demande des services.

Il peut donc s'avérer particulièrement complexe de produire ces services de manière homogène sur l'ensemble des territoires et de garantir ainsi un accès égalitaire à l'ensemble de la population dès lors qu'il y a des points de divergence entre territoires. C'est notamment le cas dans le domaine de la sécurité civile où les caractéristiques de chaque territoire impactent le niveau d'exposition et de vulnérabilité des populations à chaque typologie de risque (la demande de secours), mais également

la capacité de réponse des SIS (l'offre de secours).

Ces caractéristiques peuvent notamment être distingués entre celles qui relèvent de la physionomie du territoire (la topographie, la présence de risques naturels), l'aménagement du territoire (l'infrastructure routier, l'urbanisation) et la socio-démographie du territoire (l'âge et le niveau de vie des populations).

Ces derniers éléments font peser des contraintes particulières sur l'organisation des SIS à l'échelle départementale. Comprendre et maîtriser les divergences dans la production de la couverture des risques de sécurité civile constitue une première étape pour justifier des moyens qui sont alloués à différents territoires pour couvrir les risques qui sont présents.

Pour ce faire, ce présent chapitre aborde l'efficience de la provision de la couverture des risques de sécurité civile à une échelle globale pour ensuite analyser les écarts entre les territoires. Cette approche cherche, en partant des choix opérés sur les différents territoires, à expliquer ces écarts et à déduire les implications économiques de ceux-ci.

Dans un deuxième temps, il est proposé de traiter la question de la valeur accordée de manière implicite à la sécurité des citoyens sur différents territoires en comparant les moyens financiers qui sont consacrés à la production de la couverture des risques. Ce faisant, nous pouvons établir une mesure de la valeur d'une vie statistique à partir des choix qui sont opérés sur les territoires pour produire une couverture des risques.

5.2 L'efficience des SIS face aux inégalités territoriales dans la production du secours

5.2.1 Éléments de contexte

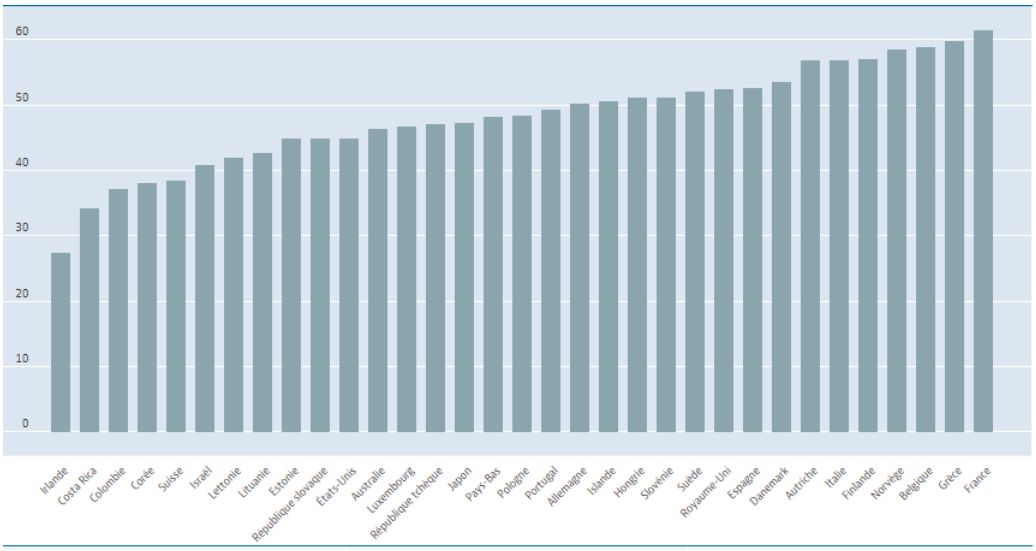
Les moyens financiers consacrés aux dépenses publiques n'ont fait que croître dans la deuxième partie du 20ème siècle,[1] menant par la suite à des nouvelles mesures de performance dans le secteur public.[2] Ces interrogations à propos du poids des dépenses publiques n'ont été que renforcées par les crises financières des années 2010.

Rendre le service public plus efficient est devenu une lutte continuelle pour les pouvoirs publics et c'est la raison pour laquelle nous allons nous intéresser aux divers facteurs susceptibles de déterminer cette efficience dans le cadre de l'activité des

[1] Entre 1960 et 2000, la part des dépenses publiques en pourcentage du PIB est passée de 35% à plus de 50%, selon l'INSEE (consulté le 16/02/2022)

[2] La loi organique relative à la loi des finances a intégré en 2001 une logique de performance LOLF (consulté le 16/02/2022)

Figure 5.1: La France figure parmi les pays de l'OCDE qui consacre la part la plus importante de son PIB aux dépenses publiques



Source : OECD Data

SIS.

Pour ce faire, il faut d'abord préciser ce qui est entendu par une production efficiente. L'efficience traduit au sens général la maximisation d'un output de production compte tenu des quantités d'input. Cette maximisation traduisent un processus de production efficiente – il n'est pas possible d'obtenir davantage d'output à partir des inputs disponibles. C'est ce qu'on appelle l'efficience technique.

Dans le secteur public, une telle mesure d'efficience est difficile à appréhender car il est possible de retenir différents outputs. La mesure de l'output des gouvernements a suscité de nombreux débats avec parfois des compromis importants tels que le principe que l'input est égal à l'output (Foxton et al., 2019). Des travaux conséquents ont par ailleurs été conduits au Royaume-Uni pour répondre à la demande pour une meilleure compréhension et une meilleure mesure de la production publique (T. Atkinson, 2005). On y retrouve plusieurs enjeux notables : la difficile mesure de la consommation des services collectifs, la complémentarité entre la production publique et la production privée qui peut induire une sous-estimation de la production publique, la production jointe et la co-production, ou encore l'hétérogénéité de la production publique qui peut également rendre l'analyse complexe, en faisant en sorte que les comparaisons et les agrégations soient mal adaptées.

Il est sur ce dernier point que les analyses qui suivent vont se pencher pour répondre à plusieurs questionnements :

- En quoi la mesure d'efficience des SIS que nous pouvons estimer à partir de

modèles économétriques varie selon les territoires ?

- En quoi le choix d'output a un impact sur les variations interterritoriales de cette mesure d'efficience ?
- En quoi les spécificités territoriales permettent d'expliquer ces variations ?
- Quelles évolutions dans le niveau d'efficience des SIS constatons-nous sur la dernière décennie ?

Ces éléments doivent nous permettre de commenter le degré d'hétérogénéité dans la production de la couverture des risques en France par les SIS et fera la transition avec la deuxième partie du chapitre.

Pour ce faire, il faut tout d'abord revenir sur la notion d'output pour laquelle différents niveaux sont proposés dans la littérature pour caractériser l'activité des SIS : direct, intermédiaire et final (Jaldell, 2019). Pour rappel :

- La notion d'output direct correspondent au volume d'activité (le nombre d'incendies ou le nombre d'interventions);
- celle d'output intermédiaire renvoie à la notion de couverture (délai d'intervention et effectifs);
- celle d'output final correspond aux impacts perçus par les usagers (vies sauvées, bâti sauvé).

L'approche de la littérature

La littérature existante contient des travaux mobilisant à la fois les outputs directs et les outputs finaux. Wallace (1977) a souligné l'importance de considérer à la fois la quantité et la qualité de production dans la mesure d'output. Certains travaux optent, toutefois, uniquement pour des outputs directs qui caractérisent le volume d'activité de ces services auprès de la population (T. Puolokainen, 2015; Bouckaert, 1992). I. M. G. Sánchez (2006) a utilisé une mesure du risque de propagation d'incendie en complément des outputs directs.

D'autres travaux s'appuient davantage sur des indicateurs qui se rapproche de la notion d'output final : Ahlbrandt (1973) a mobilisé la population, la surface et le niveau de risque assurantiel comme proxy pour l'output final, Coulter (1979) a employé des mesures d'efficacité de prévention et de suppression pour refléter la performance des SIS et W. D. Duncombe (1991) and Brudney and W. D. Duncombe (1992) a utilisé un indicateur que l'on peut qualifier d'output final dans ses travaux en prenant l'inverse de la perte de valeur dans les incendies relatives à la valeur initiale. Les travaux de Jaldell (2005) and Jaldell (2019) tendent aussi vers l'emploi de variables traduisant les outputs finaux des SIS, avec pour conséquence l'emploi de

variables mesurées de manière non-continue, notamment via des échelles ordinaires.

Cette littérature aborde l'analyse de l'efficience avec différentes approches méthodologiques. La revue de la littérature montre d'ailleurs que les recherches abandonnent certaines approches classiques pour mobiliser les techniques de frontières de production et plus particulièrement, et de manière plus récente, la méthode de Data Envelopment Analysis (DEA) (Choi, 2005; I. M. G. Sánchez, 2006; Peng et al., 2014). Cette approche est basée sur une estimation non-paramétrique de la frontière de production, le distinguant ainsi des autres approches dans la littérature, dont le Stochastic Frontier Analysis (SFA).

Les deux approches sont fondées sur le principe d'une frontière de production que l'on retrouve dans la théorie microéconomique, mais il y a une distinction importante : le DEA repose sur une frontière établie à partir des entités de production (DMU – Decision Making Unit) observés les plus efficientes – et par conséquent donne une mesure relative de l'efficience de chaque DMU, alors que le SFA construit une frontière paramétrique. Nous allons détailler les raisons qui nous conduiront à retenir l'approche DEA dans la prochaine section.

5.2.2 Méthodologie : appréhender l'efficience des SIS par le Data Envelopment Analysis

L'organisation des SIS à l'échelle départementale se prête parfaitement à des analyses comparatives pour identifier les écarts entre les territoires dans la provision du service. Grâce à la temporalité des données disponibles, il est même possible d'analyser l'évolution d'une mesure d'efficience dans le temps. Proposer de tels éléments permet d'établir le "best-practice" concernant la production de ces services pour poursuivre de telles comparaisons dans le temps, tout en facilitant une identification des facteurs contribuant à l'efficience de la production, chose qui peut permettre aux décideurs publics de donner de meilleures orientations pour de futurs investissements. L'analyse engagée ici prend en compte l'hétérogénéité à la fois en termes de topographie, de population et de risques naturels et technologiques, pour déterminer en quoi ils sont associés à une production efficiente du service public.

La démarche méthodologique retenue dans ce chapitre repose sur l'approche de data envelopment analysis (DEA), approche récente (introduite à la fin des années 1970 (Charnes, Cooper, and Rhodes, 1978)) mais déjà répandue en matière d'analyse empirique des processus de production. Le DEA impose très peu d'hypothèses (il est moins contraignant que les techniques statistiques traditionnelles de régression), ce qui a ouvert le champ d'application de l'analyse d'efficience à de nouveaux secteurs pour lesquels la relation entre les inputs et les outputs est inconnue (Huguenin, 2013). De ce fait, ses applications sont très diverses, comme sur les hôpitaux, les

universités ou les tribunaux (Huguenin, 2013). Il a également été appliqué aux SIS (I. M. G. Sánchez, 2006; T. Puolokainen, 2015).

Le DEA est une approche qui est très orientée sur les données. Il suppose de posséder des informations précises sur les quantités d'input et d'output des différents producteurs ou entités (DMU - Decision Making Unit en anglais) que l'on souhaite analyser. Il s'agit d'une forme de programmation linéaire qui génère une frontière d'efficience sur la base des meilleurs pratiques observées. Cela veut dire que l'entité le plus performant est considéré comme la référence – on ne peut pas faire mieux. Le modèle DEA produit des scores d'efficience entre 0 et 1 pour chaque entité et donc l'entité de référence – le "best-practice" – possédera un score d'efficience de 1.

Si cette approche n'impose pas de contraintes paramétriques sur la forme du modèle que l'on peut rencontrer dans un modèle SFA ou par des techniques de régression, elle repose tout de même sur l'hypothèse de convexité (des rendements d'échelle constants ou décroissants) et peut être influencée par des valeurs aberrantes.

La modélisation DEA suppose de faire deux choix relatifs à la procédure d'estimation : un premier choix sur l'orientation du modèle (inputs ou outputs) et un deuxième choix sur la nature des rendements d'échelle (constants ou variables).

L'orientation du modèle définit si l'on considère que le producteur vise à maximiser l'output produit (orientation output) ou plutôt d'optimiser les inputs pour atteindre un niveau d'output donné (orientation input). Les rendements d'échelles traduisent la nature de la relation entre les inputs et les outputs. Si les rendements sont constants, la productivité marginale de chaque unité d'input sera le même, quel que soit le niveau d'output produit. Les rendements d'échelles variables représentent par nature une approche plus souple puisqu'aucune hypothèse est imposée sur la relation entre les inputs et les outputs.

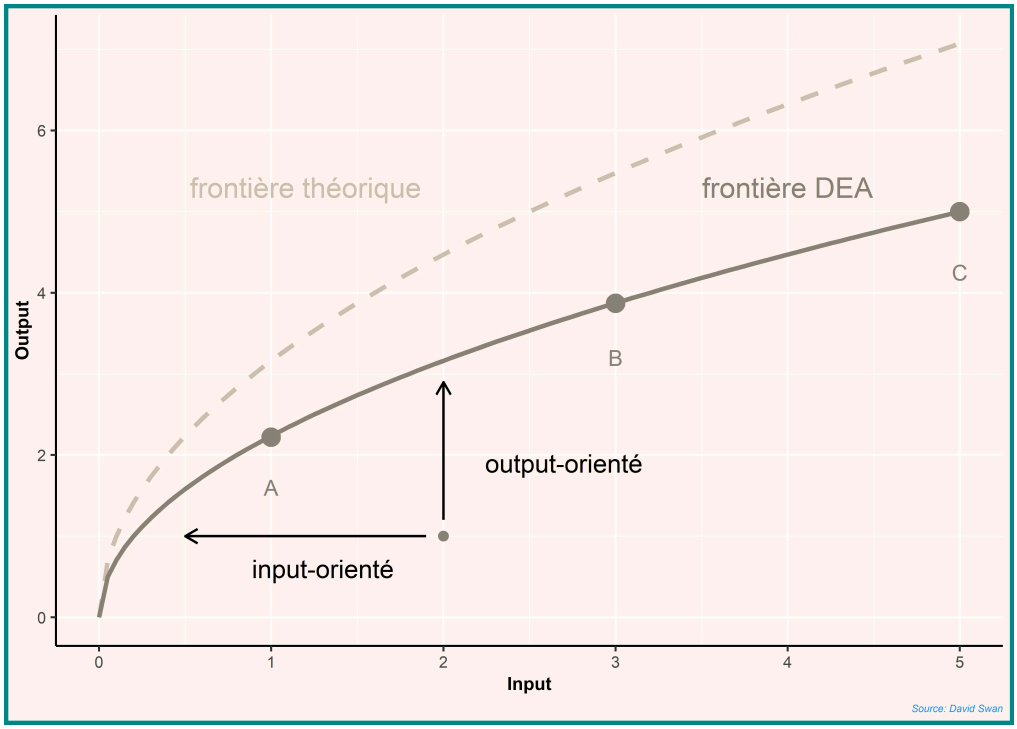
La figure 5.2 est une présentation graphique de la modélisation des frontières d'efficience en présence de rendements d'échelles variables. Nous y voyons notamment la distinction entre une approche "output-orienté" et une approche "input-orienté".

Le programme mathématique à résoudre est le suivant, avec x_n et y_m les inputs et les outputs respectivement pour l'ensemble d'entités j. Dans notre cas de figure, chaque entité j correspond à un SIS :

$$max\ h_0 = \frac{\sum_{m=1}^{M} y_{m,j}}{\sum_{n=1}^{N} x_{n,j}} \tag{5.1}$$

L'intérêt de ces approches qui proposent une mesure d'efficience est de pouvoir comparer la performance relative des différents services. Cela peut permettre

Figure 5.2: Représentation graphique des principes du Data Envelopment Analysis



d'abord de donner des orientations pour améliorer l'efficience au travers d'une meilleure utilisation des différents facteurs de production mais surtout pour déterminer dans un second temps les facteurs environnementaux (Z) qui ont un impact sur le score d'efficience. Il est ainsi qu'on pourra apporter des éléments de réponse sur l'importance de ces facteurs pour la production efficiente de la couverture des risques par les SIS.

La littérature présente des éléments en faveur de l'inclusion de variables environnementales dans l'évaluation de l'efficience technique (I. M. G. Sánchez, 2006) puisque toute analyse comparative inconditionnelle risque d'être sévèrement biaisée (Balaguer-Coll, Prior, and Tortosa-Ausina, 2013). Nous procéderons donc, dans un troisième temps, à une réestimation des modèles DEA en intégrant ces facteurs environnementaux en suivant la procédure de Simar et Wilson (Simar and Wilson, 2007).

Compte tenu des caractéristiques de la modélisation DEA - c'est une approche comparative orientée sur les données observées – son choix s'avère judicieux compte tenu de la richesse de données dont nous disposons. En effet, avec cette approche nous pouvons comparer l'efficience des SIS entre eux, sachant avec certitude que nous possédons l'ensemble de la population statistique concernée, ce qui fait en sorte que l'entité de référence (le SIS le plus performant) représente nécessairement la meilleure pratique existante.

Cette présentation du modèle et les raisons qui ont conduit à le retenir ayant été précisées, il convient de déterminer - avant de passer à l'estimation - les inputs et les outputs de production qui seront retenus dans le modèle.

En matière d'input

Il est retenu d'évaluer les moyens mis en place par les SIS en agrégeant les effectifs, les centres de secours et les engins de secours. Ce sont les trois variables qui déterminent la couverture que propose le SIS à la population. La relation entre les trois variables peut être complexe car la capacité à intervenir dépend simultanément de plusieurs variables : la proximité à la population plus ou moins grande, la disponibilité ou pas d'un engin de secours et la capacité de l'armer avec les effectifs nécessaires.[3]

En matière d'output

Il a été décidé de retenir quatre outputs pour définir deux modèles et ainsi confronter une approche traditionnelle de la production (output direct) à l'approché présentée dans cette thèse et qui définit la production des SIS comme une couverture des risques (output intermédiaire) :

- trois outputs directs caractérisant le volume d'intervention :

  le nombre d'accidents de la route;

  le nombre d'incendies ;

  le nombre de secours à personne;

- un output intermédiaire qui mesure la couverture des risques :

  le délai d'intervention

Le quatrième output mérite d'être précisé car il sera soumis à une transformation dans la modélisation DEA. Il concerne une mesure de la couverture des risques par les SIS que l'on mesure par le biais du délai d'intervention et que l'on dénomme dans les équations qui suivent λ.

Cet indicateur λ est créé en rapportant le nombre d'interventions effectuées par un SIS N à son délai moyen d'intervention $\bar{X}$. Il correspond ainsi à une mesure qualitative de la couverture des risques puisqu'il tient compte à la fois de la rapidité de l'intervention mais également du volume d'activité. Tenir compte du volume d'activité permet d'intégrer l'impact de la simultanéité des interventions dans cette mesure de la couverture des risques : un délai moyen d'intervention de dix minutes

[3] Pour rappel, il est nécessaire d'armer un Véhicule de Secours aux Victimes (VSAV) avec trois sapeurs-pompiers. Ces obligations peuvent donc créer des effets de seuils dans l'allocation des effectifs au niveau d'un centre de secours

avec 10 000 interventions à assurer représente une meilleure qualité de service qu'un délai de dix minutes pour assurer seulement 500 interventions, par exemple.

Pour l'intégrer au modèle DEA, il faut vérifier qu'il soit croissant avec le niveau d'output. Cet indicateur λ est bien croissant avec le niveau d'output puisque lorsque le nombre d'interventions augmente, le niveau d'output augmente et comme N se trouve au nominateur, λ augmente. Si le délai moyen d'intervention augmente alors on considère que le niveau d'output diminue pour N constant puisque la qualité de service perçue par le citoyen sera moindre. $\bar{X}$ se trouvant au dénominateur, quand il augmente, λ diminue, ainsi validant les conditions nécessaires pour intégrer cet indicateur comme output dans le modèle DEA proposé.

$$\lambda = \frac{N}{\bar{X}} \tag{5.2}$$

Nous proposons alors deux modélisations DEA. Elles mobilisent toutes les deux les mêmes inputs, soit : les effectifs de sapeurs-pompiers, le nombre d'engins de secours et le nombre de centres d'incendie et de secours. La différence se trouve au niveau des outputs considérés : le modèle 1 utilise trois outputs *directs* que sont le nombre d'interventions pour incendie, pour secours à personne et pour accidents de la route. Le modèle 2 utilise un seul output λ, que l'on a défini relatif au délai d'intervention et qui reflète une mesure de la qualité de service fournie à la collectivité. Il s'agit donc plutôt d'un output *intermédiaire*.

La comparaison de ces deux modèles permettra d'évaluer l'impact du type d'output retenu dans le modèle sur les résultats obtenus, et de ce fait les conclusions qui peuvent en être déduites relatives à l'efficience des SIS. Au-delà du choix de comparer deux modélisations basées sur des outputs différents, nous ferons également des estimations pour deux années différentes (2010 et 2019) afin d'évaluer l'évolution des scores d'efficience sur une période relativement longue de dix ans.

Données

Cette analyse s'appuie sur plusieurs sources de données. A partir des statistiques des SIS de la DGSCGC – déjà mobilisées dans le chapitre précédent – nous intégrons des données de l'Institut National des Statistiques et des Etudes Economiques (INSEE), de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) du ministère de la transition écologique et du bureau de recherches géologiques et minières,et du Quality of Government Institue (QoG).[4] Nous avons pris des données permettant de recouvrir la période pour laquelle nous possédons les données de la DGSCGC, soit de 2010 à

[4] Une description de ces sources de données est proposée dans l'annexe C

2019.

Les données que nous mobilisons à propos des SIS concernent principalement les inputs et les outputs décrits dans la section précédente. Pour les inputs, il s'agit du nombre de sapeurs-pompiers professionnels et volontaires employés par le SIS, le nombre de véhicules de secours opérationnels pour leurs missions respectives[5] (nous retenons uniquement les Véhicules de Secours aux Victimes (VSAV) destinés à la mission de secours d'urgence aux personnes, les Fourgon Pompe Tonne (FPT) destinés à la mission de lutte contre l'incendie et les Véhicules de Secours Routiers (VSR) destinés à intervenir en cas d'accident de la route) et le nombre de centre d'incendie et de secours implantés sur le territoire – le choix est fait de ne pas distinguer les centre d'incendie et de secours par leur taille pour des questions de simplicité.

En parallèle de ces données, nous mobilisons d'autres sources pour traduire la réalité des territoires. Il y a les facteurs socio-démographiques des populations - au-delà de la démographie, il s'agit du niveau de vie des populations qui traduit le revenu par ménage. Ces données viennent de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE). Il y a aussi des données relatives aux bénéficiaires de la CMU-C venant de Score Santé pour traduire la santé des populations. Nous remobilisons aussi les données relatives à l'offre de médecine générale qui sont issues de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM).

Enfin, s'ajoutent à cet ensemble, les indicateurs de la qualité de la dépense publique recueillis au niveau européen par l'institut QoG. Nous retenons les indicateurs relatifs à perception des citoyens de : la qualité des dépenses publiques, du degré d'impartialité des pouvoirs publics et du degré de corruption au sein des pouvoirs publics (Charron, Lapuente, and Annoni, 2019). Ces variables ne sont disponibles qu'à l'échelle régionale alors que toutes les autres données sont disponibles à l'échelle départementale. Tous les départements d'une même région se voit ainsi attribués la même valeur, ce qui a pour effet de réduire la variabilité qu'on observe dans ces indicateurs au sein de notre échantillon.

[5] Le nombre total de véhicules recensé dans la base de données comprennent ceux qui sont destinés à la formation des sapeurs-pompiers

Table 5.1: Statistiques Descriptives

Statistic	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Sapeurs-pompiers professionnels	407.74	385.42	7	2 177
Sapeurs-pompiers volontaires	1 928.01	1 010.44	352	6 131
Dépenses de fonctionnement SIS	46 389 135.00	36 862 772.00	4 692 236.00	211 071 556.00
Nombre d'interventions pour incendie	2 898.93	2 073.04	375	14 826
Nombre d'interventions pour secours à personne	29 619.93	24 725.00	3 320	133 369
Nombre d'intervention pour accidents de la route	2 567.83	1 750.98	231	8 904
Véhicules de secours routiers	14.73	9.67	0	46
Véhicules de secours aux victimes	69.54	31.02	15	188
Fourgons Pompe Tonne	37.49	26.09	1	167
Camions Citerne Feu de Forêt	42.26	37.61	0	255
1er quartile niveau de vie	14 202.15	1 166.66	10 872.00	18 510.00
3e quartile niveau de vie	27 005.24	2 779.17	22 712.00	41 240.00
Délai moyen d'intervention (secondes)	756.74	184.23	423	1 511
Nombre de centres d'incendie et de secours	58.35	36.80	10	273
Niveau de couverture (λ)	1 043.26	184.23	289	1 377
EQI	0.56	0.21	0.13	1.09
EQI (qualité)	0.54	0.27	−0.37	1.31
EQI (impartialité)	0.52	0.24	−0.04	0.98
EQI (corruption)	0.58	0.26	0.11	1.11

Les données descriptives présentées dans le tableau 5.1 permettent notamment de prendre la mesure des divergences dans le volume d'activité des différents SIS - l'écart type du nombre d'interventions de type secours à personne est de presque 25 000 - mais aussi dans les délais d'intervention, dont l'écart type est de 184 secondes. Nous constatons aussi que les moyens alloués aux SIS sont très différents, l'écart type du nombre total d'engins de secours étant de 58.

Nous voyons aussi apparaître dans ce tableau les données relatives à la qualité du gouvernement. Ce sont des informations que nous allons notamment croiser dans la dernière partie dans l'optique d'établir un éventuel lien entre les moyens consacrés à la couverture des risques et la qualité perçue par les citoyens des pouvoirs publics.

Compte tenu de l'organisation des SIS à Paris et à Marseille - qui comprend un effectif militaire[6] - seuls les services départementaux/territoriaux opérant sur son territoire de manière autonome seront retenus dans la base de données pour les estimations.

Dans l'intérêt de synthétiser certains des résultats obtenus – nous avons quasiment autant d'entités (SIS) dans l'analyse que de départements en France métropolitaine – nous présenterons les scores d'efficience par catégorie de SIS dont il existe trois (A, B et C). Ces catégories reflètent, pour rappel, la taille du SIS en fonction de la population de son territoire. Les SIS de catégorie A sont ceux défendant les territoires les plus peuplés et ont le plus de moyens. Les SIS de catégorie C sont ainsi ceux défendant les territoires les moins peuplés et possèdent des moyens moins importants.

Estimation DEA

Pour estimer les modèles DEA, nous privilégions un modèle orienté input qui cherche donc à minimiser les inputs pour produire un niveau d'output donné. Ce choix prend en compte la principale contrainte des SIS : optimiser les ressources pour atteindre un niveau de couverture des risques fixe (Jaldell, 2002). Ensuite, nous choisissons d'employer des rendements d'échelles variables puisqu'il ne nous semble pas raisonnable de considérer que le produit marginal de chaque unité soit identique dans la production d'une couverture des risques avec un volet spatial – nous imaginons qu'il existe plutôt des rendements décroissants.

L'estimation des deux modèles est conduite en trois phases, avec à chaque fois une estimation pour l'année 2010 et pour l'année 2019 :

- estimation DEA des modèles simples;
- régression des scores d'efficiences sur les variables environnementales;

[6] Le Brigade de Sapeur-Pompiers de Paris (BSPP) et le Bataillon de Marins-Pompiers de Marseille (BMPM)

- estimation DEA tenant compte des variables environnementales.

Les régressions de la deuxième phase sont effectuées via une estimation Tobit (équation 5) suivant la littérature (I. M. G. Sánchez, 2006) et permettant de censurer une partie de la distribution – dans ce cas il s'agit de la partie gauche de la distribution puisqu'aucune entité n'a un score d'efficience proche de 0.

$$\text{Efficience}_{it} = \alpha + \beta_i Z_{it} \tag{5.3}$$

Le vecteur Z correspond aux variables environnementales définies dans la liste suivante :

- la population,
- la surface du territoire en km^2,
- la surface urbaine en km^2,
- la surface forestière en km^2,
- la longueur du littoral en kilomètres,
- le point culminant (en altitude),
- les kilomètres d'autoroutes,
- les kilomètres de routes,
- la part de communes exposée au risque inondation,
- la part de communes exposée au risque feu de forêt,
- la part de communes exposée au risque nucléaire,
- la part de communes exposée au risque industriel,[7]
- European Quality of Government Index (EQI)

Ce sont les variables contenues dans le vecteur Z qui s'avéreront statistiquement significative au seuil de 5% dans la régression Tobit qui seront intégrées à la réestimation des modèles DEA dans la troisième et dernière phase.

5.2.3 Résultats

Nous passons d'abord par une analyse des résultats obtenus par les différents modèles en silo, avant d'ensuite les comparer et les discuter par rapport aux différents

[7] Le risque industriel (comme le risque inondation, feu de forêt et nucléaire) est mesuré à partir de la proportion de communes possédant un Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM)

questionnements présentés en introduction (les écarts interterritoriaux selon les outputs retenus et selon la période).

Phase 1 : Modèles DEA simples

Les premiers tableaux présentent les scores d'efficience des différents SDTIS (regroupés par catégorie) à partir des deux modèles proposés, et cela pour les années 2010 et 2019.

Les résultats de la première modélisation (modèle 1 avec outputs directs) sont présentés dans le tableau 5.2. En 2010, le score d'efficience moyen est de 86% pour les SDTIS de catégorie A, et de 63% et 62% respectivement pour les SDTIS de catégorie B et de catégorie C. Cela veut dire qu'en moyenne, les SDTIS de catégorie A ont des inefficiences de l'ordre de 14% par rapport aux SDTIS se situant sur la frontière d'efficience. Il en découle que les inefficiences au sein des SDTIS de catégorie B et C sont de l'ordre de 37% et 38% en moyenne par rapport à la meilleure pratique.

Table 5.2: Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output direct

	2010				2019			
Catégorie	Moyenne	Max	Min	IQR	Mean	Max	Min	IQR
A	0.86	1	0.53	0.31	0.93	1	0.53	0.09
B	0.63	1	0.41	0.19	0.73	0.93	0.41	0.16
C	0.62	1	0.36	0.19	0.69	1	0.36	0.20

En 2019, l'ensemble des scores d'efficiences ont progressé : de 7% pour les SDTIS de catégorie A, de 10% pour ceux de catégorie B et de 7% pour ceux de catégorie. Nous pouvons aussi constater à partir de l'écart interquartile (IQR) que les disparités dans les scores d'efficience se sont réduits en ce qui concerne les SDTIS de catégorie A et B.

Dans la deuxième modélisation (modèle 2 avec output intermédiaire) - dont les résultats sont présentés dans le tableau 5.3 - le score d'efficience moyen d'un SDTIS de catégorie A est de 65%, et de 44% et de 48% respectivement pour les SDTIS de catégorie B et C. Nous constatons que l'écart interquartile est plus de 4 fois plus élevés pour les SDTIS de catégorie A par rapport à ceux de catégorie B et C.

En 2019, on observe des scores d'efficience très similaires. Seuls les SDTIS de catégorie A en vue une progression de 5% sur cette période, évolution qui a été accompagnée par une légère baisse de l'écart interquartile et de ce fait les disparités entre

Table 5.3: Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output intermédiaire

	2010				2019			
Catégorie	Moyenne	Max	Min	IQR	Mean	Max	Min	IQR
A	0.65	1	0.30	0.46	0.70	1	0.30	0.43
B	0.44	0.88	0.28	0.10	0.45	0.68	0.28	0.11
C	0.48	1	0.27	0.12	0.48	1	0.27	0.13

départements. Les scores d'efficience des SDTIS de catégorie B et C sont restés stables entre les deux périodes, tout comme les écarts interquartile.

Nous pouvons alors faire trois constats à partir de ces résultats en début de période entre les deux modélisations :

- les scores moyens d'efficience pour toutes les catégories de SDTIS sont inférieurs pour la modélisation à partir de l'output intermédiaire que ceux à partir des outputs directs;
- les scores moyens d'efficience respecte la même hiérarchie pour les deux modélisations : les SDTIS de catégorie A sont les plus efficients, suivis de ceux de catégorie B et enfin ceux de catégorie C;
- les écarts entre les scores moyens d'efficience de chaque catégorie de SDTIS sont plus réduits dans le modèle 2 basé sur l'output intermédiaire que dans le modèle 1 basé sur l'output direct.

Et les constats supplémentaires relatifs à l'évolution entre l'année 2010 et l'année 2019 :

- la hiérarchie est inchangée entre 2010 et 2019 pour les deux modèles : les SDTIS de catégorie A demeurent les plus efficients et ceux de catégorie C les moins efficients;
- le modèle 1 suggère une évolution positive des scores d'efficience pour les SDTIS, chose que l'on ne retrouve pas dans le modèle 2 où les chiffres sont stables.

Les scores d'efficience pour chaque département, pour chaque modélisation et pour les deux années concernées sont disponibles en annexe G. On peut y constater que 33 SDTIS ont même vu leur score d'efficience reculer entre 2010 et 2019 à partir de la deuxième modélisation, contre 12 seulement pour la première modélisation, ainsi renforçant la divergence entre les interprétations que nous pourrons faire de ces deux modélisations différentes.

Nous discuterons les explications de ces résultats dans la partie discussion, évoquant notamment la fermeture de centre de secours qui peut expliquer ces résultats.

Phase 2 : Régressions Tobit

Le tableau 5.4 présente les résultats des régressions Tobit où la variable indépendante correspond au vecteur des scores d'efficience obtenu précédemment. Nous privilégions les scores obtenus par le modèle 2 (output intermédiaire) pour cette phase d'analyse car il est cette modélisation qui correspond le plus à la production des SIS telle que nous l'avons définie dans cette thèse.

Ces estimations indiquent que l'efficience croît avec la surface urbaine du territoire mais décroît avec la surface globale, que l'efficience croît également avec la taille de la population. La présence du risque feu de forêt correspond également à une mesure d'efficience plus élevée dans l'échantillon.

Les résultats sont similaires pour les années 2010 et 2019 et il est à partir de ces résultats que l'on choisit les variables à retenir dans la prochaine phase de modélisation (DEA avec variables de contrôle), soit : la taille de la population, la surface du territoire et la surface urbaine du territoire.

Phase 3 : Modèles DEA avec variables environnementales

Les tableaux 5.5 et 5.6 présentent les résultats des modèles DEA avec cette fois-ci les contrôles pour l'environnement de chaque SDTIS et toujours pour les années 2010 et 2019. Cette fois-ci, nous décrivons les résultats relatifs aux modélisations précédentes.

Dans le tableau 5.5, nous observons que les scores d'efficience sont inférieurs pour chaque catégorie de SDTIS pour le modèle 1 (mesure d'output direct) avec cette deuxième procédure d'estimation. Ces changements ont affectés les différentes catégories de SDTIS dans un degré similaire, les écarts dans les scores d'efficience entre chaque catégorie de SDTIS sont restés stable.

Globalement, nous pouvons dire que les inefficiences sont plus conséquents dès lors qu'on tient compte des hétérogénéités des départements. C'est une indication que les spécificités territoriales ont un impact significatif sur l'appréciation des outputs obtenus à partir des inputs.

Dans le tableau 5.6, nous constatons aussi une baisse générale dans les scores d'efficience pour toutes les catégories de SDTIS. Désormais, le score moyen d'efficience passe même en dessous de 50%, que ce soit pour l'année 2010 ou 2019. Si les écarts ont tendance à se réduire, notamment en ce qui concerne les SDTIS de catégorie A, il est surtout en raison d'une baisse des scores d'efficience les plus élevés - le "best-practice" est passé de 1 à 0,83 pour l'année 2019. C'est une indication

Table 5.4: Régression Tobit des déterminants de l'efficience

	Variable dépendante:	
	log(Score DEA 2010)	log(Score DEA 2019)
log(pop)	0.04**	0.05***
	(0.02)	(0.01)
log(surf)	−0.15***	−0.10***
	(0.03)	(0.02)
log(surf_urb)	0.01***	0.01**
	(0.003)	(0.003)
log(littoral)	0.01**	0.01*
	(0.01)	(0.004)
log(forêt)	0.001	0.01
	(0.01)	(0.01)
log(alti)	−0.01	−0.01
	(0.01)	(0.01)
log(autoroutes)	0.01	0.004
	(0.01)	(0.005)
log(routes)	0.01	−0.005
	(0.01)	(0.005)
log(inond)	0.02	−0.0002
	(0.02)	(0.02)
log(fdf)	0.02***	0.01*
	(0.01)	(0.005)
log(indu)	−0.01	−0.01
	(0.01)	(0.01)
log(nucl)	−0.01	−0.01
	(0.01)	(0.01)
log(EQI)	−0.001	−0.07
	(0.08)	(0.07)
Constante	1.14***	0.82***
	(0.31)	(0.25)
Observations	89	89
Log Likelihood	53.38	101.97
Wald Test (df = 13)	77.28***	75.59***

Note : *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 ; erreur type entre parenthèses ; pop : population, surf : surface du territoire en km², surf_urb : surface urbaine du territoire en km², littoral : longueur du littoral en km, forêt : surface forestière en km², alti : point culminant du territoire en mètres d'altitude, autoroute : kilomètres d'autoroute, routes : kilomètres de route, inond : part de communes exposées au risque inondation, fdf : part de communes exposées au risque feu de forêt, indu : part de communes exposées au risque industriel, nucl : part de communes exposées au risque nucléaire, EQI : European Quality of Government Index

Table 5.5: Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output direct et avec contrôles environnementales

	2010				2019			
Catégorie	Moyenne	Max	Min	IQR	Mean	Max	Min	IQR
A	0.73	0.87	0.47	0.23	0.84	0.94	0.47	0.09
B	0.55	0.85	0.35	0.15	0.67	0.87	0.35	0.17
C	0.52	0.82	0.31	0.16	0.60	0.86	0.31	0.18

que certains territoires étaient avantagés par leurs spécificités territoriales dans la première procédure d'estimation, leur permettant d'être plus efficients. On pourrait notamment supposer que de tels territoires bénéficient de rendements d'échelle croissants dans la construction de leur maillage territorial.

Table 5.6: Résumé de l'efficience des SDTIS à partir d'une mesure d'output intermédiaire et avec contrôles environnementales

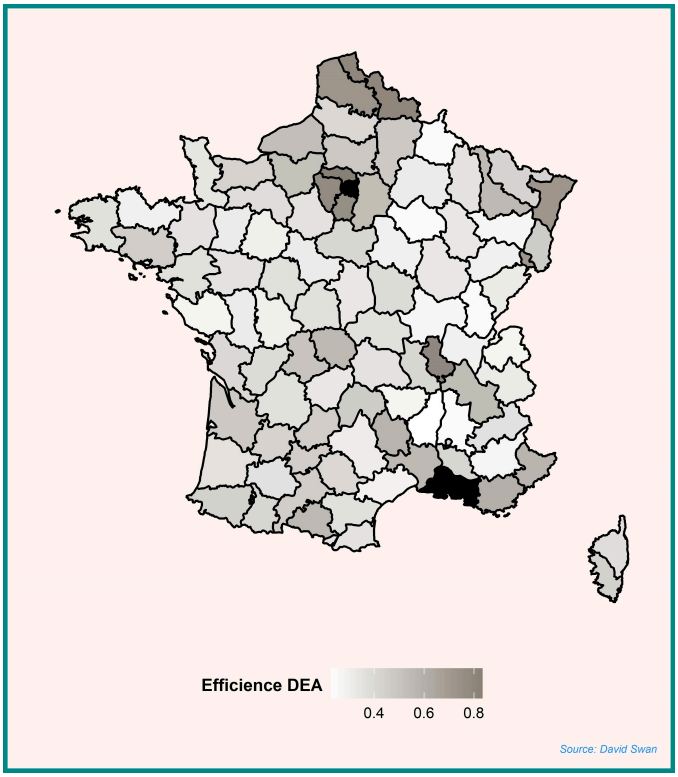
	2010				2019			
Catégorie	Moyenne	Max	Min	IQR	Mean	Max	Min	IQR
A	0.53	0.82	0.25	0.36	0.57	0.83	0.25	0.30
B	0.37	0.76	0.23	0.09	0.37	0.55	0.23	0.11
C	0.39	0.76	0.21	0.10	0.37	0.72	0.21	0.12

Les scores d'efficience pour chaque département, pour les deux modèles et pour les deux années sont disponibles en annexe G. On peut y constater que 38 SDTIS ont vu leur score d'efficience reculer entre 2010 et 2019 à partir de la deuxième modélisation contre 6 seulement pour la première modélisation.

Dans la figure 5.3, on représente sous forme de carte ces scores d'efficience pour l'année 2019, ainsi permettant de caractériser les écarts territoriaux qui s'avèrent conséquents. On peut observer que les départements avec les meilleurs scores d'efficience sont souvent ceux avec les plus fortes dépenses par habitant (en observant les territoires dans l'extrême nord et du sud-est). Ce sont aussi les départements avec une densité de population élevée, indiquant l'existence de rendements d'échelle croissants.

Le graphique 5.4 donne une illustration de l'évolution des scores d'efficience des SDTIS de manière globale entre 2010 et 2019, toujours en se basant sur la deuxième modélisation à partir d'une mesure d'output intermédiaire. On constate ici une distribution homogène, les tendances semblent assez similaires sur l'ensemble des

Figure 5.3: Score d'efficience des SDTIS en 2019



territoires, soit une situation statique dans le niveau d'efficience de la provision du service.

5.2.4 Discussion

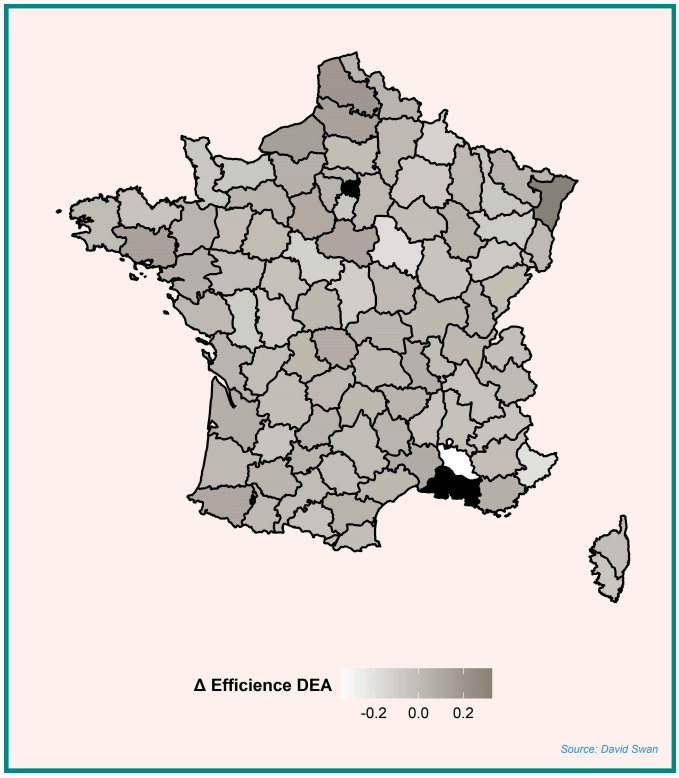
Interprétation des résultats

Les différents modèles ont permis de soulever divers constats qu'il est nécessaire de relier aux tendances générales dans l'activité des SIS sur la période étudiée. Pour rappel, la période allant de 2010 à 2019 a été notamment caractérisée par une hausse continue de l'activité (notamment via le secours à personne) et la fermeture de centres de secours dans une logique de rationalisation de moyens.

Nous regroupons ci-dessous les points les plus importants dans notre interprétation de ces modèles :

- quel que soit la modélisation, on constate des écarts dans les scores d'efficience des SIS qui sont visibles notamment en fonction des catégories de SIS : cela indique qu'il y a des inégalités systématiques dans la production du secours;
- les résultats sont divergents selon le modèle utilisé, le modèle 1 (outputs directs) indique que l'efficience des SIS est plus élevé que dans le modèle 2 : c'est un résultat important puisque cela indique que les scores d'efficience obtenus à partir d'outputs directs sont assez largement surestimé ;

Figure 5.4: Δ Score d'efficience des SDTIS entre 2010 et 2019



- les résultats sont divergents dans la temporalité : le modèle 1 (outputs directs) indique que l'efficience des SIS a globalement progressé entre 2010 et 2019 alors que le modèle 2 montre une stagnation des scores d'efficience ;
- l'évolution des inégalités dans la production du secours divergent selon la modélisation : le modèle 1 indique que ces écarts se sont réduits sur cette période alors que le modèle 2 suggère qu'ils sont resté stables;
- l'inclusion de variables environnementales réduit à la fois les meilleurs score d'efficience ("best-practice") et les scores moyens d'efficience de manière globale : cela indique que les spécificités des territoires impactent la production d'une couverture des risques avec des rendements d'échelles susceptibles de varier.

D'abord, en termes absolus, le niveau d'efficience des SIS s'avère plus faible à partir de la deuxième modélisation proposée, qui s'appuient pour rappel sur le délai d'intervention comme output. On constate un écart de quasiment 20% entre le score d'efficience de chaque catégorie de SDTIS entre les deux modélisations. Une approche par les outputs directs (le volume d'interventions) semblerait donc être associée à une surestimation de la mesure d'efficience de la production des SIS relative à l'approche que nous privilégions (l'output comme une couverture des risques).

Les implications de ces écarts sont d'autant plus lourdes qu'elles sont également visibles dans l'évolution temporelle que nous observons. Alors que une approche

par les outputs directs suggère un gain d'efficience lors de la décennie 2010-2019, l'approche par l'output intermédiaire (délai d'intervention) indique une stagnation nette de cette efficience. Les conclusions qui peuvent en être tirés relatives à la rationalisation des moyens des SIS sur cette période - avec notamment la fermeture de centres de secours - peuvent diverger significativement selon l'approche retenue.

En termes relatifs, les écarts dans les scores d'efficience des SDTIS sont moins conséquents en prenant l'output intermédiaire que l'output direct. Cela tient surtout pour les SDTIS de catégorie A, leurs scores d'efficience étant bien plus homogènes dans le modèle 2 (output intermédiaire) que dans le modèle 1 (output direct) - l'écart type des scores d'efficience étant inférieur d'environ 10%.

Ce résultat démontre en quoi la mesure de la production par le biais du délai d'intervention permet des comparaisons avec davantage de pertinence à l'échelle territoriale. L'hétérogénéité des territoires en termes de population et de volume d'activité est trop importante pour fonder une telle approche et renforce une nouvelle fois notre choix de se baser sur une autre mesure de la production - la couverture des risques - tout au long de cette thèse.

Toutefois, en absence de meilleures mesures, les outputs directs continuent à occuper une place importante dans la mesure des services publics. Ce travail contribue à rappeler l'importance de s'orienter vers d'autres mesures qui caractérise la production réelle de ces services, et ainsi éviter des mesures biaisées de leur production.

Le résultat le plus important que nous retenons de cette partie concerne l'évolution des scores d'efficience sur la période étudiée. En mobilisant une mesure d'output intermédiaire qui est une représentation plus juste de la production des SIS, nous observons que l'efficience de ces services n'a pas évolué de manière positive sur la période étudiée, et cela malgré une volonté de rationaliser les moyens des SIS au travers notamment de la fermeture de centre de secours. Ce résultat s'explique notamment du fait que ces fermetures se sont accompagnés par un rallongement du délai d'intervention. Notre deuxième modélisation permet ainsi de rapprocher la mesure d'efficience technique de la production de ses impacts socio-économiques.

Limites

Les limites principales des approches mobilisées résident dans le choix des outputs pour caractériser les services des SIS qui ont des difficultés à traduire la réalité de certaines missions des SIS, que ce soit dans la lutte contre l'incendie ou dans le secours de manière plus large. Les outputs qui ont été retenus sont un compromis visant à alimenter le modèle avec les données les plus fiables à disposition, soit celles relatives aux volumes d'intervention, avec d'autres qui traduisent davantage la qualité du service proposé. En ce qui concerne la définition du niveau de couverture

qui est appréhendé ici à partir du délai d'intervention moyen, l'approche est limitée par le fait de ne pas pouvoir s'appuyer sur des données intégrant la distribution de cet indicateur. De ce fait, le raisonnement, ne prenant pas en compte la proportion de la population couverte par le délai moyen d'intervention, les résultats peinent à traduire la réalité de l'égalité de l'accès aux services.

De plus, il convient d'être prudent dans l'interprétation de ces résultats compte tenu de toute la complexité dans le processus de production des SIS et les arbitrages qui ont été imposés ici.

Il y a des difficultés soulevées dans la littérature concernant l'homogénéité des inputs employés par les SIS - notamment en matière des engins de secours (Jaldell, 2002). Dans ce travail, on suppose que les engins sont équivalents malgré le fait qu'ils ne soient pas identiques, notamment en fonction de leur ancienneté. Il en est de même pour les centres de secours qui ne sont pas différenciés selon leur taille dans la modélisation DEA retenue.

5.2.4.1 Résumé

Cette partie a démontré en quoi l'appréciation de l'efficience technique des services est très dépendante de la mesure d'output retenue.

La présence de différents risques peut impacter l'efficience technique des SIS, tout comme ses spécificités territoriales. C'est ce dernier point qui fait la transition avec la prochaine section. Compte tenu des différences indéniables entre les territoires - les moyens consacrés à la couverture des risques sont divergents - est-il possible de mesurer ces écarts en termes de coût pour en déduire une mesure de la valeur qui est accordée implicitement à la couverture des risques. L'existence d'écarts dans une telle valorisation elle-même serait déjà très intéressante à exploiter, et nous nous demanderons notamment s'il est possible de s'en servir dans le calcul socio-économique.

5.3 Les inégalités dans le coût de la provision de la couverture des risques : estimation et implications

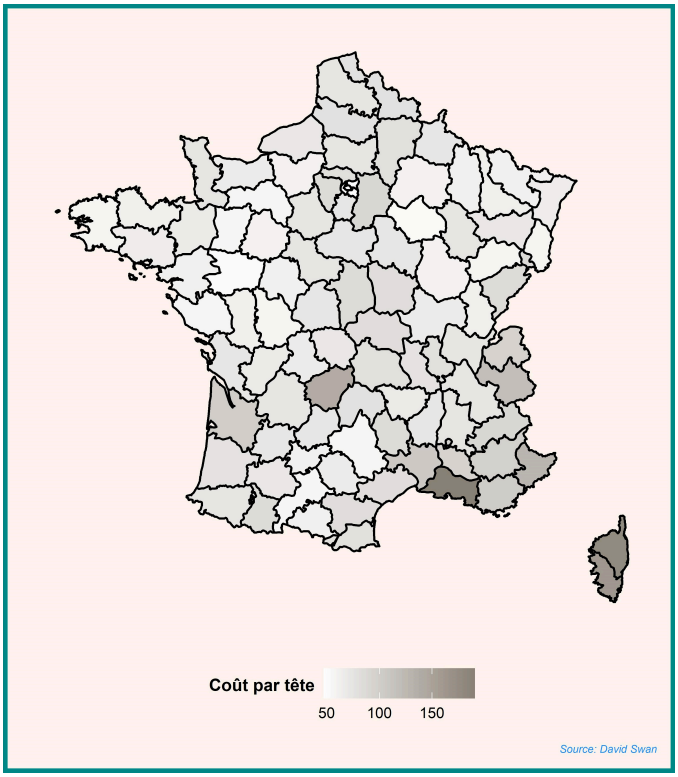
Dans la section précédente, nous avons démontré en quoi la production des SIS varie en termes d'efficience technique d'un territoire à un autre. Ces écarts donnent une indication des difficultés intrinsèques qui agissent comme un frein sur la production égalitaire d'un bien public – il faut mettre plus de moyens sur certains territoires que d'autres pour produire la même couverture des risques, car les spécificités de chaque

territoire (topographie, densité de population) ont un impact sur cette production à fort élément spatial.

Il y a nécessairement une conséquence sur les moyens financiers qui sont consacrés à cette couverture des risques sur les territoires – s'il faut mettre plus de véhicules de sapeurs-pompiers sur le territoire X que sur le territoire Y pour atteindre la même couverture des risques, alors le territoire X devra consacrer une plus grosse part de son budget à cet objectif que le territoire Y, toute chose égale par ailleurs.

Nous pouvons constater ces écarts en observant les dépenses par habitant des SIS sur les différents territoires de France Métropolitaine qui sont présentées dans la figure 5.5. Le coût moyen par habitant d'un SIS se situe aux alentours de 80€ (DGSCGC, 2020a), nous observons dans cette figure qu'il y a beaucoup de territoires à la fois en dessous et au dessus de cette moyenne. De ce fait, il est légitime de s'interroger si oui ou non, les mêmes moyens sont consacrés à la couverture des risques d'un territoire à un autre.

Figure 5.5: Le coût/habitant moyen des SDTIS sur la période 2010-2019

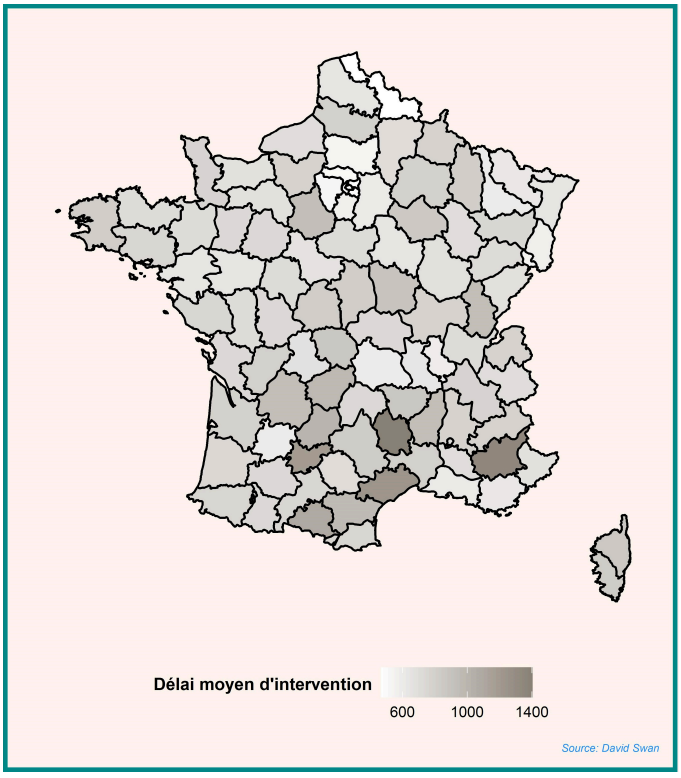


D'autre part, nous constatons que le délai moyen d'intervention varie aussi d'un territoire à un autre. Les écarts sont présentes dans la figure 5.6, donnant une indication des inégalités dans l'accès au secours. Certains territoires ont un délai

moyen d'intervention faible - inférieur à 10 minutes - alors que d'autres sont proches des 20 minutes. Avec les résultats obtenus dans les chapitres précédents relatifs au délai d'intervention, on peut en déduire que les habitants des différents territoires n'ont pas la même vulnérabilité face aux divers risques. Par exemple, si l'on subit une crise cardiaque dans un département avec un délai d'intervention moyen de 20 minutes, on est plus vulnérable - avec un plus gros risque de voir son état de santé s'aggraver - que si l'on se trouve dans un département avec un délai d'intervention inférieur à 10 minutes.

Rappelons que ce délai d'intervention reflète aussi de manière plus globale le niveau de qualité de service perçu par le citoyen. La figure 5.6 illustre alors de manière efficace les écarts conséquents en matière de qualité de service, sans même traiter des écarts à l'échelle intra-départementale.

Figure 5.6: Le délai moyen d'intervention (en secondes) par SDTIS sur la période 2010-2019



Nous sommes alors confrontés à une hétérogénéité des coûts de production et une hétérogénéité de l'output produit et par conséquent de la qualité de service perçue par le citoyen. La difficulté est alors de déterminer si ces divergences s'expliquent uniquement par les spécificités des territoires ayant un impact sur le coût de production, ou s'il existe des logiques économiques contrastés relatives aux arbitrages

sur les dépenses engagées.

Dans un tel cas, il serait alors possible de déduire des écarts dans la valeur qu'on accorde implicitement au secours d'urgences aux personnes sur différents territoires. Étant donné que le secours d'urgence renvoie nécessairement à un risque de fatalité, il est même possible de faire le rapprochement avec la notion de la valeur de la vie statistique (VVS), puisqu'il s'agit d'arbitrer les moyens financiers consacrés à réduire le risque de décès parmi une population.

Nous avançons alors l'hypothèse que, compte tenu des écarts d'efficience technique et des écarts réels dans la production de la couverture des risques (l'output intermédiaire du délai d'intervention), la valeur de la vie statistique imposée de manière implicite par la production du secours est susceptible de varier selon les territoires.

L'analyse engagée par la suite propose donc d'évaluer les moyens consacrés à sauver des vies dans chaque département et de discuter les niveaux d'efforts consentis aux regards des risques à gérer sur les différents territoires. En appréhendant ainsi la valeur de ces services (les sacrifices que la collectivité consent à dépenser pour les obtenir), il devient alors possible de les intégrer dans les évaluations socio-économiques. C'est une des manières de faire pour enrichir les analyses coûts avantages et répondre aux difficultés qu'on rencontre dans ce type d'évaluation et aux critiques qu'elles suscitent de ce fait.

Méthodes

Pour répondre de manière précise à cette problématique, nous analysons les déterminants du niveau de production de la couverture des risques et de son coût, suivant les travaux de Felder and Brinkmann (2002). Pour ce faire, nous avons besoin de s'appuyer sur un indicateur du niveau de la couverture des risques. Nous faisons le choix de calculer la différence entre le délai d'intervention maximal admis dans la construction du maillage territorial des SIS qui est de 30 minutes,[8] et le délai moyen d'intervention réel ($\bar{X}$).

Nous dénommons cet indicateur γ qui est croissant en le niveau de production : plus le délai moyen d'intervention est réduit, plus cet indicateur γ augmente.

$$\gamma = 1800 \text{ secondes} - \bar{X} \tag{5.4}$$

Nous nous appuyons sur cet indicateur dans un premier temps comme variable dépendante dans un modèle de régression linéaire pour appréhender les détermi-

[8] Les SDACR évoquent généralement un délai maximal de 30 minutes à atteindre pour l'ensemble du territoire

nants du niveau de couverture des risques à l'échelle départementale. Tout comme l'efficience technique des SIS dépendait des spécificités territoriales, nous supposons également que le niveau réel de couverture des risques dépend lui aussi de ces mêmes variables environnementales.

Dans un second temps, nous estimons une fonction de coût des SIS à partir d'un modèle de régression linéaire où sera inclus notamment le niveau de couverture des risques. Cette modélisation permet notamment d'estimer le coût marginal de la couverture des risques. En contrôlant pour le niveau de risque, il est donc possible de déterminer si le consentement à payer des collectivités pour la provision de ce service varie d'un territoire à un autre, ce qui sous-entendrait une divergence dans l'appréciation du risque entre territoires.

Dans ce cas, en considérant que les populations des différents territoires ont les mêmes préférences relatives à l'exposition aux risques et notamment une même aversion au risque, on pourra en déduire qu'il existe éventuellement une sur-couverture des risques ou une sous-couverture des risques sur différents territoires. On aurait alors des situations sous-optimales, mais qui pourraient s'expliquer, par exemple, par la recherche d'un accès égalitaire au service public. En cas de mesure similaire d'un territoire à un autre, on pourrait même proposer une valeur de référence pour atteindre cet objectif, et qui serait à intégrer dans le calcul socio-économique.

De ce fait, l'objectif de cette modélisation consiste à évaluer en quoi les décideurs publics choisissent de répondre à la contrainte d'assurer un accès égalitaire au service alors qu'il faut faire face à des coûts différents et à une exposition au risque différent pour l'atteindre. Il est à partir des résultats obtenus que nous arrivons à une estimation d'une mesure originale de la valeur d'une vie statistique, en s'appuyant sur les résultats obtenus dans le chapitre 3. Cette estimation repose sur l'égalisation du coût marginal de la couverture des risques avec son gain marginal.

Estimation des modèles de régression linéaire

Nous estimons d'abord les déterminants environnementaux (variables de contrôle issues de la partie précédente, à l'exception de l'EQI) du niveau de couverture territoriale des risques de sécurité civile. Nous y ajoutons le niveau de vie de l'INSEE[9] pour prendre en compte les revenus des populations. Pour ce faire, on effectue une régression par les moindres carrés ordinaires avec la variable γ comme variable dépendante :

$$\gamma_{it} = \alpha + \beta_i X_{it} + \epsilon_{it} \tag{5.5}$$

[9] Le niveau de vie de l'INSEE est une mesure du revenu disponible égale pour tous les individus d'un même ménage : https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1890

Cette régression est estimée sur l'échantillon national des SDTIS. Une estimation par modèle à effet aléatoire est également proposée afin de vérifier la pertinence des variables de contrôle employées dans le modèle.

Ensuite, nous estimons la fonction de coût des SIS à partir du coût de fonctionnement par habitant de chaque SDTIS. Cette fonction de coût contient à nouveau des facteurs environnementaux - il s'agit toujours des mêmes variables mobilisées précédemment. Dans ce modèle, il est particulièrement intéressant d'observer le coefficient du niveau de couverture (γ) qui indique l'élasticité entre le délai d'intervention et le coût par habitant des SIS. Ce coefficient sera primordial pour le calcul que nous allons proposer par la suite pour déterminer le consentement à payer pour la couverture des risques, car il correspond au coût marginal de cette couverture.

$$ln(\text{coût/tête})_{it} = \alpha + \beta_i ln(X)_{it} + \beta_j ln(\gamma)_{it} + \epsilon_{it} \tag{5.6}$$

En s'appuyant sur ces deux modèles, on estime ensuite une valeur implicite de la vie statistique entre territoires suivant la démarche de Felder and Brinkmann (2002) qui se base notamment sur l'équation 5.7, où c est le coût marginal de la couverture dans le département i, et m est le nombre d'interventions rapporté à la taille de la population. Cette valeur est donc fondée sur deux éléments clés : le niveau de couverture des risques et le taux d'urgences au sein de la population.

$$\frac{v_i}{v_j} = \frac{c_i'}{c_j'} \frac{m_j}{m_i} \tag{5.7}$$

Ce calcul de la valeur relative de la vie statistique se fait à partir d'un territoire "référence" qui correspond à celle avec la plus grande densité de population, soit le plus grand nombre d'habitants par km^2. Ce choix est fait car Felder and Brinkmann (2002) ont trouvé que cette valeur était la plus élevée pour le territoire le plus peuplé. Nous comparerons les valeurs obtenues avec les scores d'efficience de la partie précédente (en s'appuyant sur le dernier modèle - output intermédiaire avec variables de contrôle pour l'environnement) afin d'explorer l'éventuelle relation entre ces deux indicateurs. Nous supposons qu'il peut exister une corrélation négative qui serait cohérente pour démontrer que la recherche d'égalité dans l'accès au secours a un coût pour la collectivité.

Enfin, nous obtiendrons une estimation de la valeur d'une vie statistique en divisant le coût marginal d'une réduction du délai d'intervention d'une minute - obtenu à partir de l'équation 5.6 - par le nombre de vies sauvées, que nous estimons à partir des résultats obtenus dans le chapitre 3.

Résultats

Les déterminants de la couverture territoriale γ sont présentés dans le tableau 5.7. Le modèle 1 présente les résultats d'une régression par les moindres carrés ordinaires et le modèle 2 d'une régression linéaire à effets aléatoires.

On peut observer dans le modèle 1 que les principaux déterminants du niveau de la couverture des risques sont la taille de la population et la surface du territoire. La couverture est croissante en la taille de la population et décroissante en fonction de la surface en km^2. Une augmentation de la population de 10% correspond à une réduction du délai d'intervention de 1,1%, alors qu'une surface territoriale plus importante de 10% est associée à un délai d'intervention rallongé de 0,5%.

Ces premiers résultats sont conformes aux travaux précédents de Felder and Brinkmann (2002), indiquant qu'il existe des gains d'efficience relatifs à la taille de la population, un territoire étendu représentant ainsi un facteur pénalisant dans la production de cette couverture. On pourrait également s'attendre à ce que la surface urbaine du territoire affiche une corrélation négative avec le niveau de couverture, mais le coefficient obtenu n'est pas significatif et il est également de très faible grandeur.

La prévalence de différents risques "complexes" semblent impacter le niveau de couverture des risques dans un département. Cela est notamment le cas pour le risque industriel, les modèles 1 et 2 indiquant tous les deux qu'une plus forte présence des risques industriels sur un territoire renvoie à une couverture des risques plus importante et un délai d'intervention plus faible.

Il est également question de s'interroger sur l'influence de la richesse d'un territoire dans la détermination de la couverture des risques, puisque l'on peut supposer que la préservation de vie est un bien normal pour lequel un individu est prêt à payer plus en fonction de son revenu (Felder and Brinkmann, 2002), chose que l'on retrouve également via l'effet revenu lié à la valeur de la vie statistique (OECD, 2012).

Les résultats affichés dans le tableau 5.7 envoient un tout autre message puisque le niveau de couverture des risques décroît avec le revenu, le coefficient n'étant statistiquement significatif au seuil de 5% que dans le modèle 2. Ce résultat pourrait notamment s'expliquer par la recherche d'équité dans la couverture des risques dans la provision du secours en tant que service public.

Quant aux facteurs explicatifs du coût par habitant des SIS, trois modélisations sont proposées dans le tableau 5.8, soit: une estimation par les moindres carrés ordinaires (modèle 1), par effets fixes (modèle 2) et par effets aléatoires (modèle 3).[10]

[10] Le modèle à effet fixe suppose que la variation non-observable est fixe pour une entité à toutes les périodes. Le

Table 5.7: Facteurs déterminants de la couverture territoriale des SIS

	Variable dépendante:	
	ln(α)	
	(1)	(2)
ln(rev)	−0.10	−0.23***
	(0.09)	(0.09)
ln(pop)	0.11***	0.12***
	(0.01)	(0.03)
ln(surf)	−0.05***	−0.05
	(0.01)	(0.04)
ln(surf_urb)	−0.003	−0.002
	(0.002)	(0.004)
ln(inond)	−0.06***	−0.06
	(0.01)	(0.04)
ln(fdf)	−0.02***	−0.02
	(0.004)	(0.01)
ln(indu)	0.05***	0.05**
	(0.01)	(0.02)
ln(nucl)	−0.02**	−0.02
	(0.01)	(0.02)
Constante	2.94***	4.24***
	(0.90)	(0.98)
Observations	920	920
R^2	0.28	0.07
F Statistic	44.78*** (df = 8; 911)	54.57***

Note : *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 ; erreur type entre parenthèses ; rev : niveau de vie médian, pop : population, surf : surface du territoire en km², surf_urb : surface urbaine du territoire en km², part de communes exposées au risque inondation, fdf : part de communes exposées au risque feu de forêt, indu : part de communes exposées au risque industriel, nucl : part de communes exposées au risque nucléaire

On observe tout d'abord que dans l'ensemble des trois modèles le coût par habitant des SIS réduit fortement avec la taille de la population, indiquant la présence d'économies d'échelle dans la production de la couverture des risques. Parmi les autres facteurs déterminants de ce coût, on peut citer le volume d'activité globale (plus d'intervention engendre un coût plus important) et la présence du risque feu de forêt (nécessitant l'acquisition et la mobilisation des moyens plus coûteux qu'en absence de ce risque). Ces résultats sont conformes avec une corrélation positive entre l'intensité de l'activité et son coût.

Enfin, les trois modèles indiquent un coefficient positif et statistiquement significatif au seuil de 5% pour l'impact du niveau de couverture sur le coût par habitant du service. La magnitude de ce coefficient indique que pour augmenter la couverture territoriale de 10% (réduction du délai d'intervention de 10%), il est nécessaire d'augmenter les dépenses par habitant d'environ 0,7%. C'est ce résultat que nous choisissons d'exploiter pour déduire la capacité à payer de chaque territoire pour la couverture des risques.

Le coût par habitant des SIS présente davantage de corrélations avec les variables environnementales mobilisées dans ces modèles. Il s'agit d'un résultat logique puisque si un niveau de couverture équitable et globalement égalitaire est désirable, une telle couverture n'engendrera pas les mêmes coûts selon l'environnement du territoire. Toutefois, les coefficients ne prennent pas forcément les signes attendus, il en est notamment le cas pour la surface du territoire - plus le territoire est grand et plus le coût par habitant diminue. Ce résultat pourrait traduire le fait que les plus grands territoires en France métropolitaine - en termes de surface géographique - correspondent à ceux ayant des qualités de zones rurales avec une population moins importance et une exposition aux risques "complexes" plus faible.

La significativité d'autres variables environnementales tels que la topographie et la longueur du littoral indique que le secours spécialisé (par exemple, en montagne ou en mer) engendre un coût plus important par habitant pour le SIS.

Par ailleurs, ces mêmes résultats indiquent que le revenu des ménages est corrélé avec le coût par habitant du SIS mais pas avec le niveau de couverture des risques. Il est possible que la structure organisationnelle des SIS et la nature des risques présents sur chaque territoire imposent un coût différent en raison du niveau de vie des populations.

Enfin, la couverture est bien évidemment croissante en coût par habitant - proposer un service de proximité est coûteux. Réduire le délai d'intervention moyen d'une minute (augmenter la couverture d'une minute) nécessite une dépense supplémen-

modèle à effet aléatoires suppose que cette variation peut changer d'une période à une autre, mais que globalement elle suivra une distribution normale.

Table 5.8: Facteurs déterminants du coût/tête des SIS

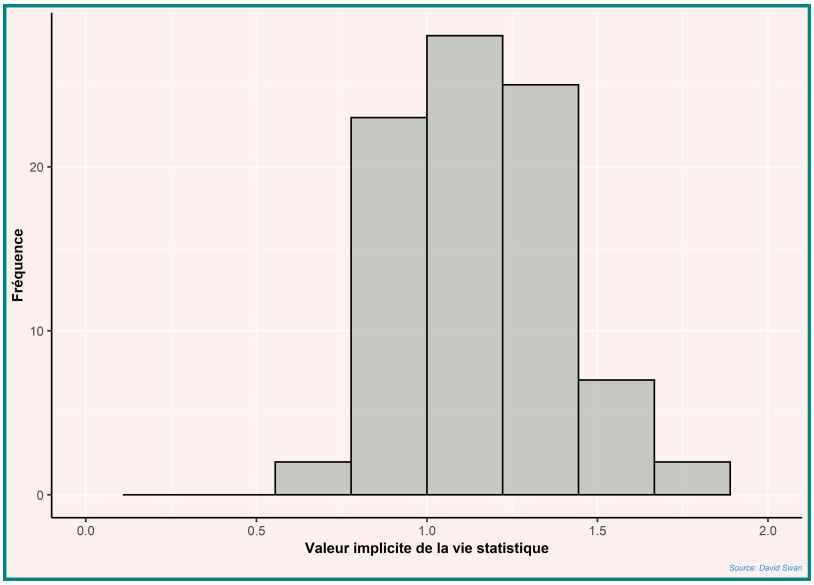
	Variable dépendante:		
	ln(Dépenses/habitant)		
	(1)	(2)	(3)
ln(pop)	−0.73***	−0.95***	−0.32***
	(0.03)	(0.26)	(0.05)
ln(surf)	0.04**		−0.04
	(0.02)		(0.04)
ln(rev)	0.22**	−0.03	−0.02
	(0.10)	(0.45)	(0.11)
ln(inters)	0.67***	0.03	0.28***
	(0.03)	(0.06)	(0.05)
ln(inond)	0.01		0.01
	(0.02)		(0.04)
ln(fdf)	0.03***		0.04***
	(0.004)		(0.01)
ln(indu)	0.01		0.01
	(0.01)		(0.03)
ln(nucl)	−0.01		−0.01
	(0.01)		(0.02)
ln(γ)	0.09**	0.07*	0.07*
	(0.04)	(0.04)	(0.04)
Constante	4.01***		5.82***
	(1.01)		(1.22)
Observations	922	922	922
R^2	0.44	0.02	0.10
F Statistic	81.15*** (df = 9; 912)	4.42*** (df = 4; 816)	82.22***

Note : *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 ; erreur type entre parenthèses ; pop : population, surf : surface du territoire en km², rev : niveau de vie médian, inters : nombre d'interventions de secours, part de communes exposées au risque inondation, fdf : part de communes exposées au risque feu de forêt, indu : part de communes exposées au risque industriel, nucl : part de communes exposées au risque nucléaire, γ : niveau de couverture des risques

taire d'environ 0,48€ par habitant.

Le graphique 5.7 présente la distribution des valeurs estimées pour la mesure relative de la valeur d'une vie statistique suivant la méthode de Felder and Brinkmann (2002) pour l'ensemble des départements retenus dans l'échantillon final. La valeur minimale est de 0,33 et la valeur maximale de 2,4 avec un écart type de 0,31. Ces estimations démontrent que la valeur relative de la vie statistique varie globalement d'un facteur inférieur à 0,5 entre territoires, mais que dans les extrêmes cette valeur peut aller au-delà du double de la valeur de référence. Cette distribution indiquerait que, globalement, quand la densité de la population baisse, alors la valeur implicite de la vie statistique a tendance à augmenter. Ce résultat est un signe qu'il est nécessaire de dépenser plus d'argent public pour garantir un accès égalitaire au service public sur les territoires moins peuplés.

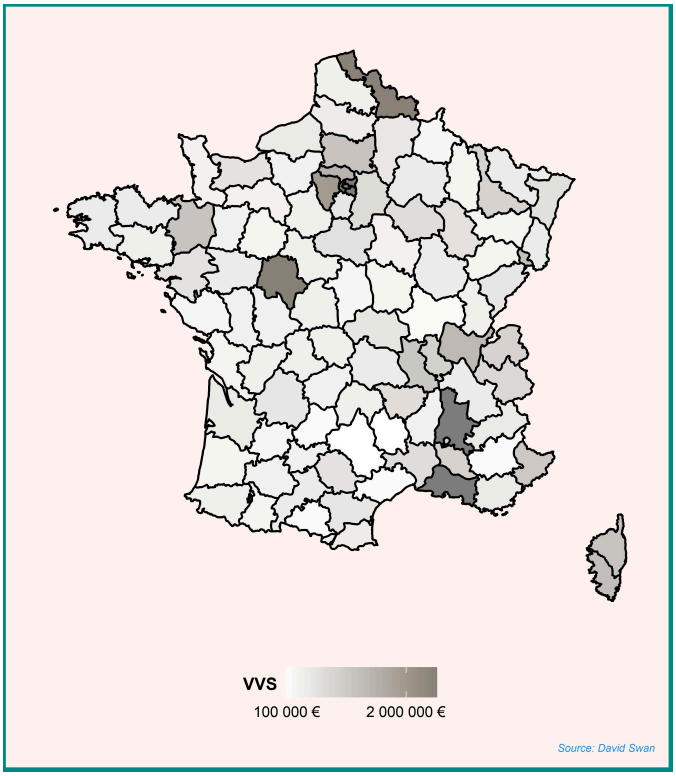
Figure 5.7: Distribution de la valeur implicite de la vie statistique des SIS



Nous synthétisons désormais les résultats relatifs au calcul de la valeur d'une vie statistique que nous avons calculé sur la base de notre propre méthodologie sous forme de carte dans la figure 5.8. Les résultats complets de ce calcul sont disponible en annexe G. Nous y observons de fortes disparités dans ces estimations qui sous-étendent que le coût que chaque territoire consent à payer pour réduire le niveau de risque est très différent.

Les moyens mis en place pour garantir la protection de la population divergent ainsi de manière conséquente, indiquant que chaque territoire ne percevrait pas l'exposition aux risques de ces citoyens de la même manière en raison de ces écarts.

Figure 5.8: Coût de la réduction du délai d'intervention permettant de sauver une vie



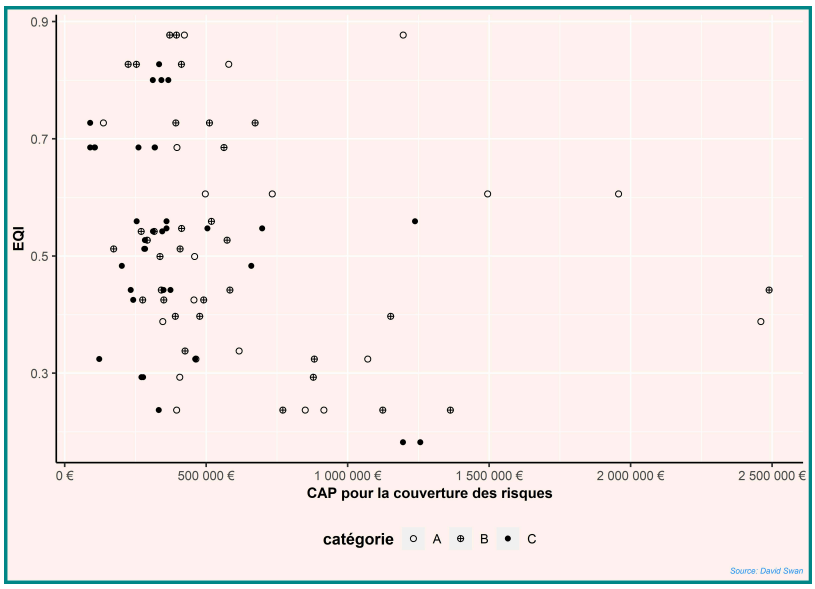
Plus ce coût est faible et moins la collectivité a choisi d'investir dans la couverture de ces risques. De manière générale, les résultats indiquent un faible consentement à payer pour réduire les délais d'intervention des SIS, relatif à la valeur tutélaire de la vie statistique (VVS) employée en France. D'un point de vue social et en se référant à cette VVS, ces résultats indiqueraient qu'il serait bénéfique de réduire les délais d'intervention de manière générale sur l'ensemble des territoires. La valeur la plus élevée que nous obtenons est d'environ 2 000 000€ alors que la plus faible est de 100 000€.

Est-ce que ces divergences peuvent correspondre à un rapport différent au risque selon les territoires ? Il est difficile de dire exactement si cela traduit le rapport au risque des habitants ou des administrations, voire des élus. Compte tenu des écarts constatés, il semblerait que les moyens financiers consacrés à la couverture des risques ne soient pas homogènes sur le territoire français. Cela peut provenir de plusieurs choses : une perception de risque différente, une aversion au risque différente ou des priorités différentes dans l'allocation de ressources publiques. Ce qui n'est pas apparent ici est la perception des citoyens et la demande relative qu'ils formulent pour ces services.

Les indicateurs de la qualité de gouvernement à l'échelle régionale permettent de proposer une interprétation de cette éventuelle relation entre la perception du gouvernement et les moyens consacrés à la couverture des risques (5.9. On aurait pu

imaginer une corrélation positive et assez prononcée entre ces deux éléments, à condition que cet indicateur de la qualité de gouvernement reflète la qualité du service en matière de secours. On aurait ainsi l'idée qu'une plus grande satisfaction avec le gouvernement serait associée à un consentement à payer pour la couverture des risques plus important. L'absence de résultat clair ne permet pas d'établir un lien entre la perception des citoyens de la qualité du gouvernance territoriale et l'utilité qu'ils retirent des services de secours.

Figure 5.9: Corrélation entre les indicateurs de qualité de gouvernement et les estimations de VVS obtenues



Nous comparons aussi ces résultats avec le niveau de vie des populations pour déterminer s'il y a effectivement un lien entre le revenu et le consentement à payer pour réduire les risques présents sur le territoire. Cette fois-ci, il semblerait qu'il existe une faible corrélation positive. On pourrait alors avancer l'idée que les citoyens des territoires plus aisés réclament un niveau de service supérieur et valorise ainsi davantage une réduction de leur vulnérabilité face au risque.

Enfin, on compare les résultats affichés dans la figure 5.8 avec la valeur d'efficience obtenue du dernière modèle DEA (output intermédiaires avec variables de contrôle) pour établir d'éventuelles corrélations 5.11. Ces premiers éléments ne font pas ressortir de tendances claires permettant d'associer l'efficience avec cette mesure de la valeur implicite de la vie statistique.

Figure 5.10: Estimation du consentement à payer des collectivités pour une réduction du niveau de risque

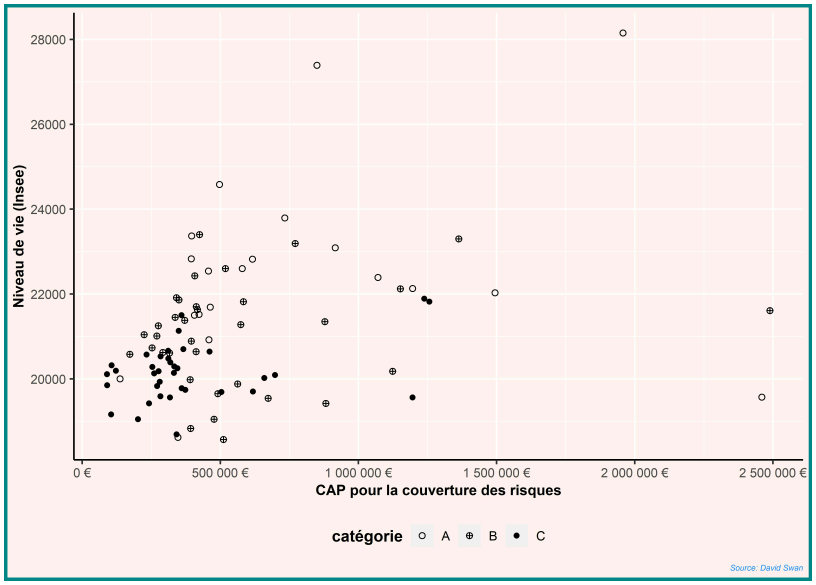
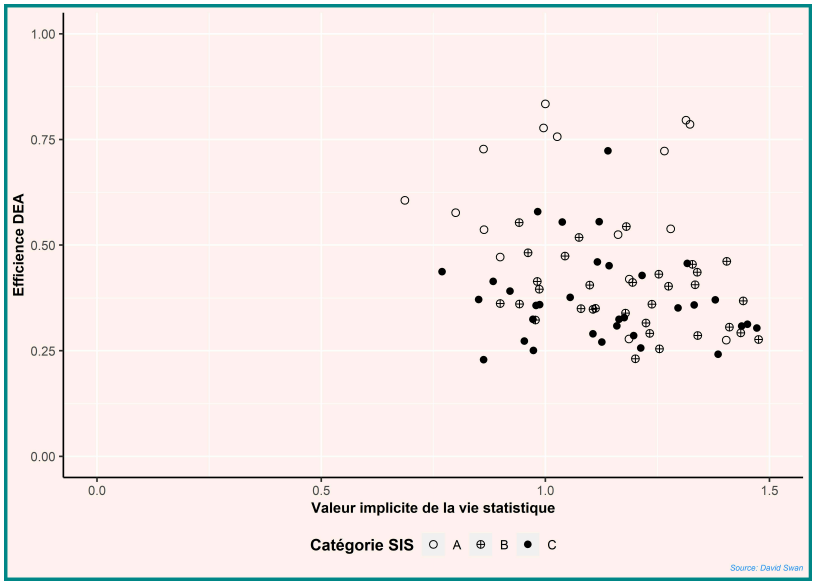


Figure 5.11: Corrélation entre l'efficience des SIS et valeur implicite de la vie statistique selon la catégorie de SIS



Discussion

Interprétation des résultats

L'ensemble du développement de ce chapitre a permis d'appréhender les enjeux économiques relatifs à la production d'un service public sur des territoires hétérogènes.

Les résultats obtenus mettent en évidence l'impact significatif que différentes variables peuvent avoir sur la capacité à produire la couverture des risques : les résultats confirment une réalité bien connue que produire un bien de manière égalitaire sur des territoires possédant des caractéristiques différents nécessitent des solutions distinctes qui peuvent avoir des coûts très différents.

La fin du développement à soulever la question des arbitrages entre l'égalité d'accès au secours et la gestion des coûts dans une réalité de contrainte budgétaire. Nous avons essayé de caractériser ces enjeux et les expliquer au mieux avec les données disponibles. Les écarts observés en matière de production ne sont pas totalement expliqués par ces réalités. Il convient donc de revenir sur les résultats les plus significatifs des différentes modélisations :

- Le niveau de service perçu est corrélé à son coût mais pas avec les revenus des populations;
- La fonction de coût d'un SIS dépend notamment des facteurs spatiaux (dont la densité de population);
- Le coût marginal de la production de la couverture des risques ouvre la voie à une mesure originale du consentement à payer pour la réduction des risques à la vie humaine (ainsi se rapprochant de la VVS)
- Une mesure relative de la VVS (sous forme de ratio suivant Felder and Brinkmann (2002) indique qu'il y a des divergences dans l'appréciation du risque entre territoires, sous l'hypothèse que toute chose soit égale par ailleurs
- L'efficience technique calculée auparavant n'est pas corrélé à ce ratio
- Une estimation de la VVS à partir des moyens consacrés à la couverture des risques par les SIS indique qu'il y a un sous-investissement dans la provision de cette couverture relative à la valeur tutélaire de la vie humaine employée en France

Le niveau de couverture des SIS traduit la proximité du service à la population et correspond ainsi à un indicateur de la réponse et de la réactivité du gouvernement aux yeux des citoyens (T. Puolokainen, 2015). En France, le service public repose

sur un principe d'accès égalitaire, il serait donc logique que le niveau de couverture ne puisse pas être expliqué par les différentes variables environnementales figurant dans nos modèles.

Les résultats indiquent qu'il est surtout le niveau de risque "complexe" présent dans un département qui peut influencer le niveau de couverture proposé par un SIS. Ainsi, le service proposé tend vers un principe d'équité en s'assurant que les moyens nécessaires soient présents en fonction de l'exposition et de la vulnérabilité aux risques de sécurité civile. Malgré tout, il semble exister des paramètres non-identifiés qui expliqueraient le niveau de couverture retenu puisque ce modèle n'explique que 25% de la variation observée. Cela pourrait être des facteurs historiques puisque la couverture est notamment liée à la localisation des centres de secours sur un territoire. Cette variable de l'immobilier représente un coût fixe pour le SIS et les centres de secours sont difficilement délocalisables pour d'autres raisons politiques et sociales également (renvoyant notamment aux enjeux associés à la mobilisation d'effectifs volontaires).

Dans la production d'un service public collectif qui inclut un facteur spatial important, il y a un coût à supporter pour produire un service égalitaire. La distribution de la population étant très hétérogène, elle peut amener les SIS à développer des actions parfois très coûteuses pour assurer un service égalitaire. A ce titre, les travaux de Felder and Brinkmann (2002) font état d'une variance de la valeur relative d'une vie statistique d'un facteur de trois. Nos estimations suggèrent une variance moins conséquente pour les SIS en France et de ce fait une allocation plus homogène de ressources pour produire une couverture des risques davantage égalitaire.

Néanmoins, les estimations produites relatives à la valeur de la vie statistique - que nous avons élaboré à partir du coût marginal de la couverture des risques - montrent que les moyens financiers consacrés à l'atteinte de ces objectifs divergent de manière importante. Sachant que nous avons contrôlé pour les spécificités territoriales, ces disparités nous paraissent significatives sur le plan socio-économique.

Le fait que les valeurs que nous avons estimé pour la VVS soient inférieures à la valeur tutélaire en France indique que l'appréciation des risques présents sur les territoires auxquels les SIS apportent une réponse est insuffisante.

Limites

La mesure d'une valeur implicite de la vie statistique se heurte ici au fait que les coûts des SIS concernent non seulement le risque aux individus mais également la couverture des risques complexes dans laquelle l'exposition des populations peut varier significativement. Par conséquent, les chiffres calculés dans ce travail pourraient s'avérer biaisés sans tenir compte d'une exposition au risque qui pourrait

s'avérer en réalité différente selon les territoires, même si nous avons fait du mieux possible pour en tenir compte dans nos modélisations.

Nos modèles n'expliquent pas l'ensemble de la variation constatée dans les données mobilisées. De ce fait, il serait nécessaire de se pencher sur les éventuelles raisons pouvant expliquer les disparité constatés dans nos analyses.

5.3.0.1 Résumé

Dans cette partie, nous avons proposé une mesure originale de la valeur d'une vie statistique. Cette estimation montre qu'il existe un décalage entre l'appréciation du risque sous entendu par la valeur tutélaire de la vie humaine et le consentement à payer "réel" des collectivités pour la couverture des risques par les SIS. Nous montrons aussi qu'il existe peu de convergence entre cette mesure et celle de l'efficience présentée dans la partie précédente.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis d'appréhender les enjeux liés à la provision d'un service public sur différents territoires avec des caractéristiques hétérogènes. Remettre en question l'efficience de ces services sans prendre en compte la complexité de l'environnement dans lequel ils évoluent semble peu pertinent.

Nous avons présenté les déterminants de la production du service public collectif que représentent les SIS. En s'appuyant sur les dernières séries de données disponibles, on constate que les ressources des SIS français sont employées avec un niveau d'efficience technique qui s'est largement amélioré en dix ans. Si la production de la couverture territoriale a gagné en efficience sur cette période, des écarts considérables persistent entre territoires. En parallèle, le coût de la production de ce service public collectif fait apparaître une certaine hétérogénéité que l'on aperçoit au travers d'une valeur implicite de la vie statistique qui varie selon les territoires. Ces résultats peuvent alimenter les débats autour de l'allocation de ressources par les SIS en France et permettre de quantifier le coût de la production d'une couverture égalitaire du territoire français.

Enfin, les derniers résultats indiquent une divergence significative dans le consentement à payer pour la couverture des risques de sécurité civile sur les différents territoires. S'il n'est pas possible d'identifier un lien entre ce chiffre et la perception de la qualité de gouvernement et donc de l'utilité qu'accorde les citoyens à la couverture des risques, il existe néanmoins un effet revenu qui renforce la vaste littérature indiquant que les plus riches sont prêts à payer plus pour réduire les conséquences des risques. Le fait que ce phénomène soit visible dans la provision d'un service public qui se veut égalitaire doit néanmoins interroger. Cela pourrait par exemple

être en raison de la rationalisation des moyens que l'on a décrit dans ce chapitre qui, quand on analyse son effet à partir du délai d'intervention, indique que son effet est au mieux nul et au pire néfaste pour la couverture des risques sur le sol français.

Conclusion Générale

Les travaux engagés dans cette thèse développent, sur la base d'une approche économique des services d'incendie et de secours (SIS), un cadre conceptuel et opératoire permettant d'une part de mesurer l'activité de ce secteur - compte tenu de la diversité des missions effectuées par ces services - et d'aborder d'autre part la question de leur valeur économique. Ce dernier point constitue un élément stratégique pour les décisions que doivent prendre les acteurs intervenant dans ce secteur et la collectivité qui les finance. Pour répondre à la question du niveau optimal du service à produire, il est indispensable de dépasser la seule appréciation des coûts des services et les seules logiques budgétaires en appréciant la valeur des services produits.

La thèse discute pour cela le délai d'intervention qui est un des indicateurs clefs, traditionnel, mobilisé dans ce secteur pour caractériser le niveau de service. Ce travail conforte le fait que cet indicateur, même s'il peut être critiqué, présente de nombreuses possibilités pour évaluer les SIS à la fois en termes de production marchande et non-marchande. C'est un indicateur qui traduit la qualité du service. Il constitue donc un référent pertinent à mobiliser dans une évaluation socio-économique.

Ce choix se justifie déjà au regard de l'activité elle-même, et des usages des professionnels. Les délais d'intervention sont mobilisés dans les outils de planification et le pilotage des activités par les SIS. Par ailleurs, le délai d'intervention constitue le facteur le plus dimensionnant des SIS puisque tous les différents moyens (hommes, matériels et infrastructures) mobilisés dans le secteur sont calibrés pour permettre la couverture totale d'un territoire dans un délai maximal.

C'est donc à l'aune de cet indicateur que la thèse reprend ensuite, point par point, dans les chapitres qui suivent, l'usage qui peut être fait de cet indicateur pour mesurer et valoriser les activités des SIS et comment il peut éclairer les différents enjeux relatifs à leur organisation et/ou dimensionnement des moyens. Ces exemples (les opportunités d'études sont nombreuses) sont l'occasion de montrer les qualités multiples de cet indicateur, mais d'expliciter aussi ses limites pour traduire les impacts et les phénomènes que vivent les praticiens des SIS au quotidien et qui demeurent parfois implicites.

Il est à noter que la thèse cherche ici à rapprocher les réflexions conceptuelles et théoriques des pratiques effectives des acteurs. L'ensemble des ces travaux, qui profitent des échanges réguliers avec les praticiens, contribuent de manière efficace à objectiver les discours de la profession de manière renouvelée et sur la base des données existantes.

Nous avons commencé par démontrer la force de cet indicateur comme proxy pour mesurer les dommages socio-économiques observés lors des interventions des SIS. Sa qualité se traduit du fait qu'il permet d'apprécier le niveau global du service proposé sur un territoire. En augmentant les moyens humains ou les matériels qui composent les inputs de production, il est possible d'intervenir plus rapidement : soit en renforçant la proximité du service à la population, soit en multipliant la capacité de réponse. En parallèle, la nature des urgences fait que les dommages vont systématiquement s'aggraver avec le temps. L'arbitrage entre un service de proximité et son coût sur le plan socio-économique, s'apprécie dès lors qu'on identifie de manière robuste un lien de causalité entre le délai d'intervention et les diverses mesures de dommages que l'on a pu recenser dans le cadre des activités des SIS.

Ce lien de causalité est d'une haute importance. Les estimations qu'on obtient dans ces calculs ont de fortes répercussions sur le calcul socio-économique et notamment si on valorise ces effets avec la valeur d'une vie statistique. Nous avons démontré, par exemple, que l'impact d'une dégradation d'une minute de la réponse opérationnelle des SIS peut varier d'un facteur de 10 selon l'intervalle de temps retenu (3. Le calcul socio-économique relatif aux activités des SIS est donc extrêmement sensible à la procédure qui est mise en place pour déduire ce lien de causalité.

Bien sûr, les données disponibles jouent aussi un rôle primordial dans l'estimation de ce lien de causalité. Les problématiques relatives à l'accès aux données en ce qui concerne les SIS sont nombreuses et posent un réel défi pour le calcul socio-économique dans leur secteur d'activité. Sur ce plan, il y a des arbitrages à faire qui doivent impérativement tenir compte des contraintes opérationnelles des praticiens. Les dommages causés par les incendies en sont le principal exemple. Nous avons présenté les limites qui existent dans les données recueillies sur le plan international vis-à-vis de ce type de dommages 2. Cela s'avère doublement pénalisant puisque non seulement il devient plus difficile d'établir des liens de causalité mais il est également plus difficile de valoriser des enjeux dont les caractéristiques ne sont pas renseignés.

Ce point est renforcé par les insuffisances de la littérature concernant l'évaluation des différents risques auxquels font face les SIS dans le cadre de leur mission de lutte contre l'incendie. Il s'agit là aussi d'un élément clef pour le calcul socio-économique. Le dimensionnement des moyens des SIS pour faire face à toute sorte de sinistre pouvant se produire met l'accent sur l'appréciation d'un ensemble de risques dont

il est nécessaire d'apprécier la probabilité d'occurrence ainsi que l'exposition et la vulnérabilité des enjeux concernés. Ce sont ces éléments qui permettent d'apprécier l'intérêt social de financer un service qui consiste à pouvoir intervenir n'importe où, et à n'importe quel moment.

Sur ce point précis, on mesure les limites de l'indicateur du délai d'intervention. Si ce dernier traduit bien de manière globale le niveau de service rendu à la population, il ne saisit pas les investissements réalisés (ou pas) dans du matériel spécifique qui permettent aux SIS de répondre de manière efficace aux risques de grande ampleur. Nos travaux se sont focalisés sur l'appréciation de leur production par le prisme du délai d'intervention et relatif à leur activité la plus volumineuse - le secours à personne - au détriment de l'appréciation des moyens mis en place pour répondre aux risques de grande ampleur. Ce choix se justifie aussi en raison des difficultés à quantifier et à objectiver les actions des SIS dans le cadre de tels événements 1.

Nous avons privilégié une approche qui cherche à étendre la prise en compte des impacts de ces services dans le calcul socio-économique en tenant compte des interdépendances fortes avec d'autres politiques publiques : ce sont des phénomènes auxquels les SIS sont particulièrement exposés. Cette orientation particulière trouve son origine dans les échanges et les éclairages qu'a pu apporter le groupe de travail *ESE pour les SIS* sur l'activité des SIS, les obstacles que les professionnels du secteur rencontrent quotidiennement. En s'appuyant sur leur expertise, nous avons pu rapidement orienter nos travaux sur des questionnements probants à fort impact économique.

Ces différents échanges et les éclairages qui ont pu être apportés par les praticiens nous ont conduit à nous interroger sur la réelle capacité des acteurs du secteur à optimiser leurs moyens opérationnels sur la base de critères socio-économiques. Les échanges ont clairement fait ressortir une connaissance fine par les professionnels des différents enjeux socio-économiques liés à leur activité et les spécificités de leur territoire. Le travail engagé sur cette base montre en quoi certaines mesures des activités peuvent être trompeuses.

Nous sommes longuement revenu sur la qualification qui peut être donnée à la production des services publics (1). Ces différentes mesures (output direct, intermédiaire, final) traduisent des réalités très différentes, et c'est ce que nous avons démontré dans le chapitre 5 : selon l'output retenu, les conclusions qu'on retire des analyses d'efficience de ces services dans le temps peuvent être très différentes. Nous avons notamment démontré que la rationalisation des moyens qui a eu lieu sur la décennie 2010-2019 n'a pas eu comme effet une amélioration de l'efficience des services à partir du moment qu'on le mesure par le biais du délai d'intervention, l'indicateur le plus juste pour évaluer cette production du point de vue de la collectivité.

Au total, nos travaux ont permis de développer les connaissances autour de l'usage de cet indicateur. Nous avons démontré ses qualités synthétiques pour évaluer l'impact du niveau de service sur l'utilité des citoyens en estimant la dégradation de l'état de santé des victimes en fonction du délai d'intervention 3. C'est cet axe qui peut permettre aux SIS de justifier dès maintenant les moyens mis en place pour produire leur maillage territorial, avec un calcul simple qui s'appuie sur les valeurs obtenues par nos modèles.

A défaut de pouvoir faire de même en ce qui concerne la lutte contre l'incendie, nous avons privilégié un apport méthodologique, qui encourage un meilleur usage de toute la puissance du calcul socio-économique pour évaluer les moyens qui sont mis en place pour couvrir ces risques : le calcul probabiliste. Il s'agit de tendre vers une meilleure formalisation de différents scénarios d'aléa pour lesquels les SIS sont en effet dimensionnés.

Nous apportons aussi des éléments originaux sur la prise en compte des impacts indirects de différentes politiques publiques dans le calcul socio-économique. Nous l'avons fait au sujet d'une problématique fortement politisée : la désertification médicale. Nos résultats économétriques démontrent que l'activité des SIS dépend du niveau de couverture médicale : une réduction du nombre de médecins sur un territoire engendre une hausse de l'activité des SIS. Nous développons ici des preuves empiriques d'un phénomène qui nous a été décrit par les praticiens de ces services. Nous considérons ainsi que ce type d'impacts doit figurer dans le calcul socio-économique, pour que les décideurs publics prennent conscience de tels effets dans l'évaluation des mesures qui sont proposées pour combattre ce type de phénomènes, et qui pourraient démontrer un intérêt accru pour des actions larges et efficaces pour remédier à la désertification.

Enfin, nos travaux ont montré la sensibilité des modèles DEA utilisés pour évaluer l'efficience - régulièrement du service public - au choix d'output retenu. Ces résultats permettent d'alimenter les débats politiques sur le rôle des SIS dans les territoires et sur le bilan des politiques qui ont été menées ces dernières années dans ce secteur.

Le dernier apport de ce travail réside dans l'estimation d'une valeur de la vie statistique à partir des données des SIS. Nous croisons le coût marginal de production avec le gain marginal pour déduire cette valeur qui s'avère très variable d'un territoire à un autre. Nous constatons que dans les zones urbaines, cette valeur se rapproche de la valeur tutélaire actuelle, même si elle reste en dessous. Par contre, elle est beaucoup plus faible dans les zones plus rurales. La modélisation proposée ne permet pas une appréciation exhaustive des raisons qui conduisent à retenir le niveau de couverture des risques choisi sur chaque territoire, mais l'ampleur de ces disparités indiquent qu'il existe des inégalités dans l'offre du secours. Par le biais

des spécificités territoriales, les mêmes moyens financiers ne sont consentis d'un territoire à un autre pour réduire la vulnérabilité des populations face aux risques de sécurité civile.

Au regard de nos travaux, nous constatons tout le chemin qu'il reste à faire pour pouvoir produire un calcul socio-économique qui englobe l'ensemble des actions mises en place par les SIS. L'identification de la situation de référence, point central des évaluations socio-économiques, continue à poser des difficultés dans ce secteur d'activité, notamment pour les risques de grande ampleur. Dans ce cas de figure, le calcul marginal demeure très complexe - en quoi un camion incendie supplémentaire va-t-il améliorer l'efficacité de l'intervention ?

Ce questionnement est indissociable de la problématique liées aux données. Notre appréciation des actions mises en place par les SIS est limitée par les informations recensées dans leurs systèmes d'information. Ce sont les données qui permettent à la fois d'apprécier le lien de causalité et la quantification des dommages évités. Sur ce point, nous pouvons nous réjouir de la volonté de la sécurité civile à intégrer des indicateurs de ce type dans leurs systèmes d'information au moment de leur transformation numérique.[11]

Nos travaux se sont inscrits dans une démarche opérationnelle, qui avait pour but une meilleure objectivation des bénéfices sociaux générés par les activités des SIS. Nos résultats peuvent alimenter à la fois les choix en matière de nouvelles données à collecter via ces nouveaux systèmes d'information mais surtout dans l'élaboration du SDACR, document dans lequel le calcul socio-économique trouve tout son sens dans la traduction des arbitrages opérationnels - concernant notamment les délais d'intervention - sous forme d'approches coût-bénéfices.

Il y a de nombreuses perspectives de recherche pour enrichir davantage les outils de calcul socio-économique à disposition du secteur de la sécurité civile.

D'abord, nous pensons qu'il y a encore de nouveaux éléments à apporter à l'approche par le délai d'intervention pour mieux traduire l'utilité que les citoyens déduisent de ces services. En particulier, nous sommes partisans d'une meilleure prise en compte des impacts intangibles des interventions par les SIS. Pour ce faire, l'approche par le bien-être subjectif (Dolan, Peasgood, et al., 2005; Dolan and Peasgood, 2007; Dolan and Moore, 2007; Metcalfe, Powdthavee, and Dolan, 2011) trouverait tout son sens pour calculer l'utilité que les victimes déduisent d'une intervention efficace de la part des SIS. De plus, elle serait pertinente pour apprécier la valeur accordée par les citoyens pour l'ensemble des risques qui forment l'activité des SIS. De cette manière, nous tendrons vers une mesure de la sécurité perçue par les citoyens au

[11] Il s'agit, pour rappel, du projet NexSIS, un programme défini par le décret n° 2019-19 du 9 janvier 2019, consultable sur le site légifrance.

sens propre, ainsi rapprochant l'évaluation de l'activité des SIS de leurs objectifs au maximum.

Dans un second temps, nous pensons qu'il est indispensable de mieux définir les bénéficiaires des services rendus à la population par les SIS. Nos travaux nous conduisent à nous interroger sur la pertinence d'une mesure commune des bénéfices sociaux générés par leur activité et qui ne tient pas compte des disparités entre les bénéficiaires - toute la population n'est pas exposée aux mêmes risques et toute la population n'a pas la même vulnérabilité face à ces risques. De ce fait, nous pensons qu'une analyse plus fine des bénéficiaires des SIS pourrait permettre d'éclaircir en quoi ils contribuent, par exemple, à la réduction des inégalités sur un territoire - en termes de santé et de bien-être global.

Dans un dernier temps, nous devons reconnaître la nécessité de mieux objectiver les autres leviers des SIS permettant d'agir sur le niveau de sécurité au sein d'une collectivité. Sur le plan opérationnel, nous pensons à la formation du personnel et à la qualité du matériel - ce sont les variables qui déterminent l'efficacité des SIS en parallèle du délai d'intervention. Il y a aussi toute la phase de planification et préparation aux situations de crise que nous n'avons pas su quantifier à partir des informations disponibles. Nous pensons qu'il est tout aussi important de développer une mesure pertinente de ces activités que de poursuivre les travaux relatifs à l'activité opérationnelle et le délai d'intervention.

Au total, nous devons retenir l'aspect particulier de la production des SIS qui consiste à produire une couverture des risques de toute nature au travers de la gestion d'un potentiel opérationnel, composé de personnels bien formés, de matériels spécialisés et d'infrastructures de proximité. Pour apprécier les moyens financiers qui y sont consacrés, il est ainsi nécessaire de tenir compte de l'ensemble de risques pouvant se produire sur leur territoire. Cela sous-entend la prise en compte d'un vaste nombre de scénarios traduisant des événements à la fois très rares et très communs, avec des impacts à la fois très importants et très faibles. Nos résultats apportent une réponse, certes partielle, mais plutôt favorable de l'efficience - sur le plan socio-économique - des moyens qui leur sont alloués par les pouvoirs publics pour produire cette couverture des risques, et ainsi rediscuter certains discours prônés d'un service public qui coûte trop cher - d'où l'intérêt d'insister sur la nécessité de toujours aller au delà des seuls éléments budgétaires.

Bibliographie

Ahlbrandt, Rogers (Sept. 1973). "Efficiency in the Provision of Fire Services". *Public Choice* 16.1, pp. 1–15. ISSN: 0048-5829, 1573-7101. DOI: 10.1007/BF01718802.

Aleisa, Esra (2018). "The Fire Station Location Problem: A Literature Survey". *International Journal of Emergency Management* 14.3, pp. 291–302. ISSN: 17415071. DOI: 10.1504/IJEM.2018.094239.

Ali, Shehzad and Sarah Ronaldson (Sept. 2012). "Ordinal Preference Elicitation Methods in Health Economics and Health Services Research: Using Discrete Choice Experiments and Ranking Methods". *British Medical Bulletin* 103.1, pp. 21–44. ISSN: 1471-8391. DOI: 10.1093/bmb/lds020.

Ali Ali, B et al. (2015). "[Influence of Prehospital Response Times in the Survival of Trauma Patients in Navarre]." *Anales del sistema sanitario de Navarra* 38.2, pp. 269–78. DOI: 10.23938/S1137-6627/2016000100021.

Anderson, Austin and Ofodike A. Ezekoye (2018). "Quantifying Generalized Residential Fire Risk Using Ensemble Fire Models with Survey and Physical Data". *Fire Technology* 54.3, pp. 715–747. ISSN: 15728099. DOI: 10.1007/s10694-018-0709-z.

Arthuis, Par M Jean (2005). "Rapport d'information sur les objectifs et les indicateurs de performance de la LOLF". *Rapport du Sénat*, p. 213.

Atkinson, Giles, Nils Axel Braathen, and Ben Groom (2018). *Analyse Coûts - Avantages et Environnement*. OECD. ISBN: 978-92-64-30045-3.

Atkinson, Tony (2005). *The Atkinson Review: Final Report: Measurement of Government Output and Productivity for the National Accounts*.

Augusto, Sofia et al. (Nov. 2020). "Population Exposure to Particulate-Matter and Related Mortality Due to the Portuguese Wildfires in October 2017 Driven by Storm Ophelia". *Environment International* 144, p. 106056. ISSN: 01604120. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106056.

Bachelard, Olivier, Marion Boury, and Amandine Deslandes (2015). "Comment Concilier Utilité Sociale et Maîtrise de La Dépense Publique ?" *Humanisme et Entreprise*. ISSN: 0018-7372. DOI: 10.3917/hume.299.0013.

Badri, Masood A., Amr K. Mortagy, and Colonel Ali Alsayed (1998). "A Multi-Objective Model for Locating Fire Stations". *European Journal of Operational*

Research 110.2, pp. 243–260. ISSN: 03772217. DOI: 10.1016/S0377-2217(97)00247-6.

Balaguer-Coll, Maria Teresa, Diego Prior, and Emili Tortosa-Ausina (June 2013). "Output Complexity, Environmental Conditions, and the Efficiency of Municipalities". *Journal of Productivity Analysis* 39.3, pp. 303–324. ISSN: 1573-0441. DOI: 10.1007/s11123-012-0307-x.

Barlet, Muriel et al. (2012). "L 'Accessibilité potentielle localisée (APL) : une nouvelle mesure de l'accessibilité aux médecins généralistes libéraux", p. 8.

Bertolucci, Marius and Bruno Tiberghien (2018). "Accès aux soins en contexte de désertification médicale : un rôle tampon joué par la « chaîne de secours » ? Le cas des sapeurs-pompiers français". *Gestion et management public* 6/3.1, p. 51. ISSN: 2116-8865. DOI: 10.3917/gmp.063.0051.

Bhattarai, Nawaraj et al. (Nov. 2019). "Preferences for Centralised Emergency Medical Services: Discrete Choice Experiment". *BMJ Open* 9.11, e030966. ISSN: 2044-6055. DOI: 10.1136/bmjopen-2019-030966.

Blackwell, Thomas H. and Jay S. Kaufman (2002). "Response Time Effectiveness: Comparison of Response Time and Survival in an Urban Emergency Medical Services System". *ACADEMIC EMERGENCY MEDICINE* 9.4, pp. 288–295. DOI: 10.1197/aemj.9.4.288.

Blackwell, Thomas H., Jeffrey A. Kline, et al. (2009). "Lack of Association between Prehospital Response Times and Patient Outcomes". *Prehospital Emergency Care* 13.4, pp. 444–450. ISSN: 10903127. DOI: 10.1080/10903120902935363.

Blanes i Vidal, Jordi and Tom Kirchmaier (2017). "The Effect of Police Response Time on Crime Clearance Rates". *Review of economic studies*. ISSN: 0034-6527.

Bohn, Andreas et al. (Aug. 2018). "The Effect of Ambulance Response Time on Survival Following Out-of-Hospital Cardiac Arrest". *Deutsches Aerzteblatt Online* 115.33-34, pp. 541–548. ISSN: 1866-0452. DOI: 10.3238/arztebl.2018.0541.

Boiteux, Marcel (Nov. 1994). "Transports: Pour Un Meilleur Choix Des Investissements". *Commissarait général du plan*.

– (June 2001). "Transports: Choix Des Investissements et Coût Des Nuisances". *Commissarait général du plan*.

Borowczyk, Julien and Josiane Corneloup (2022). "Rapport d'information En Conclusion Des Travaux de La Mission d'information Sur Les Transports Sanitaires". *Commission des affaires sociales*.

Bose, Sourav K. et al. (July 2012). "Willingness to Pay for Emergency Referral Transport in a Developing Setting: A Geographically Randomized Study". *Academic Emergency Medicine: Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 19.7, pp. 793–800. ISSN: 1553-2712. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2012.01382.x.

Bossong, Raphael and Hendrik Hegemann (Feb. 2014). "Analysis of Civil Security Systems in Europe: Final Analytical Report".

Bouckaert, Geert (June 1992). "Productivity Analysis in the Public Sector: The Case of the Fire Service". *International Review of Administrative Sciences* 58.2, pp. 175–200. ISSN: 0020-8523. DOI: 10.1177/002085239205800203.

Boury, Aline et al. (2015). "Valorisation Économique et Sociétale de l'action Des Services d'incendie et de Secours: Experimentation Au Sein Du SDIS de La Haute-Marne". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP*.

Brent, Daniel and Louis Philippe Beland (2020). "Traffic Congestion, Transportation Policies, and the Performance of First Responders". *Journal of Environmental Economics and Management* 103.May. ISSN: 10960449. DOI: 10.1016/j.jeem.2020.102339.

Brudney, Jeffrey L. and William D. Duncombe (1992). "An Economic Evaluation of Paid, Volunteer and Mixed-Staffing Options for Public Services". *Public Administration Review* 52.5, pp. 474–481.

Bryant, Stephanie and Isabel Preston (2017). *Focus on Trends in Fires and Fire-Related Fatalities*. Home Office. ISBN: 978-1-78655-571-7.

Buffington, Tyler and Ofodike A. Ezekoye (Nov. 2019). "Statistical Analysis of Fire Department Response Times and Effects on Fire Outcomes in the United States". *Fire Technology* 55.6, pp. 2369–2393. ISSN: 0015-2684, 1572-8099. DOI: 10.1007/s10694-019-00870-4.

Butry, David T (2009). "Economic Performance of Residential Fire Sprinkler Systems". *Fire Technology*, pp. 117–143. DOI: 10.1007/s10694-008-0054-8.

Butry, David T, M Hayden Brown, and Sieglinde K Fuller (2007). "Benefit-Cost Analysis of Residential Fire Sprinkler Systems NISTIR 7451".

Byrne, James P. et al. (Apr. 2019). "Association between Emergency Medical Service Response Time and Motor Vehicle Crash Mortality in the United States". *JAMA Surgery* 154.4, pp. 286–293. ISSN: 21686254. DOI: 10.1001/jamasurg.2018.5097.

Cabral, Eric Lucas dos Santos et al. (2018). "Response Time in the Emergency Services". *Acta Cir. Bras* 33.12, pp. 1110–1121.

Cameron, Samuel (1988). "The Economics of Crime Deterrence: A Survey of Theory and Evidence". *Kyklos* 41.2, pp. 301–323. ISSN: 1467-6435. DOI: 10.1111/j.1467-6435.1988.tb02311.x.

Canouet, Cécile (2016). "Valorisation Économique de l'activité Opérationnelle Des Sapeurs-Pompiers". *Mémoire de master réalisé à Toulouse School of Economics*.

Cantillo, Victor et al. (Sept. 2018). "Discrete Choice Approach for Assessing Deprivation Cost in Humanitarian Relief Operations". *Socio-Economic Planning Sciences* 63, pp. 33–46. ISSN: 0038-0121. DOI: 10.1016/j.seps.2017.06.004.

Carlsson, Fredrik, Dinky Daruvala, and Henrik Jaldell (2008). "Value of Statistical Life and Cause of Accident: A Choice Experiment". *Gothenberg Université Working Papers*. ISSN: 1403-2465.

Challands, Neil (July 2010). "The Relationships Between Fire Service Response Time and Fire Outcomes". *Fire Technology* 46.3, pp. 665–676. ISSN: 0015-2684, 1572-8099. DOI: 10.1007/s10694-009-0111-y.

Chang, Ikwan et al. (Sept. 2018). "Effects of Dispatcher-Assisted Bystander Cardiopulmonary Resuscitation on Neurological Recovery in Paediatric Patients with out-of-Hospital Cardiac Arrest Based on the Pre-Hospital Emergency Medical Service Response Time Interval." *Resuscitation* 130, pp. 49–56. ISSN: 1873-1570. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.06.029.

Chapman, Jonathan et al. (Oct. 2017). "Willingness to Pay and Willingness to Accept Are Probably Less Correlated Than You Think". *National Bureau of Economic Research*. Working Paper Series 23954. DOI: 10.3386/w23954.

Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes (Nov. 1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research* 2.6, pp. 429–444. ISSN: 0377-2217. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.

Charron, Nicholas, Victor Lapuente, and Paola Annoni (2019). "Measuring Quality of Government in EU Regions Across Space and Time". DOI: 10.1111/pirs.12437.

Chase, D. et al. (Jan. 2006). "Using Simulation to Estimate the Cost Effectiveness of Improving Ambulance and Thrombolysis Response Times after Myocardial Infarction". *Emergency Medicine Journal* 23.1, pp. 67–72. ISSN: 14720205. DOI: 10.1136/emj.2004.023036.

Chen, Chia-Ching et al. (Nov. 2017). "Substitution of Formal and Informal Home Care Service Use and Nursing Home Service Use: Health Outcomes, Decision-Making Preferences, and Implications for a Public Health Policy". *Frontiers in Public Health* 5, p. 297. ISSN: 2296-2565. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00297.

Chevalier, Eric, Nicolas Franck, and Nicolas Zuntini (2013). "Le Décompte Des Vies Sauvées Grace Aux Sapeurs-Pompiers: Vers La Mise En Oeuvre d'une Méthodologiqe Pratique Appliquée Aux Services d'incendie et de Secours". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP*.

Chevalier, Philippe et al. (2012). "Locating Fire Stations: An Integrated Approach for Belgium". *Socio-Economic Planning Sciences* 46.2, pp. 173–182. ISSN: 00380121. DOI: 10.1016/j.seps.2012.02.003.

Chevillard, Guillaume, Véronique Lucas-Gabrielli, and Julien Mousques (2018). "« Déserts médicaux » en France : état des lieux et perspectives de recherches". *LEspace geographique* 47.4, pp. 362–380. ISSN: 0046-2497.

Choi, Sang Ok (2005). "Relative Efficiency of Fire and Emergency Services in Florida: An Application and Test of Data Envelopment Analysis". *International*

Journal of Emergency Management 2.3, p. 218. ISSN: 1471-4825, 1741-5071. DOI: 10.1504/IJEM.2005.007361.

Clarke, A. and J. C. Miles (2012). "Strategic Fire and Rescue Service Decision Making Using Evolutionary Algorithms". *Advances in Engineering Software* 50.1, pp. 29–36. ISSN: 09659978. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2012.04.002.

Clotfelter, Charles T (1977). "Public Services, Private Substitutes, and the Demand for Protection against Crime", p. 12.

Collombat, Pierre-Yves and Catherine Troendlé (2016). "Rapport d'information Sur l'évolution de l'activité Des Services Départementaux d'incendie et de Secours En Matière de Secours à Personne". *Rapport du Sénat*.

Commissariat Général au Développement Durable (2019). "L'évaluation Socio-Économique Des Projets de Prévention Des Inondations En France".

Commissariat général du développement durable (Sept. 2011). "Coûts Des Principales Pollutions Agricoles de l'eau".

Commission, Audit (Dec. 2008). "Rising to the Challenge: Improving Fire Service Efficiency".

Compta, Olivier, Christian Demark, and Nicolas Guichard (2018). "Valorisation Socio-Économique de l'activité Opérationnelle Des Services d'incendie et de Secours: Vers Une Méthode Consolidée et Uniforme de l'appréciation de La Valeur Du Sauvé". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP*.

Coulter, Philip B. (1979). "Organizational Effectiveness in the Public Sector: The Example of Municipal Fire Protection". *Administrative Science Quarterly* 24.1, pp. 65–81. ISSN: 0001-8392. DOI: 10.2307/2989876.

Cour des Compte (2004). "Rapport Au Président de La République: Suivi Des Réponses Des Administrations, Collectivités, Organismes et Entreprises".

Cour des Comptes (Mar. 2019). "Les Personnels Des Services Départementaux d'incendie et de Secours (SDIS) et de La Sécurité Civile: Des Défis à Relever, Des Perspectives à Redéfinir".

Coutard, Olivier (2022). "Référentiel Méthodologique de l'évaluation Socioéconomique Des Opérations d'aménagement Urbain". *France Stratégie*.

CTIF (2020). "World Fire Statistics". *International Association of Fire and Rescue Services*.

De Marcellis-Warin, Nathalie, Ingrid Peignier, and David Boisclair (2004). "Analyse Économique Des Activités Du Service de Sécurité Incendie de Montréal : Une Étude Exploratoire". *Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations*.

Delgado-Lindeman, Maira, Julián Arellana, and Víctor Cantillo (Mar. 2019). "Willingness to Pay Functions for Emergency Ambulance Services". *Journal of Choice Modelling* 30, pp. 28–37. ISSN: 1755-5345. DOI: 10.1016/j.jocm.2018.12.001.

Demierre, Sacha (2011). “Le Financement de l’action Des Services d’incendie et de Secours Par Le Système Assurantiel: Étude de La Faisabilité, Approche Juridique et Comparabilité Avec Les Pays Européens”. *Mémoire de master professionnel réalisé à l’ENSOSP*.

Department for Communities and Local Government: London (2011). “The Economic Cost of Fire 2008”.

DGSCGC (2020a). “Les Statistiques Des Services d’Incendie et de Secours (Édition 2020)”. *Ministère de l’Intérieur*.

– (2020b). “Schéma Départemental d’analyse et de Couverture Des Risques”. *Ministère de l’Intérieur*.

– (2021). “Les Statistiques Des Services d’incendie et de Secours: Edition 2021”. *Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC)*.

Dinh, Michael M. et al. (May 2013). “Redefining the Golden Hour for Severe Head Injury in an Urban Setting: The Effect of Prehospital Arrival Times on Patient Outcomes”. *Injury* 44.5, pp. 606–610. ISSN: 00201383. DOI: 10.1016/j.injury.2012.01.011.

Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC) (2018). “Indicateurs Nationaux Des Services d’Incendie et de Secours (INSIS) 2018”.

Dolan, Paul and Simon C. Moore (2007). “From Preferences to Experiences: Valuing the Intangible Victim Costs of Crime”. *International Review of Victimology* 14.2, pp. 265–280. ISSN: 20479433. DOI: 10.1177/026975800701400206.

Dolan, Paul and Tessa Peasgood (2007). “Estimating the Economic and Social Costs of the Fear of Crime”. 47.1, pp. 121–132. DOI: 10.1093/bjc/azl015.

Dolan, Paul, Tessa Peasgood, et al. (2005). “Estimating the Intangible Victim Costs”. March, pp. 958–976. DOI: 10.1093/bjc/azi029.

Duncombe, William and John Yinger (Aug. 1993). “An Analysis of Returns to Scale in Public Production, with an Application to Fire Protection”. *Journal of Public Economics* 52.1, pp. 49–72. ISSN: 00472727. DOI: 10.1016/0047-2727(93)90104-2.

Duncombe, William D. (1991). “Demand for Local Public Services Revisited: The Case of Fire Protection”. *Public Finance Review* 19.4, pp. 412–436.

Duncombe, William D. and Jeffrey L. Brudney (July 1995). “The Optimal Mix of Volunteer and Paid Staff in Local Governments: An Application To Municipal Fire Departments”. *Public Finance Quarterly* 23.3, pp. 356–384. ISSN: 0048-5853. DOI: 10.1177/109114219502300304.

Dupuit, Jules (1844). “De La Mesure de l’utilité Des Travaux Publics”.

Economy, New (Nov. 2017). “Emergency Medical Response by Fire and Rescue Services”.

European Chemicals Agency (2016). "Valuing Selected Health Impacts of Chemicals".

Facchetti, Elisa (2021). "Police Infrastructure, Police Performance, and Crime: Evidence from Austerity Cuts".

Fédération Française de l'Assurance (2020). "L'assurance Française: Données Clés 2020".

Felder, Stefan and Henrik Brinkmann (2002). "Spatial Allocation of Emergency Medical Services: Minimising the Death Rate or Providing Equal Access?" *Regional Science and Urban Economics* 32.1, pp. 27–45. DOI: 10.1016/S0166-0462(01)00074-6.

Ferry, Monsieur Luc (2009). "Rapport de la commission « ambition volontariat »", p. 62.

Fifer, M. et al. (2007). "Do Response Times Matter ? The Impact of EMS Response Times on Health Outcomes".

Fosse, Julien, Mathilde Viennot, and Emmanuelle Prouet (2022). "ORCHESTRER ET PLANIFIER L'ACTION PUBLIQUE". *France Stratégie*, p. 296.

Foxton, Fred et al. (2019). "The Measurement of Public Goods: Lessons from 10 Years of Atkinson in the United Kingdom", p. 44.

France Stratégie (2016). "Les Nouveaux Défis Du Calcul Socioéconomique".

Froment, Gilles et al. (Dec. 2007). "Evaluation de La Performance En Opération: Coût et Avantage". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP*.

Ginesta, Georges et al. (2009). "Mission d'évaluation et de Contrôle (MEC) Sur Le Financement Des Services Départementaux d'incendie et de Secours (SDIS)". *Rapport d'information à l'assemblée nationale* 1.

Gold, Laura S. et al. (May 2010). "The Relationship between Time to Arrival of Emergency Medical Services (EMS) and Survival from out-of-Hospital Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest". *Resuscitation* 81.5, pp. 622–625. ISSN: 03009572. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.02.004.

Goldberg, Jeffrey B. (2004). "Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles". *EMS Management Journal* 1.1, pp. 20–39.

Goninet, Dorian (2018). "Etude Sur La Valeur Économique Du Sauvé, Par Les Services de Secours, Dans Le Cas Du Patrimoine Industriel et Des Établissements Recevant Du Public". *Mémoire de master réalisé à Toulouse School of Economics*.

Great Britain and Treasury (2018). *Green Book: Central Government Guidance on Appraisal and Evaluation*. ISBN: 978-1-912225-57-6.

Griffin, Authors and Stephanie Christine Publisher (2014). "Economic Evaluation of Injury and Injury Prevention Interventions in the U.S. Fire Service". *The University of Arizona*.

Grimwood, P and I A Sanderson (2015). "The County/Metro Research into Fire-Fighting Suppressive Capacity and the Impact on Building Fire Damage at >5000

UK Building Fires, 2009-2012". *Fire Safety Journal* 71, pp. 238–247. DOI: 10.1016/j.firesaf.2014.11.027.

Guesnerie, Roger (Dec. 2017). *Guide de l'évaluation Socio-Économique Des Investissements Publics*. Tech. rep. DG Trésor, France Stratégie.

"Guide de Bonnes Pratiques : Définition Des Conditions de "Temporisation" Des Carences Ambulancières" (Aug. 2021). *Ministère des solidarités et de la santé* 2021/14.

Haikonen, Kari (2020). "Fire-Related Injuries and Their Burden in Finland 2000–2010". *Athena Hall* 107.

Harmsen, A. M.K. et al. (Apr. 2015). "The Influence of Prehospital Time on Trauma Patients Outcome: A Systematic Review". *Injury* 46.4, pp. 602–609. ISSN: 18790267. DOI: 10.1016/j.injury.2015.01.008.

Hasofer, Michael and Ian Thomas (2008). "Cost Benefit Analysis of a Fire Safety System Based on the Life Quality Index". DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.9-969.

Haute Autorité de Santé (2012). "Choices in Methods for Economic Evaluation". October, pp. 1–55.

– (2020). "Évaluation de La Prise En Charge Des Urgences-SAMU- SMUR et Soins Critiques".

Hicks, J. R. (1939). "The Foundations of Welfare Economics". *The Economic Journal* 49.196, pp. 696–712. ISSN: 0013-0133. DOI: 10.2307/2225023.

Holborn, P. G., P. F. Nolan, and J. Golt (2004). "An Analysis of Fire Sizes, Fire Growth Rates and Times between Events Using Data from Fire Investigations". *Fire Safety Journal* 39.6, pp. 481–524. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2004.05.002.

Holmgren, Johan and Åsa Weinholt (2016). "The Influence of Organisational Changes on Cost Efficiency in Fire and Rescue Services". *International Journal of Emergency Management* 12.4, p. 343. ISSN: 1471-4825, 1741-5071. DOI: 10.1504/IJEM.2016.10000713.

Home Office Fire Research and Development Group, D.M.S Peace (2001). "Planning New Standards of Fire Service Emergency Cover for the United Kingdom". *Fire Technology*, p. 12.

Hopkin, Danny, Michael Spearpoint, Matthew Arnott, et al. (2019). "Cost-Benefit Analysis of Residential Sprinklers – Application of a Judgement Value Method". *Fire Safety Journal* 106.April, pp. 61–71. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.04.003.

Hopkin, Danny, Michael Spearpoint, and Ruben Van Coile (2018). "The J-Value and Its Role in Evaluating Investments in Fire Safety Schemes". *Fire Technology* 54.6, pp. 1547–1564. ISSN: 15728099. DOI: 10.1007/s10694-018-0752-9.

Hou, G et al. (2021). “Optimal Fire Station Locations for Historic Wood Building Areas Considering Individual Fire Spread Patterns and Different Fire Risks”. *Case Studies in Thermal Engineering* 28. DOI: 10.1016/j.csite.2021.101548.

Huguenin, Jean-Marc (2013). “Data Envelopment Analysis (DEA)”. *Institut de hautes études en administration publique*.

Huizinga, Jan, Hans de Moel, and Wojciech Szewczyk (2017). “Global Flood Depth-Damage Functions : Methodology and the Database with Guidelines”, p. 114.

Ifrasec (2013). “Entre Approche Économique et Modèle Social : Regards Sur Le Volontariat Des Sapeurs-Pompiers”.

– (2014). “La Gratuité Des Secours”.

Ignall, Edward, Kenneth Rider, and Richard Urbach (Nov. 1979). “Fire Severity and Response Distance: Initial Findings”. *Fire Technology* 15.4, pp. 245–261. ISSN: 0015-2684, 1572-8099. DOI: 10.1007/BF02098674.

Inspection Générale de l’Administration (Jan. 2012). “Le Bénévolat de Sécurité Civile: Bilan et Plan d’action”.

Inspection Générale des Affaires Sociales (2016). “Le Renforcement Du Bénévolat et Du Volontariat de Sécurité Civile”.

Jaldell, Henrik (2002). “Essays on the Performance of Fire and Rescue Services”. PhD thesis.

– (Mar. 2005). “Output Specification and Performance Measurement in Fire Services: An Ordinal Output Variable Approach”. *European Journal of Operational Research* 161.2, pp. 525–535. ISSN: 03772217. DOI: 10.1016/j.ejor.2003.09.009.

– (Mar. 2017). “How Important Is the Time Factor? Saving Lives Using Fire and Rescue Services”. *Fire Technology* 53.2, pp. 695–708. ISSN: 0015-2684, 1572-8099. DOI: 10.1007/s10694-016-0592-4.

– (Feb. 2019). “Measuring Productive Performance Using Binary and Ordinal Output Variables: The Case of the Swedish Fire and Rescue Services”. *International Journal of Production Research* 57.3, pp. 907–917. ISSN: 0020-7543, 1366-588X. DOI: 10.1080/00207543.2018.1489159.

Jaldell, Henrik, Prachaksvich Lebnak, and Anurak Amornpetchsathaporn (2014). “Time Is Money , But How Much ? The Monetary Value of Response Time for Thai Ambulance Emergency Services”. *Value in Health* 17.5, pp. 555–560. ISSN: 1098-3015. DOI: 10.1016/j.jval.2014.05.006.

Jiménez-Martín, Sergi, Raquel Vegas Sánchez, and Christina Vilaplana Prieto (2011). “The Relationship between Formal and Informal Care in Europe and Its Implications for the Number of Caregiving Hours”, p. 42.

Jones, Russell T. et al. (2012). “"When I Came Home...Everything Was Gone." the Impact of Residential Fires on Children”. *Fire Technology* 48.4, pp. 927–943. ISSN: 00152684. DOI: 10.1007/s10694-012-0252-2.

Kahneman, Daniel, Jack L. Knetsch, and Richard H. Thaler (Dec. 1990). "Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem". *Journal of Political Economy* 98.6, pp. 1325–1348. ISSN: 0022-3808. DOI: 10.1086/261737.

Kay, Ian (2021). *Ambulance Quality Indicators (AQI) Statistical Note, 13 May 2021.*

Kharraz, Mohammed (2016). "L'économie de La Sécurité Civile: Contribution Pour Un Regard Prospectif à Travers Les Services d'incendie et de Secours". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP.*

Kiran, K. C., Jonathan Corcoran, and Prem Chhetri (2018). "Spatial Optimisation of Fire Service Coverage: A Case Study of Brisbane, Australia". *Geographical Research* 56.3, pp. 270–284. ISSN: 17455871. DOI: 10.1111/1745-5871.12288.

Klosiewicz, Tomasz, Ilona Skitek-Adamczak, and Marcin Zielinski (Mar. 2017). "Emergency Medical System Response Time Does Not Affect Incidence of Return of Spontaneous Circulation after Prehospital Resuscitation in One Million Central European Agglomeration Residents". *Kardiologia Polska* 75.3, pp. 240–246. ISSN: 18974279. DOI: 10.5603/KP.a2016.0181.

Kobayashi, Yutaka (2011). "Statistics Based Fire Risk Analysis on Timber Houses in Japan: Time Factor". *Fire Safety Science*, pp. 1125–1136. ISSN: 18174299. DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.10-1125.

Kobes, Margrethe and Rijk Van Den Dikkenberg (2016). "An Analysis of Residential Building Fire Rescues: The Difference between Fatal and Nonfatal Casualties". *Interflam 2016: 14th International fire science and engineering conference*, pp. 353–364.

Kountouris, Yiannis and Kyriaki Remoundou (2011). "Valuing the Welfare Cost of Forest Fires: A Life Satisfaction Approach". *Kyklos* 64.4, pp. 556–578. ISSN: 00235962. DOI: 10.1111/j.1467-6435.2011.00520.x.

Krämer, Jonas and Jonas Schreyögg (Nov. 2019). "Substituting Emergency Services: Primary Care vs. Hospital Care". *Health Policy* 123.11, pp. 1053–1060. ISSN: 0168-8510. DOI: 10.1016/j.healthpol.2019.08.013.

Krutilla, John (1967). "Conservation Reconsidered". *American Economic Review.*

Lam, Sean Shao Wei et al. (2015). "Dynamic Ambulance Reallocation for the Reduction of Ambulance Response Times Using System Status Management". *American Journal of Emergency Medicine* 33.2, pp. 159–166. ISSN: 15328171. DOI: 10.1016/j.ajem.2014.10.044.

Laurant, M. et al. (Apr. 2005). "Substitution of Doctors by Nurses in Primary Care". *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2, p. CD001271. ISSN: 1469-493X. DOI: 10.1002/14651858.CD001271.pub2.

Law, Source, Contemporary Problems, and Police Practices Autumn (1971). "The Measurement of Police Output : Conceptual Issues and Alternative Approaches Author (s): Robert c . Lind and John p . Lipsky Stable URL : https://www.jstor.org/stable/1190935". 36.4, pp. 566–588.

Lawrence, Bruce A et al. (2009). *Estimates of the Incidence and Costs of Fire-Related Injuries*. Pacific Institute for Research and Evaluation. ISBN: 3-01-755279-9.

Lee, Dong Wook, Hyung Jun Moon, and Nam Hun Heo (Nov. 2019). "Association between Ambulance Response Time and Neurologic Outcome in Patients with Cardiac Arrest". *American Journal of Emergency Medicine* 37.11, pp. 1999–2003. ISSN: 15328171. DOI: 10.1016/j.ajem.2019.02.021.

Lerner, E. Brooke et al. (2006). "Economic Value of Out-of-Hospital Emergency Care: A Structured Literature Review". *Annals of Emergency Medicine* 47.6, pp. 515–524. ISSN: 01960644. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2006.01.012.

Levitt, Steven (2002). "Using Electoral Cycles in Police Hiring to Estimate the Effects of Police on Crime". 92.4, pp. 1244–1250.

Lin, Yuan Shang, Chih Hsin Lin, and Po Chuan Huang (2009). "Construction of Explanatory Fire-Loss Model for Buildings". *Fire Safety Journal* 44.8, pp. 1046–1052. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2009.07.005.

Lowton, Kara (2010). "Can Fire and Rescue Services and the National Health Service Work Together to Improve the Safety and Wellbeing of Vulnerable Older People? Design of a Proof of Concept Study".

Lu, Lu et al. (July 2014). "Correlation Between Fire Attendance Time and Burned Area Based on Fire Statistical Data of Japan and China". *Fire Technology* 50.4, pp. 851–872. ISSN: 0015-2684, 1572-8099. DOI: 10.1007/s10694-012-0306-5.

Lu, Song et al. (2013). "Frequency-Size Distribution and Time-Scaling Property of High-Casualty Fires in China: Analysis and Comparison". *Safety Science* 51.1, pp. 209–216. ISSN: 09257535. DOI: 10.1016/j.ssci.2012.07.001.

Lucchese, Elena (Feb. 2020). "It Could Be Worse...It Could Be Raining: Ambulance Response Time and Health Outcomes". *Working Papers*.

Luo, Wei and Yi Qi (Dec. 2009). "An Enhanced Two-Step Floating Catchment Area (E2SFCA) Method for Measuring Spatial Accessibility to Primary Care Physicians". *Health & Place* 15.4, pp. 1100–1107. ISSN: 13538292. DOI: 10.1016/j.healthplace.2009.06.002.

Luo, Wei and Fahui Wang (Dec. 2003). "Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region". *Environment and Planning B: Planning and Design* 30.6, pp. 865–884. ISSN: 0265-8135, 1472-3417. DOI: 10.1068/b29120.

Ma, Lu et al. (2019). "Smooth Associations between the Emergency Medical Services Response Time and the Risk of Death in Road Traffic Crashes". *Journal of Transport and Health* 12.February 2018, pp. 379–391. ISSN: 22141405. DOI: 10.1016/j.jth.2018.08.011.

Maggetti, Martino (Nov. 2012). "Le problème de l'interdépendance dans la comparaison des politiques publiques infranationales : une méta-analyse des mécanismes

de diffusion". *Revue internationale de politique comparee* 19.2, pp. 99–120. ISSN: 1370-0731.

Mahama, Mohammed-Najeeb et al. (Oct. 2018). "Emergency Response Time and Pre-Hospital Trauma Survival Rate of the National Ambulance Service, Greater Accra (January - December 2014)." *BMC emergency medicine* 18.1, p. 33. ISSN: 1471-227X. DOI: 10.1186/s12873-018-0184-3.

Maher, Karen, Nicola Bateman, and Raymond Randall (Oct. 2020). "Fire and Rescue Operational Effectiveness: The Effect of Alternative Crewing Patterns". *Production Planning & Control* 31.14, pp. 1195–1206. ISSN: 0953-7287, 1366-5871. DOI: 10.1080/09537287.2019.1701232.

Mailfert, Gael et al. (2011). "Utiliser Le Schéma Départemental d'analyse et de Couverture Des Risques. Etat Des Lieux, Propositions et Perspectives". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP*.

Manes, M and D Rush (2019). "A Critical Evaluation of BS PD 7974-7 Structural Fire Response Data Based on USA Fire Statistics". *Fire Technology* 55.4, pp. 1243–1293. DOI: 10.1007/s10694-018-0775-2.

Manes, Martina and David Rush (2019). "FIRE RESPONSE TIME: EFFECTS ON LIFE SAFETY AND PROPERTY." *Applications of structural fire engineering*, p. 6.

Martínez-González, Nahara Anani et al. (May 2014). "Substitution of Physicians by Nurses in Primary Care: A Systematic Review and Meta-Analysis". *BMC Health Services Research* 14.1, p. 214. ISSN: 1472-6963. DOI: 10.1186/1472-6963-14-214.

Mattsson, Bengt and Birgitta Juas (1997). "The Importance of the Time Factor in Fire and Rescue Service Operations in Sweden". *Accid. Anal. and Prev* 29.6, pp. 849–857. DOI: 10.1016/S0001-4575(97)00054-7.

Maurey, Hervé and Jean-François Longeot (Jan. 2020). "Rapport d'information Fait Au Nom de La Commission de l'aménagement Du Territoire et Du Développement Durable Par Le Groupe de Travail Sur Les Déserts Médicaux". *Rapport du Sénat*.

Mell, Howard K. et al. (2017). "Emergency Medical Services Response Times in Rural, Suburban, and Urban Areas". *JAMA Surgery* 152.10, pp. 983–984. ISSN: 21686254. DOI: 10.1001/jamasurg.2017.2230.

Mendes, Isabel (2018). "Social Risks of Forest Fires: A Methodological Proposal for Their Monetary Evaluation". *Lisbon School of Economicss and Management Working Papers*. ISSN: 2183-1815.

Metcalfe, Robert, Nattavudh Powdthavee, and Paul Dolan (2011). "Destruction and Distress: Using a Quasi-Experiment to Show the Effects of the September 11 Attacks on Mental Well-Being in the United Kingdom". *The Economic Journal* 121, pp. 81–103. DOI: 10.1111/j.1468-0297.2010.2416.x..

Millot, Stéphane (2011). "L'identification Du Coût de La Vie Des Personnes Sauvées: Une Approche Stratégique Pour Les Sdis". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP*.

Min, Soojin, Dohyeong Kim, and Chang Kil Lee (2019). "Association between Spatial Accessibility to Fire Protection Services and Unintentional Residential Fire Injuries or Deaths: A Cross-Sectional Study in Dallas, Texas". *BMJ Open* 9.5, pp. 1–9. ISSN: 20446055. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-023780.

Ministère de l'Intérieur (2018). "Interventions Sur Les Incendies de Structures - Guide de Doctrine Opérationnelle".

Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative (2008). "Etats Généraux de l'organisation de La Santé".

Mizrahi, Andrée and Arié Mizrahi (2010). "La densité répartie : un instrument de mesure des inégalités géographiques d'accès aux soins". *Villes en parallèle* 44.1, pp. 94–113. ISSN: 0242-2794. DOI: 10.3406/vilpa.2010.1474.

Morley, Claire et al. (Aug. 2018). "Emergency Department Crowding: A Systematic Review of Causes, Consequences and Solutions". *PLOS ONE* 13.8. Ed. by Fernanda Bellolio, e0203316. ISSN: 1932-6203. DOI: 10.1371/journal.pone.0203316.

Murray, Alan T. (2013). "Optimising the Spatial Location of Urban Fire Stations". *Fire Safety Journal* 62.PART A, pp. 64–71. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.03.002.

Nasser, Ahmed A.H. et al. (Nov. 2019). "Every Minute Counts: The Impact of Pre-Hospital Response Time and Scene Time on Mortality of Penetrating Trauma Patients". *The American Journal of Surgery* 220, pp. 240–244. ISSN: 00029610. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2019.11.018.

National 911 Program (2020). "National 911 Annual Report: 2019 Data", pp. 1–80.

National Center for Environmental Economics - Office of Policy - US Environmental Protection Agency (2014). "Guidelines for Preparing Economic Analyses".

Newgard, Craig D. et al. (Mar. 2010). "Emergency Medical Services Intervals and Survival in Trauma: Assessment of the "Golden Hour" in a North American Prospective Cohort". *Annals of Emergency Medicine* 55.3, 235–246.e4. ISSN: 10976760. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2009.07.024.

Nisanci, Recep (2010). "Gis Based Fire Analysis and Production of Fire-Risk Maps: The Trabzon Experience". *Scientific Research and Essays* 5.9, pp. 970–977. ISSN: 19922248.

O'Keeffe, Colin et al. (Aug. 2011). "Role of Ambulance Response Times in the Survival of Patients with Out-of-Hospital Cardiac Arrest". *Emergency Medicine Journal* 28.8, pp. 703–706. ISSN: 14720205. DOI: 10.1136/emj.2009.086363.

OECD (2012). *Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies*. OECD Publishing. ISBN: 978-92-64-13080-7.

OECD (2018). "Assessing the Real Costs of Disasters: The Need for Better Evidence". DOI: 10.1787/9789264298798-en.

Office, National Audit (2017). "NHS Ambulance Services".

Office of the Deputy Prime Minister (Mar. 2005). "The Economic Cost of Fire: Estimates for 2003".

Orr, Shepley and Jonathan Wolff (Apr. 2015). "Reconciling Cost-Effectiveness with the Rule of Rescue: The Institutional Division of Moral Labour". *Theory and Decision. An International Journal for Multidisciplinary Advances in Decision Science* 78.4, pp. 525–538. ISSN: 15737187. DOI: 10.1007/s11238-014-9434-3.

Ostrom, Elinor (2009). "Beyond Markets and States: Polycentric Governance of coMPlex econoMic systeMs".

Ostrom, Vincent and Elinor Ostrom (1977). "Public Goods and Public Choices".

Page, Matthew J. et al. (Mar. 2021). "The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews". *BMJ* 372, n71. ISSN: 1756-1833. DOI: 10.1136/bmj.n71.

Pearce, David, Giles Atkinson, and Susana Mourato (2006). *Cost-Benefit Analysis and the Environment*. OECD Publishing. ISBN: 978-92-64-01006-2.

Pell, J. P. et al. (June 2001). "Effect of Reducing Ambulance Response Times on Deaths from out of Hospital Cardiac Arrest: Cohort Study". *British Medical Journal* 322.7299, pp. 1385–1388. ISSN: 09598146. DOI: 10.1136/bmj.322.7299.1385.

Pelletier, Marie-Chantale, Elizabeth Heagney, and Mladen Kovač (Aug. 2021). "Valuing Recreational Services: A Review of Methods with Application to New South Wales National Parks". *Ecosystem Services* 50, p. 101315. ISSN: 2212-0416. DOI: 10.1016/j.ecoser.2021.101315.

Peng, Mei et al. (2014). "Evaluation of Fire Protection Performance of Eight Countries Based on Fire Statistics: An Application of Data Envelopment Analysis". *Fire Technology*, p. 13.

Pons, Peter T and Vincent J Markovchick (July 2002). "Eight Minutes or Less: Does the Ambulance Response Time Guideline Impact Trauma Patient Outcome?" *The Journal of emergency medicine* 23.1, pp. 43–8. ISSN: 0736-4679. DOI: 10.1016/s0736-4679(02)00460-2.

Pons, Peter T. et al. (July 2005). "Paramedic Response Time: Does It Affect Patient Survival?" *Academic Emergency Medicine* 12.7, pp. 594–600. ISSN: 10696563. DOI: 10.1197/j.aem.2005.02.013.

Puolokainen, T. (2015). "Public Agencies' Performance Benchmarking in the Case of Demand Uncertainty with an Application to Estonian, Finnish and Swedish Fire and Rescue Services". PhD thesis.

Quinet, Alain (2019). "La valeur de l'action pour le climat". *France Stratégie*, p. 190.

Quinet, Emile (Sept. 2013). "L'évaluation Socioéconomique Des Investissements Publics". *Commissariat général à la stratégie et à la prospective*.

Radke, John and Lan Mu (Dec. 2000). "Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs". *Annals of GIS* 6.2, pp. 105–112. ISSN: 1947-5683, 1947-5691. DOI: 10.1080/10824000009480538.

Rajan, Shahzleen et al. (Dec. 2016). "Association of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation and Survival According to Ambulance Response Times after Out-of-Hospital Cardiac Arrest". *Circulation* 134.25, pp. 2095–2104. ISSN: 15244539. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024400.

Reiljan, Janno, Tarmo Puolokainen, and Aivo Ülper (2015). "Complex Benchmarking and Efficiency Measurement of Public Agencies: The Case of Estonian Rescue Service Brigades".

Rider, Kenneth L. (May 1979). "The Economics of the Distribution of Municipal Fire Protection Services". *The Review of Economics and Statistics* 61.2, p. 249. ISSN: 00346535. DOI: 10.2307/1924593.

Rochaix, Lise and Benoit Dervaux (2022). "L'évaluation Socioéconomique Des Effets de Santé Des Projets d'investissement Public".

Runefors, Marcus (Mar. 2020). "Measuring the Capabilities of the Swedish Fire Service to Save Lives in Residential Fires". *Fire Technology* 56.2, pp. 583–603. ISSN: 0015-2684, 1572-8099. DOI: 10.1007/s10694-019-00892-y.

Salomon, Joshua A et al. (2013). "Disability Weights for the Global Burden of Disease 2013 Study", pp. 712–723. DOI: 10.1016/S2214-109X(15)00069-8.

Salter, C. et al. (Nov. 2013). "Economic Cost of Fire: Exploring UK Fire Incident Data to Develop a Design Tool". *Fire Safety Journal* 62, pp. 256–263. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.018.

Samuelson, Paul (1954). "The Pure Theory of Public Expenditure".

Sánchez, Isabel María García (2006). "Estimation de l'effet des conditions environnementales sur l'efficacité technique : le cas des services d'incendie". *Revue d'Economie Regionale Urbaine* 4, pp. 597–614. ISSN: 0180-7307.

Sardqvist, Stefan and Goran Holmstedt (2000). "Correlation between Firefighting Operation and Fire Area: Analysis of Statistics". *Fire Technology* 36.2, pp. 109–130. DOI: 10.1023/A:1015450308130.

Sardqvist, Stefan, Anders Jonsson, and Paul Grimwood (2018). "Three Different Fire Suppression Approaches Used by Fire and Rescue Services". *Fire Technology*.

Sarrazin, David (2014). "Peut-on Donner Une Valeur Économique à l'action Des Sapeurs-Pompiers? Vers Un Indicateur Coût/Gain Pour La Société". *Mémoire de master professionnel réalisé à l'ENSOSP*.

Schmauch, Jean-François (June 2007). "Identification et Description Des Trois Principales Écoles d'organisation Des Services Ayant En Charge de Répondre Aux Situations d'urgence. Analyse et Comparaison de La Rationalité, de l'efficacité et de La Rentabilité de Ces Services à Partir de La Résolution d'équations Sim-

ples s'écrivant Sous La Forme Générale f(Risques, Moyens Opérationnels, Délais d'intervention)". PhD thesis.

SDIS04 (2018). "Schéma Départemental de l'Analyse et de La Couverture Des Risques", pp. 1–240.

Sénat (2022). "Rapport d'information Sur Les Investissements Dans La Sécurité Civile". *Rapport du Sénat*.

Shahparvari, Shahrooz, Masih Fadaki, and Prem Chhetri (2020). "Spatial Accessibility of Fire Stations for Enhancing Operational Response in Melbourne". *Fire Safety Journal* 117.April, p. 103149. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2020.103149.

Al-Shaqsi, Sultan Zayed Khalifah (2010). "Response Time as a Sole Performance Indicator in EMS: Pitfalls and Solutions". *Open Access Emergency Medicine* 2, pp. 1–6.

Simar, Léopold and Paul W. Wilson (Jan. 2007). "Estimation and Inference in Two-Stage, Semi-Parametric Models of Production Processes". *Journal of Econometrics* 136.1, pp. 31–64. ISSN: 0304-4076. DOI: 10.1016/j.jeconom.2005.07.009.

Smith, S et al. (2016). "Adoption of Data-Driven Decision Making in Fire Emergency Management". *24th European Conference on Information Systems, ECIS 2016*.

Song, W. G. et al. (2003). "Power-Law Distribution of City Fires". *Fire Safety Journal* 38.5, pp. 453–465. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/S0379-7112(02)00084-X.

Souliès, Dorian (2015). "Le Secours à Personne : Spatialiser, Modéliser, Outil d'aide à La Décision : Méthode d'optimisation de La Localisation Des Moyens de Secours à Personne Dans Le Cadre de La Réalisation de Documents de Planification : Application Au Département Des Alpes-Maritimes". PhD thesis. Université Nice Sophia Antipolis.

Spackman, Michael and Stewart Carter (2010). *A Cost Benefit Analysis of Options to Reduce the Risk of Fire and Rescue in Areas of New Build Homes*. ISBN: 978-1-4098-2260-8.

Stiglitz, Joseph (2000). *Economics of the Public Sector*. 3e édition. ISBN: 0-393-96651-8.

Stiglitz, Joseph, Amartya Sen, and Jean-Paul Fitoussi (2009). "Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress - Executive Summary", p. 14.

Sund, Björn and Henrik Jaldell (Apr. 2018). "Security Officers Responding to Residential Fire Alarms: Estimating the Effect on Survival and Property Damage". *Fire Safety Journal* 97, pp. 1–11. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.01.008.

Swan, David (2017). "Approche Économique Pour Les SDIS: Valeur Du Sauvé et Valeur Économique de l'activité".

– (2022). “Understanding the Economic Efficiency of Spending on Fire and Rescue Services: A Literature Review on the Causal Impacts of Fire Suppression Activities”. *Fire Technology*. ISSN: 0015-2684. DOI: 10.1007/s10694-022-01268-5.

Swan, David and Luc Baumstark (Mar. 2022). “Does Every Minute Really Count? Road Time as an Indicator for the Economic Value of Emergency Medical Services”. *Value in Health* 25.3, pp. 400–408. ISSN: 1098-3015, 1524-4733. DOI: 10.1016/j.jval.2021.09.009.

Tella, Rafeal Di and Ernesto Schargrodsky (2004). “American Economic Association Do Police Reduce Crime ? Estimates Using the Allocation of Police Forces after a Terrorist Attack”. *American Economic Review* 94.1, pp. 115–133.

The Ambulance Service: Understanding the New Standards (2019). https://nhsproviders.org/the-ambulance-service-understanding-the-new-standards.

Tillander, K, T Lindblom, and O Keski-Rahkonen (2002). “Economical Losses in Structural Fires [Taloudelliset Vahingot Rakennuspaloissa]”. *VTT Tiedotteita - Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus* 2159, pp. 3–107.

Treasury, New Zealand (2015). *Guide to Social Cost Benefit Analysis j u l y 2 0 1 5*. ISBN: 978-0-478-43698-3.

Troendlé, Catherine, Loic Hervé, and Patrick Kanner (2019). “Mission d’information Sur La Sécurité Des Sapeurs-Pompiers”. *Rapport du Sénat*.

Van Coile, Ruben, Grunde Jomaas, and Luke Bisby (2019). “Defining ALARP for Fire Safety Engineering Design via the Life Quality Index”. *Fire Safety Journal* 107.October 2017, pp. 1–14. ISSN: 03797112. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.04.015.

Vergier, Noémie, Hélène Chaput, and Ingrid Lefebvre-Hoang (May 2017). “Déserts Médicaux: Comment Les Définir? Comment Les Mesurer?” *Dircection de la Recherche, des Etudes, de l’Evaluation et des Statistiques*.

Vogel, Jean-Pierre (2019a). “Rapport d’information Fait Au Nom de La Commission Des Finances (1) Sur La Lutte Contre Les Feux de Forêts”. *Rapport du Sénat*.

– (Nov. 2019b). “Rapport Général: Tome III: Les Moyens Des Politiques Publiques et Les Dispositions Spéciales: Annexe 28c Sécurités (Programme 161 << Sécurité Civile >>)”. *Rapport du Sénat*.

Vukmir, Rade B. (May 2006). “Survival from Prehospital Cardiac Arrest Is Critically Dependent upon Response Time”. *Resuscitation* 69.2, pp. 229–234. ISSN: 03009572. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2005.08.014.

Wallace, Robert J. (1977). “Productivity Measurement in the Fire Service”. *Public Productivity Review* 2.3, pp. 12–36. ISSN: 0361-6681. DOI: 10.2307/3380221.

Weiner, Mark (2001). *The Economic Costs of Fire*. Home Office Research Study 229. London: Home Office Research, Development and Statistics Directorate. ISBN: 978-1-84082-737-8.

Weinholt, Åsa and Tobias Andersson Granberg (2015). "New Collaborations in Daily Emergency Response: Applying Cost-Benefit Analysis to New First Response Initiatives in the Swedish Fire and Rescue Service". *International Journal of Emergency Services* 4.2, pp. 177–193. ISSN: 20470908. DOI: 10.1108/IJES-01-2015-0002.

Weisbrod, Burton A. (Aug. 1964). "Collective-Consumption Services of Individual-Consumption Goods *". *The Quarterly Journal of Economics* 78.3, pp. 471–477. ISSN: 0033-5533. DOI: 10.2307/1879478.

Weiss, Steven et al. (Mar. 2013). "Does Ambulance Response Time Influence Patient Condition among Patients with Specific Medical and Trauma Emergencies?" *Southern Medical Journal* 106.3, pp. 230–235. ISSN: 00384348. DOI: 10.1097/SMJ.0b013e3182882c70.

Wickham, James et al. (2019). "Benefit Transfer Challenges: Perspectives from U.S. Practitioners". *Advances in Ecological Research* 60, pp. 1–24. DOI: 10.1007/s10640-017-0207-7.Benefit.

Wilde, ELIZABETH (2008). "Do Emergency Medical System Response Times Matter for Health Outcomes?" *Health Economics* 1131.2007, pp. 1127–1131. DOI: 10.1002/hec.

WMO (Sept. 2022). *WMO Air Quality and Climate Bulletin No. 2 - September 2022*. https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/air_quality/wmo-air-quality-and-climate-bulletin-no.2.

World Bank (June 2021). *Investment in Disaster Risk Management in Europe Makes Economic Sense: Background Report*. World Bank. DOI: 10.1596/35686.

Annexe A

Groupe de travail - *Évaluation Socio-Économique pour les SIS*

Note stratégique

Le groupe de travail mis en place par l'ENSOSP en janvier 2020 débat et développe progressivement une approche consolidée de l'évaluation socio-économique (ESE) pour les services d'incendie et de secours.

Depuis une dizaine d'années les acteurs des SDIS s'interrogent sur la manière dont ils peuvent mettre en valeur leur activité sous un angle économique . Compte tenu des activités diverses des SDIS, valoriser l'ensemble de leurs activités n'est pas chose simple et il y a de nombreuses manières de s'y prendre. L'ESE représente une opportunité pour répondre à cette demande des SDIS pour évaluer la rentabilité socio-économique de leurs activités avec la possibilité de proposer une méthodologie harmonisée à l'ensemble des SDIS.

Le GT se compose de membres du CERISC de l'ENSOSP ainsi que des acteurs de profils différents d'un certain nombre de SDIS (liste ci-après). L'objectif principal du GT est de développer une approche ESE qui serait pertinente pour les SDIS. Par cela, il est entendu que les SDIS doivent pouvoir prendre en main les outils proposés pour les exploiter avec autonomie selon leurs besoins stratégiques.

Membre du GT (postes occupés au moment des travaux):

- Audrey MOREL SENATORE · Directrice CERISC · ENSOSP
- David SWAN · Doctorant CERISC · ENSOSP
- Luc BAUMSTARK · Maître de conférences · Université Lyon 2

- Colonel Mohammed KHARRAZ · Directeur Départmental Adjoint · SDIS OISE
- Colonel Sébastien PLANCHON · Directeur Départemental Adjoint · SDIS ORNE
- Colonel Stéphane GOUEZEC · Directeur Départemental · SDIS DEUX-SEVRES
- Lieutenant-Colonel Jean-Paul MONET · Chef de groupement qualité · SDIS BOUCHES-DU-RHONE
- Mme Hanane Chadli-Mauricio · Responsable qualité · SDIS BOUCHES-DU-RHONE
- Mme Nathalie MOGUET · Controleuse de Gestion · SDIS ESSONNE
- Commandant Laurent GONDAL · Responsable suivi des grands projets · SDIS ESSONNE

Les six premiers mois de l'année 2020 ont permis au GT de lancer ses travaux avec des réunions mensuelles. Les échanges se sont enchaînés sur les intérêts de la démarche ainsi que les difficultés pouvant y exister. Au mois de mai, une réunion avec des représentantes du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) au sein du Ministère de la Transition écologique et solidaire a permis d'échanger sur la méthodologie employée pour traiter l'évaluation socio-économique des projets de prévention des inondations.

Le GT a procédé d'abord à une identification des impacts pouvant être associés aux activités des SDIS. Cela a mené à la création d'une grille exhaustive de ces différents impacts. Le but n'étant pas de proposer une valorisation de l'ensemble de ces impacts mais plutôt d'établir une hiérarchie pour les travaux à engager et les futures recherches.

Ces impacts correspondent à ce qui est souvent référencé comme le « sauvé » par les SDIS. Le GT propose de retenir le terme « dommages évités » qui est employé, par ailleurs, dans le guide méthodologique des projets de prévention des inondations . Le concept de dommages évités a renvoyé le GT sur l'obstacle majeur de l'identification de l'impact du SDIS sur les dommages. Cette phase d'identification se repose sur l'association des actions des SDIS au niveau de dommages. L'indicateur du délai d'intervention possédant toutes les caractéristiques pour pouvoir associer le niveau de réponse du SDIS aux dommages, les premiers travaux engagés ont porté sur cet indicateur.

La mobilisation de données des interventions SAP avec à la fois le délai d'intervention

et l'état de santé des victimes a permis d'établir l'impact de ce délai sur les probabilités de décès et de blessés graves des personnes secourues. Les premières estimations ont été faites à partir d'un département (SDIS 60) et une requête a été lancée ensuite via le réseau national des contrôleurs de gestion afin d'élargir l'échantillonnage et notamment impliquer plusieurs SDIS de chaque catégorie.

Les échanges avec le Commissariat Générale au Développement Durable (CGDD) ont permis d'apprécier les similitudes en termes d'impacts à valoriser entre ce domaine et les activités des SDIS. Le GT a décidé de se baser sur cette approche pour la suite de ses travaux.

A partir de ses premiers travaux sur le délai d'intervention et en s'inspirant du guide méthodologique du CGDD, une illustration est détaillée dans le point d'étape pour démontrer un exemple de l'ESE appliquée aux SDIS. Le GT propose également dans ce document une première liste d'indicateurs que les SDIS devraient chercher à quantifier pour pouvoir s'approprier cette démarche.

Perspectives

- Poursuite du travail visant à développer les indicateurs permettant aux SDIS d'appréhender la démarche ESE : hiérarchiser les impacts à mesurer et mobiliser des études de cas pour quantifier les impacts les plus importants associés aux différentes actions possibles des SDIS ;
- préparation d'un colloque scientifique : proposer un lieu d'échange à nature scientifique sur la mobilisation de la démarche ESE dans le domaine de la sécurité civile ;
- intégration dans la formation d'officier de sapeur-pompier : penser les compétences à enseigner auprès des stagiaires officiers pour la bonne prise en main des outils d'ESE.

Point d'étape

La première phase des travaux du GT a concerné les fondements de l'approche ESE qui sont les coûts et les bénéfices associés aux actions menées. Il est apparu clair que les coûts des SDIS sont bien documentés : il existe une méthodologie standardisée du calcul du coût d'un centre de secours et il existe une méthode homogène pour le calcul du coût de l'intervention.

Du côté des bénéfices, le GT a décidé de développer une grille de l'ensemble des impacts pouvant être associés aux activités des SDIS. Cela permet notamment de déterminer ce qui peut être appréhendé dès à présent en termes de valorisation

FAMILLE D'INTERVENTIONS	TYPE DE COUTS		
INCENDIE (y compris feu de nature et FdF)	DIRECTS	TANGIBLES	Dommages aux constructions
			Dommages aux biens particuliers
			Dommages aux biens professionnels
			Dommages physiques aux victimes
			Dommages environnementaux
		INTANGIBLES	Dommages psychologiques aux victimes
			Dommages visuels
			Perte de patrimoine
	INDIRECTS	TANGIBLES	Perte de productivité Perte d'activité économique
		INTANGIBLES	Dommages psychologiques aux familles
			Changements comportementaux
SAP (y compris accidents routiers)	DIRECTS	TANGIBLES	Dommages physiques aux victimes
		INTANGIBLES	Dommages psychologiques aux personnes
	INDIRECTS	TANGIBLES	Perte de productivité
		INTANGIBLES	Dommages psychologiques aux familles
			Changements comportementaux

monétaire et ce qui est à l'heure actuelle plus difficile à valoriser. Il a été choisi de définir deux familles d'interventions distinctes pour déterminer ces impacts : l'incendie et le secours à personne. Ces deux familles sont considérées dans un sens large, ainsi recouvrant les feux de forêts en ce qui concerne l'incendie et les accidents routiers en ce qui concerne le secours à personne. De cette manière les deux familles recouvrent incontestablement une grande majorité des interventions des SDIS.

Cette grille se veut avant tout être exhaustive. Ces différents impacts ont notamment pu être défini en lien avec la littérature scientifique qui existe dans d'autres secteurs. Il est clair qu'un certain nombre d'entre eux seront très difficiles à calculer à l'heure d'aujourd'hui dans le contexte des SDIS. Néanmoins, cette grille doit permettre de mener une réflexion sur la manière dont pourrait être mesuré ces différents impacts et de former une hiérarchie permettant d'appréhender d'abord les impacts les plus conséquents et qui correspondent à des approches de valorisation reconnues en sciences économiques.

Un coût direct est un coût qui peut être attribué directement à un sinistre.

Un coût tangible est un coût qui peut être monétarisé en l'état des connaissances

actuelles.

Ces impacts prennent la forme de coûts. Il convient donc d'apporter une précision sur ce que l'on calcule comme bénéfices dans le cadre des activités des SDIS. On emploie le terme « dommages évités » pour faire valoir le bénéfice de l'intervention du SDIS. Ce concept s'appuie sur un raisonnement en différentiel qui suppose un calcul des dommages en deux situations différentes que l'on dénomme situation de référence et situation d'action. Le GT s'est interrogé sur les manières possibles d'évaluer l'impact des actions des SDIS. En effet, il est nécessaire de pouvoir associer empiriquement l'action à un changement dans le niveau de dommages. Estimer cette relation repose sur la mobilisation d'un indicateur à la fois corrélé à l'action et aux dommages. La variable qui est employée le plus souvent dans la littérature scientifique est le délai d'intervention. Cet indicateur a été discuté au sein du GT et sa pertinence a été validée.

Cela a notamment entraîné les premiers travaux empiriques concernant l'impact du délai d'intervention du SDIS sur l'état de santé des victimes secourues. Le GT a mobilisé le réseau des contrôleurs de gestion des SDIS pour permettre le partage de données opérationnelles concernant le secours à personne. Ces données incluent les délais de traitement d'alerte, de départ d'engin et de route en parallèle de l'état de santé des victimes, de leur âge et de leur sexe.

Le cadre d'évaluation quasi-expérimental a également été discuté au sein du GT. Il s'agit ici de profiter des expériences de terrain qui permettent d'appréhender l'impact d'une action donnée. Il s'agit toujours de mobiliser deux situations correspondant à une référence et à une action (on peut également parler de groupe de contrôle et groupe de traitement). Il pourrait s'agir notamment de prendre deux SDIS similaires et d'évaluer l'impact d'une action qui aurait été mené dans l'un mais pas dans l'autre. En contrôlant pour différentes variables pouvant influencer l'activité de chaque SDIS, il doit être possible d'établir l'effet causal de l'action en question. Cela permet par la suite de mobiliser ces valeurs dans le cadre de l'ESE.

Le GT s'est également penché sur les particularités du secteur de la sécurité civile lorsqu'on se projette sur l'ESE des activités des SDIS. Un nombre d'obstacles ont été identifiés :

- les activités de prévention au sens large de prévention des risques de sécurité civile qui ne relèvent pas nécessairement de l'activité du SDIS : les risques de sécurité civile recouvrent les efforts d'un certain nombre de secteurs, l'activité du SDIS peut donc être affecté par une multitude de facteurs extérieurs rendant difficile l'identification de son impact ;
- le travail inter-service : les SDIS n'interviennent pas de manière exclusive

en ce qui concerne un nombre de leurs activités dont notamment le secours à personne ; comment valoriser le secours quand l'état de santé final des victimes sera déterminé en partie par les actions du secteur hospitalier ?

- la précision de données : des doutes ont été soulevé concernant la précision des délais d'intervention ainsi que l'état de santé des victimes ;
- la pertinence des indicateurs ESE pour les acteurs des SDIS : il est important que les SDIS s'approprient les indicateurs associés à la démarche ESE, cela nécessitera de la pédagogie et un accompagnement pour qu'ils puissent exploiter pleinement ces outils ;
- l'appréciation des facteurs qualitatifs : comment identifier les impacts des gestes ou des formations dans le déroulé d'une intervention ?

Le GT a ensuite échangé avec deux représentantes du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) au sein du Ministère de la Transition écologique et solidaire sur leur guide méthodologique en ce qui concerne l'évaluation socio-économique des projets de prévention d'inondations. Il a été décidé par le GT d'en faire un exemple pour les SDIS. Ce choix est justifié par les similitudes dans les enjeux étudiés : on valorise les efforts consentis par la collectivité dans la réduction d'un risque auquel la population est exposée. Cette méthodologie est détaillée ci-dessous.

Il est rappelé que la conduite de l'ESE se fait en amont d'un choix stratégique pour assister à une prise de décision rationnelle et justifiée. L'évaluation se compose des étapes suivantes :

Identification du risque et des solutions

- A quel risque le SDIS doit-il faire face ?
- Quelles actions peut-il mener pour mieux répondre à ce risque ?

Remarque : Alors que la méthodologie inondations se repose sur l'hypothèse de risque/enjeu constant, nous proposons que les SDIS mobilisent les notions de risques émergents dans leur emploi de l'ESE

Exemple : Le vieillissement de la population peut augmenter la sollicitation du SDIS dans le temps : quelle réponse le SDIS peut-il mener pour mieux y répondre ?

Définition du périmètre

- Le périmètre géographique : l'étendue des impacts à prendre en compte
- La temporalité : pendant quelle durée l'action à mener sera-t-il pertinent ?

- Situation de référence : en absence d'une nouvelle action, que se passera-t-il ?

Quantification du risque

- Intensité et probabilité d'occurrence : envisager plusieurs scénarios plus ou moins probables d'une intensité plus ou moins forte

Remarque : Mobiliser plusieurs scénarios permet de faire une moyenne pondérée concernant l'impact de l'action à mener.

Quantification des enjeux

- Quels indicateurs permettent de mesurer les conséquences du risque ? Exemple : Pour le secours à personne on peut mobiliser la probabilité de décès ou de blessure grave selon le scénario retenu

Mesure des dommages et des coûts

- Associer les indicateurs d'enjeux à l'action du SDIS pour établir le niveau de dommages associé à l'action et à la situation de référence ;
- Calculer l'ensemble des coûts associés à l'action et la situation de référence ;
- Le calcul est fait sur la durée de vie de l'action, les bénéfices et coûts futurs sont actualisés.

Remarque : Pour l'activité opérationnelle il est proposé d'utiliser le délai d'intervention pour associer l'action des SDIS au niveau de dommages

Définition des indicateurs synthétiques pour résumer les résultats

- Ces indicateurs permettent de synthétiser l'impact socio-économique de l'action envisagée.

Remarque : Ces indicateurs peuvent être séparés en 3 familles :

- *Efficacité : reflète la réussite de l'action menée, peut être de forme monétaire ou non (exemple : Dommages évités par l'extinction d'un incendie) ;*
- *Coût-efficacité : associe le coût de l'action pour obtenir une unité des bénéfices associés (exemple : Coût engagé par personne sauvée) ;*
- *Efficience : associe l'ensemble des coûts et des bénéfices pour déterminer la rentabilité de l'action (exemple : Ratio bénéfices/coûts de l'ensemble des activités d'un SDIS ou Valeur Actuelle Nette (VAN))*

Analyse de sensibilité

- Permet de prendre en compte l'incertitude dans l'évaluation

Exemple: La valeur des marchandises dans un entrepôt est incertaine et peut varier. On calcule les dommages à +/- 20%.

A partir de cette méthodologie et des premiers résultats qui ont pu être obtenu concernant l'impact socio-économique d'un changement du délai d'intervention, le GT propose ci-après un exemple simplifié d'une ESE dans le contexte d'un SDIS.

Illustration

Un SDIS prépare l'implantation d'une nouvelle caserne pour proposer une meilleure couverture d'un bassin de vie émergent.

- Périmètre géographique = périmètre d'intervention de la nouvelle caserne ;
- durée de vie = 5 ans ;
- situation de référence : le nouveau bassin de vie sera couvert par les casernes existantes.

L'ensemble des coûts de la nouvelle caserne sont calculés sur la durée de vie de l'action :

ANNEE	COUTS			
	Construction	Personnel	Entretien	Total € (actualisés 4%)
N	1 500 000€	200 000€	8 000€	1 708 000€
N+1		210 000€	8 000€	209 615€
N+2		210 000€	8 500€	202 016€
N+3		220 000€	8 500€	203 136€
N+4		225 000€	9 000€	200 024€
N+5		230 000€	9 000€	196 441€
N+6		240 000€	10 000€	197 579€
N+7		240 000€	10 000€	189 979€
N+8		250 000€	11 000€	190 710€
N+9		255 000€	12 000€	187 591€

Le SDIS calcule que cette caserne permettra d'intervenir en moyenne 2 minutes plus rapidement sur 500 interventions dans ce bassin de vie la première année par rapport à la situation de référence. On propose que chaque minute réduit les probabilités de décès et de blessés grave de 0,1%. On mobilise les valeurs tutélaires de 3 000 000€ pour un décès évité et de 450 000€ pour un blessé grave évité.

- Risque : augmentation activité SAP - indicateur : nombre d'interventions supplémentaires = 500 dans l'année N (on suppose que la population augmente d'année en année et du coup le nombre d'interventions aussi)

- Enjeu : risque de décès et de blessure grave - indicateur : probabilité de décès et de blessure grave selon délai d'intervention = +0,1%/minute
- Action : augmentation de couverture territoriale - indicateur : réduction du délai d'intervention = 2 minutes

ANNEE	Interventions	Décès évités	BG évités	Bénéfices € (actualisés 4%)
N	500	1	1	3 450 000€
N+1	520	1,04	1,04	3 450 000€
N+2	540	1,08	1,08	3 444 896€
N+3	560	1,12	1,12	3 435 082€
N+4	580	1,16	1,16	3 420 926€
N+5	600	1,2	1,2	3 402 778€
N+6	620	1,24	1,24	3 380 966€
N+7	640	1,28	1,28	3 355 797€
N+8	660	1,32	1,32	3 327 563€
N+9	680	1,36	1,36	3 296 537€

La somme des coûts est de 3 485 090€ et la somme des bénéfices de 33 964 546€. La VAN est donc de 30 479 456€ (sans analyse de sensibilité) et la ratio bénéfice-coût de 9,7.

La capacité à produire ce type d'évaluation repose sur la robustesse des indicateurs permettant d'associer l'action du SDIS aux bénéfices que l'on souhaiterait évaluer. Ce lien de cause à effet ne peut être établi qu'à partir de données réelles.

Cet exemple a été simplifié sur plusieurs fronts mais permet néanmoins d'apprécier directement l'intérêt stratégique de l'ESE ex-ante pour justifier certaines actions.

Afin de pouvoir appréhender l'impact des différentes actions possibles dans ce cadre d'évaluation, il est préconisé par le GT que les SDIS développent les indicateurs ci-dessous. Cela permettra aux SDIS de se projeter sur la conceptualisation de l'ESE et les enjeux qui y sont associés – notamment l'identification des impacts de leurs activités – par eux-mêmes.

Pour produire ces indicateurs il s'agit toujours d'effectuer des calculs en différentiel : une référence vs une action précise. Les deux situations doivent être clairement définis en parallèle des chiffres présentés par le biais de ces indicateurs, à la fois de manière qualitative (description de la couverture employée dans chaque situation) et quantitative (méthode de calcul pour associer la couverture aux dommages).

Impact	Indicateur
Dommages aux personnes	Décès évités
	Blessé grave évités
Dommages aux biens	M² sauvés
	Nbr de logements protégés
Dommages au patrimoine	Nbr d'enjeux historiques protégés
	Ha d'espaces naturelles protégés
Dommages à l'environnement	M² sauvés
	Durée de brûlage évitée
Dommages à l'économie	Nbr d'emplois protégés
	Valeur des marchandises sauvées

Calendrier GT

Le groupe de travail *ESE pour les SIS* s'est réuni régulièrement pendant près de deux ans.

- 24/10/2019 - réunion GT
- 04/02/2020 - réunion GT
- 04/03/2020 - réunion GT
- 16/04/2020 - réunion GT
- 13/05/2020 - réunion avec deux membres du commissariat général du développement durable
- 01/07/2020 - réunion avec deux membres de la DGSCGC pour présenter les travaux
- 11/02/2021 - réunion GT
- 30/03/2021 - réunion GT
- 19/05/2021 - réunion GT
- 08/07/2021 - réunion GT

Communications du GT

Le groupe de travail *ESE pour les SIS* a proposé trois webinaires au deuxième semestre 2021 à destination de tous les acteurs des SIS pour communiquer sur le sujet du calcul socio-économique.

- 05/10/2021 - *L'évaluation socio-économique ex-post : valoriser le SIS*
- 09/11/2021 - *L'évaluation socio-économique ex-ante : défendre les choix du*

SIS

- 07/12/2021 - *L'évaluation socio-économique pour une économie de la sécurité civile : positionner le SIS*

Le contenu est disponible via le lien suivant :

http://pnrs.ensosp.fr/Plateformes/Management/Actualites/Webinaires-ESE-l-application-des-methodes-d-evaluation-socio-economiques-aux-activites-des-services-d-incendie-et-de-secours/(mode)/full

Annexe B

Documents relatifs aux SIS

B.1 SDACR

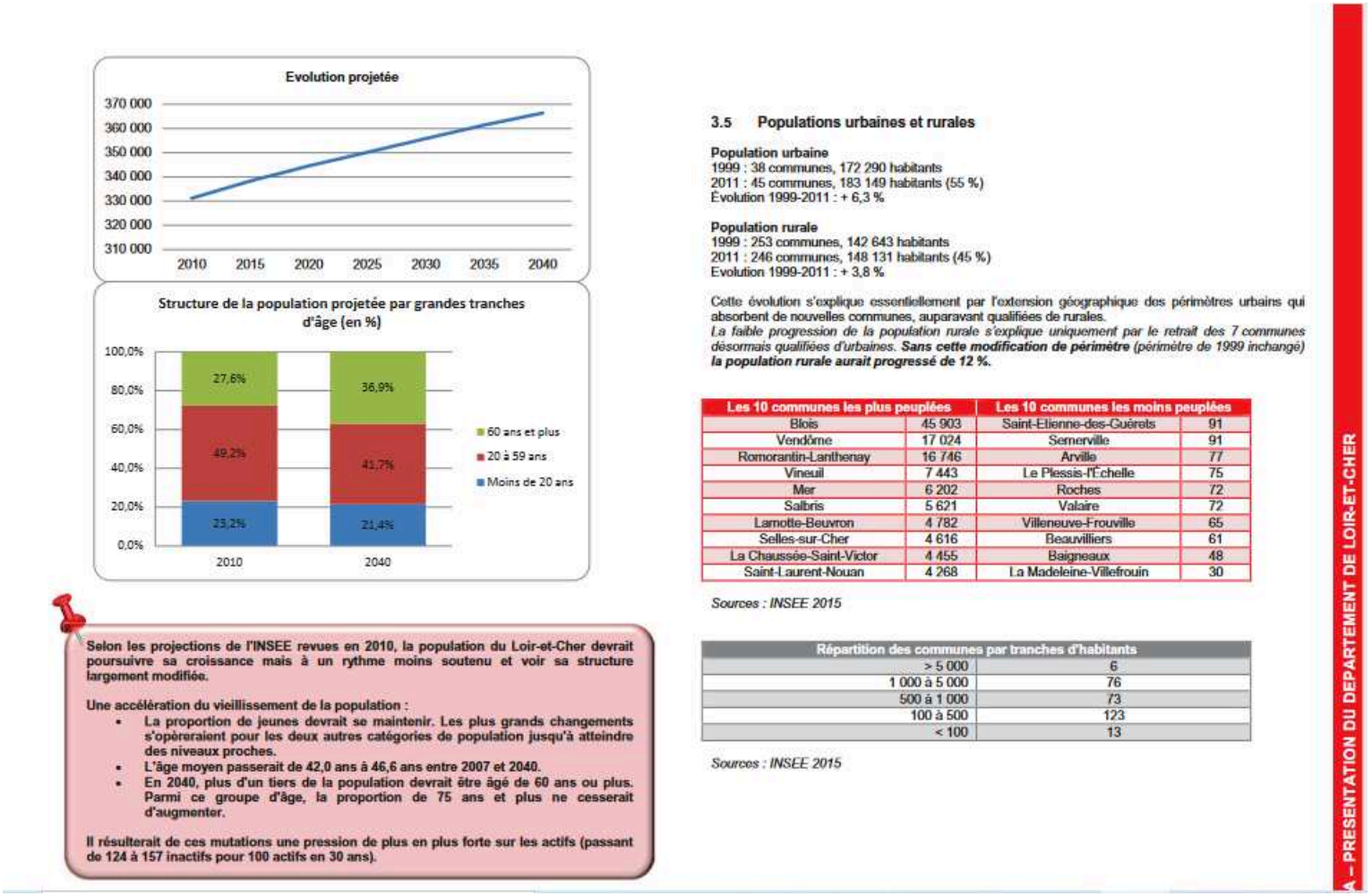
Le Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques (SDACR) dresse l'inventaire des risques de toute nature pour la sécurité des personnes et des biens auxquels doivent faire face les services d'incendie et de secours dans le département et détermine les objectifs de couverture de ces risques par ceux-ci (DGSCGC, 2020b). L'architecture type du SDACR comporte notamment (DGSCGC, 2020b):

- la production d'une monographie du département et des éléments prospectifs, vue sous le prisme géographique, sociologique et économique
- la description de l'organisation territoriale et fonctionnelle du SIS
- l'intégration des actions de prévention, de réduction des risques et de préparation opérationnelle
- l'analyse statistique des risques courants
- la couverture des risques courants au moyen d'une méthodologie matricielle simple s'appuyant sur des indicateurs nationaux d'appréciation et générant des indicateurs locaux
- l'analyse des risques complexes classés par type et gradués en fonction de l'emprise territoriale et de la notion de renfort extra-départementale
- la couverture des risques complexes gradués
- la couverture assurée par les unités spécialisées est inhérente à chaque niveau de risque
- l'identification des forces et des limites de la couverture opérationnelle

- la définition d'une stratégie opérationnelle

Nous présentons ci-dessous dans la figure B.1 un extrait d'un SDACR qui met en évidence le travail de prospective engagé par les SIS. En particulier, nous pouvons y observer l'importance accordée à la démographie de la population. Ce travail permet notamment de caractériser les risques sur le territoire en matière de secours à personne. Le SDACR s'appuie sur ces éléments pour ensuite détailler le maillage territorial et, le cas échéant, donner les orientations pour l'avenir en termes du dimensionnement du service.

Figure B.1: Extrait d'un Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques



Source : SDIS 41

B.2 RO

Les modalités d'intervention opérationnelle de tous les moyens relevant des services d'incendie et de secours (corps départemental et des corps communaux ou intercommunaux) sont déterminées par le règlement opérationnel. L'organisation de la direction opérationnelle et du commandement des opérations de secours est précisée dans ce règlement. Il fixe les consignes relatives aux différentes missions des services d'incendie et de secours. Nous y retrouvons également des informations relatives aux effectifs déployés dans chaque centre d'incendie et de secours :

Nous voyons dans la figure B.2 l'organisation des effectifs permettant d'assurer le maillage territorial par centre de secours. Nous observons une répartition inégale des effectifs dans les différents centres de secours, ce qui découle du fait que ces centres sont de taille différente et avec des moyens matériels différents. La capacité à intervenir n'est pas fixe, le potentiel opérationnel journalier peut varier entre le jour et le weekend, notamment dans la répartition des effectifs de garde et d'astreinte. Nous voyons ainsi l'optimisation de ses moyens de la part des SIS pour produire une couverture des risques adaptée.

B.3 Guides de doctrine opérationnelle

Les guides de doctrine opérationnelle donnent un ensemble d'informations permettant d'apprécier les principes généraux des missions des SIS - comme la lutte contre l'incendie et le secours et les soins d'urgences aux personnes.

Nous voyons dans la figure B.3 la définition des objectifs pour les interventions sur les incendies de structure. L'hiérarchie est claire : d'abord protéger les personnes et garantir la sécurité des intervenants, ensuite protéger les biens et enfin l'environnement face au feu. L'efficacité des SIS doit alors être apprécie par ce prisme - la sécurité des intervenants, par exemple, prime sur la protection des biens.

B.4 Classement des malades du SMUR

La classification cliniques des malades du SMUR (CCMS) est un score permettant d'évaluer la gravité de l'état de santé d'un patient.

- CCMS I : Malade stable ne nécessitant aucun geste thérapeutique, ni diagnostique, ni de surveillance sur les lieux
- CCMS II : Malade stable nécessitant au moins un geste thérapeutique, ou

Figure B.2: Extrait d'un règlement opérationnel de SIS

Secteurs	CIS	Jours semaine			Samedis jour			Nuits, dimanches et jours fériés		
		Effectifs RO			Effectifs RO			Effectifs RO		
		Garde postée (≤ 2')	Astreinte RO (≤ 8')	GARDE RO	Garde postée (≤ 2')	Astreinte RO (≤ 8')	GARDE RO	Garde postée (≤ 2')	Astreinte RO (≤ 8')	GARDE RO
Haguenau	Haguenau	14	0	14	11	3	14	9	5	14
	Schweighouse	0	0	0	0	0	0	0	4	4
	Val de Moder	3	4	7	0	7	7	0	7	7
	Woerth	3	0	3	0	9	9	0	7	7
	Lembach	0	0	0	0	4	4	0	4	4
	Niederbronn	3	4	7	3	6	9	0	7	7
Brumath	Brumath	9	0	9	6	3	9	0	9	9
	Bischwiller	7	0	7	6	3	9	0	7	7
	Soufflenheim	3	1	4	0	7	7	0	7	7
	Gambsheim	0	3	3	0	3	3	0	3	3
Soultz-sous-Forêts	Soultz Forets	10	3	13	10	8	18	0	9	9
	Wissembourg							0	9	9
	Lauterbourg	3	1	4	0	4	4	0	7	7
	Seltz				0	4	4	0	7	7
Saverne	Saverne	14	0	14	11	3	14	6	8	14
	Hochfelden	0	7	7	0	7	7	0	7	7
	Marmoutier	0	3	3	0	4	4	0	4	4
	Ingwiller	6	3	9	0	9	9	0	9	9
	Bouxwiller	0	3	3	0	7	7	0	7	7
	Wingen/Moder	0	0	0	0	3	3	0	7	7
Sarre Union	Sarre Union	6	3	9	6	3	9	0	9	9
	Petersbach	0	4	4	0	4	4	0	7	7
	Diemeringen	0	0	0	0	0	0	0	4	4
	Drulingen	0	6	6	0	6	6	0	7	7
Nord EMS	Nord EMS	21	0	21	21	0	21	18	0	18
	Vendenheim	6	0	6	6	0	6	0	6	6
	Hoenheim-Souffelweyersheim	3	0	3	3	0	3	0	3	3

Source : SDIS 67

Figure B.3: Extrait du guide de doctrine opérationnel sur les incendies de structures

Chapitre 2 - Principes généraux de la lutte contre l'incendie

Section I - de la définition des objectifs opérationnels à la démarche d'amélioration continue

Les objectifs fondamentaux du service d'incendie et de secours peuvent, conformément aux dispositions législatives et réglementaires, être définis de la manière suivante :

- Protéger les personnes soumises directement ou indirectement aux effets de l'incendie ;
- Préserver les biens ;
- Protéger l'environnement des effets de l'incendie.

Ces objectifs doivent être appréhendés in situ par le commandant des opérations de secours en tenant compte de la connaissance des risques et de leurs enjeux et en particulier de la sécurité et du soutien des intervenants.

Ils sont ensuite déclinés en fonction des actions possibles par rapport au gain apporté ou espéré, en fonction du ou des choix tactiques du COS, et par conséquent de la montée en puissance des moyens dans le temps.

Les actions de lutte contre l'incendie déclaré, s'inscrivent dans un dispositif plus vaste pour la prise en compte du risque, faisant une part croissante aux actions préventives (en grande partie réglementaires mais pas uniquement) dans laquelle le citoyen est appelé à être le premier acteur de sa sécurité et de la sécurité collective.

Compte tenu de la singularité de chaque opération de lutte contre l'incendie, en tenant compte des paramètres définis ci-dessus, l'atteinte de ces objectifs peut passer par les étapes suivantes :

- Stabiliser la situation ;
- Contrôler puis éteindre l'incendie ;
- Réduire et supprimer le risque.

L'organisation de la réponse est par conséquent adaptée aux risques locaux, ainsi qu'aux ressources disponibles.

La santé et la sécurité des intervenants fait partie du premier objectif relatif aux personnes.

Source : DGSCGC

diagnostique ou de surveillance

- CCMS III : Etat clinique pouvant s'aggraver, sans mise en jeu immédiate du pronostic vital
- CCMS IV : Pronostic vital ou fonctionnel immédiat engagé, sans nécessité de geste de réanimation vitale
- CCMS V : Pronostic vital engagé, avec nécessité de geste de réanimation vitale
- CCMS VI : Victime décédée à l'arrivée des secours (pas de geste de réanimation engagé)

Annexe C

Présentation des données

C.1 Données SIS

C.1.1 INFOSDIS

Au niveau national, les données des SIS sont remontées à l'administration centrale via une enquête annuelle dénommé INFOSDIS et font sujet d'une publication - les statistiques annuelles des services d'incendie et de secours. Dans le cadre de cette thèse, la DGSCGC a autorisé le partage des données brutes de cette enquête sur les dix dernières années (2010-2019).

Ces données sont découpées en plusieurs parties, représentant au total plus de 300 variables. La première partie porte sur les effectifs des SIS, comporte 34 variables portant sur le nombre de sapeurs-pompiers professionnels et volontaires ainsi que le personnel des services de santé et de secours médical (SSSM) et précisé également le nombre d'officiers de sapeurs-pompiers présent dans chaque type de centre de secours (centre de secours principal, centre de secours, centre de première intervention ainsi qu'à l'état major et la direction du SDIS).

La deuxième partie concerne l'organisation du SDIS avec 44 variables portant sur le nombre de CIS sur le territoire et le POJ moyen de chaque type de CIS. La troisième partie regroupe les données sur le matériel des SDIS avec 42 variables, incluant non seulement le nombre de chaque type d'engins ainsi que ceux destinés à l'activité opérationnelle et ceux réservés à la formations mais également le vétusté au travers de la moyenne d'âge.

La quatrième partie regroupe les indicateurs nationaux des SIS avec pas moins de 29 variables recensées. Ces données concernent les délais d'intervention, des indicateurs liés à l'activité de secours d'urgence aux personnes tels que le nombre de

victimes arrivées vivant à l'hôpital et le nombre de victimes choquées par défibrillateur automatique ou encore le nombre de visites préventionnistes effectuées dans les Établissements Recevant du Public (ERP). Toutefois, il convient de souligner qu'il y a de nombreuses données manquantes en ce qui concerne ces indicateurs.

La cinquième partie concerne les finances avec 14 variables comprenant les dépenses de fonctionnement dont le personnel, l'habillement, le carburant et PTT ainsi que les dépenses d'investissement dont les constructions et le matériel. Il est important de souligner que les dépenses renseignées à l'année n sont en fait les dépenses prévisionnelles pour l'année n+1. Les données ont ainsi été ajustées pour prendre cela en compte, en retenant l'hypothèse que les dépenses prévisionnelles sont égales aux dépenses réelles.

La sixième partie concerne le recensement des victimes et comporte 193 variables. Ces données recouvrent l'ensemble de typologies d'intervention en recensant le nombre de décès, le nombre de blessés graves, le nombre de blessés légers et le nombre de personnes indemnes.

La septième et dernière partie concerne les qualifications des sapeurs-pompiers. 30 variables y figurent dont le nombre de professionnels et de volontaires spécialisés dans chaque domaine ainsi que les vétérinaires, les infirmiers, les médecins et les pharmaciens.

Face à un certain nombre de données manquantes, il a été nécessaire de choisir une option pour compléter les séries statistiques. Alors que la publication INFOSDIS applique - en cas de données manquantes - la moyenne de sa catégorie de SDIS à un département (Cour des Comptes, 2019), il a été choisi de compléter les séries avec la valeur de l'année précédente ou l'année suivante où cela a été possible.

C.1.2 Données territoriales

A l'échelle territoriale, les SIS gèrent un système d'information qui recense chaque appel reçu par le CTA. Ces données permettent un suivi précis de l'activité opérationnelle. Nous y retrouvons en particulier les données suivantes :

- l'heure de l'appel au secours, l'heure de la transmission d'alerte au centre de secours, l'heure de départ des moyens de secours, l'heure d'arrivée sur les lieux, l'heure de retour au centre de secours
- la typologie de risque de l'appel au secours
- le libellé précis de l'intervention au moment de l'appel au secours
- le libellé du sinistre une fois sur les lieux

- le type et le nombre de véhicules engagés
- l'état de santé de la victime
- la présence d'un médecin du SMUR sur les lieux
- le transport ou non de la victime à l'hôpital
- les gestes appliqués à la victime
- la stabilité de l'état de santé de la victime

C.2 Autres sources de données

D'autres données ont été mobilisées dans le cadre de ce travail de thèse. Nous avons cherché au mieux possible de rapprocher ces données de celles disponibles relatives à l'activité des SIS. Pour ce faire, nous nous sommes efforcés de trouver des données sur la même période (2010-2019) et au même niveau de découpage géographique (départemental).

C.2.1 L'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE)

De l'INSEE, nous mobilisons les données portant sur la démographie et le niveau de vie des populations.

Pour la démographie, il s'agit des estimations produites par l'INSEE et disponible par sexe et grande classe d'âge :

https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893198

Pour le niveau de vie, il s'agit des données "filosofi" :

https://www.insee.fr/fr/statistiques/5055909

C.2.2 Observatoire des territoires

Nous avons exploité les données disponibles avec un découpage géographique au niveau départemental pour l'indicateur d'accessibilité potentielle localisée aux médecins généralistes de moins de 65 ans.

Ces données ont été téléchargées via le lien suivant :

https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/accessibilite-potentielle-localisee-apl-aux-medecins-generalistes-de-moins-de-65-ans

Nous avons également téléchargé depuis ce site les données relatives à l'exposition aux risques majeurs des communes :

https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/communes-soumises-un-alea-ou-un-risque-naturel-ou-technologique

Il s'agit des communes possédant un dossier départemental sur les risques majeurs (DDRM). Ce sont des données issues de la Base nationale de Gestion ASsistée des Procédures Administratives relatives aux Risques (GASPAR)

C.2.3 Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM)

De la CNAM, nous utilisons les données relatives aux honoraires des médecins libéraux disponibles à l'échelle départemental. Nous avons pris uniquement les chiffres relatifs aux médecins libéraux généralistes. Ces données ont été téléchargées via le lien suivant (pour certaines années, les données ont du être demandées auprès de la CNAM) :

https://assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/par-theme/professionnels-et-etablissements-de-sante/honoraires-professionnels-sante-liberaux

C.2.4 Score Santé

De score santé, nous exploitons notamment les données relatives au nombre total de médecins généralistes sur chaque territoire et du nombre de bénéficaires de la CMU-C. Ces données ont été téléchargées via le lien suivant :

https://www.scoresante.org/fiches_STATISS.aspx

C.2.5 European Quality of Government

Ces données sont proposées à l'échelle régional. Il s'agit de données d'enquête portant sur la perception, l'expérience et les croyances des citoyens vis-à-vis du secteur public. Les variables que nous retenons concernent spécifiquement :

- la perception de la qualité des services publics
- les croyances sur l'impartialité dans l'allocation des services publics
- la perception et l'expérience avec la corruption dans le secteur public

Ces données sont produites par le *Quality of Governement Institute* (Charron, Lapuente, and Annoni, 2019) et ont été téléchargées via le lien suivant :

https://www.gu.se/en/quality-government/qog-data/data-downloads/european-

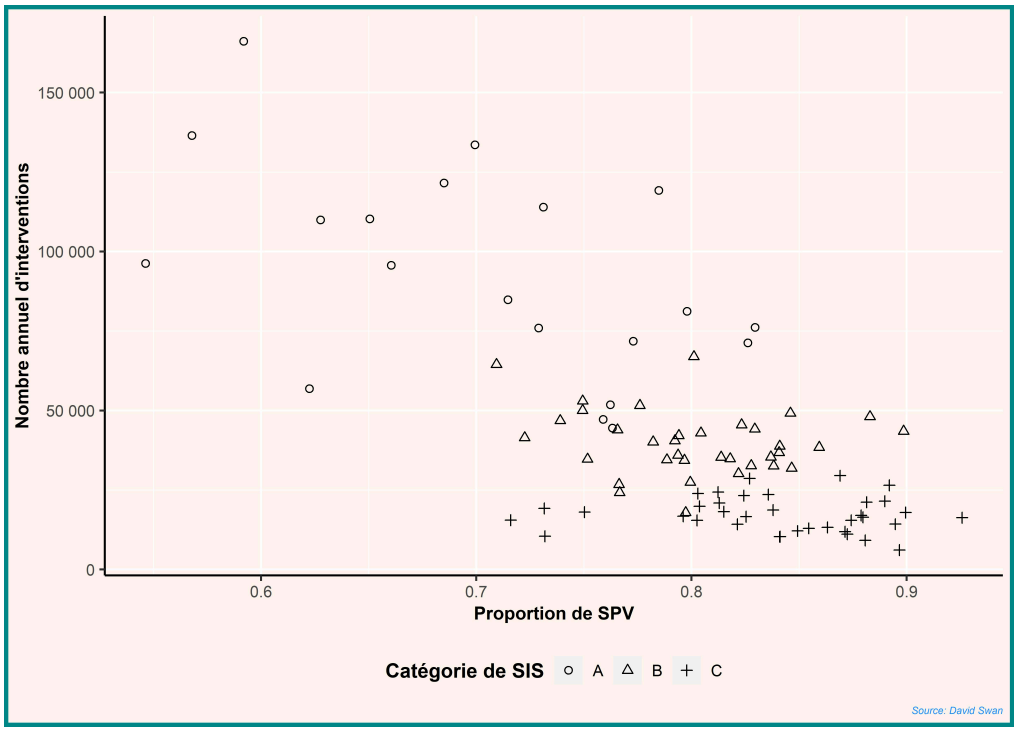
quality-of-government-index

Annexe D

Compléments chapitre 1

D.1 Graphiques supplémentaires

Figure D.1: Corrélation entre l'activité opérationnelle et la proportion de sapeurs-pompiers volontaires au sein du SIS



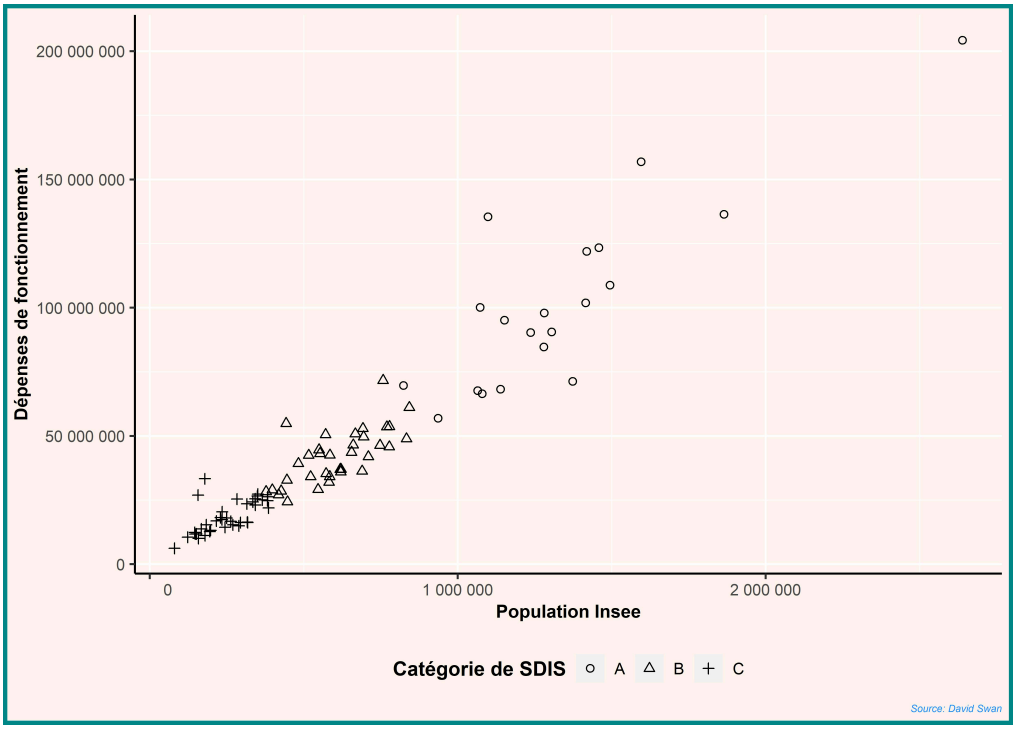
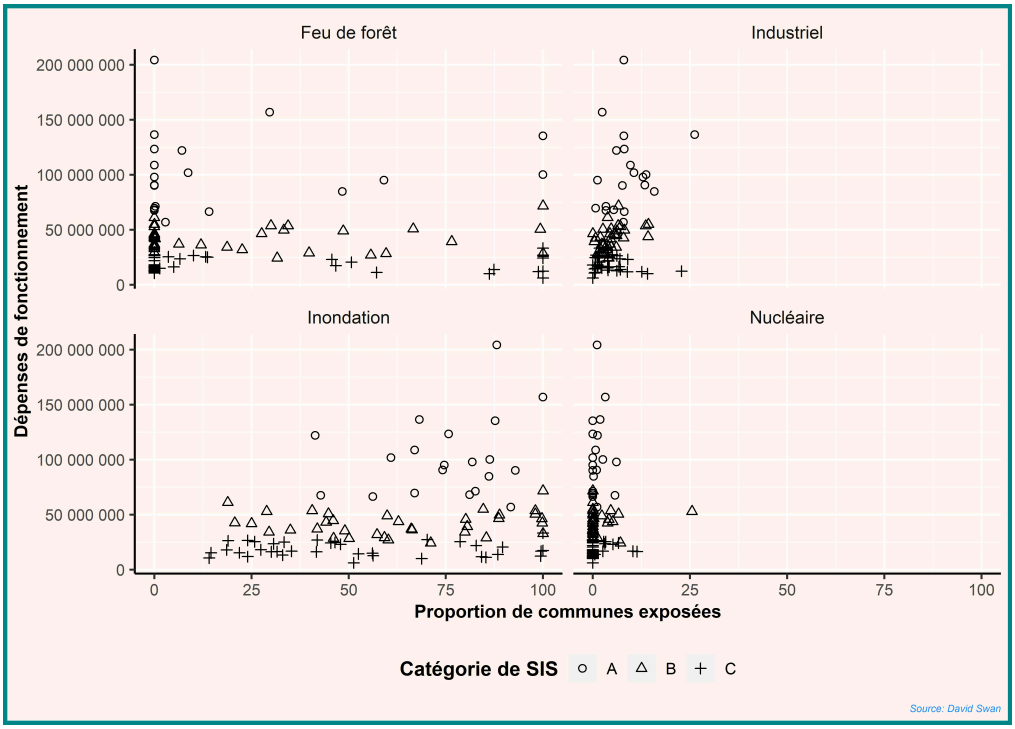


Figure D.2: Corrélation entre la taille de la population et les dépenses de fonctionnement des services départementaux et territoriaux d'incendie et de secours

Figure D.3: Corrélation entre l'exposition aux risques complexes et les dépenses de fonctionnement des services départementaux d'incendie et de secours



Annexe E

Compléments chapitre 2

Mots clés et critères de recherche *SCOPUS* :

TITLE-ABS-KEY ("fire and rescue" OR "fire department" OR "fire service" OR "fire brigade" AND "cost benefit" OR "economic evaluation" OR "cost effectiveness" OR "damage" OR "loss" OR "impact" OR “benefits” OR “response time” OR “fire suppression” OR “effects”) AND PUBYEAR $>$ 1989 AND PUBYEAR $<$ 2022

Mots clés et critères de recherche *Google Scholar* :

intitle:"fire" OR abstract:"fire" AND "fire and rescue service" OR "fire department" OR "fire service" OR "fire brigade" AND "cost benefit" OR "economic evaluation" OR "cost effectiveness" Period: 1990-2020

Mots clés et critères de recherche *Fire Technology* :

ISSN (1572-8099) AND ALL ("fire and rescue" OR "fire department" OR "fire service" OR "fire brigade" AND "cost benefit" OR "economic evaluation" OR "cost effectiveness" OR "damage" OR "loss" OR "impact") AND PUBYEAR $>$ 1989 AND PUBYEAR $<$ 2021

Mots clés et critères de recherche *Fire Safety Journal* :

ISSN (0379-7112) AND ALL ("fire and rescue" OR "fire service" AND "cost benefit" OR "economic evaluation" OR "cost effectiveness" OR "damage" OR "loss" OR "impact") AND PUBYEAR $>$ 1989 AND PUBYEAR $<$ 2021

Annexe F

Compléments chapitre 3

F.1 Modèles de régression logistiques

La procédure d'estimation mobilisée dans le chapitre 3 se base sur des modèles existants et reconnus de régression logistique que l'on peut définir comme suit:

Dans le modèle binomial, une série de prédicteurs linéaires (le vecteur B_K sont régressés sur le logarithme de la probabilité de la variable discrète qui constitue la variable dépendante:

$$logit(E\{Y|X\}) = logit[P(Y = 1 = \text{décès})] = log\left(\frac{P(Y = 1)}{P(Y = 0)}\right) = X \cdot B_K \tag{F.1}$$

La probabilité peut ensuite être calculée:

$$E(Y) = Prob(Y = 1) = \frac{e^{X \cdot B_K}}{1 + e^{X \cdot B_K}} \tag{F.2}$$

Enfin, il est possible de calculer l'effet marginal pour la variable β_k:

$$\frac{\partial E(Y)}{\partial \beta_k} = \frac{e^{X \cdot B_K}}{(1 + e^{X \cdot B_K})^2}\beta_k \tag{F.3}$$

Le modèle suivant est estimé:

$$log\left(\frac{\text{P(Y=Décès)}}{P(Y = Survie)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 \cdot AgeVictime + \beta_3 \cdot GendreVictime + X \cdot B_K \tag{F.4}$$

Dans le modèle 1, x_1 correspond au délai d'intervention total alors que dans le

modèle 2 il correspond au délai de route. X est une matrice de variables explicatives associés au vecteur B de K prédicteurs linéaires qui correspondent à des variables muettes pour les catégories de département, les différentes années dans la période étudiée et les différents libellés d'interventions (*urgence vitale*, *traumatisme*, *accident de la route* et *autre*).

Le modèle multinomial est appliqué avec un niveau de référence composé des états de santé *indemne* et *blessé léger*, permettant l'estimation de l'impact du délai d'intervention sur la transition de cet état de santé aux états les plus graves, soit le risque de blessure grave et de décès.

Y=1 pour l'état de santé *sans gravité*, Y=2 pour blessé grave et Y=3 pour décédé. Il en découle que le modèle pour estimer la probabilité de blessure grave s'écrit ainsi:

$$logit(E\{Y = 2|X\}) = logit[P(Y = 2)] = log\left(\frac{\text{P(Etat=Blessé grave)}}{P(\text{Etat=}sans\ gravité)}\right) = X \cdot B_K \quad \text{(F.5)}$$

Comme précédemment, l'exponentiel permet de retrouver les probabilités:

$$E(Y) = Prob(Y = 2) = \frac{E^{X \cdot B_{2,K}}}{1 + e^{X \cdot B_{2,K}} + e^{X \cdot B_{3,K}}} \quad \text{(F.6)}$$

Le modèle à estimer est le suivant et ressemble au cas binomial:

$$log\left(\frac{\text{P(Y=Blessé grave)}}{\text{P(Y=}Sans\ gravité)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 \cdot AgeVictime + \beta_3 \cdot GendreVictime + X \cdot B_K \quad \text{(F.7)}$$

Annexe G

Compléments chapitre 5

G.1 Résultats supplémentaires

Figure G.1: Les inégalités dans la qualité perçue des dépenses publiques de la part des citoyens (European Quality of Governement Index - EQI)

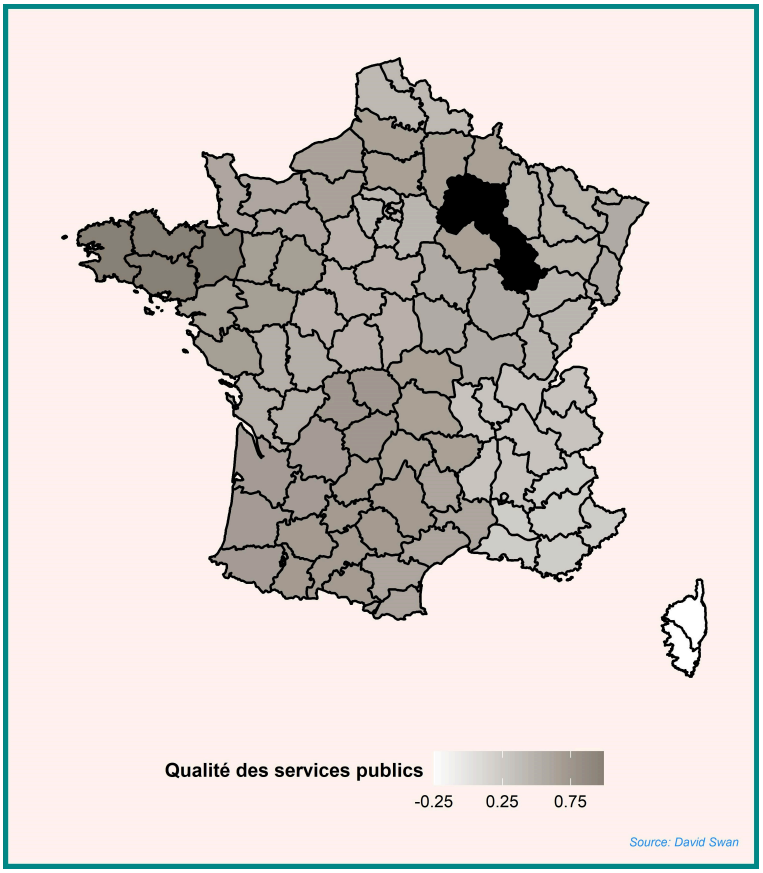


Table G.1: Scores d'efficience DEA par SDTIS

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
1	Ain	0.41	0.32	0.63	0.36	0.22	0.04
2	Aisne	0.62	0.54	0.71	0.54	0.09	−0.004
3	Allier	0.60	0.40	0.64	0.43	0.05	0.03
4	Alpes-de-Haute-Provence	0.50	0.36	0.57	0.36	0.08	−0.001
5	Hautes-Alpes	0.56	0.51	0.57	0.47	0.01	−0.04
6	Alpes-Maritimes	1	0.94	1	0.69	0	−0.25
7	Ardèche	0.48	0.32	0.55	0.29	0.07	−0.03
8	Ardennes	0.47	0.44	0.59	0.33	0.12	−0.12
9	Ariège	0.93	0.73	0.89	0.71	−0.04	−0.02
10	Aube	0.48	0.32	0.78	0.33	0.31	0.01
11	Aude	0.64	0.38	0.64	0.44	−0.004	0.06
12	Aveyron	0.50	0.38	0.62	0.39	0.12	0.01
13	Calvados	0.59	0.57	0.75	0.50	0.16	−0.07
14	Cantal	0.55	0.54	0.63	0.59	0.07	0.04
15	Charente	0.74	0.49	0.79	0.49	0.05	0.01
16	Charente-Maritime	0.82	0.44	0.78	0.45	−0.04	0.02

Table G.1: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
17	Cher	0.59	0.49	0.66	0.40	0.07	−0.09
18	Corrèze	0.58	0.39	0.66	0.42	0.07	0.03
19	Côte-d'Or	0.55	0.45	0.68	0.41	0.13	−0.04
20	Côtes-d'Armor	0.52	0.38	0.55	0.34	0.03	−0.04
21	Creuse	0.58	0.58	0.77	0.70	0.19	0.12
22	Dordogne	0.75	0.45	0.76	0.44	0.01	−0.001
23	Doubs	0.46	0.38	0.65	0.39	0.19	0.001
24	Drôme	0.45	0.31	0.60	0.28	0.16	−0.03
25	Eure	0.74	0.54	0.79	0.59	0.04	0.05
26	Eure-et-Loir	0.59	0.31	0.64	0.42	0.05	0.11
27	Finistère	0.69	0.42	0.68	0.42	−0.02	−0.003
28	Corse-du-Sud	0.99	0.63	0.99	0.58	0.003	−0.05
29	Haute-Corse	0.80	0.50	0.90	0.50	0.10	0.003
30	Gard	1	0.58	0.92	0.68	−0.08	0.10
31	Haute-Garonne	1	0.56	1	0.56	0	0.001
32	Gers	0.52	0.40	0.61	0.46	0.08	0.06
33	Gironde	0.99	0.47	1	0.56	0.01	0.09

Table G.1: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
34	Hérault	0.95	0.30	1	0.34	0.05	0.04
35	Ille-et-Vilaine	0.53	0.37	0.62	0.40	0.09	0.03
36	Indre	0.57	0.44	0.72	0.47	0.15	0.04
37	Indre-et-Loire	0.70	0.47	0.91	0.45	0.21	−0.02
38	Isère	1	0.73	1	0.70	0	−0.03
39	Jura	0.39	0.27	0.55	0.33	0.16	0.07
40	Landes	0.60	0.42	0.64	0.44	0.04	0.01
41	Loir-et-Cher	0.59	0.50	0.66	0.39	0.08	−0.11
42	Loire	0.55	0.42	0.67	0.48	0.13	0.06
43	Haute-Loire	0.36	0.29	0.45	0.35	0.09	0.06
44	Loire-Atlantique	0.58	0.36	0.85	0.42	0.27	0.06
45	Loiret	0.53	0.34	0.63	0.46	0.10	0.12
46	Lot	0.63	0.51	0.70	0.58	0.07	0.07
47	Lot-et-Garonne	0.77	0.55	0.67	0.51	−0.10	−0.04
48	Lozère	0.66	0.66	0.73	0.73	0.07	0.07
49	Maine-et-Loire	0.57	0.41	0.61	0.40	0.04	−0.01
50	Manche	0.58	0.46	0.58	0.41	−0.001	−0.06

Table G.1: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
51	Marne	0.86	0.47	0.72	0.38	−0.14	−0.09
52	Haute-Marne	0.42	0.36	0.61	0.43	0.19	0.06
53	Mayenne	0.47	0.39	0.48	0.39	0.01	0.01
54	Meurthe-et-Moselle	0.63	0.70	0.90	0.65	0.27	−0.05
55	Meuse	0.47	0.41	0.53	0.45	0.06	0.03
56	Morbihan	0.58	0.38	0.84	0.60	0.26	0.22
57	Moselle	0.54	0.45	0.75	0.50	0.21	0.05
58	Nièvre	0.61	0.46	0.82	0.50	0.20	0.04
59	Nord	1	1	1	1	0	0
60	Oise	0.71	0.58	0.69	0.59	−0.02	0.01
61	Orne	0.62	0.41	0.65	0.47	0.03	0.06
62	Pas-de-Calais	1	0.64	1	0.91	0	0.27
63	Puy-de-Dôme	0.47	0.40	0.60	0.41	0.13	0.01
64	Pyrénées-Atlantiques	0.75	0.40	0.84	0.51	0.09	0.10
65	Hautes-Pyrénées	0.63	0.49	0.63	0.52	0.0004	0.03
66	Pyrénées-Orientales	0.74	0.43	0.93	0.43	0.20	0.005
67	Bas-Rhin	0.56	0.46	1	1	0.44	0.54

Table G.1: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
68	Haut-Rhin	0.72	0.54	0.79	0.57	0.07	0.03
69	Rhône	1	1	1	1	0	0
70	Haute-Saône	0.56	0.46	0.58	0.39	0.02	−0.07
71	Saône-et-Loire	0.42	0.28	0.80	0.32	0.38	0.04
72	Sarthe	0.51	0.35	0.60	0.35	0.09	0.0000
73	Savoie	0.50	0.38	0.58	0.38	0.08	−0.001
74	Haute-Savoie	0.58	0.35	0.75	0.32	0.17	−0.03
75	Seine-Maritime	0.69	0.44	0.84	0.60	0.15	0.16
76	Seine-et-Marne	0.85	0.63	0.97	0.65	0.12	0.01
77	Yvelines	0.95	0.87	1	1	0.05	0.13
78	Deux-Sèvres	0.68	0.49	0.62	0.41	−0.06	−0.08
79	Somme	0.69	0.33	0.78	0.48	0.09	0.15
80	Tarn	0.82	0.52	0.79	0.51	−0.03	−0.01
81	Tarn-et-Garonne	0.85	0.51	0.86	0.58	0.01	0.07
82	Var	1	0.64	1	0.74	−0	0.11
83	Vaucluse	1	0.88	0.93	0.50	−0.07	−0.38
84	Vendée	0.61	0.32	0.76	0.33	0.15	0.01

Table G.1: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
85	Vienne	0.78	0.46	0.90	0.40	0.12	−0.06
86	Haute-Vienne	0.77	0.58	0.85	0.62	0.08	0.04
87	Vosges	0.56	0.40	0.58	0.32	0.02	−0.08
88	Yonne	0.48	0.55	0.74	0.38	0.25	−0.17
89	Territoire de Belfort	1	1	1	1	0	0
90	Essonne	0.97	0.98	1	0.86	0.03	−0.12
91	Val-d'Oise	1	1	1	1	0	0

Table G.2: Scores d'efficience DEA avec contrôles environnementales par SDTIS

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
1	Ain	0.35	0.27	0.59	0.29	0.24	0.02
2	Aisne	0.55	0.46	0.65	0.47	0.10	0.01
3	Allier	0.54	0.33	0.59	0.36	0.05	0.03
4	Alpes-de-Haute-Provence	0.41	0.29	0.50	0.27	0.09	-0.01
5	Hautes-Alpes	0.45	0.40	0.48	0.36	0.03	-0.04
6	Alpes-Maritimes	0.79	0.77	0.85	0.58	0.06	-0.19
7	Ardèche	0.42	0.26	0.50	0.23	0.08	-0.04
8	Ardennes	0.38	0.36	0.51	0.24	0.13	-0.12
9	Ariège	0.77	0.59	0.77	0.56	0.01	-0.04
10	Aube	0.40	0.25	0.70	0.24	0.31	-0.01
11	Aude	0.53	0.31	0.57	0.36	0.04	0.05
12	Aveyron	0.43	0.30	0.56	0.30	0.13	0.004
13	Calvados	0.52	0.48	0.69	0.43	0.16	-0.05
14	Cantal	0.46	0.44	0.53	0.46	0.07	0.02
15	Charente	0.63	0.39	0.72	0.38	0.09	-0.01
16	Charente-Maritime	0.71	0.36	0.72	0.40	0.003	0.03

Table G.2: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
17	Cher	0.54	0.41	0.60	0.32	0.07	-0.09
18	Corrèze	0.50	0.31	0.59	0.32	0.09	0.02
19	Côte-d'Or	0.46	0.38	0.61	0.33	0.15	-0.05
20	Côtes-d'Armor	0.47	0.32	0.51	0.29	0.04	-0.03
21	Creuse	0.48	0.48	0.66	0.55	0.18	0.08
22	Dordogne	0.66	0.37	0.71	0.36	0.05	-0.01
23	Doubs	0.39	0.32	0.60	0.32	0.21	-0.004
24	Drôme	0.37	0.25	0.55	0.23	0.18	-0.02
25	Eure	0.66	0.46	0.72	0.52	0.06	0.06
26	Eure-et-Loir	0.53	0.26	0.59	0.35	0.06	0.09
27	Finistère	0.62	0.36	0.62	0.36	-0.004	0.003
28	Corse-du-Sud	0.82	0.49	0.86	0.44	0.04	-0.06
29	Haute-Corse	0.66	0.38	0.78	0.37	0.12	-0.01
30	Gard	0.85	0.47	0.84	0.55	-0.01	0.08
31	Haute-Garonne	0.82	0.46	0.91	0.46	0.08	0.003
32	Gers	0.45	0.32	0.54	0.36	0.09	0.04
33	Gironde	0.83	0.40	0.91	0.47	0.07	0.07

Table G.2: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
34	Hérault	0.81	0.25	0.84	0.28	0.04	0.02
35	Ille-et-Vilaine	0.47	0.31	0.58	0.35	0.11	0.03
36	Indre	0.49	0.35	0.65	0.37	0.16	0.02
37	Indre-et-Loire	0.62	0.39	0.85	0.37	0.24	-0.02
38	Isère	0.85	0.57	0.90	0.54	0.05	-0.04
39	Jura	0.33	0.21	0.48	0.25	0.14	0.04
40	Landes	0.51	0.35	0.56	0.36	0.04	0.01
41	Loir-et-Cher	0.50	0.42	0.60	0.31	0.10	-0.11
42	Loire	0.49	0.35	0.63	0.41	0.14	0.06
43	Haute-Loire	0.31	0.23	0.38	0.27	0.07	0.04
44	Loire-Atlantique	0.49	0.31	0.78	0.37	0.28	0.06
45	Loiret	0.47	0.29	0.57	0.40	0.10	0.12
46	Lot	0.54	0.41	0.61	0.46	0.07	0.05
47	Lot-et-Garonne	0.70	0.47	0.62	0.43	-0.08	-0.04
48	Lozère	0.54	0.54	0.61	0.58	0.06	0.04
49	Maine-et-Loire	0.49	0.35	0.57	0.35	0.08	-0.01
50	Manche	0.52	0.39	0.53	0.34	0.005	-0.05

Table G.2: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
51	Marne	0.74	0.37	0.66	0.31	-0.08	-0.07
52	Haute-Marne	0.34	0.29	0.54	0.33	0.20	0.04
53	Mayenne	0.40	0.32	0.41	0.31	0.01	-0.01
54	Meurthe-et-Moselle	0.54	0.60	0.84	0.54	0.29	-0.05
55	Meuse	0.39	0.33	0.45	0.35	0.06	0.02
56	Morbihan	0.50	0.32	0.75	0.45	0.25	0.13
57	Moselle	0.47	0.39	0.69	0.42	0.22	0.03
58	Nièvre	0.53	0.37	0.74	0.39	0.20	0.02
59	Nord	0.87	0.75	0.94	0.80	0.07	0.04
60	Oise	0.62	0.49	0.64	0.48	0.02	-0.004
61	Orne	0.54	0.34	0.57	0.38	0.03	0.04
62	Pas-de-Calais	0.83	0.53	0.89	0.73	0.06	0.19
63	Puy-de-Dôme	0.41	0.35	0.57	0.35	0.16	0.002
64	Pyrénées-Atlantiques	0.64	0.33	0.79	0.44	0.14	0.10
65	Hautes-Pyrénées	0.54	0.40	0.54	0.41	0.001	0.02
66	Pyrénées-Orientales	0.60	0.36	0.86	0.35	0.25	-0.01
67	Bas-Rhin	0.47	0.40	0.85	0.72	0.39	0.33

Table G.2: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
68	Haut-Rhin	0.63	0.45	0.73	0.46	0.11	0.01
69	Rhône	0.85	0.79	0.93	0.79	0.08	-0.003
70	Haute-Saône	0.46	0.36	0.49	0.29	0.04	-0.07
71	Saône-et-Loire	0.36	0.23	0.75	0.25	0.39	0.02
72	Sarthe	0.45	0.30	0.56	0.29	0.11	-0.01
73	Savoie	0.44	0.32	0.54	0.32	0.09	-0.0003
74	Haute-Savoie	0.52	0.30	0.69	0.27	0.17	-0.02
75	Seine-Maritime	0.60	0.37	0.78	0.52	0.18	0.15
76	Seine-et-Marne	0.74	0.52	0.91	0.54	0.16	0.01
77	Yvelines	0.84	0.73	0.90	0.78	0.06	0.04
78	Deux-Sèvres	0.57	0.40	0.54	0.31	-0.04	-0.08
79	Somme	0.58	0.27	0.72	0.41	0.13	0.13
80	Tarn	0.73	0.42	0.72	0.41	-0.01	-0.02
81	Tarn-et-Garonne	0.75	0.41	0.79	0.45	0.03	0.04
82	Var	0.76	0.54	0.87	0.61	0.11	0.07
83	Vaucluse	0.77	0.76	0.87	0.41	0.10	-0.35
84	Vendée	0.54	0.26	0.70	0.28	0.16	0.01

Table G.2: suite

	Département	Efficience 2010 (M1)	Efficience 2010 (M2)	Efficience 2019 (M1)	Efficience 2019 (M2)	Δ Efficience (M1)	Δ Efficience (M2)
85	Vienne	0.68	0.37	0.81	0.30	0.14	-0.07
86	Haute-Vienne	0.68	0.48	0.77	0.50	0.09	0.02
87	Vosges	0.48	0.34	0.53	0.26	0.06	-0.08
88	Yonne	0.40	0.47	0.66	0.29	0.26	-0.19
89	Territoire de Belfort	0.77	0.76	0.79	0.72	0.02	-0.04
90	Essonne	0.85	0.82	0.88	0.76	0.03	-0.06
91	Val-d'Oise	0.84	0.80	0.90	0.83	0.06	0.03

Table G.3: Calcul de la valeur d'une vie statistique par département

Département	Délai moyen	1% délai	Multiplicateur une minute	Coût/tête pour Δ 1%	Coût/tête par minute	Coût total par minute	Taux décès	Vies sauvées	Coût par vie sauvée
Paris	490	4.90	12.24	0.04	0.52	3528082.00	0.01	3.15	1119720.00
Ain	698	6.98	8.60	0.06	0.49	323420.40	0.01	0.24	1363176.00
Aisne	605	6.05	9.92	0.07	0.69	381428.40	0.02	0.80	477282.60
Allier	787	7.87	7.62	0.07	0.50	174965.70	0.02	0.35	504448.90
Alpes-de-Haute-Provence	1003	10.03	5.98	0.07	0.42	71053.05	0.03	0.58	122232.30
Hautes-Alpes	813	8.13	7.38	0.07	0.54	78778.08	0.02	0.17	461625.20
Alpes-Maritimes	660	6.60	9.09	0.11	0.97	1061661.00	0.01	0.99	1070709.00
Ardèche	917	9.17	6.54	0.06	0.41	136954.40	0.01	0.41	332555.60
Ardennes	941	9.41	6.38	0.08	0.49	139594.30	0.03	0.69	202251.00
Ariège	1032	10.32	5.81	0.05	0.32	50196.28	0.03	0.48	105355.30
Aube	530	5.30	11.32	0.04	0.51	160419.00	0.04	0.24	659828.70
Aude	733	7.33	8.19	0.06	0.53	199694.70	0.02	0.39	511380.40
Aveyron	1018	10.18	5.89	0.04	0.26	75940.38	0.04	0.84	90367.34
Bouches-du-Rhône	618	6.18	9.71	0.17	1.63	1918340.00	0.01	2.79	688525.70
Calvados	757	7.57	7.93	0.05	0.40	286485.00	0.01	0.50	574097.30
Cantal	762	7.62	7.87	0.07	0.53	80273.78	0.03	0.22	360320.90

Table G.3: suite

Département	Délai moyen	1% délai	Multiplicateur une minute	Coût/tête pour Δ 1%	Coût/tête par minute	Coût total par minute	Taux décès	Vies sauvées	Coût par vie sauvée
Charente	861	8.61	6.97	0.06	0.41	150634.50	0.04	0.44	344858.90
Charente-Maritime	858	8.58	6.99	0.06	0.42	280325.00	0.03	1.04	270396.30
Cher	887	8.87	6.76	0.06	0.44	137141.40	0.03	0.59	233561.60
Corrèze	968	9.68	6.20	0.06	0.38	96128.77	0.01	0.31	311794.80
Côte-d'Or	748	7.48	8.02	0.05	0.37	201726.00	0.02	0.49	407829.90
Côtes-d'Armor	789	7.89	7.60	0.05	0.39	242418.70	0.02	0.61	395273.20
Creuse	870	8.70	6.90	0.07	0.51	62779.51	0.03	0.18	342149.50
Dordogne	810	8.10	7.41	0.06	0.43	182346.70	0.02	0.37	491426.30
Doubs	706	7.06	8.50	0.07	0.57	316186.90	0.02	0.61	518834.50
Drôme	1022	10.22	5.87	0.06	0.33	172674.20	–	–	–
Eure	657	6.57	9.13	0.05	0.46	283160.80	0.02	0.84	336695.30
Eure-et-Loir	867	8.67	6.92	0.06	0.44	195623.50	0.02	0.57	341259.00
Finistère	769	7.69	7.80	0.05	0.41	382993.80	0.03	0.91	423047.70
Corse-du-Sud	706	7.06	8.50	0.15	1.26	197542.80	0.01	0.16	1257157.00
Haute-Corse	769	7.69	7.80	0.16	1.25	224101.90	0.01	0.19	1195945.00
Gard	667	6.67	9.00	0.08	0.73	555943.30	0.02	0.83	673043.70
Haute-Garonne	743	7.43	8.08	0.04	0.36	496537.40	0.03	1.25	396612.30

Table G.3: suite

Département	Délai moyen	1% délai	Multiplicateur une minute	Coût/tête pour Δ 1%	Coût/tête par minute	Coût total par minute	Taux décès	Vies sauvées	Coût par vie sauvée
Gers	720	7.20	8.33	0.06	0.48	94978.87	0.03	0.30	319545.30
Gironde	840	8.40	7.14	0.08	0.61	966354.20	0.02	2.11	456931.20
Hérault	973	9.73	6.17	0.07	0.44	505651.20	0.03	3.69	137055.50
Ille-et-Vilaine	598	5.98	10.03	0.05	0.53	575216.20	0.03	0.48	1196165.00
Indre	758	7.58	7.92	0.07	0.54	123723.70	0.03	0.33	373809.80
Indre-et-Loire	713	7.13	8.42	0.05	0.43	268505.90	0.004	0.11	2489575.00
Isère	739	7.39	8.12	0.06	0.46	593000.70	0.02	1.50	395385.70
Jura	795	7.95	7.55	0.05	0.37	99937.38	0.02	0.28	360106.80
Landes	879	8.79	6.83	0.06	0.38	159312.20	0.02	0.58	275771.60
Loir-et-Cher	812	8.12	7.39	0.06	0.43	146794.80	0.02	0.42	349675.40
Loire	646	6.46	9.29	0.06	0.55	429966.50	0.01	0.38	1123774.00
Haute-Loire	756	7.56	7.94	0.06	0.51	118547.00	0.01	0.17	698255.90
Loire-Atlantique	655	6.55	9.16	0.06	0.57	804457.30	0.03	1.39	579627.30
Loiret	726	7.26	8.26	0.07	0.55	377265.30	0.02	0.65	583833.70
Lot	979	9.79	6.13	0.05	0.33	59016.52	0.03	0.55	106899.40
Lot-et-Garonne	625	6.25	9.60	0.06	0.62	210847.80	0.05	0.87	242251.10
Lozère	1440	14.40	4.17	0.07	0.28	22204.48	0.03	0.25	90493.33

Table G.3: suite

Département	Délai moyen	1% délai	Multiplicateur une minute	Coût/tête pour Δ 1%	Coût/tête par minute	Coût total par minute	Taux décès	Vies sauvées	Coût par vie sauvée
Maine-et-Loire	620	6.20	9.68	0.05	0.49	408047.20	0.03	0.99	412333.30
Manche	823	8.23	7.29	0.07	0.52	267074.50	0.03	0.91	291987.40
Marne	637	6.37	9.42	0.05	0.47	277430.30	0.03	0.67	417151.90
Haute-Marne	660	6.60	9.09	0.07	0.65	120213.90	0.02	0.19	618216.10
Mayenne	697	6.97	8.61	0.04	0.38	120665.20	0.03	0.36	333657.70
Meurthe-et-Moselle	563	5.63	10.66	0.05	0.57	426210.30	0.02	0.49	878680.90
Meuse	811	8.11	7.40	0.06	0.42	81247.96	0.03	0.29	277020.20
Morbihan	834	8.34	7.19	0.06	0.43	332373.40	0.03	0.90	371020.50
Moselle	606	6.06	9.90	0.05	0.54	577295.20	0.03	1.42	406532.80
Nièvre	795	7.95	7.55	0.07	0.51	109617.10	0.03	0.39	281253.80
Nord	451	4.51	13.30	0.07	0.89	2343660.00	0.02	0.95	2460289.00
Oise	566	5.66	10.60	0.06	0.66	558690.80	0.02	0.48	1152145.00
Orne	703	7.03	8.53	0.05	0.41	119426.20	0.02	0.42	283503.20
Pas-de-Calais	605	6.05	9.92	0.06	0.62	930219.20	0.02	2.68	346554.10
Puy-de-Dôme	625	6.25	9.60	0.07	0.63	420565.70	0.03	1.02	413314.70
Pyrénées-Atlantiques	720	7.20	8.33	0.06	0.51	356883.10	0.03	1.02	350202.90
Hautes-Pyrénées	738	7.38	8.13	0.07	0.61	143271.90	0.03	0.55	260703.20

Table G.3: suite

Département	Délai moyen	1% délai	Multiplicateur une minute	Coût/tête pour Δ 1%	Coût/tête par minute	Coût total par minute	Taux décès	Vies sauvées	Coût par vie sauvée
Pyrénées-Orientales	751	7.51	7.99	0.07	0.56	270474.70	0.03	0.69	392830.70
Bas-Rhin	652	6.52	9.20	0.05	0.47	541074.30	0.02	0.88	616559.90
Haut-Rhin	690	6.90	8.70	0.05	0.44	343247.80	0.02	0.81	425270.90
Rhône	601	6.01	9.98	0.06	0.63	1174213.00	0.01	1.28	916145.00
Haute-Saône	726	7.26	8.26	0.05	0.42	102519.70	0.03	0.40	254361.60
Saône-et-Loire	900	9	6.67	0.05	0.35	203032.90	0.02	1.18	172734.50
Sarthe	774	7.74	7.75	0.05	0.37	213517.40	0.03	0.84	253333.10
Savoie	801	8.01	7.49	0.11	0.80	354467.70	0.02	0.46	771152.40
Haute-Savoie	795	7.95	7.55	0.07	0.55	453539.20	0.01	0.53	849993.20
Seine-Maritime	651	6.51	9.22	0.07	0.61	778373.70	0.02	1.70	458840.40
Seine-et-Marne	674	6.74	8.90	0.07	0.66	936346.70	0.01	1.28	733493.60
Yvelines	485	4.85	12.37	0.07	0.90	1316224.00	0.01	0.67	1957387.00
Deux-Sèvres	723	7.23	8.30	0.05	0.41	156898.20	0.03	0.50	312069.80
Somme	670	6.70	8.96	0.06	0.56	328651.40	0.03	0.84	390949.80
Tarn	721	7.21	8.32	0.06	0.52	207888.40	0.02	0.37	562652.80
Tarn-et-Garonne	735	7.35	8.16	0.05	0.45	117779.10	0.03	0.37	317858.10
Var	626	6.26	9.58	0.08	0.77	827505.60	0.02	1.78	464006.50

Table G.3: suite

Département	Délai moyen	1% délai	Multiplicateur une minute	Coût/tête pour Δ 1%	Coût/tête par minute	Coût total par minute	Taux décès	Vies sauvées	Coût par vie sauvée
Vaucluse	682	6.82	8.80	0.08	0.67	383474.30	0.01	0.43	882204.50
Vendée	769	7.69	7.80	0.05	0.35	244284.60	0.04	1.09	224176.90
Vienne	882	8.82	6.80	0.05	0.32	142573.20	0.04	0.45	316554.30
Haute-Vienne	678	6.78	8.85	0.06	0.52	200320.40	0.04	0.55	366320.40
Vosges	724	7.24	8.29	0.06	0.46	176691.50	0.03	0.65	271756.70
Yonne	742	7.42	8.09	0.07	0.54	190766.50	0.04	0.67	284392.00
Territoire de Belfort	498	4.98	12.05	0.07	0.83	122288.20	0.02	0.10	1238231.00
Essonne	769	7.69	7.80	0.06	0.47	609284.50	0.02	1.23	496963.30
Val-d'Oise	522	5.22	11.49	0.06	0.72	894871.40	0.02	0.60	1494521.00

Annexe H

Activités scientifiques

Publications scientifiques

- *Value in Health - Does Every Minute Really Count? Road Time as an Indicator for the Economic Value of Emergency Medical Services* - soumis le 16 février 2021, accepté pour publication le 15 septembre 2021 - co-écrit avec Luc Baumstark
- *Fire Technology - Understanding the Economic Efficiency of Spending on Fire and Rescue Services : A Literature Review on the Causal Impacts of Fire Suppression Activities* - soumis le 22 février 2021, accepté pour publication le 1 mai 2022

Présentations en conférence scientifique

- *43èmes journées des économistes de la santé français - L'offre de premiers soins dans les déserts médicaux : Analyse des effets de substitution entre la médecine libérale et les services de secours* - présentation par visioconférence le 1er décembre 2021
- *Augustin Cournot Doctoral Days - La production des services d'incendie et de secours et l'arbitrage égalité-efficience* - présentation à Strasbourg le 23 mai 2022