HAL
archives-ouvertes.fr

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

Dorian Souliès

To cite this version:

Dorian Souliès. 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. Géographie. Université Nice Sophia Antipolis, 2015. Français. <NNT : 2015NICE2034>. <tel-01281669>

HAL Id: tel-01281669

https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01281669

Submitted on 2 Mar 2016

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.

UNIVERSITÉ NICE SOPHIA ANTIPOLIS – ÉCOLE DOCTORALE LETTRES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES – UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE ESPACE 7300 DU CNRS – UFR ESPACES ET CULTURES

THÈSE DE DOCTORAT

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

Présentée par
Dorian SOULIÈS

Sous la direction de
Mme Christine VOIRON-CANICIO
Professeur des universités

En vue d'obtenir le grade de
Docteur de l'Université Nice Sophia Antipolis

Discipline : Géographie

Soutenue publiquement à Nice, le 14 décembre 2015, devant le jury composé de :

M. Emmanuel ELIOT, Professeur, Université de Rouen	Examinateur
M. Didier JOSSELIN, Directeur de recherche, CNRS, UMR ESPACE Avignon	Rapporteur
M. François POUGET, Médecin lieutenant-colonel, Médecin-chef adjoint, SDIS 06	Encadrant
Mme Isabelle THOMAS, Directeur de recherches, FRS-FNRS, Professeur, Université catholique de Louvain	Rapporteur
Mme Christine VOIRON-CANICIO, Professeur, Université Nice Sophia Antipolis	Directrice

Coordonnées du laboratoire :

UMR ESPACE 7300 du CNRS
98, boulevard Edouard Herriot
BP 3209 - 06204 NICE Cedex 3
Tél. : +33 (0)4 93 37 54 64
Fax : +33 (0)4 93 37 55 34
www.umrespace.org
Directrice : Christine Voiron-Canicio
(E-mail) Christine.Voiron@unice.fr

*****

Coordonnées de l'auteur :

Dorian Souliès
UMR ESPACE 7300 du CNRS
98, boulevard Edouard Herriot
BP 3209 - 06204 NICE Cedex 3
(E-mail) soulies@unice.fr

Remerciements

Si la thèse est à bien des égards un exercice solitaire, elle ne peut être réalisée vraiment seul. Je tiens à remercier, ici, toutes les personnes qui ont contribué, de prêt, ou de loin, à l'aboutissement de cette thèse.

En premier lieu, je tiens à remercier chaleureusement ma directrice de thèse, Christine Voiron-Canicio. C'est grâce à elle, et par le plus grand des hasards, que j'ai pu concilier ma passion pour la géographie, avec ma passion pour les sapeurs-pompiers, et ce, dès le Master 1. Sa présence, son soutien, ses conseils, à tous les moments décisifs de mon parcours, tout au long de ces années, ont été sans faille. Je la remercie également pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et permis de travailler dans les meilleures conditions.

En deuxième lieu, je tiens à remercier, le médecin colonel Jacques Barberis, sans qui cette thèse n'aurait pas pu voir le jour. En effet, parmi tous les partenaires socioprofessionnels que j'ai rencontrés, c'est le seul à avoir été vraiment attentif à mon projet de recherche et à m'avoir soutenu dans ma démarche de financement CIFRE[1] auprès de sa hiérarchie. Je le remercie aussi profondément pour la confiance et la liberté totale qu'il m'a accordées dans mon travail, et l'ouverture d'esprit dont il a fait preuve face à un domaine de recherche qu'il ne connaissait pas. C'est suffisamment rare pour être souligné.

En troisième lieu, je tiens à remercier le médecin lieutenant-colonel François Pouget, pour tout le travail de suivi, de coordination et de soutien technique et administratif qu'il a réalisé afin de faciliter mes démarches auprès des différents services du SDIS 06[2]. Ce travail a été essentiel au bon déroulement de ma thèse. Cela lui a demandé une grande disponibilité et beaucoup de patience. Au fil du temps, les rendez-vous mensuels aidant, son soutien est allé bien au-delà. J'ai pu ainsi bénéficier de beaucoup de ses conseils, recommandations et suggestions, tant sur le plan professionnel, que personnel. Je le remercie enfin pour le travail minutieux de relecture et de validation qu'il a réalisé. Ma thèse n'a vraiment plus aucun secret pour lui.

Mes plus sincères remerciements vont ensuite à Isabelle Thomas, Emmanuel Eliot, et Didier Josselin pour avoir accepté de lire et d'évaluer ce travail. Leur présence dans mon jury est un véritable honneur.

Je remercie en outre Isabelle Thomas pour m'avoir accueilli dans son laboratoire à Louvain-la-Neuve et consacré plusieurs jours de son emploi du temps chargé. Ce séjour a été déterminant et très riche en enseignements. J'en profite pour remercier Dominique

[1] Convention industrielle de formation par la recherche
[2] Service départemental d'incendie et de secours des Alpes-Maritimes.

Peeters et Grégory Vandenbulcke-Plasschaert qui ont également consacré de leur temps à ma recherche et prodigué de précieux conseils lors de ce séjour.

Je remercie l'ANRT[1] et le SDIS 06, cofinanceurs de cette thèse, dans le cadre d'une convention CIFRE, sans oublier le colonel Patrick Bauthéac, qui était directeur départemental du SDIS 06, pour la confiance qu'il m'a accordé ; ainsi que tous les membres du SDIS 06 que j'ai été amené à croiser : le lieutenant-colonel Olivier Riquier, qui a accepté de participer à mon comité de thèse, Jean-Philippe Chauvin et Véronique Boyer, pour leur éclairage sur le projet SIPA, le commandant Franck Fiorelli ; mais aussi les personnels du service de santé et de secours médical, des services prévision, cartographie, informatique, juridique, avec une mention spéciale pour le bureau des volontaires, et plus particulièrement Stéphanie Urban-Calvi, pour les moments de convivialité qu'ils m'ont offerts à chacune de mes visites au SDIS.

Cette thèse ne serait pas ce qu'elle est sans le lourd travail réalisé par le sergent-chef Jean-Christophe Meyer et le Docteur François Valli, pour isoler et extraire des bases de données du SDIS et du SAMU, les données opérationnelles sur le secours à personne dont j'avais besoin. Je ne les remercierai jamais assez pour leur disponibilité et leur patience.

De la même manière, je remercie tous ceux qui ont bien voulu répondre à mes questions sur les méthodes utilisées par les professionnels pour optimiser la localisation des moyens de secours : le commandant Michel Astruz, le capitaine Christophe Bellengier, le docteur Pierre Blanc, le commandant Henri Brot, le capitaine Philippe Chauvin, le commandant Alain Dégioanni, le docteur Marie-Claude Dumont, le docteur Christian Favier, M. Morel, le docteur Christine Sagnes Raffy, le colonel (e.r.) Jean-françois Schmauch.

Mes remerciements vont aussi à Stéphanie Cocherel, Cécile Delimal, Stanislas Pachulski, Jay Sandu et Doug Sterling, de la société ESRI[2], pour avoir pris le temps de répondre à mes très nombreuses sollicitations et questions au sujet des algorithmes de localisation-allocation contenus dans le module Network-Analyst.

Je remercie évidemment très chaleureusement l'ensemble des enseignants, chercheurs, ingénieurs et gestionnaires de l'UMR ESPACE[3], plus spécifiquement celles et ceux du site de Nice, que j'ai côtoyé et avec qui j'ai partagé tant de choses. J'ai une pensée particulière pour Samuel Robert, car c'est lui qui m'a donné le goût de la recherche à l'occasion d'un stage réalisé au sein du laboratoire en Licence 3. Il m'a appris à poser les bonnes questions et à formaliser ma pensée. J'ai encore mal à la tête rien que d'y repenser. J'associe à ces remerciements le doyen, le directeur et les secrétaires de l'UFR[4] Espaces et Cultures au sein duquel j'ai eu la chance d'enseigner durant deux ans en tant qu'ATER[5].

[1] Association nationale de la recherche et de la technologie.
[2] *Environmental Systems Research Institute.*
[3] Unité mixte de recherche sur l'étude des structures, des processus d'adaptation et des changements de l'espace.
[4] Unité de formation et de recherche.
[5] Attaché temporaire d'enseignement et de recherche.

Je n’oublie pas les jeunes docteurs, doctorants et étudiants avec qui j’ai partagé plus que de simples années d’études. Des liens d’amitiés se sont tissés avec bon nombre d’entre eux. Je pense tout particulièrement à Alexis Conesa, Matthieu Gioanni, Stéphanie Guedj, Sandrine Hernandez, Yuji Kato, Sophie Liziard, Sébastien Passel et Floriane Scarella.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui ont considérablement enrichi cette thèse grâce à leur travail de relecture et correction. Ils se reconnaîtront.

Je terminerai en ayant une pensée pour mes grands-parents, mes parents, ma sœur, Mélissa, mon frère, Aubrien, et Anaé, qui me soutiennent dans tous mes choix et sans qui je ne serais pas là où j’en suis aujourd’hui. Je leur dédie ce travail en guise de remerciements.

À ma famille

Résumé

En France, porter secours en urgence aux victimes fait partie intégrante des missions des sapeurs-pompiers. Cette mission représente même la majeure partie de leur activité. C'est ce que l'on appelle le secours à personne (SAP). Ces dernières années, le nombre de pompiers volontaires est en baisse, particulièrement dans les espaces périurbains et ruraux, ce qui n'est pas sans conséquence sur la couverture opérationnelle des moyens, d'autant que ces secteurs enregistrent déjà une baisse de la démographie médicale. Parallèlement à cela, le nombre d'interventions de type SAP est en augmentation constante. Dans ce contexte, les tensions entre l'offre et la demande en secours à personne tendent à augmenter. Une des solutions envisagées pour remédier à cette situation consiste à optimiser la localisation des moyens existants. Cependant, les méthodes mises en œuvre pour cela, par les professionnels, s'avèrent ne pas être suffisamment intégrées, et celles développées par les chercheurs, pas suffisamment opérationnelles. L'objectif principal de cette recherche est donc de proposer une méthode d'optimisation des localisations de moyens de SAP, qui soit à la fois intégrée et opérationnelle.

Le choix s'est porté vers les modèles de localisation-allocation. Il s'agit d'algorithmes mathématiques permettant de prendre en compte, de manière globale, l'ensemble des paramètres entrant en jeu dans la localisation des secours, ainsi que les conséquences en chaîne que les choix de localisation peuvent entraîner. Parmi les outils disponibles, le choix s'est porté vers le module Network Analyst d'ArcGIS pour son potentiel en termes d'opérationnalité. La démarche adoptée se décompose en trois étapes. La première consiste à réaliser un diagnostic du SAP afin d'identifier les secteurs où les tensions entre l'offre et la demande en secours sont les plus importantes. La deuxième consiste à choisir et préparer les données d'entrée du modèle et le paramétrer. La troisième consiste à réaliser différents grands scénarios d'optimisation possibles. Cette démarche, appliquée en condition réelle au cas du SAP dans les Alpes-Maritimes, a permis, d'une part, de mettre en exergue les besoins de méthodes et d'outils d'optimisation opérationnels, et d'autre part, de démontrer l'intérêt des modèles de localisation-allocation comme aide à la réflexion pour l'optimisation de la localisation des moyens de SAP.

Mots-clés :

Secours à personne, SDIS, SAMU, modèles de localisation-allocation, recherche appliquée, opérationnalité, SIG, Network Analyst, Alpes-Maritimes.

Abstract

In France, emergency rescue for victims is an integral part of the fire brigade missions. This mission represents the most part of their activity. This is what we called the *secours à personne* (SAP). These last years, the number of volunteer firemen is in decline, particularly in the peri-urban and rural areas, which is not without consequence on the coverage of operational resources, especially since these sectors are already experiencing a decline in medical demography. At the same time, the number of SAP type of interventions is increasing. In this context, tensions between supply and demand for SAP tend to increase. One of the solutions envisaged to solve this situation is to optimize the location of existing resources. However, the methods implemented to this, by professionals, don't prove to be sufficiently integrated, and those developed by researchers, not sufficiently operational. The main objective of this research is to propose an optimization method for localized SAP resources, both integrated and operational.

The choice fell on the location-allocation models. This is mathematical algorithms that take into account, overall, the set of parameters that come into play in the location of the emergency, and the consequences chain as location choices can result. Among the tools available, the choice fell to the ArcGIS Network Analyst module for its potential in terms of operability. The approach consists of three steps. The first is to make a diagnosis of SAP to identify areas where tensions between supply and demand for SAP are the most important. The second is to select and prepare input data and configure the model. The third is to carry out various great scenarios optimization possible. This approach, applied in real conditions in case of SAP in the Alpes-Maritimes, allowed, on one hand, to highlight the needs and methods of operational optimization tools, and on the other hand, to demonstrate the interest of the location-allocation models as an aid to reflection for optimizing localization of SAP resources.

Key words :

Emergency medical services, location-allocation models, applied research, operationality, GIS, Network Analyst, Alpes-Maritimes.

Sommaire

PRÉAMBULE 11

INTRODUCTION GÉNÉRALE 13

PARTIE 1 - DU SECOURS À PERSONNE AU PROBLÈME D'OPÉRATIONNALITÉ DES MÉTHODES ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION DISPONIBLES POUR L'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS 19

CHAPITRE 1 - CONTEXTE 21

CHAPITRE 2 - ÉTAT DES LIEUX DES METHODES DE LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS A PERSONNE UTILISEES DANS LE MONDE PROFESSIONNEL 45

CHAPITRE 3 - ÉTAT DE L'ART DES METHODES DE LA LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS A PERSONNE UTILISEES DANS LE MONDE SCIENTIFIQUE 65

CHAPITRE 4 - PROBLEMATIQUE DE L'OPERATIONNALITE DES METHODES ET OUTILS DISPONIBLES POUR OPTIMISER LA LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS A PERSONNE 103

PARTIE 2 – MÉTHODE ET OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION PROPOSÉS POUR L'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS À PERSONNE : APPLICATION AU CAS DES ALPES-MARITIMES 115

CHAPITRE 5 - SPATIALISER : DIAGNOSTIC DU SECOURS A PERSONNE 117

CHAPITRE 6 - MODELISER : OUTIL ET DONNEES 155

CHAPITRE 7 - OUTIL D'AIDE A LA DECISION : SIMULATIONS ET ETUDES DE CAS 183

CHAPITRE 8 - LIMITES, DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE 241

CONCLUSION GÉNÉRALE 255

PRÉAMBULE

En préambule de cette thèse, il est important de porter à la connaissance du lecteur la manière dont a été élaboré le sujet de cette recherche et les modalités de son financement. Ces deux points ont en effet une incidence directe sur le positionnement général de ce travail, la posture adoptée et les différentes orientations méthodologiques qui en découlent.

Cette recherche a été menée en collaboration étroite avec le Service départemental d'incendie et de secours (SDIS) des Alpes-Maritimes. Les premiers échanges ont débuté très tôt, dès notre recherche de financement pour la réalisation d'une thèse portant sur la thématique à l'origine très large des secours. Le SDIS 06, par la voie de son Médecin-chef, a manifesté très rapidement son intérêt pour cette recherche avec participation à son financement. La collaboration a alors pris la forme d'un Convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE). Ce dispositif a été conçu pour regrouper un doctorant, un laboratoire de recherche et une entreprise autour d'un même projet de recherche. Ce type de partenariat, qui était à l'origine uniquement réservé aux structures industrielles, a été étendu, en 2005, aux organismes publics, comme le SDIS 06, ce qui a permis d'ouvrir ce dispositif aux thématiques abordées dans le champ des sciences sociales.

Le principe d'une CIFRE repose sur le rapprochement entre le monde professionnel et celui de la recherche. Pour cela, le doctorant est embauché directement par l'entreprise. Cela lui assure un revenu durant les trois ans que dure la thèse. En contrepartie, l'entreprise touche une subvention annuelle de la part du ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche. Le doctorant a par conséquent un double statut : employé à part entière d'une entreprise et membre d'un laboratoire de recherche. Il est donc un parfait trait d'union entre les deux univers. Toutefois, en plus de satisfaire les attentes propres à tout travail de recherche doctorale, ainsi qu'à celles du laboratoire, le doctorant doit répondre aux besoins de l'entreprise. Ces dernières sont légitimes à double titre, parce que l'entreprise participe au financement de la recherche, mais aussi parce que le doctorant en est partie intégrante. Les besoins de l'entreprise peuvent être de plusieurs ordres, suivant le domaine et le sujet de la recherche. Il peut s'agir de brevets, de logiciels, plus largement d'outils ou de méthodes, ou bien encore la création de données. Quoi qu'il en soit, le choix du sujet se fait en concertation entre les trois parties et fait l'objet d'une description détaillée de plusieurs pages. En ce qui nous concerne les attentes du SDIS 06, telles qu'elles ont été mentionnées dans le contrat de travail, sont les suivantes : « élaborer le dispositif d'articulation du schéma départemental d'analyse et de couverture des risques prévu par la Loi du 3 mai 1996 avec le schéma régional d'organisation des soins. Ce dispositif doit permettre notamment au service de santé et de secours médical et au groupement fonctionnel prévision du service départemental d'incendie et de secours, en fonction des risques identifiés et des besoins des populations concernées, de mettre en place les moyens opérationnels et sanitaires de l'établissement dans une perspective de distribution optimale des secours. » L'objectif qui nous a été donné est en réalité double : réfléchir, d'une part, à l'optimisation de la localisation des

moyens de secours à personne, et d'autre part, à la mise en cohérence du schéma départemental d'analyse et de couverture des risques des Alpes-Maritimes et du schéma régional d'organisation des soins Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

La volonté de satisfaire l'ensemble de ces attentes, et notamment celles de l'entreprise, a guidé un certain nombre de nos choix.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La baisse des effectifs de sapeurs-pompiers volontaires en France couplée à la diminution du nombre de casernes, est plus que jamais au cœur des préoccupations des instances dirigeantes et associatives de sécurité civile. Preuve en est, les éditoriaux de Jacques Perrin[8], vice-président de la Fédération nationale des sapeurs-pompiers de France et de Bernard Laygues[9] dans le magazine *Sapeurs-pompiers de France* du mois de mars 2015 qui leur étaient consacrés (Perrin, 2015 ; Laygues, 2015), et la publication, en 2014, d'un article de Benoît Hopquin (Hopquin, 2014) dans *M, le Magazine du Monde*, intitulé *les pompiers manquent à l'appel*.

Ce constat n'est pas récent. À la fin des années 2000, les autorités s'alarmaient déjà de la baisse du nombre de pompiers volontaires dans notre pays. Leur nombre est en effet en diminution depuis 2004. On comptait alors 207 583 volontaires. En 2013, ils ne sont plus que 192 314[10]. Malgré les différentes mesures prises ces dernières années pour inverser la tendance, la situation perdure. En ce qui concerne la fermeture de certaines casernes, le constat est un peu plus récent, mais la baisse tout aussi importante. Ce ne sont pas moins de 750 casernes qui ont fermé ces six dernières années et bien d'autres devraient suivre si l'on en croit ce que dit Jacques Perrin (Perrin, 2015).

En France, porter secours en urgence aux victimes fait partie intégrante des missions des sapeurs-pompiers. C'est une des particularités du système de secours français. Cette mission représente même la majeure partie de leur activité. C'est ce que l'on appelle le secours à personne (SAP). La baisse du nombre de volontaires et le relâchement du maillage territorial des casernes impactent donc directement le SAP, notamment dans les espaces périurbains et ruraux. À cela s'ajoute la baisse de la démographie médicale. Le système de secours français a en effet, comme autre particularité, de prévoir l'intervention de médecins directement sur le terrain dans les cas les plus graves. Dans une certaine mesure, les médecins libéraux, depuis leur domicile ou leur cabinet, participent donc au SAP. Cependant, au fil des départs à la retraite, leur nombre se réduit et c'est également dans les espaces périurbains et ruraux que ce déclin est le plus important.

Parallèlement à cette évolution, la demande en secours est en augmentation constante. Le nombre d'interventions de type SAP réalisées par l'ensemble des sapeurs-pompiers[11] en France en témoigne. Il est passé de 2 396 084 en 2004 à 3 367 000 en 2011, soit une augmentation de plus de 28% en 7 ans. En outre, cette augmentation est

[8] *Triple paradoxe.*
[9] *Volontariat : le temps des comptes revient.*
[10] Les statistiques des services d'incendie et de secours (source : http://www.interieur.gouv.fr).
[11] Ensemble des SDIS + Brigade des sapeurs-pompiers de Paris + Brigade des marins-pompiers de Marseille.

inégalement répartie dans le temps et dans l'espace, ce qui la rend particulièrement difficile à appréhender par les services de secours.

Dans ce contexte, **les tensions entre l'offre et la demande en secours à personne tendent à augmenter**, notamment dans les espaces périurbains et ruraux. Cela se traduit, entre autres, par un allongement des délais d'intervention déjà longs dans ces secteurs.

Parmi toutes les solutions possibles pour remédier à cette situation, nous nous sommes intéressé à celle qui consiste à optimiser la localisation des moyens existants à la demande en secours. La localisation des moyens influence directement les distances que les secours ont à parcourir pour se rendre sur les lieux d'une intervention et donc les délais. **Partant du postulat que la localisation de l'ensemble des casernes n'est pas déjà optimale, nous pensons qu'une marge d'amélioration est possible, uniquement en jouant sur les localisations. C'est en tout cas l'hypothèse de départ que nous formulons.** Ce choix a également été guidé par le fait que cette solution, contrairement à d'autres, s'inscrit pleinement dans le champ de la géographie théorique et quantitative auquel nous nous rattachons. En outre, cette solution ne nécessite pas d'investir dans des moyens supplémentaires, ce qui dans le contexte économique actuel n'est pas négligeable pour les services de secours.

Les professionnels des secours se posent déjà la question de l'optimisation de la localisation des moyens, notamment, lors de l'élaboration des documents de planification qui régissent leur organisation. Les méthodes qu'ils mettent en œuvre pour y répondre consistent majoritairement à analyser et cartographier les données opérationnelles, et à croiser deux couches d'informations géographiques, l'une représentant le niveau de la demande, l'autre celui de l'offre. Le niveau de la demande est généralement représenté à l'échelon communal par le nombre d'interventions de type SAP. Le niveau de l'offre, quant à lui, est généralement représenté par les délais théoriques ou réels en minutes que doivent mettre les différents moyens de SAP pour couvrir toute la demande. **La principale limite que l'on peut formuler à l'égard des méthodes reposant sur ce principe est qu'elles ne sont pas intégrées.** En effet, elles ne permettent pas de prendre en compte de manière globale un ensemble de paramètres entrant en jeu dans la localisation des moyens ainsi que les conséquences en chaîne que les choix de localisation peuvent avoir entre eux.

Des méthodes intégrées pour réfléchir à l'optimisation de la localisation de moyens de SAP existent pourtant. L'état de l'art scientifique que nous avons réalisé sur la question a permis de le constater. Ces méthodes reposent principalement sur des modèles de localisation-allocation. Il s'agit d'algorithmes mathématiques permettant de réfléchir simultanément à la localisation des moyens ainsi qu'à leur allocation à la demande qu'ils doivent ainsi desservir. Il en existe de nombreuses versions prenant en compte de nombreux paramètres pour se rapprocher toujours plus de la réalité des situations. Malgré les avantages que les modèles de localisation-allocation offrent, force est de constater qu'ils ne sont pas repris par les professionnels des secours. Ce constat met en exergue certaines limites des modèles existants. C'est autour de ces limites que toute cette recherche est construite.

Problématique

Il y a, selon nous, trois raisons principales au fait que les méthodes développées par les scientifiques ne sont pas reprises par les professionnels des secours. Tout d'abord, les modèles de localisation-allocation sont par nature assez complexes à appréhender, et les outils disponibles pour les mettre en œuvre sont compliqués à installer et à s'approprier. Ensuite, les travaux portant sur la mise en œuvre pratique de ces méthodes et outils font défaut dans la littérature scientifique. Enfin, force est de constater un manque de vulgarisation des recherches en la matière.

Indépendamment de ces trois raisons, la question est de savoir si les professionnels sont en mesure de reproduire ces méthodes. Sont-elles bien adaptées aux contraintes des professionnels, qu'ils s'agissent de moyens financiers, de connaissances en informatique et mathématiques, ou encore de temps disponible pour la formation à ces nouveaux outils ? Ainsi, **plus que l'utilisation et la reproductibilité de ces méthodes, c'est leur opérationnalité, leur utilité comme aide à la réflexion et à la décision pour optimiser la localisation des moyens de SAP qui est au cœur de cette recherche doctorale.**

Cette problématique soulève, de nombreuses questions, concernant, notamment, les outils réellement opérationnels pour traiter la question de l'optimisation des localisations : quels sont exactement ces outils ? Quel(s) modèle(s) de localisation-allocation permettent-ils de prendre en compte ? À quelle échelle ? Sont-ils limités en nombre d'opérations possibles ? Sont-ils adaptés aux contraintes des professionnels, en matière de licence d'exploitation, de temps d'apprentissage, d'aide et d'assistance, etc. ?

Plus largement, cette recherche s'attache à répondre aux questions relatives à l'application des modèles de localisation-allocation au cas du SAP : Quels moyens prendre en compte ? Quelles données concernant la demande en secours utiliser en entrée du modèle ? À quelle échelle spatiale et temporelle convient-il de travailler ?

Objectifs et implications méthodologiques

L'objectif principal de cette recherche est de proposer une méthode opérationnelle d'optimisation des localisations de moyens de SAP. La démarche méthodologique envisagée s'inscrit dans le champ de l'analyse spatiale et s'appuie principalement sur les modèles de localisation-allocation et les systèmes d'information géographique. Elle se décompose en trois temps : le premier correspondant au diagnostic du SAP dans l'aire d'étude afin d'identifier les secteurs où les tensions entre l'offre et la demande sont les plus fortes ; le second porte sur le choix et la préparation des données d'entrée du modèle ainsi que sur son paramétrage ; enfin, le troisième temps est celui des études de cas et des simulations. Une attention toute particulière est portée à la description de la démarche, à sa mise en œuvre pratique et à sa vulgarisation, de manière à combler les manques observés en la matière dans la littérature.

Cette recherche s'inscrit en outre dans une réflexion sur la mise en cohérence des deux principaux documents de planification des moyens que sont le schéma départemental d'analyse et de couverture des risques (SDACR) et le schéma régional

d'organisation des soins (SROS). Une circulaire ministérielle[12] précise en effet qu'indépendamment des conditions différentes dans lesquelles sont établis ces deux documents, « une complémentarité dans leur analyse doit être recherchée » afin d'optimiser l'utilisation des différents moyens de secours. L'objectif est donc de déterminer dans quelle mesure la méthode d'optimisation des localisations proposée permet de répondre à cette exigence. Il s'agit là d'un objectif secondaire de cette recherche.

Parti de recherche

La question de l'opérationnalité dépasse en réalité le cadre de l'objectif fixé pour cette recherche. Elle constitue le parti de recherche. Le mode de financement de cette thèse y est pour beaucoup. Le SDIS 06 attend en effet légitimement que les résultats et la méthode produite soient opérationnels. Cette question a donc guidé l'ensemble de nos choix, notamment en ce qui concerne celui de l'outil et des données à utiliser.

Aire d'étude

La méthode est appliquée au département des Alpes-Maritimes. Le département des Alpes-Maritimes se prête particulièrement bien à l'expérimentation, compte tenu de la grande diversité de situations qu'il présente, tant au niveau de la demande et de l'offre en SAP, que du point de vue de leurs répartitions spatiale et temporelle.

Organisation du mémoire

Le mémoire est structuré en deux grandes parties composées chacune de 4 chapitres.

Le chapitre 1 précise le contexte dans lequel s'inscrit cette recherche, c'est-à-dire celui du SAP et des tensions rencontrées entre l'offre et la demande dans certains secteurs. L'hypothèse de l'apport de l'optimisation spatiale et temporelle des moyens existants, et les questions soulevées en matière de méthodes et d'outils y sont posées.

Dans le chapitre 2, sont présentés les résultats de l'enquête réalisée auprès des professionnels sur les outils et méthodes utilisés au sein des différents services en charge des secours en France.

Le chapitre 3 expose les méthodologies développées par les chercheurs, en l'occurrence les modèles de localisation-allocation. Ces modèles et leur principe sont détaillés dans ce chapitre.

Le chapitre 4 fait la synthèse des deux précédents chapitres et met en exergue la problématique de l'opérationnalité des méthodes et outils disponibles pour réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens de SAP.

La deuxième partie présente les éléments de la méthodologie retenue pour répondre à cette problématique ainsi que les résultats de son application au SAP dans les Alpes-Maritimes.

[12] Circulaire n° NOR INT/E/07/00129/C du 31 décembre 2007 relative à la nécessité d'établir une mise en cohérence des schémas départementaux d'analyse et de couverture des risques (SDACR) et des schémas régionaux d'organisation sanitaire (SROS).

Le chapitre 5 se décompose en deux sous-parties. Dans la première, les données existant sur le SAP dans les Alpes-Maritimes, et les étapes nécessaires à leur extraction, leur structuration et leur validation sont détaillées. Dans la seconde, sont exposés les résultats du diagnostic sur le SAP réalisé à partir de ces données.

Le chapitre 6 décrit l'outil choisi et les modèles de localisation-allocation qui le composent. Sont également présentés les différents types de données nécessaires en entrée ainsi que la phase de paramétrage de l'outil.

Les résultats des simulations et des études de cas sont analysés dans le chapitre 7.

Le chapitre 8 est consacré aux apports et limites de la méthode ainsi qu'aux perspectives de recherche dans le domaine.

PARTIE 1 - DU SECOURS À PERSONNE AU PROBLÈME D'OPÉRATIONNALITÉ DES MÉTHODES ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION DISPONIBLES POUR L'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS

Chapitre 1 - Contexte

L'objectif de ce premier chapitre est de présenter le contexte dans lequel s'inscrit notre problématique. Mais avant cela encore faut-il avoir délimité le champ d'étude et défini les principales notions et concepts associés, en clair, répondre aux questions suivantes : qu'est-ce que le secours à personne ? Quels types d'interventions comprend-t-il ? Quel est le modèle d'organisation des moyens de secours à personne en France et les différents organismes qui y participent ?

1.1. Le secours à personne comme champ d'étude thématique

Le champ d'étude de cette recherche n'est pas simple à définir. D'abord parce que le terme utilisé pour le désigner n'est pas très connu. Qui sait en effet à quoi fait référence le *secours à personne* ? Nombreux sont ceux qui pensent que c'est un terme antinomique, car il laisse penser que l'objectif est de ne secourir personne alors qu'il s'agit bien du contraire, et préfèrent parler de *secours à la personne* ou *secours aux personnes*. Quoi qu'il en soit, les non-initiés ne sont guère en mesure d'en dire plus. Ensuite, parce que même pour les initiés, ce terme est difficile à définir. Enfin, parce qu'il n'existe en réalité pas un seul et unique terme pour désigner le secours à personne mais plusieurs.

Il s'agit pourtant bien d'une question concrète, faisant quasiment partie du quotidien de chacun. D'expérience, il est d'ailleurs plus facile de l'aborder sous cet angle et d'utiliser dans un premier temps des termes plus simples et connus pour le définir. **On peut ainsi résumer le sujet sur lequel porte cette recherche comme étant l'activité qui consiste à porter secours à des personnes victimes d'accidents de la vie quotidienne (malaises, accidents de la circulation, maladies, noyades, etc.) dont l'état nécessite des soins en urgence.**

Il est important de préciser, à ce stade, qu'il n'est donc pas question de traiter des secours portés aux animaux, aux biens ou à l'environnement, ni des secours au sens *police secours*, qu'apporteraient des services comme ceux de la police ou de la gendarmerie pour protéger quelqu'un d'un *ennemi*. Ne sont pas non plus prises en compte les situations de crises, rencontrées en cas d'accidents graves ou de catastrophes, ou bien du cas très particulier du secours en montagne. Ces situations font appel à des notions, doctrines, moyens, différents de ceux auxquels nous nous intéressons.

En matière de secours aux victimes, nous l'appellerons comme cela dans un premier temps, il existe dans le monde plusieurs modèles d'organisation auxquels participent différents services. C'est sous cet angle que nous avons décidé de commencer à définir ce qu'est le secours à personne. Nous aborderons ensuite la liste des moyens participant aux

secours en France, avant d'aborder plus en détail le champ d'étude et les notions associées.

1.1.1. Le modèle d'organisation des secours français

Il existe différents modèles d'organisation des secours, selon que l'on considère : le type et le nombre de services concernés (service médical, service incendie, service de police, etc.) ; le statut des intervenants (professionnel, volontaire, bénévole) ; les textes réglementaires qui régissent l'organisation ou encore le mode opératoire. Le modèle français se distingue des autres par au moins deux aspects :

- D'abord, par le fait que ce sont les pompiers qui portent également secours aux victimes et ce, sur tout le territoire national. La mission historique des sapeurs-pompiers est pourtant la lutte contre les incendies. Le secours des victimes a pris une place de plus en plus importante dans leurs missions et représente aujourd'hui la plus grande part de leur activité. Il n'en est pas de même dans tous les pays, où il existe, au moins dans les zones urbaines, des services indépendants des pompiers pour porter secours aux victimes. C'est le cas de l'*Ambulance Service* du *National Health Service* (NHS) au Royaume-Uni, du *Rettungsdienst* en Allemagne ou de l'*Emergency Medical Service* (EMS) aux Etats-Unis, par exemple. En France, les pompiers sont regroupés en Services d'incendie et de secours. Il en existe un par département. On les appelle alors les **Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS)**. « Ils sont chargés de la prévention, de la protection et de la lutte contre les incendies. 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 d'urgence**. »[1]
- Le modèle français se distingue aussi par son mode opératoire. La majorité des pays s'attachent à évacuer la ou les victimes d'un accident le plus rapidement possible vers une infrastructure hospitalière, ce que les anglo-saxons appellent le *scoop and run,* littéralement : ramasser et courir. À l'inverse, en France, on a choisi la méthode *stay and play*, littéralement : rester et jouer, qui consiste, pour les cas les plus graves, à amener directement *l'hôpital* à la victime.

Pour cela, l'organisation des secours repose sur un service : le **Service d'aide médicale urgente (SAMU)**[2]. Il en existe au moins un par département et il se caractérise par deux points essentiels :

- D'une part, le fait de garantir une adéquation optimale entre la demande et la réponse médicale et d'orienter les victimes vers l'infrastructure hospitalière la plus adaptée à leur état. Il dispose pour cela d'un **centre de réception et de régulation des appels (CRRA)**, dont le numéro d'appel est le 15[3]. Il en existe un par SAMU.
- D'autre part, l'organisation repose sur une réponse graduée qui peut aller jusqu'au recours à la médecine d'urgence et de réanimation pré-hospitalière, afin de stabiliser l'état de la victime sur place avant son transfert vers l'hôpital dans les

[1] Article L1424-2 du Code général des collectivités territoriales (CGCT).
[2] Article R6311-1 et R6311-2 du Code de la santé publique (CSP).
[3] Article L6112-5 du CSP.

meilleures conditions possibles. Cette prise en charge prend la forme de **Structures mobiles d'urgence et de réanimation (SMUR)**[1]. Ces dernières ont pour mission : « D'assurer, en permanence, en tous lieux […] la prise en charge d'un patient dont l'état requiert de façon urgente une prise en charge médicale et de réanimation […]. Pour l'exercice de ces missions, l'équipe d'intervention de la structure mobile d'urgence et de réanimation comprend un médecin. »[2] Il peut y avoir plusieurs SMUR par SAMU. Ils sont généralement constitués par les moyens propres de l'hôpital auquel ils sont rattachés (personnels, véhicules, matériels).

Les SDIS disposent également de moyens médicaux. Ces derniers sont regroupés au sein du **Service de santé et de secours médical (SSSM).** Il s'agit d'un service regroupant entre autres des médecins et infirmiers, professionnels ou volontaires, dont l'une des missions est de participer aux interventions de secours d'urgence[3]. À ce titre, ils font partie intégrante de la chaîne de secours médicalisée.

Enfin, un dernier type d'intervenant participe en France aux secours des victimes, en complément des SAMU et des SDIS, pour toutes les interventions ne relevant pas de leurs domaines de compétence. Il s'agit des entreprises de transports sanitaires[4].

1.1.2. La chaîne de secours française

La chaîne de secours est composée de différents types de moyens. Le terme de *moyen,* déjà mentionné dans ce rapport, est très utilisé dans le monde professionnel des secours, et doit être explicité. Il désigne un ensemble de personnels, véhicules et matériels nécessaires pour remplir une mission. Pour une intervention de feu urbain, on parle par exemple de moyens en eau au sujet des poteaux et bornes incendie, ou des véhicules porteurs d'eau. Pour ce qui est du SAP, l'ensemble des moyens auxquels il peut être fait référence est listé ci-dessous.

Hors situation de crises et hors secours en montagne[5], la chaîne de secours française est constituée des moyens des deux services de secours publics que sont les SDIS et les SAMU, auxquels s'ajoutent ceux des entreprises de transports sanitaires. Les SDIS et les SAMU dépendent de deux ministères différents, respectivement du ministère de l'Intérieur et du ministère de la Santé. Cela peut sembler être un détail, pourtant cette information permet de mieux saisir certaines situations abordées ultérieurement, notamment celles concernant la définition des notions et concepts ou la question de la structuration, du stockage et de la collecte des données.

[1] Article R6123-1 du CSP.
[2] Article R6123-15 du CSP.
[3] Article R1424-24 du CGCT.
[4] Article L6312-1 du CSP.
[5] Dans les cas particuliers de situations de crises ou de secours en montagne, s'ajoutent aux moyens listés ci-après les moyens d'associations de sécurité civile nationales ou locales, telles que la Croix rouge française, la Protection civile, ainsi que les moyens d'unités spécialisées de la police nationale et de la Gendarmerie. Ces situations ne faisant pas partie de notre champ d'étude, nous ne les mentionnons pas.

La chaîne de secours est composée de trois échelons correspondant à trois niveaux de réponse : un échelon de secouristes, un échelon d'infirmiers et enfin un échelon de médecins. Chacun d'eux peut prendre des formes différentes.

Pour ce qui concerne les moyens secouristes, la chaîne de secours est composée :

- D'**ambulances privées**. En plus des missions de transports sanitaires classiques qu'on leur connaît, une partie de ces ambulances peut être amenée à prendre part à certaines interventions, à la demande du CRRA et dans le cadre de gardes départementales prévues par arrêté. Il s'agit généralement d'interventions à domicile, pour lesquelles l'état de la victime et le délai dans lequel elle doit être prise en charge ne justifient pas de mobiliser un moyen plus important. Ces ambulances sont armées par deux secouristes équipés de matériel de premier secours, de matériel de réanimation, ainsi que d'un défibrillateur pour faire face à toutes les situations.
- De **véhicules de secours aux victimes (VSAV)**. C'est l'ambulance des pompiers. Il s'agit certainement du vecteur d'intervention le plus connu du grand public car c'est celui qui intervient dans l'immense majorité des cas. Comme les ambulances privées, il est équipé de l'ensemble du matériel de secourisme, ainsi que des moyens de mesure des paramètres vitaux. Il est doté de moyens de communication le mettant en relation simultanément avec le CRRA et le centre de traitement de l'alerte (CTA), l'équivalent chez les pompiers du CRRA. Il est armé par au moins deux sapeurs-pompiers équipiers et un chef (Anon, 2008).
- D'**équipes de secouristes sapeurs-pompiers** sans VSAV. Pour des raisons essentiellement financières, il n'y a pas de VSAV dans toutes les casernes de France. Dans ces cas-là, les pompiers interviennent en équipe – pas nécessairement composée de trois personnels – et disposent pour cela des mêmes moyens : radio, matériel de premier secours, etc. Pour se rendre sur les lieux de l'intervention, ils utilisent un véhicule de la caserne disponible, même s'il n'est pas spécifiquement dédié à ce type de mission. Ces équipes ne sont par conséquent déclenchées qu'en tant que premier intervenant ou pour des missions ne nécessitant pas l'évacuation des victimes vers l'hôpital.

En ce qui concerne les moyens infirmiers, la chaîne de secours est composée :

- D'**infirmiers sapeurs-pompiers (ISP)** volontaires. Les ISP sont des infirmiers diplômés d'état, membres du SSSM. Ils sont formés pour participer à l'ensemble des missions du SSSM et participent donc pleinement aux interventions de secours aux victimes. Sous certaines conditions, ils peuvent en outre pratiquer des gestes normalement réservés aux médecins. En effet, il y a quelques années encore, en l'absence de médecins, ou en attendant leur arrivée, les secouristes devaient faire face, seuls, aux situations d'urgence. Ceci n'est pas sans poser quelques difficultés, d'autant qu'il n'est pas toujours facile de trouver des médecins disponibles et volontaires pour intervenir – la démographie médicale n'aidant pas. Le besoin de trouver un maillon intermédiaire permettant d'attendre dans de meilleures conditions, tant pour les victimes que pour les secouristes, l'arrivée d'un médecin, s'est accru. La possibilité a alors été donnée aux infirmiers d'intervenir seuls, alors qu'ils intervenaient jusque-là toujours en binôme avec un médecin. Ils ont

l'avantage d'être nombreux et plus disponibles que les médecins. Pour leur donner encore plus d'efficacité, les autorités leur ont accordé, sous réserve de remplir certaines conditions, la possibilité de pratiquer certains gestes médicaux. Ces gestes sont réalisés dans le cadre de protocoles très stricts rédigés par le médecin-chef du SSSM[1]. Ces nouvelles possibilités leur confèrent une réelle plus-value et en font une réponse opérationnelle à part entière. Les infirmiers peuvent ainsi être sollicités pour des situations relevant de détresses vitales ou psychologiques, en attendant l'arrivée d'un médecin, ou en intervenant seuls pour prendre en charge la douleur d'une victime[2] par exemple.

Leur engagement peut prendre plusieurs formes mais il n'est question ici que de celui des ISP volontaires. Ces derniers ont la particularité de pouvoir être sollicités, dans le cadre d'astreintes, depuis leur domicile ou leur lieu de travail, pour se rendre sur les lieux d'une intervention. Ils rejoignent pour cela le personnel d'un VSAV ou utilisent un véhicule spécifique qui les attend, soit à la caserne du secteur, soit directement sur les lieux de l'intervention[3]. Il s'agit d'un mode d'engagement de proximité, permettant de gagner beaucoup de temps, surtout dans les zones périurbaines et rurales.

– De **véhicules de liaison infirmier (VLI)**. Ces véhicules peuvent prendre plusieurs formes et appellations suivant les départements. On y trouve dans tous les cas un infirmier et un conducteur. Ces véhicules ne permettent pas le transport de victimes et sont, quoi qu'il arrive, équipés de tous les moyens de communication et matériels nécessaires pour l'accomplissement de leurs missions.

  Plus qu'au véhicule en lui-même, cet échelon fait référence à l'autre mode d'engagement des ISP, qui se fait, à l'inverse du précédent, dans le cadre de gardes postées, c'est-à-dire en caserne. Ces gardes peuvent être tenues aussi bien par les ISP volontaires que par les ISP professionnels, et ont lieu généralement dans des casernes déjà importantes. Elles consistent à armer une[4] VLI ou à renforcer l'équipage d'un VSAV.

Enfin, pour ce qui concerne les moyens médicalisés, la chaîne est composée :

– De **médecins sapeurs-pompiers (MSP)** volontaires. À l'image des ISP volontaires, les MSP volontaires ont la possibilité d'être sollicités depuis leur domicile ou le lieu depuis lequel ils exercent leur activité. Ils sont appelés dans les cas les plus graves, de détresse vitale ou psychologique. Ils reçoivent une formation complémentaire spécifique à la médecine pré-hospitalière et sont équipés d'un minimum de matériel pour remplir leurs missions. Ils se rendent sur les lieux des interventions généralement par leur propre moyen, ce qui en fait un vecteur également très autonome. Sur place, ils complètent, uniquement le temps que dure l'intervention, l'équipage d'un VSAV ou d'une VLI, et sont rejoints par un moyen médicalisé plus conventionnel de type VLM, VL SMUR (cf. présentation ci-après).

[1] Article R4311-14 du CSP.
[2] Article R4311-8 du CSP.
[3] Circulaire DSC/10/DC/00356 du 6 juillet 2000, article 2.2.4.B.
[4] L'usage le plus courant veut qu'on parle des VLI au féminin.

Encadré 1 : Les principaux moyens d'intervention de la chaîne de secours aux victimes en France[1].

– De **médecins correspondants de SAMU (MCS)**. Dans la même logique que les MSP volontaires des SSSM des SDIS, les SAMU ont développé leur propre réseau de médecins civils implantés principalement dans des zones éloignées des moyens de secours médicalisés. Ces praticiens sont également formés à la médecine pré-hospitalière et équipés du matériel minimum nécessaire pour intervenir dans les situations les plus graves. Leur doctrine d'emploi est similaire : réaliser la prise en charge médicale initiale des patients.

[1] Les dénominations et acronymes peuvent varier d'un département à l'autre.

- De **véhicules de liaison médicalisés (VLM)**. Les VLM, VRM[1] ou VSM[2], selon les départements, sont des véhicules légers spécialement équipés et dédiés aux missions des médecins sapeurs-pompiers. Ils disposent pour cela du matériel nécessaire pour traiter l'ensemble des situations qu'ils peuvent être amenés à rencontrer, comme par exemple des intubations, sections de membres, accouchements, fractures, plaies et brûlures graves. Ils sont armés par un conducteur/secouriste, un infirmier et un médecin.

  Comme les VLI, cet échelon fait aussi référence à un mode d'engagement des MSP qui consiste à intervenir depuis une caserne dans le cadre de gardes postées.
- De **véhicules de liaison SMUR (VL SMUR)**. Les VL SMUR ou VRM SMUR correspondent en tous points aux VLM, à ceci près que les médecins qui les composent sont des médecins du SAMU et qu'ils sont affectés, non pas dans des casernes de pompiers, mais dans des centres hospitaliers.
- **D'unités mobiles hospitalières (UMH)**. Les UMH dépendent aussi du SAMU et sont équipés et armés exactement comme les VL SMUR. La seule différence réside dans le fait qu'elles permettent de transporter une victime.
- D'**hélicoptères**. La chaîne de secours en France est enfin équipée de moyens héliportés. Ces moyens permettent de s'affranchir des contraintes du réseau routier et de gagner ainsi de précieuses minutes pour intervenir, notamment dans les zones les plus inaccessibles. Ils ont la possibilité d'emporter le même matériel que les moyens terrestres, ce qui en fait l'équivalent de VLM ou VL SMUR volantes[3]. La flotte est composée pour partie d'appareils loués à des entreprises privées et mis à disposition des SAMU. Ils sont aménagés spécifiquement pour le transport de victimes médicalisées et l'équipage est composé d'un pilote, d'un infirmier et d'un médecin. L'autre partie correspond aux hélicoptères d'État de la sécurité civile. Une de leurs missions est de participer aux interventions de secours. L'équipage est composé dans ces cas-là : d'un pilote, d'un mécanicien treuilliste, de deux secouristes et d'un médecin.

1.1.3. Définition du champ d'étude et des notions et concepts associés

Après avoir présenté, dans ses grandes lignes, le modèle d'organisation des secours en France, et les différents moyens qui y participent, il est important de s'arrêter sur la définition exacte du champ d'étude de notre recherche, et sur les notions et concepts associés. De ces définitions découle toute une série de questions concrètes comme la nature des interventions et des moyens à prendre en compte ou le champ des données à utiliser. Il est d'autant plus nécessaire de définir le champ d'étude que les notions et concepts sur le sujet sont nombreux, pour beaucoup flous et que certains termes peuvent être interprétés différemment en fonction du point de vue où l'on se place.

Aide à la personne, secours à victime, secours d'urgence, secours à personne, aide médicale urgente, soins d'urgence, secours d'urgence à personne, soins non-

[1] Véhicule radio médicalisé.
[2] Véhicules de secours médicalisé.
[3] De la même manière que pour les VLI, l'usage le plus courant veut qu'on parle des VLM et VL SMUR au féminin.

programmés, prompt secours, départ réflexe…, le moins que l'on puisse dire, c'est que la littérature professionnelle regorge de notions pour décrire l'activité des différents services en matière de secours aux victimes. Parmi toutes ces notions, trois sont particulièrement importantes pour résumer le champ d'étude de notre recherche. Il s'agit des notions d'aide médicale urgente, de secours d'urgence et de secours à personne.

La notion d'**aide médicale urgente** (AMU) est la plus ancienne. Elle a été introduite officiellement en 1986 dans le code de santé publique pour formaliser la doctrine générale d'organisation des secours qui avait cours depuis déjà plusieurs décennies. Elle consistait dans un premier temps, à apporter une réponse médicale aux victimes d'accident (à l'origine essentiellement des accidents de la route) le plus rapidement possible, où qu'elles se trouvent, et, dans un deuxième temps, à les évacuer vers les plateaux techniques hospitaliers les plus adaptés à leur état. L'introduction de la notion d'AMU a donc contribué à la démocratisation des SAMU et des SMUR, qui existaient pour beaucoup déjà, sous cette forme ou sous une autre, ainsi qu'à celle des CRRA (cf. partie 1.1.1, p. 22).

La notion de **secours d'urgence** a, quant à elle, été introduite en 1996 dans le code général des collectivités territoriales à l'occasion de la création des SDIS pour décrire une de leurs missions (cf. partie 1.1.1, p. 22).

La distinction entre ces deux premières notions pouvait sembler évidente au début. Mais le fait qu'il n'ait jamais existé de définition précise du secours d'urgence, et qu'entre-temps les moyens – notamment médicalisés – des SDIS aient évolué, et par voie de conséquence l'étendue de leurs missions, rend au final la différence moins évidente. À tel point qu'un flou s'est installé quant aux champs opérationnels de chacune d'entre elles. C'est à ce moment là qu'est apparue la troisième notion.

La notion de **secours à personne (SAP)** a été introduite beaucoup plus récemment, par les pompiers, et plus précisément par le Conseil national de sécurité civile. C'est en tout cas le titre qu'ils ont décidé de donner à une note datée du 27 mars 2006 valant mandat pour une mission de l'IGAS et de l'IGA[1]. La notion de SAP est dans un premier temps loin d'éclairer les débats puisqu'elle n'y est même pas définie. Elle apparaît, cependant, au fil des entretiens que la mission de l'IGAS et de l'IGA a menés, comme l'articulation des deux notions précédentes :

- « D'une part le "secours d'urgence aux personnes victimes d'accidents, de sinistres ou de catastrophes ainsi que leur évacuation" tel que prévu par le CGCT et dont la mise en œuvre incombe, sous le pilotage du ministère de l'Intérieur, aux sapeurs-pompiers, et dont le champ n'inclut pas nécessairement une intervention médicale ou paramédicale.
- « D'autre part "l'aide médicale urgente" (AMU) telle que prévue par le CSP et dont la mise en œuvre incombe à titre principal, sous le pilotage du ministère de la Santé (Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins), aux hôpitaux et aux transporteurs sanitaires. »

[1] Inspection générale des affaires sociales (IGAS), Inspection générale de l'administration (IGA).

C'est en tout cas ce que l'on peut lire dans le rapport intitulé *secours à personne* que la mission a rendu (Diederichs et al., 2006). Cette proposition a le double avantage de tenter de clarifier les choses et de proposer une seule notion pour définir l'ensemble de l'activité consistant à porter secours aux victimes. Quelques années après le travail de cette mission, un comité quadripartite, réunissant tous les acteurs participant aux secours[1], s'est penché sur le même problème. Leurs résultats ont fait l'objet d'un référentiel commun intitulé *Organisation du secours à personne et de l'aide médicale urgente* (Anon, 2008). Comme son titre l'indique, le SAP se retrouve finalement au même niveau que celui de l'AMU et l'idée d'une notion qui définit l'ensemble est abandonnée. Ce référentiel présente néanmoins l'avantage de revenir sur les définitions existantes et de préciser les termes qui ne l'étaient toujours pas, comme celui de SAP.

De même que dans le Code de santé public, l'AMU est définie dans le référentiel commun comme ayant « pour objet, en relation notamment avec les dispositifs communaux et départementaux d'organisation des secours, de faire assurer aux malades, blessés et parturientes, en quelque endroit qu'ils se trouvent, les soins d'urgence appropriés à leur état »[2]. À ce stade, nous pouvons déjà affirmer que dans cette définition rien n'indique que l'AMU ne fasse référence qu'aux interventions médicalisées – contrairement à ce que beaucoup pensent, même encore aujourd'hui. Cette idée reçue trouve certainement son origine dans le nom et l'histoire de cette notion et dans le fait que certains confondent cette définition avec celle du SAMU, qui est la seule à faire mention de moyens exclusivement médicaux[3].

Le SAP, quant à lui, y est présenté « comme l'ensemble des missions du SIS qui consiste à :

- « Assurer la mise en sécurité des victimes, c'est-à-dire les soustraire à un danger ou un milieu hostile, exercer un sauvetage, et sécuriser le site de l'intervention.
- « Pratiquer les gestes de secourisme en équipe, dont ceux du prompt secours (ndr : cf. définition ci-dessous), face à une détresse, et à en évaluer le résultat.
- « Réaliser l'envoi de renforts dès la réception de l'appel ou dès l'identification du besoin après avoir informé la régulation médicale du SAMU lorsqu'il s'agit d'une situation d'urgence nécessitant la mise en œuvre de moyens médicaux.
- « Réaliser l'évacuation éventuelle de la victime vers un lieu d'accueil approprié. »

D'après ces deux définitions, nous pouvons avancer, pour ce qui est du SAP d'abord, que seuls les moyens des SDIS y participent. En ce qui concerne les missions, le champ du SAP concerne :

- Premièrement, les missions que les pompiers réalisent en amont ou en aval de la prise en charge, à proprement parler, de la victime. C'est-à-dire concrètement toutes celles qui interviennent avant et après : la prise en compte de la victime, les bilans, les gestes de premiers secours et/ou les soins d'urgence qui lui sont

[1] Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins, Direction de la défense et de la sécurité civile, représentants des urgentistes, et représentant des sapeurs-pompiers.

[2] Loi n° 86-11 du 6 janvier 1986 *relative à l'aide médicale urgente et aux transports sanitaires*, article 2 (nouveaux texte : article L6311-1 du CSP).

[3] « Les services d'aide médicale urgente ont pour mission de répondre par des moyens exclusivement médicaux aux situations d'urgence. […] », Article R.6311-1 du CSP.

apportés. Il peut s'agir de la sécurisation d'une zone d'accident pour éviter un sur-accident, l'extraction d'une victime d'un danger, réel, vital et immédiat, ou encore de son évacuation vers un hôpital[1].

- Deuxièmement, il concerne les missions qui consistent à prodiguer des gestes de secourisme en équipe face à une détresse. Parmi ces gestes, on trouve ceux de prompt secours. Le prompt secours est défini comme « …une action de secouristes agissant en équipe et visant à prendre en charge sans délai des détresses vitales ou à pratiquer sans délai des gestes de secourisme. Il est assuré par des personnels formés et équipés. Son intérêt réside dans son caractère réflexe. Il est à distinguer des actions relevant de la compétence des SMUR, des médecins, généralistes, des ambulanciers, privés, voire du simple conseil » (Anon, 2008). Pour une partie, il est facile d'identifier ces actions, puisque le référentiel les liste précisément en annexe. Il s'agit des cas de départs réflexes, c'est-à-dire les cas dont la détresse est telle que le départ des secours peut précéder la régulation médicale. Normalement, la régulation médicale est systématique avant l'envoi d'une équipe, quelle que soit l'équipe, quel que soit le lieu où se trouve la personne ou quel que soit le cheminement initial de l'appel.

  Pour les autres missions de prompt secours et les autres missions consistant à prodiguer des gestes de secourisme, seule la notion de détresse fait référence pour les distinguer de l'AMU.

Pour ce qui est du champ de l'AMU, justement, il comprend :

- Les missions consistant à apporter aux victimes des soins d'urgence directement sur les lieux des interventions. Par soins d'urgence, il faut comprendre tous les actes que peuvent être amenés à prodiguer les secours aux victimes, y compris des gestes de secourisme, exceptés ceux entrant dans le champ des détresses comme mentionné ci-dessus, évidemment. Il peut s'agir du traitement de plaies, de brûlures, de l'immobilisation de fractures, ou bien encore de l'administration de médicaments par exemple.
- En termes de moyens, ces soins, suivant leur nature et l'état des victimes, peuvent nécessiter l'envoi de tout ou partie de la chaîne de secours : de l'ambulance privée aux moyens médicalisés des SMUR et des SSSM (ISP, MSP, MCS, VLI, VLM, VL SMUR, UMH, Hélicoptère du SAMU, Hélicoptère de la sécurité civile) en passant par les moyens secouristes des SDIS (VSAV).

L'objectif de cette présentation des différentes notions, de leurs histoires et de leurs découpages est uniquement de s'intéresser à leurs champs d'étude et *in fine* d'en déduire celui de cette recherche. Elle n'a, en aucune manière, pour objectif de prendre part aux débats sur les différentes interprétations possibles de ces définitions, avec les conséquences que cela peut avoir sur la doctrine d'emploi et le champ opérationnel des différents moyens, même si ces différentes interprétations ont indirectement des

[1] Pour une partie de ces missions, l'affectation dans le champ du SAP peut prêter à discussion. En réalité, certaines sont réalisées par d'autres moyens que des moyens de SAP et peuvent être considérées par les SDIS comme relevant de champs différents, comme ceux des accidents de la voie publique, des opérations diverses ou encore des feux urbains.

conséquences sur les champs d'étude de l'AMU et du SAP. Effectivement, comme le précisait déjà à l'époque la Circulaire du 18 septembre 1992, relative aux relations entre le SDIS et les établissements publics hospitaliers dans les interventions relevant de la gestion quotidienne des secours au sujet du prompt secours, l'interprétation opérationnelle de certaines notions peut varier d'un département à l'autre et d'un service à l'autre. Cela n'est pas sans poser problème, dans un deuxième temps, pour les objectiver et les comparer. De même, les difficultés que rencontrent les opérateurs pour identifier, à distance, par téléphone, une éventuelle détresse vitale, posent également problème. De la décision qu'ils vont prendre, quant à la suite à donner, avant ou après régulation médicale, va dépendre le rattachement de la mission à l'une ou l'autre des deux notions. La distinction peut ainsi être ténue.

En outre, le découpage proposé par le référentiel commun entraîne d'autres problèmes, notamment si l'on s'intéresse aux données à l'échelle des interventions et non plus simplement à celle des missions. Une intervention est en réalité composée d'une ou plusieurs missions. Elle correspond à l'événement, à la situation d'urgence, dans son ensemble. Le nombre d'interventions est la valeur la plus souvent utilisée pour quantifier l'activité des services de secours. Or, une intervention peut relever des deux champs simultanément. Prenons le cas d'une victime en détresse vitale. Les pompiers qui interviennent en prompt secours le font dans le cadre du SAP. Le SMUR, qui intervient à la suite, pour médicaliser la même victime, dans le cadre de la même intervention, le fait dans celui de l'AMU. Autre exemple : le cas très fréquent d'un VSAV du SDIS intervenant pour prodiguer des soins en urgence à une victime à la demande du SAMU dans le cadre de l'AMU. Au cours de cette même intervention, en plus des gestes de secourisme à réaliser, le personnel peut être amené à assurer, en amont, la sécurisation de la zone d'intervention, la mise en sécurité d'une victime et à l'issue, le transport de la victime à l'hôpital. De quel champ relèvent concrètement ces interventions ? Du SAP ? De l'AMU ? Des deux ?

Ce découpage en notions et champs d'étude distincts s'explique notamment par le fait que plusieurs services participent aux secours, chacun ayant un champ opérationnel différent. En outre, ce sujet a la particularité de n'avoir encore jamais été traité dans la littérature scientifique, ce qui aurait pu contribuer à éclairer les débats.

Toutes ces questions peuvent sembler sans importance, mais sont pourtant cruciales pour tous ceux qui travaillent ou veulent travailler sur le sujet. Il est indispensable, dans le cadre d'une démarche scientifique, de distinguer le SAP de l'AMU, et de connaître le type d'intervention concerné dans chacun des cas, dans l'optique de structurer et de stocker de façon pertinente les données qui en découlent.

Pour les SDIS, ces questions ne se posent pas car, dans les faits, ils ont décidé que le secours à personne faisait bien référence à une notion plus globale, incluant ainsi l'ensemble des interventions réalisées par leurs moyens, qu'elles soient médicalisées ou non. En 2008, la notion de SAP a d'ailleurs fait son entrée dans la nomenclature des statistiques sur les services d'incendie et de secours[1,2]. Elle regroupe les interventions

[1] Les statistiques des services d'incendie et de secours (source : http://www.interieur.gouv.fr).

[2] L'appellation même de SAP est en passe d'être remplacée par celle de secours d'urgence aux personnes

dites de **secours à victimes** et d'**aide à personne**. Le secours à victimes regroupe toutes les interventions pour lesquelles il est utile de dispenser des soins et prodiguer des gestes de secourisme. L'aide à personne regroupe les interventions où il est plus question d'assistance que de secours à proprement parler, comme dans les opérations de relevage de personnes et de recherche de disparus.

Nous intéressant avant tout à la localisation des moyens des SDIS et plus particulièrement à ceux du SDIS des Alpes-Maritimes, c'est à partir de la notion de SAP et de cette dernière interprétation, que nous avons construit le champ d'étude de notre recherche. Il aurait donc dû se limiter à l'ensemble des interventions, médicalisées ou non, auxquelles ont participé au moins un moyen de secours à personne des sapeurs-pompiers. Cependant, il nous est apparu très tôt qu'une réflexion sur la localisation des moyens des SDIS, intégrant uniquement les interventions qu'ils réalisent, pouvait entraîner un biais méthodologique. En effet, la décision d'engager tel ou tel moyen, de tel ou tel service, dépend d'une organisation administrative, opérationnelle, territoriale, mais également de l'interprétation qui est faite du rôle de chacun au sein de cette organisation, comme nous l'avons déjà évoqué précédemment. Les interventions que les sapeurs-pompiers réalisent au final, par rapport toutes celles ayant eu lieu est le résultat de cette organisation. Ce n'est pas parce que les sapeurs-pompiers ne réalisent pas d'interventions dans certains secteurs ou à certaines périodes, qu'il n'y a pas de demande et qu'ils sont les moins à même d'intervenir. Nous avons donc décidé de ne pas nous limiter qu'à ces seules interventions. En outre, plus que le type d'intervention, c'est le type de moyens concernés qui a guidé notre définition du champ d'étude.

Le champ d'étude de cette recherche s'étend donc précisément à l'ensemble des moyens et activités consistant :

- **à venir en aide à des personnes égarées ou tombées (en référence aux activités d'aide à personne, mentionnées ci-dessus, que réalisent les SDIS) ;**
- **à secourir, en urgence, toute personne victime ;**
- **indépendamment de son état : qu'il s'agisse ou non d'une détresse vitale ;**
- **indépendamment de l'origine de son état (malaise, accident de travail, accident de la route, etc.) ;**
- **indépendamment du fait que son état nécessite l'intervention d'un moyen médicalisé ou non ;**
- **et indépendamment de l'appartenance des moyens intervenant (SDIS, SMUR, société de transports sanitaires).**

Pour ne pas rajouter un terme supplémentaire, nous parlerons de secours à personne pour faire référence à l'ensemble des éléments ci-dessus. Le champ d'étude du SAP, tel que nous le définissons, englobe donc les interventions médicalisées réalisées par les SMUR et les interventions non-médicalisées réalisées par les ambulances privées. De même, il comprend les accidents de la circulation routière. C'est important de le préciser car certains les considèrent à part, alors que les accidents de la circulation rentrent

(SUAP), sans pour autant changer le contour et la définition de la notion associée. C'est en tout cas ce que l'on peut déduire des dernières déclarations officielles des représentants des sapeurs-pompiers.

parfaitement dans les champs définis précédemment et que les moyens qui interviennent sont en partie des moyens de SAP.

Face à l'ensemble de ces interventions, l'objectif de tous les services de secours est de proposer une réponse opérationnelle adaptée. Cela consiste, pour eux, à réfléchir à ce que l'on appelle la *couverture opérationnelle*. Cet objectif soulève un certain nombre de questions.

1.2. Problématique de la couverture opérationnelle du secours à personne

Comme n'importe quel fournisseur de services, les services de secours doivent avant tout satisfaire une demande. Pour répondre à cette demande ils disposent d'un certain nombre de moyens (section 1.1.2, p. 22) constituant l'offre de service. Pour les responsables de ces services, la gestion du SAP revient finalement à faire coïncider une demande en service et une offre de service, comme dans beaucoup d'autres domaines. Toute la question est de savoir si l'offre *couvre* la demande ? La part de la demande en secours couverte par l'offre constitue la *couverture opérationnelle*. L'expression *couverture opérationnelle* fait, avant tout, référence à la *zone de couverture*, c'est-à-dire la distance que peuvent parcourir les différents moyens d'intervention dans toutes les directions depuis leur caserne de rattachement en un temps donné. Elle est généralement représentée sur des cartes par des isochrones. Toutefois, la question du degré de couverture opérationnelle est beaucoup plus large. Elle fait appel à un nombre plus important de facteurs, tant quantitatifs que qualitatifs, et de liens de causalité.

En matière de gestion de la couverture opérationnelle, on distingue deux niveaux de lecture :

- La gestion à très court terme, qui relève des décisions prises au quotidien par les structures en charge de la gestion des moyens sur le terrain. On en trouve plusieurs, suivant les services et les situations comme les centres de réception et de régulation des appels des SAMU (section 1.1.1, p. 22) ou les centres de traitement de l'appel des SDIS (section 1.1.2, p. 24) mentionnés précédemment.
- Et la gestion à moyen et long termes, qui relève, quant à elle, des décisions prises par les responsables des différents services pour planifier les moyens. Toutes leurs décisions sont consignées dans des documents de planification. Il en existe également plusieurs, suivant les services et les situations.

Ces deux niveaux de gestion sont évidemment intimement liés. Le second conditionne les moyens dont dispose l'échelon opérationnel pour faire face aux différentes situations d'urgence. Et dans le même temps, c'est l'expérience de la confrontation à la réalité du terrain qui influe aussi sur les décisions prises par les responsables en matière de planification des moyens. C'est sur le second niveau que nous porterons notre attention.

1.2.1. Demande de secours en augmentation et irrégulièrement répartie dans le temps et dans l'espace

Le secours à personne s'inscrit d'abord dans un contexte où la demande en secours est en augmentation. Le nombre d'interventions de type SAP réalisées, en France, par l'ensemble des sapeurs-pompiers[1] en témoigne. Il s'élevait à 2 396 084, en 2004, pour atteindre 3 367 000, en 2011 (Figure 1), soit un taux d'accroissement annuel moyen de 4,98%. Seul un léger ralentissement de la tendance est observable en 2010. Cette augmentation est en grande partie imputable aux interventions de type secours à victimes et aide à personne, car le nombre d'accidents de la circulation est en baisse de 1,53% en moyenne chaque année sur la même période.

Cette augmentation quasiment continue de la demande peut s'expliquer en partie par la hausse, au cours des dernières années, du nombre d'interventions pour des motifs peu justifiés, sans réel urgence et qui ne sont pas vraiment du ressort des services de secours. C'est en tout cas le constat que font de nombreux professionnels sur le terrain. Le problème est tel que certains s'en sont emparés, notamment à la Brigade des sapeurs-pompiers de Paris. Le général Prieur, qui commandait la brigade en 2011, a déclaré : « La population […] nous utilise comme les médecins de famille d'autrefois qui se déplaçaient à domicile. Certains parents, dont les enfants ont une simple gastro-entérite, la transforment auprès de notre opérateur téléphonique en péritonite pour être sûrs que nous interviendrons. Ce n'est pas notre mission »[2].

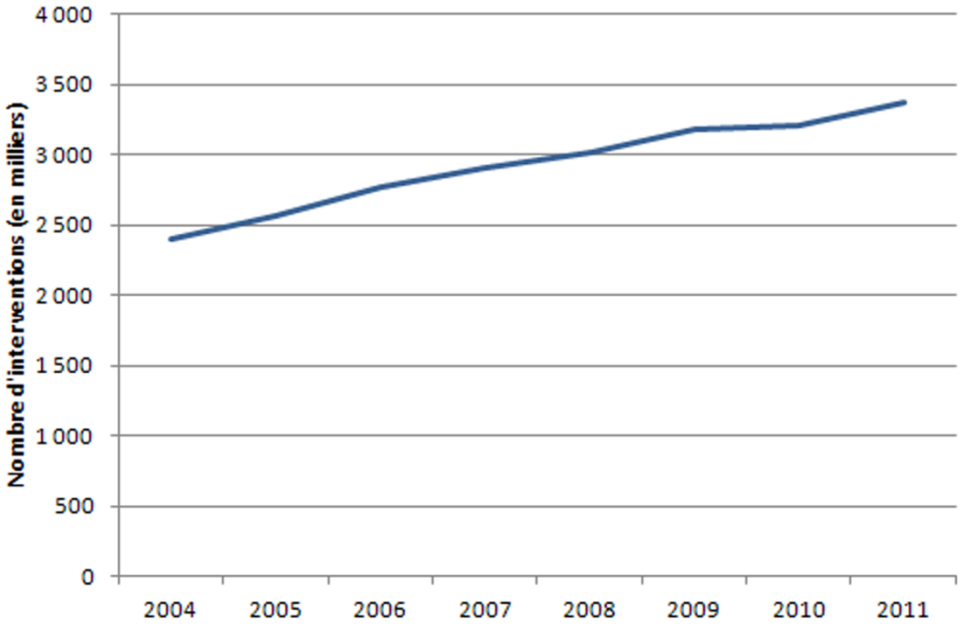


Figure 1 : Évolution du nombre d'interventions de type secours à personne[3] réalisées par l'ensemble des sapeurs-pompiers en France (données : Les statistiques des services d'incendie et de secours [http://www.interieur.gouv.fr]).

[1] Ensemble des SDIS + Brigade des sapeurs-pompiers de Paris + Brigade des marins-pompiers de Marseille.
[2] « Les pompiers de Paris veulent facturer les appels abusifs », Lepoint.fr, 15 juillet 2008.
[3] Secours à victimes + aides à personne + accidents de la circulation.

L'augmentation peut également s'expliquer localement par la désorganisation de la permanence des soins (PDS). Sans rentrer dans le détail, la PDS correspond à l'organisation de l'offre de soins permettant de maintenir la continuité et l'égalité de l'accès aux soins – sans caractère d'urgence – pour tous, notamment aux heures habituelles de fermeture des cabinets médicaux. Lorsque la PDS fait défaut, le nombre d'interventions, tout au moins le nombre d'appels d'urgence, augmente. C'est ce que note également le général Prieur dans une autre interview réalisée deux ans plus tard où il « rapproche l'augmentation des appels (ndr : il faut lire appels passés au CTA) de la fin des gardes médicales obligatoires la nuit depuis 2004 »[1].

La demande est de surcroît difficile à appréhender car très variable dans le temps et l'espace. Le nombre d'interventions de type SAP suit effectivement les grands mouvements de population auxquels il est principalement corrélé : les mouvements pendulaires pour raisons professionnelles, les mouvements saisonniers pour les loisirs, etc. Certaines régions, plutôt peu densément peuplées habituellement, voient ainsi leur population et le nombre d'interventions exploser sur de très courtes périodes, comme les stations balnéaires ou de sports d'hiver, mais pas seulement.

Cela nécessite des adaptations de la part des services de secours, ce qui n'est pas toujours possible compte tenu du contexte dans lequel se trouve également l'offre de moyens de secours.

1.2.2. Offre de secours en baisse et irrégulièrement répartie dans le temps et dans l'espace

Les pouvoirs publics ont fourni de gros efforts, notamment entre les années 1990, et les années 2000, période de la départementalisation des sapeurs-pompiers, pour moderniser et augmenter l'offre en moyens de secours d'une manière générale, et de secours à personne en particulier. Cependant, cela ne semble pas suffisant, surtout en ce qui concerne les moyens humains et ceci pour plusieurs raisons.

<u>Moyens insuffisants</u>

Comme le dit le colonel (e.r.) Schmauch dans sa thèse, la comparaison des effectifs des SDIS français à ceux de nos principaux voisins européens n'est pas « à notre avantage ». Le nombre de sapeurs-pompiers, tout confondu, pour 100 kilomètres carrés n'est que de 49 (Tableau 1), ce qui classe la France au 13ème rang parmi 18 des pays ayant fait le choix, comme nous, « d'une organisation reposant sur des effectifs essentiellement composés de volontaires et/ou bénévoles susceptibles de se rendre immédiatement disponibles pour répondre aux sollicitations opérationnelles » (Schmauch, 2007 ; p. 352).

Le colonel Schmauch insiste également sur l'inégale répartition de ces effectifs. Il y a en effet, des départements, des communes en majorité rurales et périurbaines, pour lesquelles le niveau de l'offre est particulièrement faible voire insuffisant.

[1] « Les pompiers submergés par les demandes », Leparisien.fr, 09 juillet 2011.

	Global	SP/100 km²
Liechtenstein	690	430
Allemagne	1 148 040	346
Autriche	290 070	346
Slovénie	65 540	324
Suisse	65 540	324
Luxembourg	6 200	239
Pologne	488 000	141
République Tchèque	110 000	139
Croatie	69 200	122
Pays-Bas	43 300	105
Belgique	21 500	70
Roumanie	145 500	61
France	246 100	49
Portugal	40 000	43
Italie	51 000	17
Lettonie	9 500	14
Islande	1 350	13
Espagne	13 000	8

Tableau 1 : Effectifs des services d'incendie et de secours de 18 pays ayant tous fait le choix d'une organisation reposant principalement sur le volontariat et/ou le bénévolat (Données : Schmauch, 2007).

Baisse du volontariat

Les efforts réalisés par les pouvoirs publics ces dernières années semblent également insuffisants car ils n'ont pas permis d'inverser la tendance à la baisse de ces effectifs.

La grande majorité des acteurs de secours, notamment de sapeurs-pompiers, sont volontaires[1]. Leur activité principale n'est donc pas de porter assistance à autrui. Ils interviennent principalement sur leur temps libre, repos et vacances et touchent pour cela en contrepartie une indemnité, ce qui les différencie des bénévoles.

La principale contrainte associée à ce statut particulier est la disponibilité, le temps qu'ils peuvent y consacrer. En effet, ces personnels doivent concilier leur activité de sapeurs-pompiers avec leur vie professionnelle, et leur vie de famille, qui occupe une place de plus en plus importante dans notre société, ainsi que celle accordée aux loisirs. Leur participation à un service de secours demande aux volontaires une grande disponibilité pour assurer les nombreuses gardes et astreintes, bien sûr, mais également, pour participer aux différents stages de formations et de maintien des acquis qu'exige de plus en plus ce métier.

Aussi les SDIS ont-ils des difficultés à recruter de nouveaux personnels, surtout en zones périurbaines et rurales et à pérenniser leur engagement dans le temps. Excepté un sursaut en 2010, le nombre de sapeurs-pompiers volontaires est en baisse depuis 2004, passant ainsi de 207 583 à 195 232 en 2011[2], soit une baisse de 6% en 7 ans.

[1] En 2012, la part que représente les sapeurs-pompiers volontaires par rapport au total était de 78% (source : Les statistiques des services d'incendie et de secours [http://www.interieur.gouv.fr]).
[2] Les statistiques des services d'incendie et de secours (http://www.interieur.gouv.fr).

La part très importante que représentent les volontaires dans notre système de secours en fait un problème majeur. Les pouvoirs publics ont choisi d'y apporter une réponse par la mise en œuvre d'une commission spécifique au problème du volontariat chez les sapeurs-pompiers. Cette commission, intitulée *Ambition volontariat*, s'est penchée sur la question du management, de la formation et de la reconnaissance des volontaires, et a abouti à un certain nombre de propositions, dont certaines ont été retenues pour faire partie de la loi qui en a découlé en juillet 2011[1]. Ce travail, commencé en 2009, explique peut-être en partie le sursaut du nombre de volontaires enregistré en 2010.

Baisse de la démographie médicale

Outre la baisse du volontariat dans notre pays, la baisse de la démographie médicale – beaucoup plus connue du grand public – pose également problème en matière d'offre de secours à personne. Le manque de médecins libéraux dans certaines régions impacte également l'offre de secours car, comme nous l'avons vu précédemment (section 1.1.2, p. 23), ils participent à part entière à la chaîne de secours. Les régions dans lesquelles ils font le plus défaut correspondent justement aux régions où ils sont le plus utiles en matière de secours, car ce sont généralement les plus éloignées des moyens médicalisés classiques. Sans surprise, il s'agit, principalement des espaces ruraux. Il convient toutefois de signaler que de plus en plus d'espaces périurbains et urbains sont également touchés par ce problème, du fait de l'éloignement des structures d'interventions classiques et de la désertification médicale.

Fermeture des centres de première intervention

La fermeture de certaines casernes de pompiers tend également à réduire le niveau général de l'offre par l'élargissement du maillage territorial des secours. De nombreuses casernes de pompiers sont en réalité de petites, voire très petites casernes : quelques dizaines de personnels pour quelques centaines d'interventions par an tout au plus. Elles font partie de la catégorie des centres de première intervention ou CPI. La pérennisation de beaucoup de ces centres a été remise en question au moment de la départementalisation des secours. Ceux qui alors ont été jugés les moins indispensables ont été fermés par souci de rationalisation.

Parmi les CPI qui n'ont pas fermé, tous n'ont pas été rattachés aux SDIS lors de leur création. Ce n'était pas obligatoire. Ces casernes sont donc restées à la charge des communes. On parle alors de CPI non-intégrés. Essentiellement à cause des frais de fonctionnement qu'engendrent l'entretien de ces centres, l'achat du matériel, la formation des personnels, etc., les élus de beaucoup de ces communes décident aujourd'hui de s'en séparer. Dans ces cas-là, ces centres sont soit intégrés aux SDIS, soit fermés.

Tout confondu, ce ne sont pas moins de 750 casernes qui ont été fermées les six dernières années (Perrin, 2015). Dans ce contexte, les tensions entre l'offre et la

[1] Loi n° 2011-851 du 20 juillet 2011 *relative à l'engagement des sapeurs-pompiers volontaires et à son cadre juridique*.

demande en secours à personne tendent à augmenter. Les nombreuses plaintes, au sens propre comme au sens figuré, portées à l'encontre des services de secours, en font régulièrement le constat. **L'amélioration de la couverture du secours à personne, notamment en zones périurbaines et rurales, est donc une préoccupation permanente des services de secours.**

1.3. Hypothèses et questionnements de départ

Pour améliorer le degré de couverture opérationnelle les services de secours ne peuvent pas agir sur le niveau général de la demande ; au mieux, ils peuvent limiter la demande en faisant de la prévention. Il est néanmoins difficile pour eux d'influer sur la population présentielle, ses caractéristiques, ou encore les risques qu'elle encourt. Même s'ils le pouvaient, ce n'est pas de leur ressort. Ils peuvent en revanche agir sur l'offre.

Selon nous, le niveau général de l'offre en secours dépend de trois facteurs :

- le nombre de moyens disponibles pour intervenir : personnels, véhicules, matériels, etc. ;
- leur type : médicalisés, non-médicalisés ;
- et le délai dans lequel ils peuvent se rendre sur les lieux des interventions[1].

En effet, la réponse à la demande peut être considérée comme adaptée, si et seulement si, à n'importe quel moment ou à n'importe quel endroit, le nombre de moyens est suffisant, adapté à l'état de la victime, et s'ils sont rapidement sur les lieux.

Ces facteurs contribuent, chacun à sa mesure, au niveau général de l'offre. Des trois, le délai d'intervention est selon nous celui qui mérite le plus d'attention. D'abord parce que les questions relatives à la quantité et aux types de moyens nécessaires pour couvrir l'ensemble des interventions compte tenu de leur fréquence, etc. ne relèvent pas du champ de la géographie, sauf à considérer la localisation de ces moyens. Ensuite, parce que les délais sont certainement le signe le plus visible des tensions entre l'offre et la demande. On reproche plus souvent aux secours le temps qu'ils ont mis à arriver, que le fait qu'ils ne soient pas en nombre suffisant ou que le type de moyens n'était pas adapté. Faute de statistiques nationales officielles, il est difficile de dire si c'est à tort ou à raison. **Quoi qu'il en soit, il semble que les délais d'intervention, notamment dans les secteurs périurbains et ruraux, soient plus longs que la moyenne et que compte tenu du contexte décrit précédemment, ils augmentent.** Enfin, parce que des trois, c'est certainement celui qui offre la meilleure marge de progression en matière de couverture opérationnelle. C'est sur la base de ce constat que repose l'hypothèse développée ci-après.

[1] Contrairement à ce que beaucoup pensent au premier abord, le temps que mettent les secours pour évacuer les victimes depuis les lieux de l'intervention vers les hôpitaux importe peu. En effet, à partir du moment où les premières équipes de secours sont sur place les victimes encourent beaucoup moins de risque, surtout en France où les secours sont médicalisés. Les premiers gestes pratiqués vont permettre de stabiliser leur état et les faire patienter jusqu'à leur prise en charge par un moyen de niveau supérieur ou leur évacuation vers une structure hospitalière. C'est pourquoi les études qui portent sur le degré de couverture des secours ne prennent en considération que le délai d'intervention *stricto sensu*.

1.3.1. Hypothèse de l'apport de l'optimisation spatiale et temporelle des moyens existants pour l'amélioration de la couverture opérationnelle

Le délai d'intervention est le résultat de la somme de trois délais : de déclenchement des moyens, de départ des moyens et de projection de ces moyens. Chacun constitue un levier d'action potentiel pour faire baisser le laps de temps qui sépare, l'appel d'urgence de l'arrivée sur les lieux des premiers moyens. Cependant, tous ne représentent pas le même poids et n'ont pas les mêmes causes et conséquences sur le délai d'intervention total.

Délai de déclenchement des moyens

Le délai de déclenchement des moyens correspond au temps qu'il faut pour traiter l'appel d'urgence, c'est-à-dire pour prendre tous les renseignements concernant l'intervention, choisir le moyen le plus approprié pour intervenir, vérifier sa disponibilité et le déclencher. Il est généralement très court, de l'ordre d'une minute en moyenne. Il semble difficile de faire mieux.

Délai de départ des moyens

Le délai de départ des moyens est un peu plus long, de l'ordre de 2 minutes en moyenne. C'est le plus simple à saisir et à améliorer des trois car en effet :

- Soit les personnels sont de garde postée, c'est-à-dire directement dans les locaux de garde, et le temps qui s'écoule entre le moment où ils réceptionnent l'alerte et celui où ils partent vers les lieux de l'intervention correspond essentiellement au temps qu'il leur faut pour prendre connaissance de l'intervention et rejoindre leurs véhicules.
- Soit les personnels sont de garde à domicile, et au délai précédent, s'ajoute le temps nécessaire pour rejoindre la caserne et s'équiper. Ce délai peut être plus ou moins important en fonction du nombre de personnels mobilisés et du lieu où ils habitent.

De ces deux situations, c'est bien évidemment la première qui est la plus économe en temps mais c'est aussi la plus coûteuse financièrement, car pendant que les personnels sont de garde à domicile ils ne sont pas rémunérés, ou moins que lorsqu'ils sont en caserne. D'une manière générale, le mode de garde des personnels est donc une bonne solution pour réduire les délais d'intervention, mais ce n'est pas le seul facteur à prendre en considération.

Délai de projection des moyens

Le délai de projection des moyens compose la plus grande partie du délai d'intervention total. Il correspond au temps de route nécessaire pour rejoindre le lieu de l'intervention. Il s'élève en moyenne à 5 minutes en milieu urbain et jusqu'à plusieurs dizaines de minutes pour des communes de montagne. Les délais de projection dépendent en partie du nombre de moyens dont disposent les services de secours pour répondre à la demande. En effet, plus ils sont nombreux, plus le maillage du territoire est serré, plus courts sont les délais pour intervenir. Tout dépend vraiment de leur répartition sur le territoire. Le nombre de moyens, à lui seul, ne fait pas tout. Le choix de leur

emplacement détermine les distances qui les séparent des lieux de demande potentielle et donc le temps nécessaire pour s'y rendre. La question de la localisation des moyens est donc stratégique mais difficile à résoudre. Elle doit tenir compte de nombreux paramètres comme : le niveau de la demande, sa répartition dans le temps et l'espace, le nombre de moyens qu'il est possible de localiser, les sites potentiels pouvant les accueillir, etc. Plus que la simple question de la localisation des moyens, c'est celle de l'optimisation du niveau de l'offre à celui de la demande qui se pose. **Cette question est d'autant plus cruciale que les services de secours ont un coût et que dans le contexte économique actuel, leurs budgets sont limités.**

Or nous pensons qu'en matière d'optimisation de la localisation de moyens, les services de secours, et notamment les SDIS, ont une marge de progression. En effet, le problème ne s'est pas toujours posé dans ces termes, car l'échelle de réflexion n'a pas toujours été celle du département. Avant la départementalisation, les secours étaient communaux et le choix du lieu d'emplacement d'une nouvelle caserne ne se posait pas toujours en fonction de l'emplacement des casernes des communes voisines. Compte tenu du peu de temps qui s'est écoulé depuis la départementalisation et le peu de casernes qui ont été construites ou déplacées depuis, **nous postulons que le maillage territorial de casernes dont les SDIS ont hérité n'est pas encore optimal**. C'est d'autant plus vrai que, depuis l'époque où la majorité des casernes ont été construites, la localisation et le niveau de la demande ont beaucoup changé. De plus, les lois et textes réglementaires, en France, laissent aux SDIS une appréciation relativement importante en matière de planification des moyens de secours, ce qui fait que d'une commune ou d'un département à l'autre, la répartition des moyens peut varier (Schmauch, 2007).

Pour toutes ces raisons, nous formulons comme hypothèse que l'optimisation spatio-temporelle de la localisation des moyens par rapport à la demande en SAP est un bon levier pour améliorer leurs délais de projection, et par voie de conséquence, pour maîtriser les délais d'intervention et la couverture opérationnelle.

Cette hypothèse constitue seulement le point de départ de notre recherche. Même s'il lui donne une résonance toute particulière, ce n'est pas le contexte économique actuel qui nous a amené à nous intéresser à la question de l'optimisation des moyens. Par ailleurs, cette question ne se pose pas qu'en période de crise. À nos yeux, l'enjeu majeur est de donner l'égalité d'accès aux secours, à tous et en tout lieu, tout en maîtrisant les dépenses publiques. Des dépenses, notamment celles concernant les SDIS, que la Cour des comptes a pointées du doigt dans plusieurs de ses rapports (Anon, 2011b ; Anon, 2013). L'objectif n'est pas de débattre sur le coût des services de secours, mais de proposer une solution pour contribuer à le maîtriser et, le cas échéant, à le justifier. Il est également important de préciser que l'objectif n'est pas non plus de réfléchir à faire mieux avec moins. Les services de secours français ne peuvent se permettre de réduire le nombre de leurs moyens. La suite de ce travail le démontrera. Optimiser et réduire les moyens sont deux éléments bien distincts.

1.3.2. Question des méthodes utilisées pour réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens de secours

Le processus décisionnel en matière d'optimisation de la localisation de moyens de secours est un processus complexe qui nécessite généralement la mise en œuvre de méthodes particulières. **Même si nous sommes bien conscient que toutes les décisions prises en matière de localisation ne dépendent pas uniquement de ces méthodes et de leurs résultats, elles permettent de les objectiver, c'est pourquoi nous nous y sommes intéressé.** Nous avons donc recherché les méthodes développées dans cette optique, par les scientifiques, mais pas seulement ; nous nous sommes également intéressé à celles développées par les professionnels, ce qui est moins courant dans le cadre d'une recherche doctorale en géographie mais qui s'explique par le type de partenariat dans lequel s'inscrit cette recherche (cf. Préambule, p. 10). Faisant partie intégrante d'un SDIS, il était indispensable de prendre en compte les méthodes mises en place par leurs membres, plus précisément, d'évaluer la méthode d'optimisation du SDIS 06, et de la comparer à celles adoptées par les autres SDIS.

La question de l'optimisation de la localisation des moyens de secours est abordée de manière très formelle par les professionnels de secours dans des documents d'organisation et de planification des moyens. Il en existe essentiellement deux :

- toutes les questions relatives au SAMU, aux moyens des SMUR et aux ambulanciers privés sont évoquées dans la partie *médecine d'urgence* des schémas régionaux d'organisation des soins (SROS) ;
- toutes les questions relatives aux SDIS, aux moyens des SSSM et aux sapeurs-pompiers, d'une manière générale, sont abordées dans les schémas départementaux d'analyse et de couverture des risques (SDACR).

Une présentation plus détaillée de ces deux documents est réalisée dans le chapitre suivant (Chapitre 2, section 2.1, p. 45).

L'objectif principal de ces schémas est de dresser, à un moment donné, l'état de l'offre et de la demande et de s'assurer que la couverture opérationnelle est suffisante. Si nécessaire, des mesures d'ajustement sont proposées. Il est indispensable de s'intéresser à ces différents documents et à la manière dont sont élaborées les conclusions et recommandations qui y sont émises pour connaître les méthodes habituellement utilisées par les professionnels afin d'optimiser la localisation des moyens. C'est l'objet du prochain chapitre.

Conclusion du chapitre 1

Le SAP est assuré en France par plusieurs services, dont les trois principaux sont les Services départementaux d'incendie et de secours, les Services mobiles d'urgence et de réanimation et les ambulanciers privés. C'est le Service d'aide médicale urgente qui joue le rôle de régulateur entre tous ces intervenants, à l'aide du centre de régulation et de réception des appels.

Le SAP est à l'origine un terme employé par les pompiers pour désigner une partie des interventions qu'ils réalisent. Nous en avons retenu une définition élargie de manière à englober l'ensemble des interventions de secours inquiétant des personnes, indépendamment de leur nature, du fait qu'elles soient médicalisées ou non, et du service qui intervient.

Pour les services de secours en charge du SAP, réfléchir à l'organisation des moyens revient à soulever la question du degré de couverture de la demande en secours par l'offre proposée. La réponse à la question est positive si l'offre *couvre* quantitativement, qualitativement et dans les délais préconisés la demande. Dans le cas contraire, cela se traduit essentiellement par des délais d'intervention plus longs pour les secteurs concernés.

C'est dans les zones périurbaines et rurales que l'on trouve les délais les plus longs, notamment à cause, d'un côté, de la baisse de la démographie médicale et du volontariat, et de l'autre, de l'augmentation de la demande notamment à certaines périodes. Compte tenu du contexte économique difficile que nous traversons, une des possibilités de remédier à ce problème réside, à nos yeux, dans l'optimisation spatiale et temporelle de la localisation des moyens existants.

Cette hypothèse nous amène à focaliser l'attention sur l'optimisation de la localisation des moyens de secours, et plus particulièrement sur les méthodes d'aide à la réflexion et à la décision, car d'elles dépendent les conclusions et recommandations émises dans les différents documents d'organisation et de planification des moyens.

En guise de synthèse de ce chapitre, les composantes majeures du système de la couverture opérationnelle ont été représentées à l'aide d'un diagramme sagittal. Il n'a pas la prétention d'être exhaustif. Seuls y figurent les éléments évoqués précédemment et ceux le plus souvent mentionnés dans la littérature spécialisée. Le rôle de certains de ces facteurs, ainsi que toutes les relations qui les lient entre eux ne sont pas validés scientifiquement. Il s'agit, dans ces cas-là, de simples hypothèses à confirmer ou infirmer, mais ce n'est pas l'objet de cette recherche.

Le diagramme permet par la même occasion de souligner le rôle central des documents de planification des moyens. De leurs préconisations dépendent, en effet, les principaux facteurs constitutifs du niveau de l'offre, tels que : le nombre, le type, la

localisation des moyens nécessaires, mais également le mode de garde des personnels équipant ces véhicules (astreintes à domicile, gardes postées, nombre de personnels concernés, etc.). Ces préconisations sont évidemment faites en fonction des lois et documents réglementaires régissant l'organisation des secours. Nous aurons l'occasion d'y revenir tout au long de cette thèse.

Pour faciliter la lecture du diagramme, il est important de préciser que :

- *Type de vecteur* fait référence au mode de transport utilisé par les secours pour se rendre sur les lieux de l'intervention. On en distingue principalement deux : terrestre ou aérien. Le délai de projection n'est évidemment pas le même suivant qu'ils utilisent l'un ou l'autre.
- À la différence du précédent, *type de moyens,* fait uniquement référence au fait qu'il s'agit d'un moyen médicalisé ou non-médicalisé.
- La *population présentielle* correspond à la population réellement présente dans la commune ou le secteur concerné à un moment précis (Ricordi, 2010). Cette notion, à la différence de la *population présente* proposée par Christophe Terrier (Terrier, 2006), ne tient pas seulement compte des personnes qui ont passé une nuitée au moins dans le secteur. Il est donc question de l'ensemble de la population : résidents, touristes, excursionnistes, visiteurs, etc.
- *Temporalité* fait référence au temps. Le fait que ce soit la nuit ou le jour, la semaine ou le week-end, les vacances ou non, etc., fait varier un certain nombre de paramètres de l'offre et de la demande.

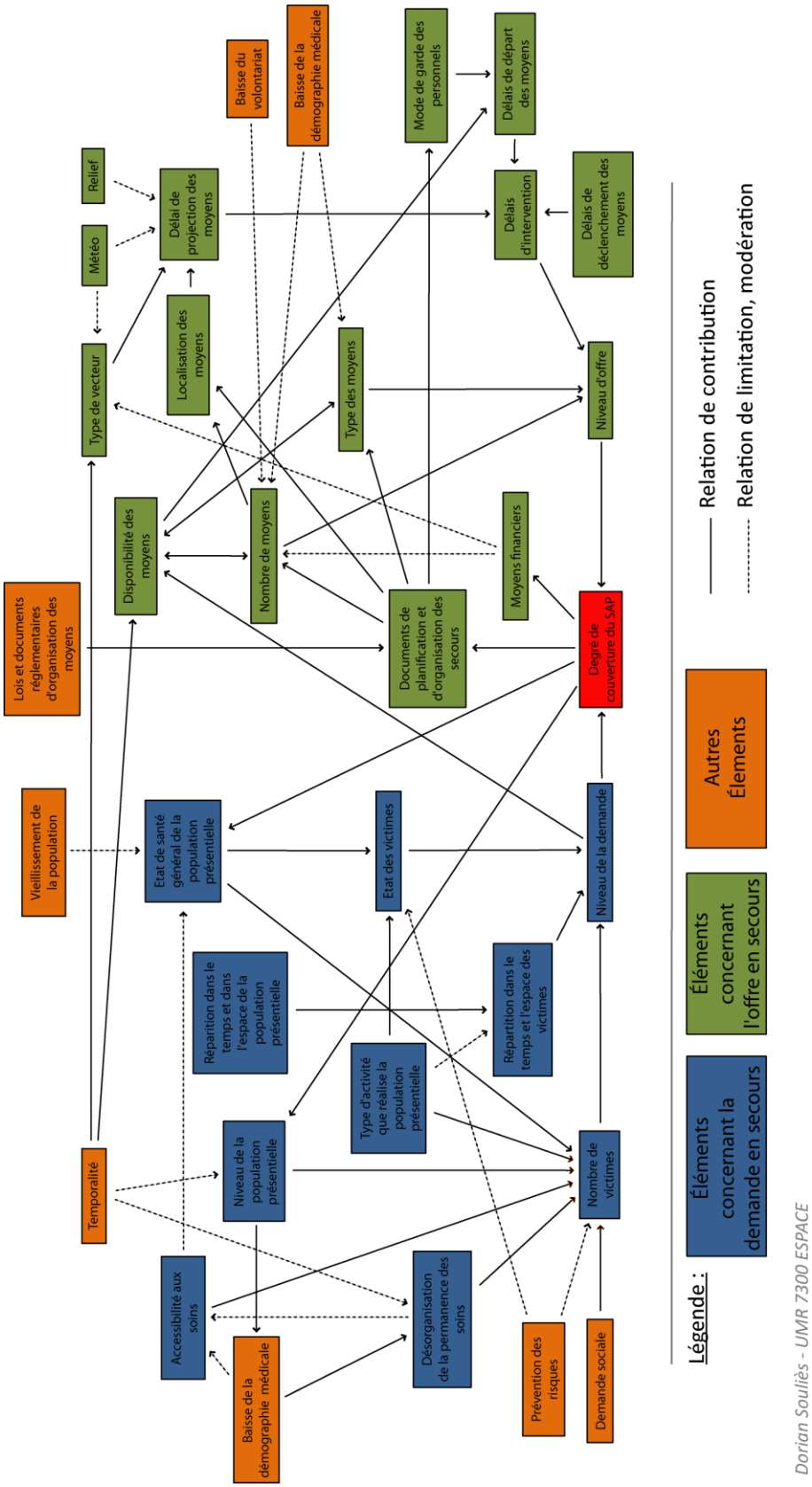


Figure 2 : Diagramme sagittal du secours à personne.

Chapitre 2 - État des lieux des méthodes de localisation des moyens de secours à personne utilisées dans le monde professionnel

Les documents d'organisation et de planification des secours sont généralement élaborés dans le cadre d'un comité ou groupe de travail réunissant toutes les personnes concernées par le projet, que ce soient aux niveaux décisionnel ou technique. Les méthodes de localisation des moyens généralement développées pour l'occasion n'y sont malheureusement pas toujours détaillées, ou le sont de manière très sommaire – les professionnels des secours n'ayant pas les mêmes obligations en matière de transparence et de reproductibilité des travaux que les scientifiques. L'ensemble des questions que nous nous posons au sujet de ces méthodes ne peuvent trouver leur réponse à la seule lecture de ces documents. Nous avons donc décidé, pour obtenir plus d'informations, de réaliser une enquête directement auprès des personnes ayant participé à l'élaboration de ces documents. Plusieurs autres références nous ont permis de compléter ces informations, notamment en ce qui concerne les services de secours étrangers. Avant d'exposer l'enquête et ses résultats, il nous semple important de présenter plus en détail les deux principaux documents en question et le contexte dans lequel ils sont élaborés.

2.1. Présentation des deux principaux documents d'organisation et de planification des moyens et contexte d'élaboration

2.1.1. Le schéma régional d'organisation des soins

Les schémas régionaux d'organisation des soins (SROS) ont été instaurés par la Loi *portant réforme hospitalière* du 31 juillet 1991[1]. À leur création, il y était principalement question de la répartition des installations et activités de soins dans le but d'assurer une satisfaction optimale des besoins de la population, et ils s'intitulaient en réalité : schémas régionaux d'organisation sanitaire. Au fil des nouvelles dispositions juridiques prises en matière d'organisation de l'hôpital, notamment l'ordonnance du 24 avril 1996[2] et plus récemment la Loi dite *hôpital, patients, santé et territoires* du 21 juillet 2009[3], les SROS

[1] Loi n° 91-748 du 31 juillet 1991 *portant réforme hospitalière*.
[2] Ordonnance n° 96-346 du 24 avril 1996 *portant réforme de l'hospitalisation publique et privée*.
[3] Loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 *portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires*.

ont pris une dimension beaucoup plus stratégique. Pour preuve, les SROS de dernière génération « constituent désormais un outil opérationnel de mise en œuvre des plans stratégiques régionaux de santé »[1]. Ils s'intitulent depuis, SROS-PRS, pour projet régional de santé. Le SROS « contribue ainsi à améliorer la qualité, l'accessibilité et l'efficience de l'organisation sanitaire » au niveau régional et pour l'ensemble de l'offre de soin. La question des moyens pré-hospitaliers n'est traitée que dans la partie relative aux soins hospitaliers, dans la rubrique concernant la médecine d'urgence. Il y est question de tous les moyens qui interviennent dans le cadre de l'aide médicale urgente, c'est-à-dire principalement le SAMU, les SMUR et les ambulanciers privés.
Les SROS sont élaborés en moyenne pour une durée de cinq ans. Ce sont les Agences régionales de santé (ARS) qui ont la charge de les concevoir, de suivre leur mise en application et de procéder à leur évaluation. Le personnel qui compose les ARS se répartit entre un siège régional et des délégations territoriales implantées dans chacun des départements. Le siège régional est composé pour l'essentiel d'une direction et de chargés de missions. Les directeurs sont, pour la majorité, des anciens préfets, sous-préfets ou des personnes qui ont exercé dans un corps d'inspection ou une administration centrale. Pour une autre partie, ils sont issus d'un organisme de la sécurité sociale, de l'*ouverture*, c'est-à-dire du secteur privé, ou encore médecins. Les chargés de missions ont le même type de profil.

L'élaboration des SROS est réalisée par les personnels des ARS selon le mode de la concertation avec et pour les professionnels de santé de la région. Les différents établissements, professionnels, usagers et élus sont consultés tout au long du processus.

2.1.2. Le schéma départemental d'analyse et de couverture des risques

Les schémas départementaux d'analyse et de couverture des risques (SDACR) sont introduits pour la première fois dans un Décret daté du 6 mai 1988 *relatif à l'organisation générale des services d'incendie et de secours*[2], bien avant la départementalisation des secours et l'existence des SDIS. Ce n'est qu'à partir de la Loi du 3 mai 1996[3], article 7, codifié depuis dans le Code général des collectivités territoriales et modifié par la Loi de 2004 dite *de modernisation de la sécurité civile*[4], que leur rédaction a été rendue obligatoire. L'objectif est resté le même, c'est-à-dire : dresser « 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 déterminer les objectifs de couverture de ces risques par ceux-ci »[5]. Depuis, les SDACR ont moins une fonction de *catalogue* et présente davantage une dimension stratégique. Parmi l'ensemble des risques traités dans les SDACR, le secours à personne tient une place importante compte tenu de la part qu'il représente en nombre d'interventions par rapport aux autres. Les analyses portent sur le niveau de la demande à couvrir et celui des moyens relatifs aux sapeurs-pompiers, service de santé et de secours médical compris.

[1] Site du ministère des Affaires sociales et de la Santé.
[2] Décret n°88-623 du 6 mai 1988 *relatif à l'organisation générale des services d'incendie et de secours* (Mené, 2002).
[3] Loi n° 96-369 du 3 mai 1996 relative aux services d'incendie et de secours.
[4] Loi n° 2004-811 du 13 août 2004 *de modernisation de la sécurité civile*.
[5] Article L.1424-7 du CGCT.

Ils sont élaborés pour une période de cinq ans environ. Ce sont les SDIS, sous l'autorité du préfet, qui ont la charge de concevoir les SDACR. Un SDIS est composé, pour une majeure partie, de personnels opérationnels, et pour une autre partie de personnels en charge de son administration au sens large. Il s'agit de gestionnaires des ressources humaines, de juristes, de prévisionnistes, de cartographes, etc. Ces derniers peuvent être des sapeurs-pompiers professionnels ou volontaires, des personnels administratifs techniques et spécialisés civils. Ils se répartissent alors en groupements fonctionnels ou territoriaux. Leur nombre et leurs prérogatives peuvent varier d'un SDIS à l'autre. Chacun de ces services apporte les éléments nécessaires à l'élaboration du SDACR qu'il a en sa possession. Une mission, un comité ou un groupe de travail est généralement chargé de centraliser et d'analyser ces informations.

2.2. Présentation de l'enquête sur les méthodes de localisation des moyens de secours à personne utilisées dans le monde professionnel

Afin d'appréhender les méthodes d'organisation et de planification mises en œuvre lors de l'élaboration des SROS et des SDACR, nous avons réalisé une enquête. Son objectif principal est d'examiner les différentes méthodes de recherche d'optimisation de la localisation des moyens. L'enquête a été réalisée au début de notre recherche, en 2009, sous la forme d'entretiens, plus adaptés selon nous à la complexité et au caractère nouveau des informations à collecter que le questionnaire, par exemple. La méthode retenue est dite par *informateur-clé*. Cette méthode est en effet « utile pour définir ou préciser une question en profondeur ou tout simplement pour explorer les différentes dimensions de cette même question » (Gumuchian et al., 2000). Les entretiens se sont déroulés prioritairement en face à face, et à défaut par téléphone.

2.2.1. Ressources

Les informations sur les méthodes utilisées dans le cadre de l'élaboration des SROS et des SDACR ont été obtenues grâce à l'audition de dix informateurs-clés au total, dont : cinq font partie d'un SDIS, trois d'une ARS, un d'un Centre hospitalier universitaire et un d'un Observatoire régional des urgences. Cette enquête s'appuie également sur notre participation à plusieurs réunions du *comité SDACR* mis en œuvre à l'occasion de la révision de celui des Alpes-Maritimes, et sur la lecture de différents documents professionnels spécifiques[1] mais aussi scientifiques. Ces derniers concernent surtout le cas des services de secours étrangers. En effet, nous le verrons dans le chapitre suivant, il existe très peu de références bibliographiques qui traitent de la question des méthodes de localisation des moyens utilisées en France. Les documents mobilisés pour l'enquête sont les suivants :

- 14 SDACR[2] : Ain, Aude, Alpes-Maritimes, Cher, Doubs, Isère, Jura, Meuse, Pas-de-Calais, Puy-de-Dôme, Saône-et-Loire, Var, Vaucluse, Vosges **;**
- 2 synthèses de SDACR : Charente-Maritime, Côte-d'Or ;

[1] Depuis la fin de l'enquête, fin 2009, un certain nombre de ces documents a été révisé. Dans ce cas-là les résultats ont été mis à jour à partir de la version la plus récente du document.
[2] Tous ces documents sont disponibles en libre accès généralement depuis le site des SDIS concernés.

- 3 volets *urgences* de SROS de troisième génération[1] : Midi-Pyrénées, Franche-Comté, Provence-Alpes-Côte-D'azur ;
- 3 SROS-PRS : Champagne-Ardenne, Lorraine, Provence-Alpes-Côte-d'Azur ;

Plusieurs autres documents professionnels ou scientifiques :

- Le guide méthodologique pour l'élaboration des SROS-PRS. Version 2.1, 2011.
- Les rapports annuels de 2001 à 2008 sur l'activité des structures d'urgences en Midi-Pyrénées, édités par l'Observatoire régional des urgences de Midi-Pyrénées.
- Le Schéma départemental d'analyse et de couverture des risques. Eléments de bilan national et réflexions prospectives (Mene, 2002).
- La thèse de doctorat en science de gestion du colonel (e.r.) Schmauch, *Identification et description des trois principales écoles d'organisation des services ayant en charge de répondre aux situations d'urgence. Thèse de doctorat en science de gestion*, 2007.

2.2.2. Objectif et périmètre de l'enquête

L'objectif assigné à l'enquête est d'obtenir des pistes de réflexion pertinentes relatives à l'optimisation de la localisation des moyens, en privilégiant le nombre et la diversité des services de secours sans rechercher l'exhaustivité et la représentativité de l'échantillon. *De facto*, 24 services de secours, dont 22 français et 2 étrangers, ont été étudiés, soit par le biais des enquêtes, soit par le biais de la documentation. Cependant, nous sommes conscient que certaines initiatives locales, au sein des SDIS notamment, ont pu nous échapper.

Parmi les services de secours français :

- 5 sont des ARS : Midi-Pyrénées, Franche-Comté, Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Champagne-Ardenne et Lorraine.
- 17 sont des SDIS : Ain, Aude, Alpes-de-Haute-Provence, Alpes-Maritimes, Charente-Maritime, Cher, Côte-d'Or, Doubs, Isère, Jura, Meuse, Pas-de-Calais, Puy-de-Dôme, Saône-et-Loire, Var, Vaucluse, Vosges.

Quant aux services de secours étrangers, il s'agit essentiellement du *National health service* au Royaume Uni et du *Rettungsdienst* Allemand.

L'enquête porte sur l'ensemble des éléments de méthode qui permettent de réfléchir à l'optimisation de la localisation des données : la nature de la méthode, la démarche dans laquelle elle s'inscrit, les données utilisées, leurs échelles spatiale et temporelle, les outils, les leviers d'action utilisés, etc. (cf. Annexe 1).

[1] Dans les SROS de troisième génération et ceux des générations précédentes la question des urgences, et notamment des urgences pré-hospitalières, était traitée dans un *volet* indépendant du document principal, appelé pour le cas des urgences : *volet urgences*.

L'analyse a été menée en deux temps, chaque enquête a d'abord été traitée individuellement, puis les enquêtes ont été étudiées de manière transversale. Les résultats présentés ci-dessous sont ceux de l'analyse transversale.

2.3. Résultats de l'enquête

2.3.1. Agences régionales de soins

Le guide méthodologique pour la rédaction des SROS-PRS (Anon, 2011a) dans sa rubrique relative à la *médecine d'urgence* reste assez général sur la méthode à mettre en œuvre pour réfléchir à la couverture opérationnelle. Parmi les préconisations on peut lire :

- « Réfléchir à la pertinence du maillage des services d'urgences, en vue de garantir la meilleure accessibilité aux soins en fonction : du nombre d'habitants pouvant être pris en charge, du territoire pouvant être couvert, de l'activité des services et des caractéristiques sociales de la population prise en charge. »
- « Une attention particulière sera portée aux zones situées à plus de 30 minutes d'une structure d'urgence ou d'un SMUR. Le cas échéant, il conviendra de prendre en compte les autres types de réponses mises en place : réponses apportées par le premier recours (maisons de santé pluri-professionnelles, points fixes de garde dans le cadre de la permanence des soins), conventions avec les services départementaux d'incendie et de secours, médecins correspondants de SAMU, etc. »

Un élément permettant d'objectiver la couverture opérationnelle (le seul en matière d'urgences pré-hospitalières) est cependant apporté : « Pour identifier les zones concernées, des cartographies régionales (novembre 2007) des temps d'accès par les SMUR terrestres vitesse rapide, par les SMUR terrestres vitesse standard, par les hélicoptères et des temps d'accès aux urgences à vitesse standard sont disponibles sur le serveur PARTHAGE (*rubriques cartographie – études des temps d'accès*). »

En dehors de quelques initiatives locales basées sur des systèmes d'information géographique (SIG) (Drieu, Mary, 2003 ; Drieu, Mary, 2005), les méthodes utilisées pour réfléchir à la localisation des moyens se limitent généralement à l'analyse de données sur la demande en secours (nombre d'affaires[1] réalisées dans le cadre d'un SMUR primaire[2], nombre d'interventions réalisées par les moyens médicalisés des SDIS, etc.) et la lecture d'une carte d'isochrones pour représenter l'accessibilité par le réseau routier de la région, en ce qui concerne l'offre. L'optimisation entre les deux est avant tout basée sur la concertation et la remontée d'information du terrain. C'est une méthode qui n'est pas négligeable, pas si simple à mettre en œuvre compte tenu de la quantité d'informations à traiter, qui a l'avantage d'être opérationnelle et que les ARS maîtrisent très bien.

[1] Une affaire correspond à un appel reçu au CRRA ayant donné lieu à l'ouverture d'un dossier (Anon, 2008).

[2] SMUR primaire fait référence aux missions que les SMUR réalisent pour porter secours aux victimes directement sur les lieux d'une intervention à la différence des SMUR secondaires où il est question des missions qu'ils réalisent pour transférer un patient d'un centre hospitalier à un autre.

Si les données concernant la demande ne sont pas davantage exploitées, c'est en partie lié au fait que tous les SAMU d'une même région n'utilisent pas forcément les mêmes protocoles de saisie des données, ni les mêmes applications informatiques pour les gérer et les stocker. Cela a l'inconvénient de complexifier leur collecte et leur traitement. Ce problème est en passe d'être résolu depuis la création des Observatoires régionaux des urgences (ORU). Une de leur raison d'être est justement de compenser ces manques. Leur mission est d'abord de rassembler les données concernant les urgences sous toutes leurs formes, pré-hospitalières comprises, de les traiter et de restituer les résultats aux différents décideurs, notamment à l'ARS dans le cadre de l'élaboration du SROS. C'est ce que fait par exemple très bien l'ORU de Midi-Pyrénées, l'un des premiers à avoir été créé en France. Concernant l'activité des SMUR, les analyses mêlent répartitions spatiale et temporelle des missions, âge, sexe, CCMU (classification clinique des malades des urgences) et pathologies des victimes. La production des ORU ne porte que sur l'aspect demande des secours, pas sur l'offre.

2.3.2. Services départementaux d'incendie et de secours

Comme pour les SROS, il existe bien des guides méthodologiques pour l'élaboration des SDACR. Trois circulaires datées du 25 mars 1993[1], du 31 janvier 1994[2] et du 24 février 1995[3], chacune possédant de nombreuses annexes, ont été éditées par la Direction de la sécurité civile (DSC) de l'époque. Malgré le travail important réalisé par l'ANDSIS[4] et le colonel Mené et ces trois circulaires qui en ont découlé, seul le canevas est commun à l'ensemble des SDACR, le reste – comme les méthodes de localisation – est à la libre appréciation des SDIS.

Les méthodes développées dans le cadre de l'élaboration des SDACR font toujours la distinction entre, d'une part, la localisation des casernes et la définition des secteurs d'intervention de chacune d'entre elles, et d'autre part, la définition du nombre de vecteurs et l'effectif nécessaire pour assurer leur départ, compte tenu de la simultanéité des interventions.

Chaque caserne, en fonction du secteur qu'elle a à défendre, du nombre d'interventions correspondant, etc., a une probabilité plus ou moins importante d'avoir à réaliser plusieurs départs simultanément. Un seuil est généralement fixé au-delà duquel les casernes concernées doivent être dotées de vecteurs supplémentaires pour faire face à des demandes concomitantes. C'est la loi de Poisson qui est généralement utilisée pour calculer les probabilités.

Une deuxième méthode existe pour calibrer les moyens en fonction de la demande. Cette dernière repose sur des ratios nationaux détaillés dans l'annexe 3 de la Circulaire de 1993 précitée. Ils permettent de connaître directement le nombre de véhicules, en

[1] Circulaire DSC 9/FM/CA/N° 93-299 du 25 mars 1993 relative à l'élaboration du Schéma Départemental d'analyse et de couverture des Risques (Mené, 2002).
[2] Circulaire DSC 9/FM/AM/N° 94-128 du 31 janvier 1994 relative à l'élaboration du Schéma Départemental d'analyse et de couverture des Risques : analyse des risques particuliers et des sites à risques (Mené, 2002).
[3] Circulaire DSC 9/PG/AM/N° 95-181 du 24 février 1995 relative à l'élaboration du Schéma Départemental d'analyse et de couverture des Risques : couverture des risques particuliers et des sites à risques (Mené, 2002).
[4] Association nationale des directeurs de services d'incendie et de secours.

l'occurrence de VSAV, qu'il est nécessaire d'affecter dans chaque caserne en fonction du nombre d'interventions qu'elles réalisent. Entre 0 et 365 interventions par an, un VSAV suffit, entre 365 et 730 interventions par an, la circulaire en préconise deux, etc.

Quelle que soit la méthode utilisée, la question de l'évaluation du nombre de moyens pour faire face à un nombre de demandes simultanées est traitée par les SDIS et ne pose pas de problème particulier.

La localisation des moyens, à proprement parler, est abordée de différentes façons par les SDIS. Les méthodes utilisées portent sur l'analyse des données, l'évaluation de certaines composantes, et la localisation des moyens, en tant que telle.

2.3.2.1. Analyse des données

La majorité des SDIS s'attache d'abord à analyser les données opérationnelles réelles. Ces données sont renseignées à l'issue de chaque intervention et sont stockées la plupart du temps dans une base de données informatique. Le nombre d'années de données recueillies varie en fonction des SDIS et de la date à laquelle a été mise en place l'application informatique qui les gère. Deux aspects de la problématique peuvent ainsi normalement être traités :

- la demande, avec toutes les informations concernant le nombre d'interventions, leurs types, l'adresse à laquelle elles ont eu lieu, le nombre de victimes, leur état, etc. ;
- et l'offre, grâce à toutes les informations concernant la nature des moyens intervenus, l'heure à laquelle ils ont été déclenchés, l'heure à laquelle ils sont partis, celle à laquelle ils sont arrivés sur les lieux de l'intervention, etc.

La totalité des SDACR que nous avons consultés traite au moins la demande. La méthode utilisée est celle des statistiques descriptives à différentes échelles spatiales et temporelles, généralement le département et la commune, et une année ou un groupe d'année. Aucun SDIS ne traite cette question simultanément à grande échelle spatiale et temporelle. Les données utilisées sont celles des années précédentes et les résultats sont principalement présentés sous forme de graphiques et tableaux, plus rarement sous forme de cartes.

La moitié seulement des SDACR consultés traite également les données concernant l'offre. Lorsque c'est le cas, la démarche consiste à calculer une moyenne ou une médiane des différents délais[1] à l'échelon du département ou de la commune, sur une ou plusieurs années. Les résultats sont présentés, là aussi majoritairement, sous forme de graphiques et tableaux, moins sous forme de cartes.

2.3.2.2. Évaluation

Une grande partie des SDIS s'attachent, en complément ou à la place des analyses descriptives précédentes, à évaluer un certain nombre de paramètres rentrant en ligne de compte dans la problématique de la localisation des moyens. Les évaluations dont il est

[1] Délai de traitement de l'appel, délai de départ et de projection des moyens, etc. (cf. p. 31).

question dans cette partie sont réalisées sur des paramètres pour lesquels il n'existe pas de données brutes. L'objectif est donc de créer des indicateurs synthétiques à partir de plusieurs autres données existantes ou créées pour l'occasion. Le recours à de la modélisation est à ce titre parfois nécessaire, comme c'est le cas pour le calcul des zones de couverture ou des isochrones par exemple. C'est en cela que cette étape se différencie des simples analyses présentées précédemment.

Evaluation de l'offre

L'évaluation de la zone de couverture consiste à représenter de façon théorique les distances en kilomètre que peuvent parcourir les différents moyens opérationnels en un temps donné. Cela nécessite de connaître la vitesse à laquelle ils peuvent se déplacer sur le réseau.

Cette méthode repose sur la modélisation du réseau routier et nécessite l'utilisation de logiciels spécifiques, tels que les SIG pour pouvoir calculer les isochrones. Tous les SDIS n'ont pas développé leur propre modèle. Certains ont fait appel à d'autres services en charge de la gestion des routes pour obtenir les différentes zones de couverture.

Les temps qui servent de références pour calculer les zones de couverture correspondent généralement aux délais d'intervention maximaux préconisés dans la Circulaire de 1993 soit : 10 minutes pour les communes à dominante urbaine et périurbaine et 20 minutes pour toutes les autres (Encadré 2).

La Figure 3 présente par exemple le résultat de la couverture des moyens en 20 minutes au départ des différentes casernes du département de l'Allier. Pour son calcul, ce délai tient compte du temps qu'il faut en moyenne pour traiter l'appel d'urgence, en l'occurrence ici 2 minutes, et du temps qu'il faut normalement aux équipes pour partir. Le délai de départ retenu pour les centres de secours principaux est de 2 minutes. C'est un délai relativement court compte tenu du fait que les personnels y sont de garde postée, c'est-à-dire à la caserne. La valeur retenue pour les centres de secours et les centres de première intervention est plus longue, 8 minutes, car dans ces casernes le personnel est généralement d'astreinte au *bip*, il faut donc rajouter le temps pour rejoindre la caserne. Les isochrones dessinés sur la carte sont donc en réalité calculés pour un délai de projection des moyens, de 16 minutes, pour la première catégorie de casernes, et de 10 minutes, pour les deux autres. En bas à droite de la même figure sont mentionnées les vitesses retenues pour le calcul des isochrones pour chacun des types de routes.

En France, contrairement à ce que beaucoup de personnes pensent, les délais d'intervention ne font l'objet d'aucune loi et ne sont inscrits dans aucun document ayant une valeur juridique. Des délais ont pourtant bien été spécifiés dans le passé, comme c'est le cas par exemple dans un arrêté du 29 juin 1981, mais ils ne le sont plus. Il y était précisé que « les centres de secours principaux et centres de secours sont dits centres de premier appel sur le territoire des communes qui leur sont rattachées et pour lesquelles ils sont normalement appelés à intervenir dans un délai maximal de l'ordre de dix minutes en zone urbaine et de vingt minutes en zone rurale » (Schmauch, 2007). Depuis ces valeurs ont effectivement disparu au profit de la simple notion de *départ immédiat*, comme cela est mentionné dans un décret du 6 mai 1988[1] : « Tout centre de secours principal, tout centre de secours ou tout centre de première intervention dispose en permanence de personnels de garde chargés notamment de la réception des demandes de secours, de l'alerte des autres personnels et de la mise en condition des véhicules en vue de leur départ immédiat. » Leur mention persiste en réalité toujours dans la Circulaire du 25 mars 1993 évoquée précédemment (cf. p. 50). Il faut savoir que les délais ne sont pas identiques pour toutes les communes. La même circulaire définit d'abord trois catégories de communes en fonction du nombre d'habitants et de leur densité :

Zones	Nombre d'habitants	Densité
A	> 20000 habitants	> 600 Habitants/km²
B	≤ 20000 et ≥ 700 habitants	≤ 600 et ≥ 100 habitants/km²
C	< 700 Habitants	< 100 habitants/km²

Les délais d'interventions des véhicules de secours à personne correspondant doivent être en moyenne de :

Zones	Délais d'intervention
A	10 minutes
B	10 minutes
C	20 minutes

Comme indiqué, cette circulaire n'a aucune valeur juridique. Rien n'oblige donc les SDIS à prendre en compte ces délais dans les méthodes pour calibrer leurs moyens. D'ailleurs plusieurs d'entre eux ont même décidé de proportionner leur organisation sur d'autres délais pour certains types d'interventions et certaines communes.

Pour être complet sur la question des délais d'intervention, il faut ajouter qu'un des engagements de campagne du président de la République François Hollande est de garantir à chaque français un accès aux soins urgents en moins de 30 minutes d'ici 2015. Cet engagement a été pris à l'origine en réponse au problème des déserts médicaux et à celui de l'accès de la population à des services d'urgences hospitaliers. Faute de pouvoir aisément rapprocher la population et les soins d'urgence, une des solutions proposées est de recourir aux services de secours pour faire l'intermédiaire. Par extrapolation, la valeur de 30 minutes semble depuis s'imposer comme référence en termes de délais d'intervention pour les moyens de secours, notamment des SMUR.

Encadré 2 : Délais d'intervention recommandés pour les véhicules de secours à personne.

[1] Décret n°88-623 du 6 mai 1988 *relatif à l'organisation générale des services d'incendie et de secours*.

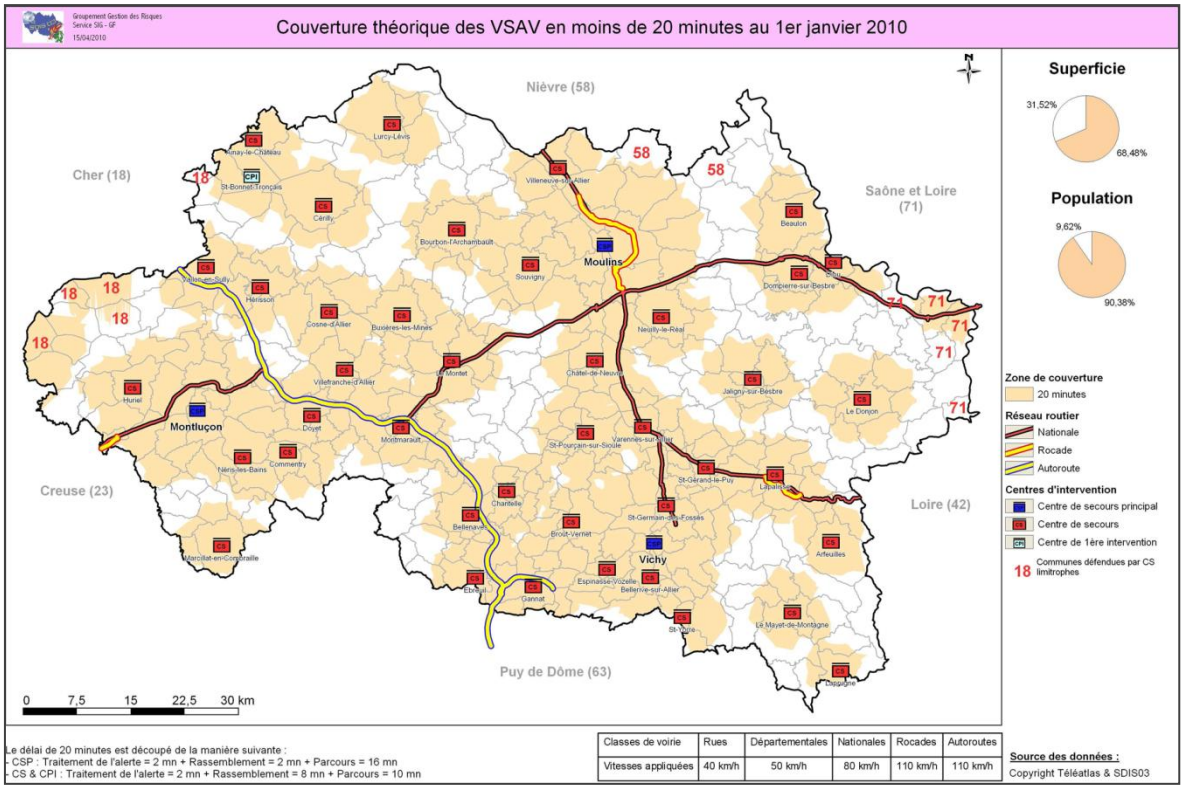


Figure 3 : Exemple de carte de zones de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR (source : SDIS de l'Allier).

Evaluation de la demande

Certains SDIS se sont également attelés à l'évaluation de la demande en secours. C'est le cas du SDIS 06 qui a combiné plusieurs indicateurs afin d'estimer le niveau de risque par commune en matière de SAP. Le niveau de risque est ainsi vu comme la combinaison de cinq classes de niveaux d'aléa avec cinq classes de niveau d'enjeux (Figure 4).

Niveau de Risque (par commune)		Niveau d'Aléa				
		Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Niveau d'enjeux	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen
	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Fort
	Moyen	Faible	Moyen	Moyen	Fort	Fort
	Fort	Moyen	Moyen	Fort	Fort	Très fort
	Très fort	Moyen	Fort	Fort	Très fort	Très fort

Figure 4 : Exemple d'indicateur que l'on peut trouver dans les SDACR pour prendre en compte le niveau de la demande en secours à personne (source : SDIS des Alpes-Maritimes).

Le niveau d'aléa étant égal au nombre d'interventions annuelles pour secours à personne par commune pondéré par la part des urgences absolues traitées.

Le niveau d'enjeux étant quant à lui la combinaison de deux indicateurs :

- D'une part, la population moyenne de chaque commune égale à la somme de la population résidente issue des données statistiques de l'INSEE[1] et de la population

[1] Institut national de la statistique et des études économiques.

touristique estimée d'après des données sur le tourisme et la capacité d'hébergement potentielle de chaque commune.

- D'autre part, la population considérée plus particulièrement à risque face aux aléas de type SAP, c'est-à-dire les personnes en bas âge ainsi que les personnes âgées.

Pour d'autres SDIS, cette étape est l'occasion d'évaluer la progression de certains indicateurs à moyen terme. Le SDIS de l'Isère s'est par exemple appuyé sur les projections de population à 2020 réalisées par le Conseil général en partenariat avec l'INSEE, pour apprécier l'impact futur de l'évolution démographique sur le niveau de la demande. En considérant un lien de proportionnalité entre le nombre d'habitants et le nombre d'interventions, le SDIS 38 a estimé ce que sera le niveau de l'activité opérationnelle à l'horizon 2020.

Tous ces éléments, que ce soient les analyses réalisées sur la base des données opérationnelles ou bien les différents paramètres évalués, doivent permettre aux décideurs d'apprécier le niveau de la demande et celui de l'offre, afin d'estimer, *in fine*, le degré de couverture du SAP dans leur département, et réfléchir, au besoin, à des ajustements, notamment en ce qui concerne la localisation des moyens. Sur ce point également, plusieurs méthodes coexistent.

Evaluation du degré de couverture du secours à personne

La question de l'évaluation du degré de couverture n'est pas simple. Il n'existe pas de données brutes pour le quantifier. C'est forcément une synthèse de plusieurs facteurs, modélisés ou non, concernant le niveau de la demande et celui de l'offre en secours. L'objectif est d'identifier les zones où la demande est importante et pour laquelle, éventuellement, la couverture des moyens n'est pas suffisante. Ces synthèses, à l'inverse de ce qui se fait dans le cadre des analyses évoquées précédemment, sont toujours effectuées par l'intermédiaire de cartes, généralement en superposant différentes couches d'informations, voire en réalisant des traitements thématiques sur plusieurs variables simultanément.

C'est le cas du SDIS de l'Isère qui a, par exemple, fait le choix de réaliser une analyse thématique croisant à l'échelon des communes, le temps d'accès en minutes des moyens de secours à personne médicalisés du SDIS et des SMUR, et le nombre d'habitants (Figure 5). Plus les communes sont peuplées et éloignées des moyens médicalisés (les plus gros des ronds rouges), plus le degré de couverture est supposé être faible. L'offre est ici représentée par les analyses produites à partir des données opérationnelles, mais d'autres SDIS utilisent l'évaluation des zones de couvertures pour prendre en compte l'offre.

Le SDIS de l'Ain a, par exemple, mis en place une méthode pour estimer le degré de couverture basée sur la superposition des isochrones de 20 minutes à partir des différentes casernes du département et des foyers de population dont la densité est supérieure ou égale à 100 habitants au kilomètre carré (Figure 6). À partir de ces deux couches d'informations, trois catégories de communes sont distinguées :

- Les communes couvertes, si plus de 75% des foyers de population sont compris dans la zone de couverture de 20 minutes.
- Les communes partiellement couvertes, si la part des foyers de population compris dans la zone de couverture de 20 minutes se trouve entre 25 et 75%.
- les communes non couvertes, si moins de 25% des foyers de population sont compris dans la zone de couverture de 20 minutes.

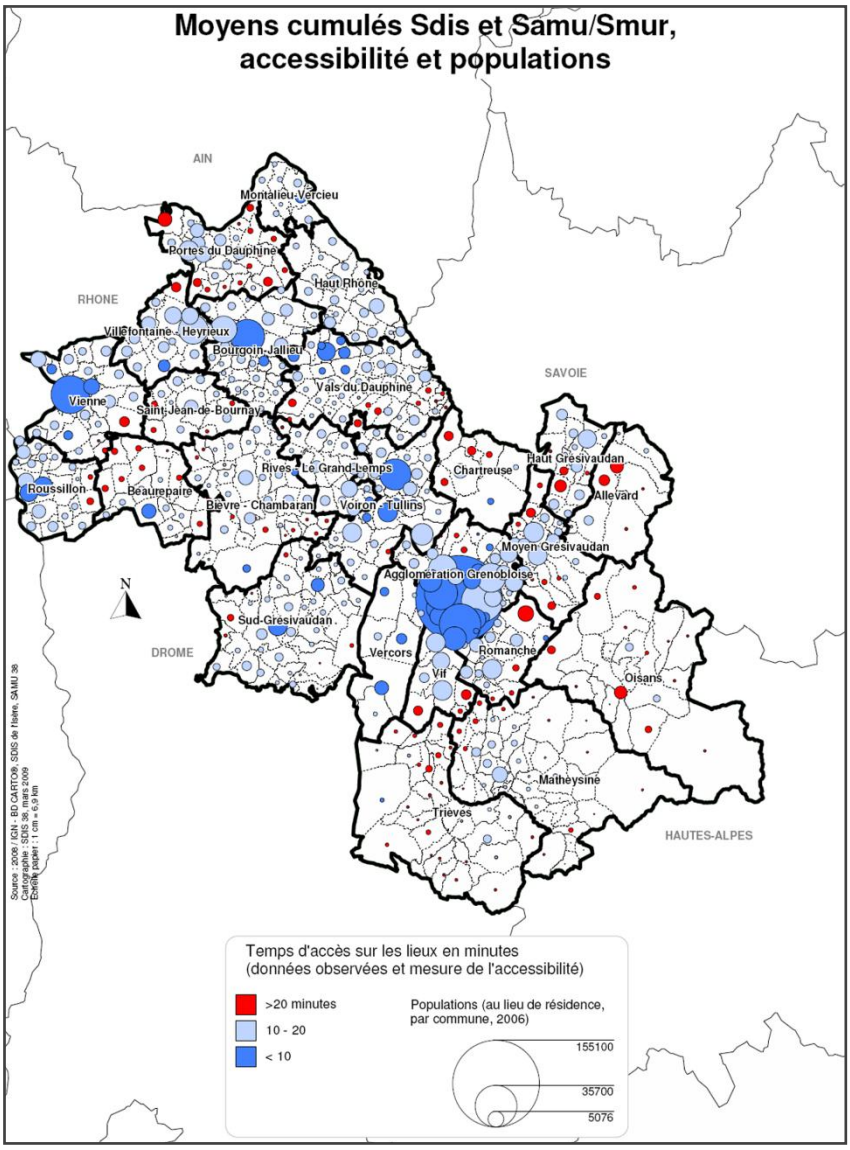


Figure 5 : Exemple de cartes d'évaluation du degré de couverture utilisant des données opérationnelles, ici, des moyens de secours médicalisés, que l'on peut trouver dans les SDACR (Source : SDIS de l'Isère).

Enfin, certains SDIS croisent deux éléments évalués, tel est le cas du SDIS des Alpes-Maritimes (Figure 7) qui superpose sur les zones de couvertures un indicateur représentant le niveau de la demande, décrit plus haut. Cette méthode permet d'identifier les zones à l'intérieur des communes, au-delà de la limite des isochrones, pour lesquelles le niveau de la demande est élevé.

Comme nous l'avons déjà mentionné précédemment, les délais d'intervention moyens annuels préconisés dans la Circulaire de 1993 ne sont pas identiques pour toutes les communes (Encadré 2). Pour tenir compte de ces délais différenciés, le SDIS 06 a réalisé l'évaluation du degré de couverture pour chaque catégorie de communes avec les isochrones correspondants. La Figure 7 présente par exemple l'évaluation du degré de couverture pour les communes de zone A avec un isochrone de 10 minutes autour des moyens de secours à personne.

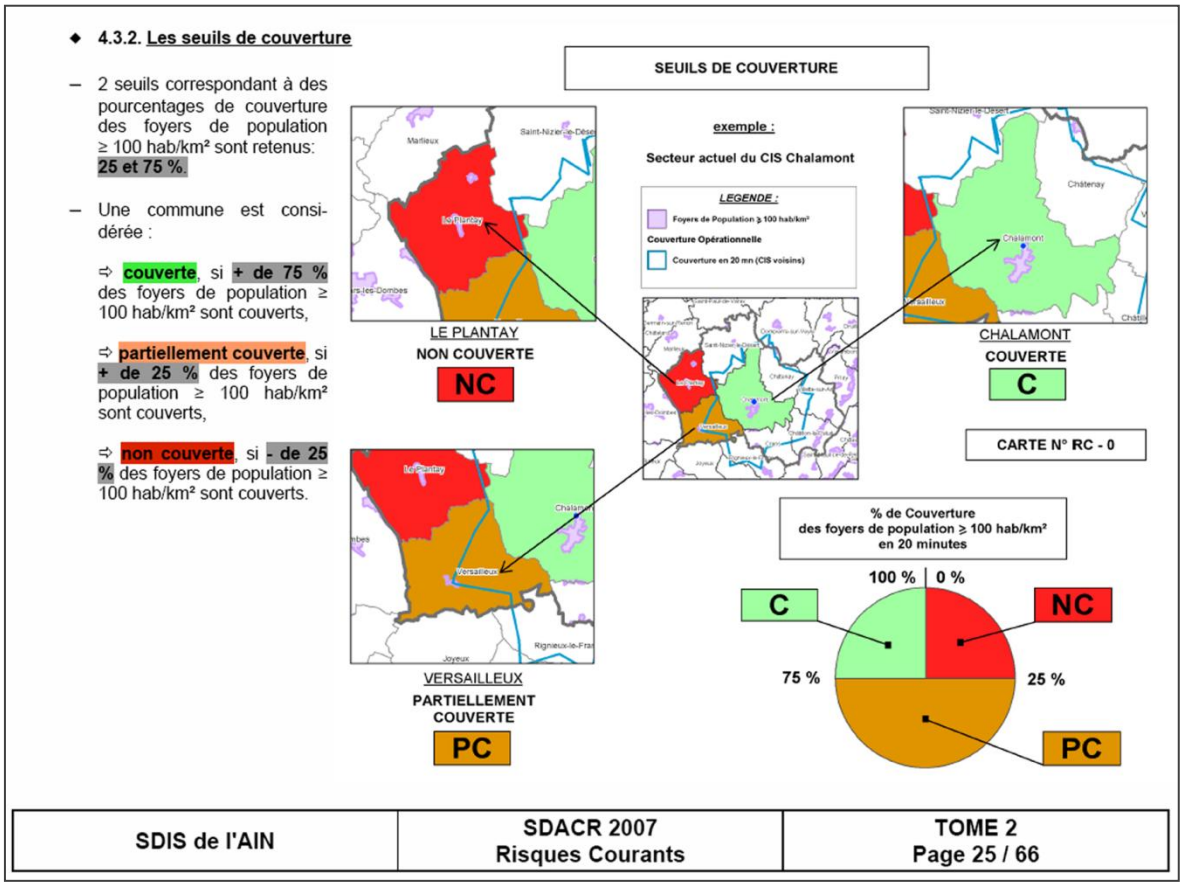


Figure 6 : Exemple de cartes d'évaluation du degré de couverture utilisant des zones de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR (Source : SDIS de l'Ain).

2.3.2.3. Localisation des moyens

Une fois les zones les moins couvertes identifiées, se pose alors la question des solutions à proposer pour améliorer la situation. La marge de manœuvre des SDIS en matière d'optimisation de la localisation des moyens est plus importante que celle des ARS :

- Dans les cas les plus simples, lorsqu'une zone réduite n'est pas suffisamment couverte dans les délais et que la demande n'est pas très élevée – une dizaine d'interventions dans l'année – certains SDIS préconisent simplement l'attribution d'un véhicule plus récent, donc plus puissant, lors du renouvellement programmé du matériel. La durée de vie moyenne d'un VSAV est d'environ 10 ans. Certaines casernes en zone rurale sont encore dotées de véhicule d'ancienne génération. Le simple fait de changer de véhicule peut leur permettre de couvrir une zone un peu plus grande.

- Si cela ne suffit pas, les SDIS ont également la possibilité de jouer sur les secteurs d'intervention. Chaque caserne a un secteur d'intervention privilégié dans lequel elle est censée être la plus rapide en premier appel pour intervenir. Il se peut qu'en limite de ces secteurs, au gré de l'évolution de l'urbanisation, de la congestion des réseaux routiers, etc., elle ne soit plus la plus rapide. La réaffectation des secteurs concernés aux casernes réellement plus rapides peut régler le problème.

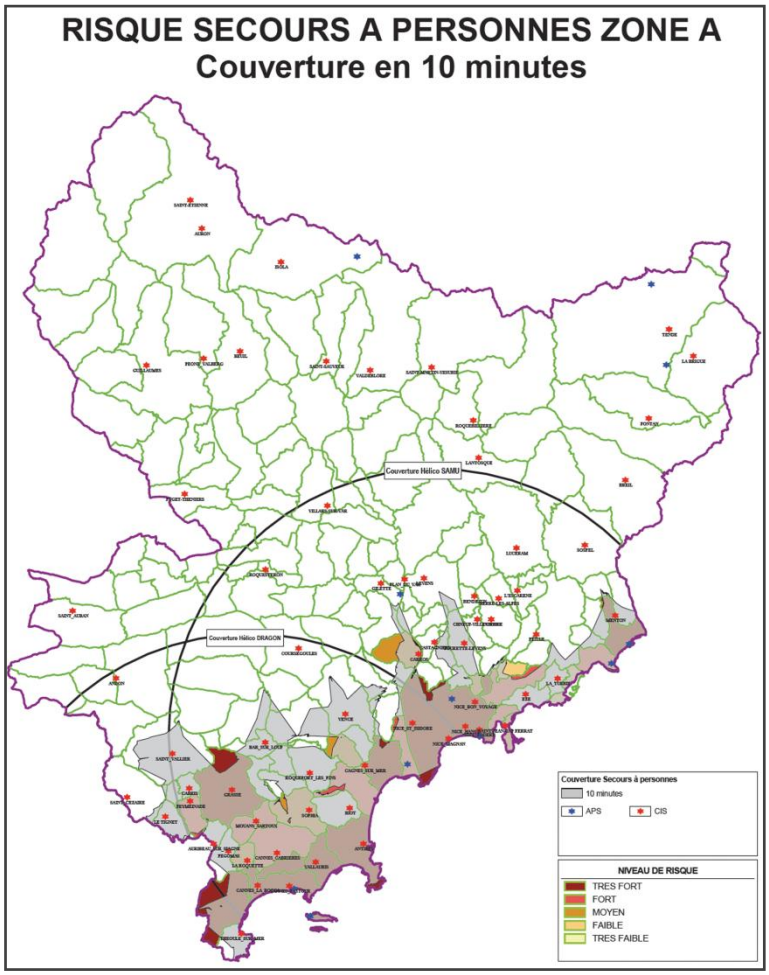


Figure 7 : Exemple de carte d'évaluation du degré de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR utilisant deux paramètres évalués (Source : SDIS des Alpes-Maritimes).

Ces mesures sont peu coûteuses mais ne permettent pas de répondre à toutes les situations, notamment, lorsque les zones non couvertes dans les délais sont trop importantes et que cela concerne un nombre d'interventions élevé. Dans ces cas-là, d'autres mesures sont nécessaires :

- La création d'antenne de premier secours (APS) provisoire. Certains secteurs voient leur population augmenter fortement, de manière saisonnière, uniquement quelques mois, c'est le cas des stations balnéaires ou des stations de ski. Le niveau de la demande nécessite la présence d'une caserne, mais ne justifie pas pour autant que du personnel y soit de garde toute l'année. C'est le principe des APS. Ce sont des casernes équipées comme les autres, sauf qu'elles ne sont ouvertes

qu'à certaines périodes de l'année pour faire face à un afflux particulier de demandes.

- La création ou la suppression de casernes.
- La relocalisation de casernes.
- Ou enfin, la fusion de plusieurs casernes en une seule. Cette solution est souvent utilisée par les SDIS dans les zones rurales, où la densité de casernes est jugée comme n'étant plus adaptée à la réalité du niveau de la demande. Cette solution permet par la même occasion de mutualiser les moyens, notamment humains, car le recrutement de pompiers volontaires locaux dans ces secteurs est difficile et pose des problèmes pour assurer un nombre trop important de gardes. La fusion peut se faire au profit d'une caserne existante et se fait alors à moindre coût, ou au profit d'une nouvelle caserne, généralement à mi-chemin entre les casernes supprimées. Cette solution a toujours l'inconvénient d'augmenter la zone de couverture et donc les délais d'intervention pour une partie du secteur. Aussi faible que soit la demande à couvrir, cela n'est pas sans poser problème.

Concrètement, le choix entre toutes ces possibilités se fait au cas par cas, en priorité dans les secteurs où la couverture opérationnelle est jugée comme étant la moins bonne, et en fonction des moyens dont dispose le service.

Dans beaucoup de pays étrangers, la question de l'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne ne se pose pas dans les mêmes termes, comme nous allons le voir. Cela s'explique en grande partie par les lois et les textes réglementaires sur l'organisation des secours en vigueur dans ces pays. Les méthodes mises en œuvre sont donc différentes.

2.3.3. Services de secours étrangers

En préambule, nous tenons à préciser que l'identification des méthodes utilisées par les professionnels des pays étrangers s'est avérée plus difficile que pour la France, essentiellement pour des raisons d'accès aux différents documents de planification des moyens et du fait de la barrière de la langue (ces documents n'ayant pas vocation à être diffusés à l'étranger, ils ne sont disponibles que dans la langue officielle du pays). Nous aurions pu également procéder à une enquête, mais le rapport entre le coût engendré et les informations susceptibles d'être recueillies nous en a dissuadé, et ce, d'autant que différents travaux scientifiques font état de ces méthodes. La thèse du colonel (e.r.) Schmauch (2007) porte sur l'identification et la description des trois principales écoles d'organisation des services chargées de répondre aux situations d'urgence. Les nombreux textes et documents réglementaires étrangers renseignent sur les méthodes utilisées par les professionnels des principaux pays européens. D'autres travaux scientifiques présentent des méthodes d'optimisation ; or, même si elles sont réalisées en partenariat avec des professionnels, il s'agit de méthodes développées par des chercheurs. Ces publications ne seront donc pas présentées dans ce chapitre, mais dans le prochain.

Les pays pour lesquels nous avons pu recueillir suffisamment d'informations pour en tirer des conclusions sur les méthodes utilisées sont le Royaume-Uni et l'Allemagne. Ces deux pays représentent, selon le colonel Schmauch, deux écoles d'organisation des

secours importantes, auxquelles d'autres pays se rattachent, comme : la Suède, la Norvège, la Finlande, le Danemark, l'Autriche, le Grand-duché du Luxembourg, la Suisse, l'Islande ou encore les Pays-Bas. La *filiation* qui existe entre ces pays pourrait laisser supposer que les méthodes sont similaires. Nous n'avons cependant pas assez d'éléments pour le garantir. Les propos qui suivent ne sont donc pas généralisables à l'ensemble.

La question de l'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne au Royaume-Uni et en Allemagne ne se pose pas exactement dans les mêmes termes qu'en France. Par conséquent, les méthodes pour y répondre ne sont pas identiques. Cela s'explique en grande partie par une vision différente de l'organisation des secours.

Tout d'abord, dans ces pays, beaucoup de questions afférentes à l'organisation des secours reposent sur des textes réglementaires précis. Pour ne prendre que le cas des délais d'intervention, les valeurs que doivent respecter les différents services de secours y sont détaillées et ne prêtent pas à interprétation, alors que ce n'est pas le cas en France (Encadré 2, p. 53).

Ensuite, toutes les prescriptions en matière d'organisation des secours sont particulièrement respectées. Cela s'explique certainement par le cadre juridique de ces prescriptions, et par l'obligation de porter assistance à une personne en danger, qui s'applique pleinement aux services de secours, surtout en Allemagne (Schmauch, 2007). Mais également par une appréciation du coût des services de secours différente de la notre. En Allemagne, chaque victime potentielle est également un acteur à part entière de la société, notamment économique, disposant d'un savoir-faire plus ou moins indispensable à une entreprise ou une collectivité. La durée de son absence, voire sa disparition, suite à un accident ou un malaise, a un coût pour la société. À l'échelon d'un pays tout entier, ce coût peut être important. Etant donné le rôle des services de secours dans la prise en charge de ces victimes, leur coût ne peut être dissocié de celui des vies sauvées (Schmauch, 2007)[1].

Enfin, parce qu'en conséquence des points précédents, les services de secours disposent de moyens matériels, humains et financiers importants. La quantité de moyens n'est donc pas une donnée d'entrée au problème de l'organisation des secours dans ces pays.

De facto, la méthode utilisée pour optimiser la localisation des moyens est donc différente dans ces pays. Elle repose sur l'élaboration de ce que devrait être l'organisation des secours d'après la stricte application des textes réglementaires et la comparaison à l'organisation actuelle, ce que le colonel Schmauch appelle le *est* et le *devrait être* (Schmauch, 2007) :

- Le *devrait être* étant l'organisation des moyens idéale, théorique, résultant de la stricte application des textes, tant qualitativement et quantitativement, qu'en termes de localisation.
- Le *est* correspondant à l'organisation actuelle des moyens.

[1] Pour abonder dans ce sens, le colonel Schmauch présente dans sa thèse l'exemple d'un calcul réalisé en Allemagne pour démontrer que l'hélicoptère n'est pas un moyen de secours onéreux : « en 1970, les 19 177 personnes qui trouvent la mort sur les routes allemandes représentent une perte globale de 3.6 milliards de deutsche Mark, soit 190 000 par vie sauvée. L'exploitation d'un hélicoptère étant de l'ordre de 600 000 deutsche Mark par an, il suffit bien de trois vies sauvées pour que son coût d'exploitation soit équilibré. »

On ne peut donc pas vraiment parler d'optimisation puisque l'objectif est d'appliquer, telles quelles, les prescriptions en matière d'organisation des secours, d'autant plus que dans beaucoup de régions de ces pays les différences entre le *est* et le *devrait être* sont déjà minimes. Si nécessaires, les ajustements en termes de moyens matériels, humains et donc financiers sont faits en fonction du *devrait être*, et pas l'inverse, comme cela aurait plutôt tendance à être le cas en France.

Nous n'avons malheureusement pas pu en savoir plus sur la manière dont les professionnels de ces pays s'y prennent pour réaliser l'organisation des secours théorique idéale, notamment en ce qui concerne les localisations.

2.4. Limites et discussion autour des méthodes utilisées par les professionnels

La question de l'optimisation de la localisation des moyens de secours est un problème complexe, dans lequel interviennent de nombreux paramètres relevant du domaine de l'offre et de la demande en secours (nombre et type d'intervention, nombre et type de moyens disponibles pour y faire face, délais de routes de ces moyens, délais d'intervention total à ne pas dépasser, budget alloué aux secours, etc.). Le nombre de paramètres est trop important pour que le cerveau de l'homme puisse faire la synthèse sans l'aide de l'informatique. Si les méthodes proposées par les professionnels français, que ce soient ceux des SDIS ou ceux des ARS, permettent de seconder les responsables du SAP dans l'analyse et l'évaluation de certains paramètres, force est de constater que les méthodes employées pour optimiser la localisation des moyens de SAP connaissent des limites. Elles ne permettent pas, en effet, de tenir compte de l'ensemble des paramètres, simultanément. Les indicateurs de synthèse ne regroupent qu'une partie des éléments, les choix des localisations sont traités au cas par cas, sans tenir compte de la localisation des moyens voisins, et surtout, sans tenir compte des rétroactions et des effets en cascade que ces choix peuvent avoir sur leur voisinage. Or, l'objectif est justement d'optimiser la localisation de l'ensemble des moyens disponibles de manière à couvrir un maximum de demandes dans les délais préconisés, le risque étant d'avoir des secteurs trop couverts alors que d'autres le sont moins et pourraient l'être mieux. **Les méthodes habituellement utilisées n'intègrent pas les différents paramètres qui doivent être pris en compte et ne permettent donc pas d'avoir une vision globale et systémique de ce que devrait être la couverture opérationnelle, au vu de tous ces paramètres**.

Pour ce qui est des pays étrangers, les méthodes prévoient bien la création d'une couverture opérationnelle optimisée en fonction des différentes prescriptions en matière d'organisation des secours et du niveau de la demande, mais nous n'avons pas pu recueillir suffisamment d'informations pour déterminer si les méthodes retenues sont ou non, de type global et systémique.

Dans une moindre mesure, les méthodes présentées précédemment ne permettent pas de prendre suffisamment en compte la variabilité spatio-temporelle de la demande. En effet, la demande en secours peut varier dans des proportions très importantes, d'un endroit à l'autre, entre le jour et la nuit, la semaine et le week-end, d'un mois à l'autre, etc. Or, les analyses ou évaluations ne sont jamais réalisées à des échelles spatiales et temporelles suffisamment grandes pour tenir compte de cette particularité. La prise en

compte de ces échelles permettrait certainement d'augmenter la marge de manœuvre des moyens disponibles et donc de gagner en couverture opérationnelle.

Enfin, se pose le problème de l'évaluation de la couverture opérationnelle. Comment mesurer une couverture opérationnelle ? Comment comparer deux couvertures opérationnelles différentes ? Comment apprécier le bénéfice total d'une couverture par rapport à une autre ? Jusqu'à présent les réponses apportées par les professionnels à ces questions ne sont que des indicateurs synthétiques partiels, comme le délai d'intervention moyen théorique ou pratique, la part de la population couverte en deçà d'un certain délai (Figure 8), le nombre de moyens disponibles, etc. Il n'existe pas de solution globale prenant en compte l'ensemble des paramètres du degré de couverture opérationnelle dans leur ensemble.

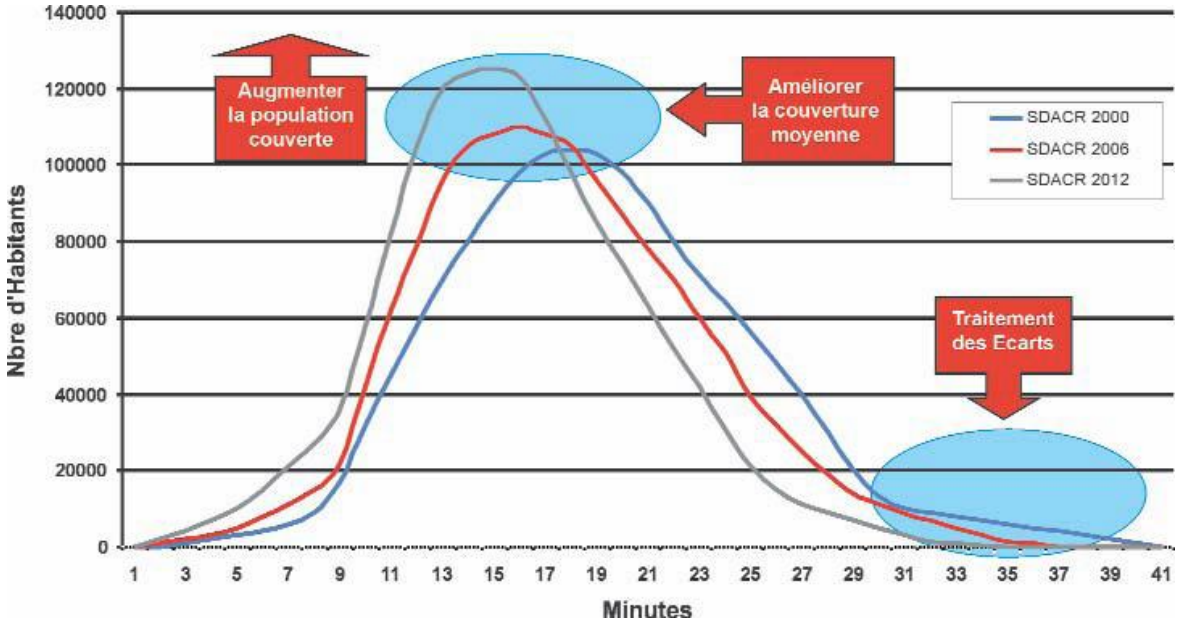


Figure 8 : Exemple d'indicateur utilisé en introduction d'un SDACR pour apprécier le degré de couverture opérationnelle. Ici la part de la population couverte en fonction des délais d'intervention (source : SDIS du Pas-de-Calais).

Conclusion du chapitre 2

En France, la question de l'optimisation des moyens de secours est abordée dans les SDACR et les SROS ; les premiers sont relatifs aux moyens des SDIS, les seconds concernent les moyens des SMUR et des entreprises de transport sanitaire. Les méthodes utilisées par les professionnels dans leur réflexion sur la localisation des moyens s'appuient au moins sur l'une des trois approches suivantes :

- l'analyse de données concernant la demande et/ou l'offre de secours ;
- l'évaluation du niveau de la demande, de l'offre et/ou du degré de couverture opérationnelle totale ;
- la localisation des moyens à proprement parler.

Les ajustements en matière de localisation de moyens sont réalisés au cas par cas, dans les zones identifiées comme étant prioritaires, en fonction des moyens matériels, humains et financiers dont ils disposent. L'objectif étant d'optimiser au mieux la localisation de l'ensemble des moyens disponibles, de manière à couvrir un maximum de demandes dans les délais préconisés.

Dans de nombreux pays étrangers, la démarche est différente. Les ajustements sont réalisés de manière à faire correspondre la réalité de l'organisation à ce que devrait être la localisation des moyens, au regard de la stricte application des préconisations en matière d'organisation des secours.

Les deux démarches sont en quelque sorte opposées. Celle qu'utilisent les pays étrangers peut s'apparenter à une démarche descendante puisqu'ils tendent à appliquer sur le terrain une organisation idéale théorique. À l'inverse, les méthodes utilisées par les professionnels français s'apparentent plus à une démarche ascendante puisqu'ils partent de l'organisation des moyens existants pour tendre vers une organisation optimisée.

La principale limite à formuler au sujet des méthodes utilisées pour optimiser la localisation des moyens est qu'elles ne sont pas intégrées. C'est-à-dire, qu'elles ne permettent pas de prendre en compte de manière globale et systémique un ensemble de paramètres entrant en jeu dans la localisation des moyens, ni leurs interactions, ni les conséquences en chaîne que les choix de localisation peuvent produire.

Il importe à présent de rechercher dans les travaux scientifiques, les méthodes d'optimisation répondant à ces exigences, et susceptibles d'être appliquées à la localisation des moyens de SAP. Cet état de l'art méthodologique fait l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 3 - État de l'art des méthodes de la localisation des moyens de secours à personne utilisées dans le monde scientifique

3.1. L'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne : une question ancienne et surtout traitée dans la littérature scientifique étrangère

Afin d'identifier les méthodes utilisées par les scientifiques pour optimiser la localisation des moyens de secours à personne en France et à l'étranger, nous avons, dans un premier temps, interrogé les bases de données bibliographiques de périodiques et de revues en géographie, mais aussi les bases pluridisciplinaires, françaises et internationales (Cairn, PERSEE, ScienceDirect, INIST, HAL, EM-Consulte, etc.)

L'interrogation de ces bases de données a été réalisé à partir de mots clés en français et en anglais portant sur les deux entrées que comporte le sujet de cette recherche, l'une méthodologique, l'autre thématique, c'est-à-dire : les méthodes d'optimisation des localisations, d'une part, et les moyens de secours à personne, d'autre part – l'objectif étant de dresser le panorama des recherches portant simultanément sur ces deux entrées. En ce qui concerne les mots clés en anglais faisant référence au terme franco-français *secours à personne*, les expressions *emergency medical services* et son abréviation EMS, ou *ambulance services*, ont été utilisés. Ce sont les deux expressions les plus employées pour nommer les travaux réalisés à l'étranger sur le SAP.

Nous avons fait le choix de présenter les références en deux temps, d'abord celles des chercheurs français, puis celles des chercheurs étrangers. La question des champs attenants au nôtre est par la même occasion évoquée.

3.1.1. La question des méthodes d'optimisation de la localisation des moyens de secours en France

L'interrogation des bases bibliographiques sur le mot clé *secours à personne* donne peu de résultats. Cela corrobore parfaitement ce que nous mentionnions dans la section 1.1.3 du chapitre 1, concernant la définition des notions associées au sujet. Les rares travaux sont, pour la plupart, publiés dans des revues de médecine. Le SAP y est généralement cité pour faire référence aux missions des sapeurs-pompiers, sans plus de précisions. Citons, à titre d'exemples, un article portant sur *la prise en charge des*

urgences médicales (Chagué, 2008) et un autre traitant du rôle de l'infirmier sapeur-pompier (Jounot, 2007). La raison tient sans doute au fait que le SAP est une notion récente et très spécifique.

L'utilisation de mots clés français différents, comme *Aide médicale urgente*, a permis d'identifier d'autres travaux. Pour ce qui est des recherches qui se rapprochent de notre discipline, la géographie, et de notre champ d'étude, ces travaux portent plus sur les questions d'accessibilité, que sur les questions de localisation à proprement parler.

Concernant tout d'abord, l'accessibilité des SMUR, nos recherches ont permis d'identifier un mémoire de recherche de 1995 portant sur *l'accessibilité des services mobiles d'urgence et de réanimation aux accidentés de la route en Seine-Maritime* (Bellet, 1995) et plus récemment une thèse de doctorat en géographie portant également sur la question de l'accessibilité des SMUR, mais cette fois-ci aux traumatisés crâniens graves (Tazarourte, 2012 ; Tazarourte et al., 2012). Dans les deux cas, le travail consiste à évaluer l'accessibilité horaire des véhicules des SMUR par le réseau routier, et à identifier les zones où la demande en secours est forte et les délais pour les atteindre sont longs. La demande peut être représentée par le nombre d'habitants ou le nombre d'accidents de la route, comme c'est le cas dans la première référence. Il n'y est pas question de réfléchir à la localisation des SMUR, tout au plus à modifier leurs secteurs d'interventions, comme dans la deuxième référence. Les chercheurs qui ont réalisé ces études appartiennent au champ de la géographie de la santé, dont la majorité des recherches portent sur les relations entre santé, environnement et territoires. Lorsqu'elles traitent de l'accessibilité, il y est plus souvent question de l'accessibilité de la population à des services de soins plutôt que de secours ; et de l'accessibilité des services à la population, plutôt que l'inverse (Decoupigny et al., 2007 ; Perez, Decoupigny, 2009 ; Coldefy, 2010 ; Robert, 2012 ; Coldefy, Lucas-Gabrielli, 2012 ; Barlet et al., 2012).

Sur ce même registre, nous pouvons citer plusieurs références portant, cette fois-ci, sur l'accessibilité des moyens des SDIS au sens large (Guigo et al., 2001 ; Voiron-Canicio, Olivier, 2005a ; Voiron-Canicio, Olivier, 2005b). Il y est question d'un travail réalisé dans le cadre d'un programme de recherche sur la question des risques d'inondation dans les agglomérations urbaines méditerranéennes, notamment celle de Nice. À cette occasion, l'accessibilité des secours depuis les casernes de pompiers de la ville vers les personnes vulnérables, comme les occupants de maisons de retraite, a été testée en situation normale et en situation d'inondation. Ces références appartiennent au courant de la géographie des risques, dans lequel la question des risques naturels majeurs est prédominante (Sauvagnargues-Lesage et al., 2001 ; Dauphiné, 2004 ; Pigeon, 2005 ; Carrega, 2005 ; Griot, 2007 ; Lampin-Maillet, 2009 ; D'Ercole, Metzger, 2009). Finalement très peu de travaux, pour ne pas dire aucun, s'intéressent aux risques courants comme le secours à personne[1].

[1] Le SAP peut en effet être abordé comme un risque à part entière. Il est d'ailleurs considéré comme tel dans les SDACR. Au regard des éléments de la courbe de Farmer, il fait partie de la catégorie des risques dits courants.

Pour trouver d'autres références géographiques portant sur des questions de localisation, et pas seulement d'accessibilité, il faut se tourner vers un troisième domaine, celui de l'analyse spatiale et d'une de ses composantes, le géomarketing. Le géomarketing se situe au carrefour entre plusieurs disciplines dont la géographie, le marketing, la statistique, la démographie, l'économie ou encore l'informatique. En ce qui concerne les questions de localisation qui nous intéressent plus particulièrement, les travaux portent principalement sur l'implantation d'activités commerciales : commerces, hôtels, banques, etc. (Baray, 2002), et de services publics ou assimilés : bureau de poste, centre de traitement des déchets, etc. (Raze, 2002 ; Pimor, 2006). Si la question de la localisation, voire de l'optimisation, est bien traitée dans ce champ, force est de constater qu'elle n'est pas appliquée aux moyens de secours à personne. La référence qui se rapproche le plus thématiquement de notre champ d'étude est celle de Baray sur l'*optimisation de l'implantation des maternités en France* (Baray, Cliquet, 2010). La solution proposée repose sur un modèle de localisation-allocation, et plus particulièrement sur le modèle dit de localisation à couverture maximale. Ce type de modèle, basé sur des algorithmes mathématiques, semble être particulièrement adapté à la réflexion sur l'optimisation des localisations ; nous reviendrons sur ce point à la fin de ce chapitre.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, peu de géographes en France s'intéressent aux modèles de localisation-allocation, alors même qu'ils permettent de répondre à des questions de localisation qui sont pourtant au cœur de leurs préoccupations. Didier Josselin est de ceux qui ont travaillé sur ces modèles (Josselin, 2004 ; Josselin, 2006 ; Josselin, 2008a ; Josselin, 2008b). Il s'est surtout intéressé à l'impact du choix de la distance à prendre en compte sur la détermination d'un centre optimal. En dehors de ce chercheur, les modèles de localisations sont principalement développés et utilisés par des mathématiciens ou informaticiens de formation. C'est donc en se tournant vers d'autres disciplines, comme les mathématiques, l'informatique, les sciences de gestion ou la recherche opérationnelle, que nous avons trouvé plus de travaux sur ces modèles, et notamment, des recherches abordant enfin simultanément la question de l'optimisation des localisations et les moyens de secours à personne.

La première référence est une thèse en mathématiques qui s'intéresse aux *processus ponctuels spatiaux pour l'analyse du positionnement optimal et de la concentration* (Bonneu, 2009), dont l'une des applications porte sur l'optimisation de la localisation des casernes du SDIS de Haute-Garonne. La solution proposée repose sur l'intégration de données issues d'un processus ponctuel spatial pour résoudre un problème de localisation-allocation. Même s'il n'est pas question spécifiquement des moyens de SAP, cette référence, montre une nouvelle fois, que les modèles de localisation-allocation sont utilisés pour la recherche d'optimalité en matière de localisation.

Deux autres références sont à signaler. La première est une revue de la littérature sur la question de l'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne. Il s'agit d'un article de Brotcorne et Semet, respectivement chercheur en recherche opérationnelle et en mathématiques, paru dans la revue *European Journal of Operational Research* (Brotcorne et al., 2003). La seconde est un article auquel a également participé Semet, qui porte sur le développement d'un modèle de localisation-allocation dynamique

pour la localisation d'ambulances, publié dans la revue *Parallel Computing* (Gendreau et al., 2001).

Pour trouver d'autres travaux scientifiques sur la problématique de l'optimisation des localisations des moyens de secours, il est nécessaire de se tourner vers d'autres disciplines que la géographie et vers l'étranger.

3.1.2. La question des méthodes d'optimisation de la localisation des moyens de secours à l'étranger

En questionnant, cette fois-ci, les bases de données à l'aide de mots-clés en anglais, nous avons rapidement identifié un nombre beaucoup plus important de références. Il est très vite apparu que la question principale sous-jacente à la grande majorité de ces références est celle de la recherche de localisations optimales, à laquelle les modèles de localisation-allocation semblent les plus appropriés. Le développement des travaux sur la question de la localisation optimale de moyens de SAP est donc étroitement lié à celle, plus générale, de l'optimisation des localisations. La première étant un cas spécifique de la deuxième. Plusieurs articles dressent le panorama des recherches menées sur ces questions à l'aide de modèles de localisation-allocation (ReVelle et al., 1977 ; Owen, Daskin, 1998 ; Brotcorne et al., 2003 ; Goldberg, 2004 ; Smith et al., 2009). Deux d'entre eux concernent spécifiquement la localisation de moyens de SAP : il s'agit de l'article de Brotcorne, Laporte et Semet, déjà mentionné, et de celui de Jeffrey Goldberg daté de 2004.

Nous avons pu, ainsi, nous constituer une assez large bibliographie traitant des modèles de localisation-allocation, dont une cinquantaine de références présentées dans le tableau 2 sont spécifiquement appliquées à la recherche optimale de localisation de moyens de SAP. Sans être exhaustive, cette liste est importante en comparaison du peu de références trouvées sur les recherches françaises. Outre les noms d'auteur et le titre de ces références, le tableau 2 présente l'année de leur publication, et lorsque des applications sont présentées, le lieu concerné.

Il apparaît que des travaux sont réalisés depuis plus de 40 ans sur la question spécifique de l'optimisation de la localisation de moyens de SAP. Les premiers travaux publiés connus sont ceux de Savas en 1969 et Gordon en 1970 (Volz, 1971). Ils s'inscrivent dans le cadre de réflexions, entamées quelques années auparavant sur des sujets plus larges mêlant économie, espace, localisation, affectation, etc. Après la deuxième guerre mondiale, en effet, et suite à la traduction en anglais de nombreux travaux de l'école allemande portant sur ces questions, tels que les travaux de Von Thünen en 1826, Weber en 1909, Christaller en 1933 et Lösch en 1938 et 1954, un certain nombre de chercheurs américains se penchent également sur cette problématique (Belhedi, 2010). Les applications de ces modèles se sont rapidement diversifiées, et c'est tout naturellement que les questions de localisation de moyens de secours ont été abordées.

Année	Auteurs	Titre	Lieu d'application
2012	Boyaci et Geroliminis	Facility Location Problem for Emergency and On-Demande Transportation Systems	Athènes, Grèce
2012	Chevalier et al.	Locating fire stations in Belgium : An integrated GIS approach	Belgique
2012	Shariat-Mohaymany et al.	Linear upper-bound unavailability set covering models for locating ambulances: Application to Tehran rural roads	Téhéran, Iran
2011	Amponsah et al.	Location of ambulance emergency medical service in the kumasi metropolis, Ghana	Kumasi metropolis, Ghana
2010	Furuta et Tanaka	A maximal Covering Model for Helicopter Emergency Medical systems	
2010	Tokar Erdemir et al.	Joint Ground and Air Emergency Services Coverage Models: A greedy Heuristic Solution Approach	Nouveau Mexique, États-Unis
2009	Dawei	Model and Algorithms for emergency Service Facility Location Probelm	
2009	Erkut et al.	Computational Comparison of Five Maximal Covering Models for Locating Ambulances	Edmonton, Alberta, Canada
2009	Smith et al.	Location analysis : highlights of growth to maturity	
2008	Ingolfsson et al.	Optimal ambulance location with random delays and travel times	Edmonton, Alberta, Canada
2008	Tokar Erdemir et al.	Optimisation of aeromedical base locations in New Mexico using a model that considers crash nodes and paths	Nouveau Mexique, États-Unis
2007	Erkut et al.	Ambulance Location for Maximum Survival	Edmonton, Alberta, Canada
2006	Andersson et Varbrand	Decision support tools for ambulance dispatch and relocation	Suède
2006	Gendreau et al.	The maximal expected coverage relocation problem for emergency vehicles	Montreal, Canada
2005	Doerner et al.	Heuristic solution of an extended double -coverage Ambulance Location Problem for Austria	Autriche
2005	Silva et Serra	Locating emergency Services With Priority Rules: The Priority Queuing Covering Location Problem	
2004	Goldberg	Operations Research Model for the Deployment of Emergency Services Vehicles	
2004	Tavakoli et Lightner	Implementing a mathematical model for locating EMS Vehicles in Fayetteville, NC	Fayetteville, Caroline du Nord, États-Unis
2003	Alsalloum et Rand	A goal-programming model applied to the EMS system at Riyadh City, Saudi Arabia	Riyad, Arabie saoudite
2003	Brotcorne et al.	Ambulance location and relocation models	
2001	Caccetta et Dzator	Models for the Location of Emergency Facilities	
2001	Gendreau et al.	A dynamic model and parallel Tabu search heuristic for a real-time ambulance relocation	L'île de Montreal, Québec, Canada
2001	Mendonça et al.	Analysing emergency medical service ambulance deployment on a Brazilian highway using the hypercube model	Brésil
2000	Branans et al.	A trauma resource Allocation Model for Ambulances and Hospitals	Maryland, États-Unis
1998	Owen et Daskin	Strategic facility location : a review	
1997	Gendreau et al.	Solving an ambulance location model by tabu search	L'île de Montreal, Québec, Canada
1995	Marianov et ReVelle	Siting emergency services	
1994	Repede et Bernardo	Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky	Louisville, Kentucky, États-Unis
1994	Swersey	The Deployment of Police, Fire, and Emergency Medical Units	
1993	Repede et al.	ALIAS: A graphical user interface for ambulance location model	
1993	Swersey et al.	Improving fire department productivity-merging fire and emergency medical units in New Haven	New Haven, Connecticut, États-
1991	Halseth et Rosenberg	Locating emergency medical services in small town and rural settings	Kingston, Ontario, États-Unis
1990	Carson et al.	Locating an Ambulance on the Amherst Campus of the State University of New York at Buffalo	Buffalo, New York, Etats-Unis
1990	Goldberg et al.	Validating and applying a model for locating emergency medical units in Tuscon, Arizona	Tucson, Arizona, États-Unis
1988	Neebe	A procedure for locating emergency-service facilities for all possible response distances	
1987	Fujiwara et al.	Ambulance deployment analysis: A case study of Bangkok	Bangkok, Thaïlande
1986	Brandeau et al.	Extending and applying the hypercube queueing model to deploy ambulances in Boston	Boston, Massachusetts, États-Unis
1986	Eaton et al.	Determining Ambulance Deployment in Santo Domingo, Dominican Republic	République Dominicaine
1985	Eaton et al.	Determining emergency medical service vehicle deployment in Austin, Texas	Austin, Texas, États-Unis
1985	Saydam et McKnew	A separable Programming Approach to Expected Coverage: An Application to Ambulance Location	
1981	Eaton et al.	On deployment of health resources in rural Valle Del Cauca, Colombia	Valle Del Cauca, Colombie
1981	Daskin et Stern	A Hierarchical Objective Set Covering Model for Emergency Medical Service Vehicle Deployment	Austin, Texas,
1978	Chaiken et al.	Transfer of emergency service deployment models to operating agencies	
1977	Daberkow	Location and Cost of Ambualnces Serving a Rural Area	Californie du Nord, États-Unis
1977	Revelle et al.	Facility Location: A Review of Context-free and EMS Models	
1974	Berlin, Liebman	Mathematical analysis of emergency ambulance locations	
1974	Larson	A hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services	
1973	Fitzsimmons	A methodology for Emergency Ambulance Deployment	Los Angeles, États-Unis
1973	Swoveland et al.	Ambulance location: A Probalistic Enumeration Approach	Vancouver, Canada
1971	Fitzsimmons	An emergency medical system simulation model	San Fernando, Los Angeles, États-Unis
1971	Volz	Optimum ambulance location in semi-rural areas	Comté de Washtenaw, Michigan, États-Unis
1970	Gordon	A simulation study of emergency ambulance service in New York City	New York City, États-Unis
1969	Savas	Simulation and cost-effectiveness analysis of New-York's emmergency ambulance service	New York City, États-Unis

Tableau 2 : Liste non-exhaustive de références bibliographiques sur l'optimisation de la localisation de moyens de secours à personne à l'aide de modèle de localisation-allocation ou de méthodes voisines, pour les plus anciennes.

Même si à cette époque-là on ne parle pas encore de modèle de localisation-allocation, ces travaux sont les premiers à avoir recours à des méthodes de simulation pour optimiser la localisation de moyens de SAP. Auparavant, les méthodes étaient essentiellement basées sur des analyses et des approches empiriques.

L'essor de ces méthodes est aussi en grande partie imputable à un puissant groupe de chercheurs travaillant au sein de l'institut RAND[1] à New York (Goldberg, 2004, p. 25). Ces derniers ont produit plusieurs modèles dont certains spécifiques à la question des services d'incendie et de secours à personne. Ces modèles ont donné lieu à de nombreuses publications, documents et notices d'utilisation, ainsi qu'à des expérimentations en condition d'utilisation réelle sur une durée de deux ans dans le courant des années 1970.

Plus généralement, le développement des modèles de localisation appliqués aux moyens de secours a suivi celui des modèles de localisation appliqués à d'autres domaines, toute proportion gardée, et avec une dizaine d'années de décalage environ. Longtemps les applications n'ont porté que sur des villes ou états des Etats-Unis ou du Canada. C'est seulement à partir des années 2000 que d'autres pays s'intéressent à ces questions : Arabie saoudite, Autriche, Suède, Ghana, Iran, Belgique, Grèce, etc. Cause ou conséquence, plusieurs de ces pays semblent partager, en outre, la même doctrine d'organisation des moyens de secours que les Etats-Unis. C'est le cas notamment du Ghana, puisque dans les paramètres du modèle, pour ce qui concerne les délais d'intervention à respecter, l'auteur fait référence aux préconisations fixées par la Loi fédérale de 1973 sur les *Emergency Medical Services* (Amponsah et al., 2011, p. 23).

Avant d'aller plus loin dans la présentation de ces références et de leurs applications, il convient de définir plus en détail ce qu'est un modèle de localisation-allocation.

3.2. Les modèles de localisation-allocation

Nous avons fait le choix de définir dans cette section tous les types de modèles existants et, au moins dans un premier temps, de les présenter de manière générale. Le choix d'exposer l'ensemble des familles de modèles de localisation-allocation s'est imposé par le fait qu'une partie de ces modèles sont évoqués dans les références bibliographiques présentées par la suite. Pour l'autre partie, il s'agit d'une famille de modèles qui, même si elle n'est pas appliquée ou applicable dans le domaine des secours, est utilisée dans l'outil spécifiquement retenu pour répondre à la problématique de cette thèse et qui sera présenté dans le chapitre 5. Comme tous les types de modèles ne se prêtent pas à la localisation de moyens de secours, la présentation que nous en faisons dans un premier temps et les exemples utilisés, se veulent généralistes.

Comme mentionné précédemment (Chapitre 3, section 3.1.1, p. 65), les modèles de localisation-allocation, encore appelés localisation-affectation ou emplacement-allocation, sont avant tout des algorithmes mathématiques, c'est-à-dire une suite d'opérations permettant la résolution d'un problème. L'objectif, pour une entreprise ou un service, est généralement de localiser de manière optimale un nombre limité de ressources, de manière à satisfaire au mieux une demande spatialement étendue. Par **ressources**, ou **facilités**, il faut comprendre : sites, infrastructures, bâtiments, véhicules, etc., suivant les cas. Ce type d'algorithme relève du domaine de l'optimisation. Il s'agit d'une branche à part entière des mathématiques. Elle consiste à trouver le meilleur élément possible parmi un ensemble d'éléments donnés. Le concept d'optimisation peut

[1] *Research and Development.*

prendre un sens différent selon qu'il est appliqué aux domaines des sciences dures ou à celui des sciences sociales (Maignant, 2009), mais nous nous en tiendrons au sens qu'il prend en mathématiques et en recherche opérationnelle.

Les algorithmes d'optimisation sont appliqués à de nombreux domaines, dont celui de la recherche de localisation optimale. Ils prennent alors la forme de modèles de localisation-allocation. Cette recherche est réalisée à partir d'un certain nombre de données, critères et contraintes que l'on peut résumer, à l'instar de Baray, en 5 points (Baray, 2002) :

Points d'offre potentiels ou d'emplacements potentiels

Les personnes, services ou entreprises qui ont recours aux méthodes de localisation cherchent généralement à localiser une ou plusieurs ressources en fonction de leurs besoins et de leurs moyens financiers. Au moins deux sites d'implantation sont toujours possibles, sinon il n'y pas lieu de se poser la question de leur localisation et d'avoir recours à des modèles très perfectionnés pour cela. Ces sites sont représentés dans le cadre des modèles de localisation-allocation par des points dont on connait la localisation (Figure 9). Tous les points ne sont pas susceptibles d'accueillir une ressource. C'est pour cela qu'ils sont nommés **points d'offre potentiels** ou emplacements potentiels – à ne pas confondre avec **point d'offre** tout court qui est utilisé comme synonyme de ressources. Ce sont les lieux où les ressources, une fois localisées, doivent permettre de satisfaire la demande en service, indépendamment du type de service dont il est question.

Les points de demande

Chaque service ou entreprise a pour but de satisfaire une demande. Suivant les cas et les domaines d'application, il peut s'agir de clients d'un magasin ou d'un service public, de patients d'un service hospitalier ou de santé, de poubelles à collecter ou bien encore de réparations à effectuer, etc. De la même manière que pour l'offre, la demande est ramenée à des points dont on connaît la localisation (Figure 9). On les nomme **points de demande**. Ces points peuvent résumer une portion de l'espace plus ou moins grande et densément peuplée, comme une ville, un quartier, un îlot, etc. Pour chacune d'entre elle, on peut connaître le **niveau de la demande** (nombre de clients, nombre de patients, nombre d'habitants, etc.). Ce **poids** attribuable à chaque point de demande permet de pondérer les distances avec les différents points d'offre. Les points d'offre et de demande peuvent être confondus (Figure 9).

La matrice d'éloignement ou de temps

Les modèles de localisation-allocation s'appuient au minimum sur un paramètre pour localiser les ressources : la **distance** qui sépare les points d'offre potentiels des points de demande. Elle peut faire référence à différents coûts : le coût en kilomètres, le coût en temps ou encore le coût financier. Elle peut être calculée sur la base de la distance par la route réelle ou à vol d'oiseau.

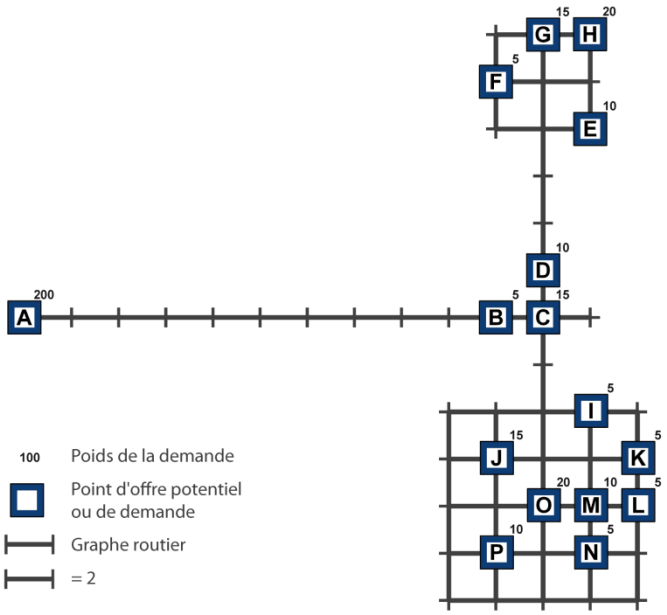


Figure 9 : Exemple théorique d'un graphe routier et des éléments constitutifs d'un modèle de localisation-allocation.

Dans le premier cas, la distance est généralement mesurée par l'intermédiaire d'un graphe routier. Un graphe routier est composé d'un ensemble de tronçons, appelés arcs, plus ou moins longs, représentant le plus fidèlement possible le réseau routier. Les arcs sont connectés à chaque extrémité par des points que l'on appelle sommets. Chaque arc se voit attribuer la valeur de sa longueur en mètres ou kilomètres, à partir de laquelle on peut déduire le coût en temps et le coût financier qu'un déplacement engendrerait.

Quoi qu'il arrive, cette distance fait l'objet d'une matrice dite d'éloignement ou de temps (Tableau 3). Il s'agit d'un tableau dans lequel sont répertoriées toutes les valeurs de distances séparant chaque paire de points d'offre et de demande. Dans l'exemple, Figure 9, chaque petit tronçon correspond à une distance théorique de 2. Cela peut être 2 kilomètres, 2 euros ou bien encore 2 minutes, peu importe.

La fonction objectif

La fonction objectif est en quelque sorte le cœur du problème d'optimisation. Elle précise le critère à optimiser. Il s'agit d'une fonction au sens mathématiques du terme. Pour ce qui est des modèles de localisation-allocation, la fonction tient au moins compte de la notion de distance, évoquée précédemment, séparant les points d'offre potentiels des points de demande. Elle peut intégrer, en plus, d'autres paramètres comme l'attractivité des points d'offre potentiels. Elle peut de plus fixer le nombre de ressources à localiser, le fait qu'une seule ressource puisse être localisée sur un point d'offre potentiel, etc. Le problème d'optimisation consiste à minimiser ou maximiser cette fonction, c'est-à-dire, trouver la solution globale minimale ou maximale parmi l'ensemble de solutions possibles. Le principe d'un problème d'optimisation et le rôle de la fonction objectif seront plus clairs pour le lecteur au travers des exemples ci-après.

		vers les points de demande															
		A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**
Des points d'offre potentiels…	**A**	0	20	22	24	32	34	34	36	28	30	32	34	32	34	30	34
	B	20	0	2	4	12	14	14	16	8	10	12	14	12	14	10	14
	C	22	2	0	2	10	12	12	14	6	8	10	12	10	12	8	12
	D	24	4	2	0	8	10	10	12	8	10	12	14	12	14	10	14
	E	32	12	10	8	0	6	6	4	16	18	20	22	20	22	18	22
	F	34	14	12	10	6	0	4	6	18	20	22	24	22	24	20	24
	G	34	14	12	10	6	4	0	2	18	20	22	24	22	24	20	24
	H	36	16	14	12	4	6	2	0	20	22	24	26	24	26	22	26
	I	28	8	6	8	16	18	18	20	0	6	4	6	4	6	6	10
	J	30	10	8	10	18	20	20	22	6	0	6	8	6	8	4	4
	K	32	12	10	12	20	22	22	24	4	6	0	2	4	6	6	10
	L	34	14	12	14	22	24	24	26	6	8	2	0	2	4	4	8
	M	32	12	10	12	20	22	22	24	4	6	4	2	0	2	2	6
	N	34	14	12	14	22	24	24	26	6	8	6	4	2	0	4	4
	O	30	10	8	10	18	20	20	22	6	4	6	4	2	4	0	4
	P	34	14	12	14	22	24	24	26	10	4	10	8	6	4	4	0
Total		**456**	**176**	**152**	**164**	**236**	**260**	**256**	**280**	**164**	**180**	**192**	**204**	**180**	**204**	**168**	**216**

Tableau 3 : Table d'éloignement relative à l'exemple Figure 9.

La règle d'allocation ou d'affectation

Une fois tous les choix de localisation pour les ressources effectués, l'algorithme permet de déterminer de quelles ressources dépendent les points de demande pour satisfaire le service. C'est la règle d'allocation, ou d'affectation. La règle la plus simple est celle qui précise que les points de demande seront alloués à la ressource la plus proche géographiquement. L'allocation d'un point de demande à une ressource est formalisée graphiquement par un trait rectiligne reliant les deux (Figure 10), ou bien par un cercle délimitant le rayon d'affectation de chaque ressource.

Les modèles de localisation-allocation les plus connus et utilisés, en tout cas dans le domaine de la localisation de moyens de secours, sont dérivés de trois à quatre modèles de base pour partie eux-mêmes émanant les uns des autres (Baray, 2002, p. 102).

3.2.1. Les trois principaux types de modèles de localisation-allocation utilisés pour localiser des moyens de secours

3.2.1.1. Le modèle p-médian ou P-MP

L'un des premiers modèles à avoir été développé est le modèle dit p-médian. Il trouve son origine dans les travaux de Weber (Weber, 1909), déjà mentionné plus haut comme faisant partie de l'école allemande de réflexion sur les questions de localisation (Chapitre 3, section 3.1.2, p. 68). Ses travaux seront enrichis par la suite par ceux de nombreux autres chercheurs comme Hakimi (Hakimi, 1965) ou ReVelle et Swain (ReVelle, Swain, 1970). Le contexte dans lequel s'inscrit Weber est celui de l'industrie de l'acier au début du 20ème siècle en Allemagne, et le problème posé est celui de minimiser les coûts de

production pour les industriels. Le coût de production dépend à l'époque en grande partie du coût des transports et ils sont nombreux : transport des matières premières vers l'usine, transport de l'énergie nécessaire à son fonctionnement et transport des produits finis vers les marchés. Weber a donc bien compris que les distances parcourues et donc la localisation de l'usine constituent un enjeu de taille. Il formalise la localisation optimale de l'usine comme étant le centre de gravité du triangle formé par les points correspondant aux matières premières, à l'énergie et au marché. Ce point est aussi appelé point médian car il est au centre des trois médianes du triangle (Belhedi, 2010). Peu importe la formalisation que pouvait prendre le problème à l'origine pour déterminer ce centre, la formalisation du modèle p-médian est la suivante **: localiser un nombre *P* de ressources de façon à ce que la somme des distances séparant chaque demande avec la ressource qui lui est assignée, soit minimale (Annexe 6, p. 285).**

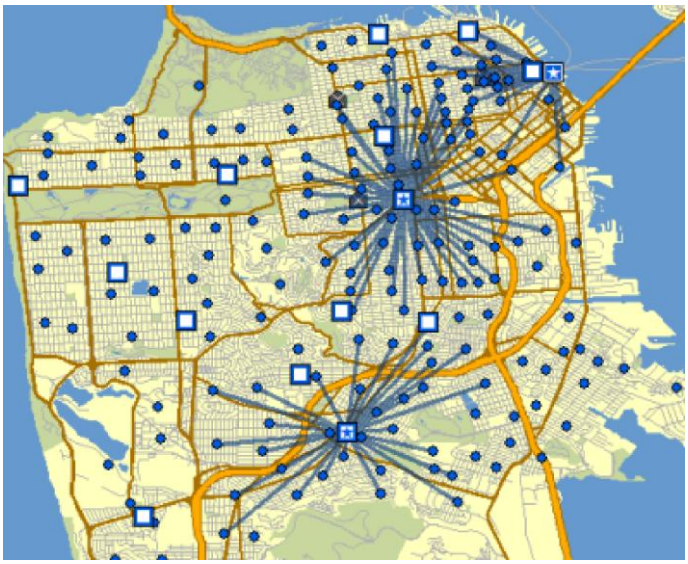


Figure 10 : Exemples de points de demande (ronds bleus) alloués (traits bleus) à des points d'offre (carrés blancs sur fond bleu) (source : http://resources.arcgis.com).

Pour la localisation d'une seule ressource, le principe est de calculer la somme des distances pour chaque point d'offre potentiel vers tous les points de demande et de retenir celui pour lequel la somme est la plus faible. Appliqué à l'exemple théorique précédent, les sommes des distances depuis les différents points d'offre potentiels vers l'ensemble des points de demande sont présentées dans la dernière ligne du Tableau 3. Elles correspondent aux sommes en colonne des valeurs de distance.

Le point d'offre potentiel qui minimise le plus cette somme est le point C avec la valeur 152 (Tableau 3). L'emplacement optimal de la ressource est donc au point C. Tous les points de demande lui sont alloués puisque c'est la seule ressource (Figure 11).

La même opération peut être réalisée en tenant compte cette fois du niveau de la demande. Dans ces cas-là, et si elles n'en tiennent pas déjà compte, les valeurs de distance sont préalablement multipliées par les valeurs de poids assignées à chaque point de demande (Figure 9). Les résultats pour l'exemple théorique qui nous concerne sont

présentés dans le Tableau 4. L'objectif reste le même : sélectionner le point d'offre potentiel pour lequel la somme des distances alors pondérées est la plus faible. Le point d'offre retenu est ainsi localisé plus près des points où la demande est la plus importante.

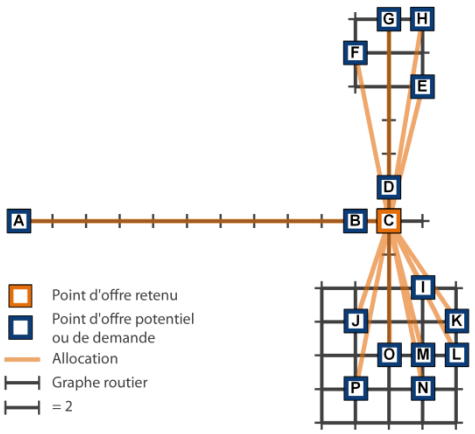


Figure 11 : Localisation d'une ressource selon le modèle p-médian non-pondéré.

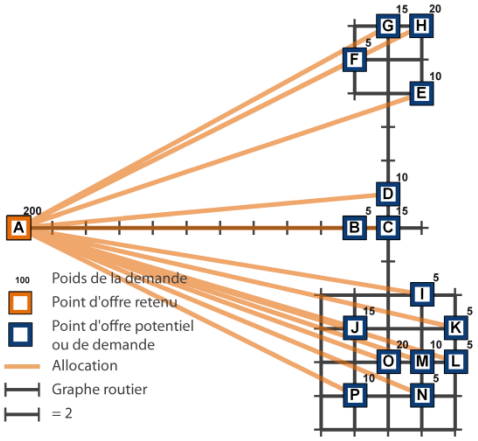


Figure 12 : Localisation d'une ressource selon le modèle p-médian pondéré.

		vers les points de demande															
		A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**
Des points d'offre potentiels…	**A**	0	4000	4400	4800	6400	6800	6800	7197	5607	5991	6391	6791	6391	6791	5991	6791
	B	100	0	10	20	60	70	70	80	40	50	60	70	60	70	50	70
	C	330	30	0	30	150	180	180	210	91	119	149	179	149	179	119	179
	D	240	40	20	0	80	100	100	120	80	100	120	140	120	140	100	140
	E	320	120	100	80	0	60	60	40	160	180	200	220	200	220	180	220
	F	170	70	60	50	30	0	20	30	90	100	110	120	110	120	100	120
	G	510	210	180	150	90	60	0	30	271	299	329	359	329	359	299	359
	H	720	320	280	240	80	120	40	0	400	439	479	519	479	519	439	519
	I	140	40	30	40	80	90	90	100	0	30	20	30	20	30	30	50
	J	449	149	119	149	269	299	299	329	90	0	91	120	90	120	60	60
	K	160	60	50	60	100	110	110	120	20	30	0	10	20	30	30	50
	L	170	70	60	70	110	120	120	130	30	40	10	0	10	20	20	40
	M	320	120	100	120	200	220	220	239	40	60	40	21	0	20	21	60
	N	170	70	60	70	110	120	120	130	30	40	30	20	10	0	20	20
	O	599	199	159	199	359	399	399	439	120	80	120	82	42	80	0	80
	P	340	140	120	140	220	240	240	259	100	40	100	80	60	41	40	0
Total		**4737**	**5637**	**5747**	**6217**	**8337**	**8987**	**8867**	**9453**	**7168**	**7597**	**8248**	**8759**	**8089**	**8738**	**7498**	**8757**

Tableau 4 : Table des distances pondérées relative à l'exemple Figure 9.

Lorsque les points d'offre potentiels et de demande sont confondus, comme dans notre exemple, et qu'un point de demande représente à lui seul plus de la moitié du poids de la demande totale, le point d'offre retenu est ce point. C'est le cas du point A. Avec un niveau de demande égale à 200, il représente plus de la moitié du poids de la demande totale qui s'élève à 355. C'est également le point d'offre potentiel qui minimise le plus la somme des distances pondérées, avec un total de 4 737 (Tableau 4). Même si

c'est le plus isolé, c'est donc bien ce point qui a été retenu pour localiser la ressource (Figure 12).

Sur le même principe, le modèle p-médian permet évidemment de localiser simultanément plusieurs ressources. Plus de précisions sont disponibles sur le fonctionnement de l'algorithme dans le livre de Daskin notamment (Daskin, 1995). Appliqué au problème de Weber, celui de la localisation de l'usine d'acier, la distance évoquée dans l'énoncé du problème correspond à l'ensemble des coûts de transport, c'est-à-dire la distance à parcourir en kilomètre, multipliée par le poids que représente chacune des marchandises à transporter. La solution optimale est celle qui minimise le coût global de transport et donc celle qui maximise les profits pour l'entreprise.

3.2.1.2. Le modèle p-centre ou minimax

Le principe du modèle p-centre ou minimax est le même, c'est la fonction objectif qui diffère. Il s'agit cette fois de **localiser un nombre donné de ressources de façon à ce que la distance séparant la demande la plus éloignée de la ressource qui lui est assignée, soit minimale.**

Toujours appliqué à l'exemple théorique de la Figure 9 (page 72) et à la localisation d'une seule ressource, le principe est d'identifier dans un premier temps pour tous les points d'offre potentiels la distance maximale (Tableau 5), c'est-à-dire la distance qui les sépare du point de demande le plus éloigné. Il suffit simplement pour cela de se reporter à la matrice d'éloignement du Tableau 3 page 73. Dans un second temps, la règle est de retenir comme point d'offre celui pour lequel la distance maximale est la plus faible. En l'occurrence, dans l'exemple, il s'agit du point B avec une distance de seulement 20 (Figure 13). Le point B est ainsi celui à partir duquel tous les autres sont le moins éloignés.

	Points d'offre potentiels															
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**
Distance au point de demande le plus éloigné	36	20	22	24	32	34	34	36	28	30	32	34	32	34	30	34

Tableau 5 : Distance maximale entre les différents points d'offre potentiels de l'exemple Figure 9 (p. 72) et les points de demande respectivement les plus éloignés.

3.2.1.1. Les modèles de couverture

Les modèles dits de couverture intègrent une notion supplémentaire, celle de zone de couverture. Déjà évoquée au début de cette thèse (Chapitre 1, section 1.2, p. 33), la **zone de couverture** fait référence à la zone accessible autour de chaque ressource, dans toutes les directions possibles, en deçà d'une certaine distance (Figure 14). Cette distance est aussi appelée **impédance**. C'est la distance maximale au-delà de laquelle on considère ne plus être dans la zone de couverture. On dit des points de demande situés dans la zone de couverture qu'ils sont couverts.

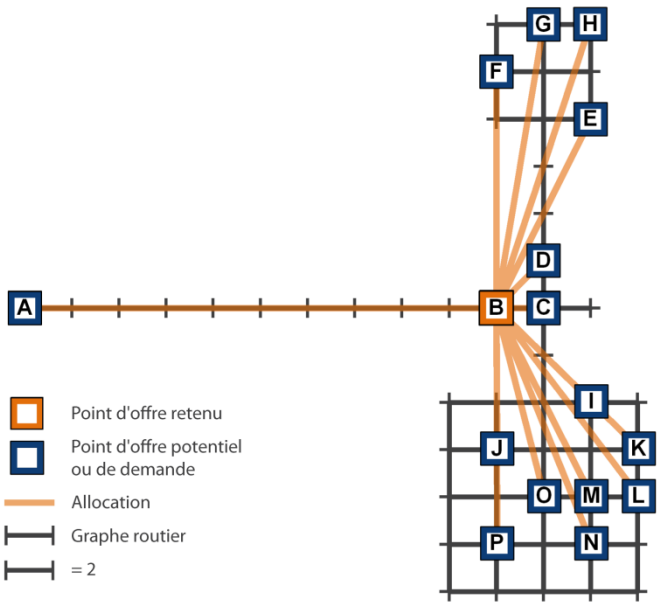


Figure 13 : Localisation d'une ressource selon le modèle p-centre.

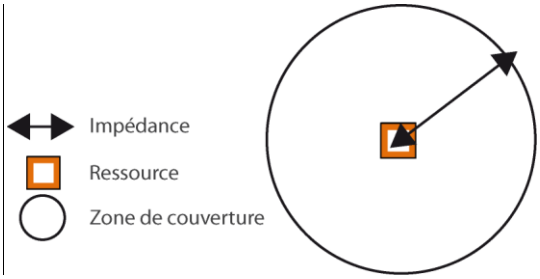


Figure 14 : Principe d'une zone de couverture appliqué à un cas théorique simple.

Il est bien question des modèles de couverture, au pluriel, car il en existe en réalité deux types (Schilling et al., 1993) : d'une part les modèles dit de localisation à recouvrement d'ensemble, plus connus sous le sigle LSCP[1] de l'anglais *Locating Set Covering Problem*, pour lesquels le concept de zone de couverture est simplement requis ; et d'autre part, les modèles dit de localisation à couverture maximale ou *Maximal Covering Location Problem* (MCLP), qui eux cherchent à optimiser la zone de couverture. En outre, leur principe est différent : dans l'un le nombre de ressources à localiser est une donnée d'entrée du problème, comme dans les cas du modèle p-médian et p-centre ; pour l'autre, c'est une donnée de sortie. Le nombre de ressources à localiser est calculé par l'algorithme, comme nous allons voir au travers de la présentation de ces deux modèles.

[1] Aussi dénommé : *Location Set Covering Model* (LSCM) (Brotcorne et al., 2003), ou *Set Covering Location Model* (SCLM) (Erkut et al., 2009), suivant les auteurs.

Le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble

Le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble a été introduit par Toregas, Swain, ReVelle et Bergman en 1971. Son principe est de **déterminer et localiser un nombre minimal de ressources nécessaires pour couvrir l'ensemble des points de demande de manière à ce qu'ils se situent tous, au final, en deçà de la valeur d'impédance fixée pour définir les zones de couverture (Annexe 7, p. 286)**.

Appliqué à l'exemple théorique de la Figure 9 (page 72), 4 ressources seulement sont nécessaires pour couvrir l'ensemble des points de demande, de manière à ce qu'ils soient tous situés à une distance inférieure ou égale à 6 d'une ressource (Figure 15). Ce sont les points A, C, H et O qui ont été retenus pour accueillir les 4 ressources. Tous les points de demande sont bien à une distance inférieure ou égale à 6 depuis ces points.

Au sein d'un groupe de points d'offre potentiels appartenant à la même zone de couverture, c'est-à-dire étant tous éloignés d'une distance inférieure ou égale à la valeur de l'impédance, le choix de localisation final d'une ressource entre ces points ne respecte pas de logique particulière. Concrètement, le point O comme le point M permettent de couvrir l'ensemble des points de demande I, J, K, L, M, N, O, P, en moins de 6. Le choix de localisation de la ressource aurait donc pu aussi bien se porter sur le point M. Il en va de même pour les ressources aux points C et H.

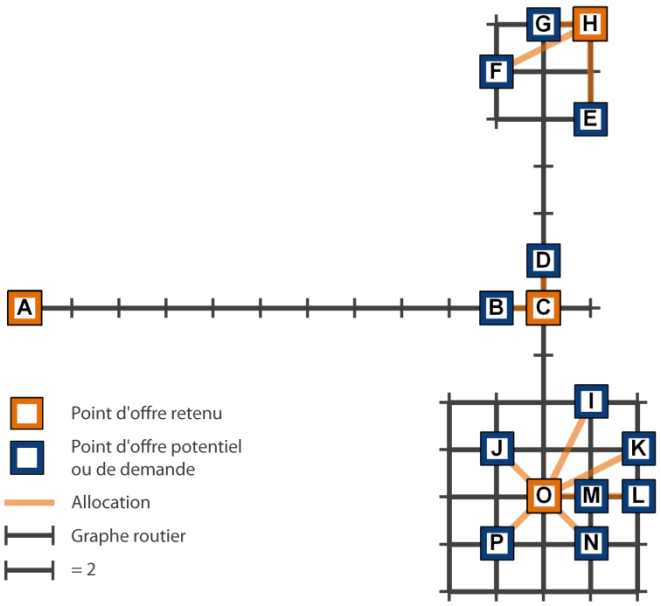


Figure 15 : Localisation de ressources selon le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble pour une valeur d'impédance égale à 6.

Le modèle se charge donc non seulement de localiser de manière optimale les ressources, mais il se charge également d'en calculer le nombre nécessaire. Cette particularité en fait un avantage et un inconvénient. C'est un avantage, car c'est le seul modèle permettant de connaître le nombre minimum de ressources nécessaire pour couvrir de manière optimale l'ensemble des points de demande sur un territoire donné en deçà d'une certaine distance. Ce nombre est souvent considéré comme utopique car

trop élevé et difficilement atteignable compte tenu des contraintes, notamment budgétaires, auxquelles sont soumis les fournisseurs de l'offre. C'est pourtant le résultat de ce que pourrait, ou devrait être, l'organisation des ressources. Cette particularité n'est pas sans rappeler le scénario du *devrait être*, évoqué dans le chapitre 2 (page 60) qu'utilisent certains professionnels du monde des secours en comparaison de l'organisation réelle des ressources – le *est* – pour proposer des améliorations. Ce modèle rend donc possible cette comparaison. Cependant, dans la pratique, les fournisseurs de service préfèrent connaître la localisation d'un nombre contraint de ressources. Ce scénario est beaucoup plus réaliste et proche de leur préoccupation. Le fait que ce modèle ne permette pas de choisir un nombre déterminé de ressources à localiser est considéré comme un inconvénient. C'est pour y remédier que le deuxième type de modèles de couverture a été créé.

Le modèle de localisation à couverture maximale

En 1974, est donc introduit par Church et ReVelle un nouveau type de modèles de couverture. Il s'agit des modèles dits de localisation à couverture maximale. À l'inverse du modèle à recouvrement d'ensemble, ce modèle permet à l'utilisateur de renseigner le nombre de ressources qu'il cherche à localiser. Quant à leur principe, il diffère un peu également. Si pour le précédent, la zone de couverture permettait juste de calculer le nombre minimal de ressources à localiser, pour ce dernier, elle est optimisée de manière à maximiser la demande totale couverte. Le principe du modèle de localisation à couverture maximale est de **localiser un nombre donné de ressources de manière à ce que le niveau de la demande couverte en deçà de la valeur d'impédance fixée soit maximal (Annexe 8, p. 287)**.

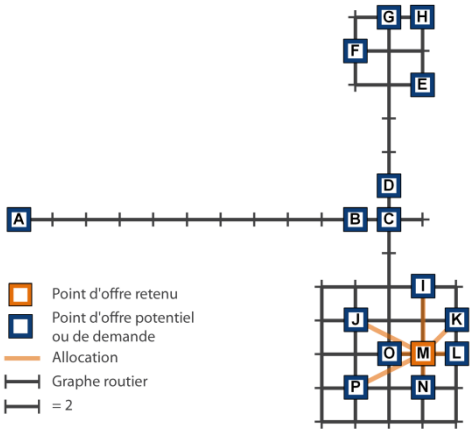


Figure 16 : Localisation d'une ressource selon le modèle de localisation à couverture maximale non-pondéré.

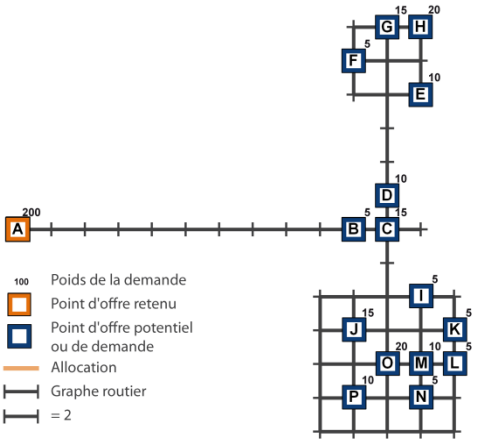


Figure 17 : Localisation d'une ressource selon le modèle de localisation à couverture maximale pondéré.

Par défaut, le niveau de la demande attribué à chaque point de demande est égale 1. Sans pondération, le principe du modèle consiste donc seulement à chercher à couvrir un nombre maximal de points de demande. Appliqué à l'exemple maintenant coutumier de la Figure 9 (page 72), le point d'offre potentiel qui permet de couvrir le nombre le plus important de points de demande est le point M (Figure 16 et Tableau 6). Celui qui permet de couvrir le niveau de demande pondérée le plus important est le point A (Figure 17 et

Tableau 6), et ce, malgré le fait qu'il ne permette de desservir qu'un seul point de demande, compte tenu de la contrainte que constitue la zone de couverture égale à 6. La comparaison de cet exemple avec celui présenté Figure 12 (page 75) où la ressource A est reliée à l'ensemble des points de demande, permet de mieux saisir la caractéristique des modèles de couverture par rapport aux autres.

	Points d'offre potentiels															
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**
Non-pondéré	1	3	4	3	4	4	4	4	8	6	7	6	8	7	8	5
pondéré	200	30	35	30	50	50	50	50	80	65	65	50	75	60	75	60

Tableau 6 : Niveau de la demande, pondérée et non pondérée, des points d'offre potentiels de l'exemple théorique Figure 9, page 72, pour une impédance égale à 6.

3.2.2. Heuristiques et méta-heuristiques

Afin de terminer avec les aspects techniques concernant les modèles de localisation-allocation, et pour une bonne compréhension de la suite de la présente thèse, il convient de souligner que la résolution de ces différents algorithmes est réputée comme étant très difficile, voire impossible dans certains cas. En effet, la résolution d'algorithmes linéaires nécessite un grand nombre de calculs. Le nombre d'opérations à réaliser augmente même de façon exponentielle avec le nombre de points de demande, de points d'offre potentiels ou de ressources à localiser. Malgré le recours à l'informatique, le nombre d'opérations est tel que même les ordinateurs les plus puissants ne sont pas en mesure de résoudre ces algorithmes, ou alors dans des délais très longs.

Pour remédier à ce problème, il est parfois indispensable d'avoir recours à des heuristiques et méta-heuristiques. Les heuristiques et méta-heuristiques sont des méthodes de calcul qui, à l'inverse des algorithmes linéaires, n'ont pas besoin de résoudre la totalité des opérations pour produire un résultat. Il y a cependant peu de chance pour que ce résultat corresponde à la solution optimale globale. Il n'est d'ailleurs même pas possible de le vérifier puisque la solution globale n'est pas connue. Il faudrait pour cela que l'ensemble des opérations soit réalisé. Or, c'est justement parce que c'est la plupart du temps impossible que les heuristiques ont été inventées. Ces méthodes convergent donc le plus souvent vers des solutions locales plutôt que vers des solutions globales. En contrepartie, les heuristiques et méta-heuristiques permettent d'obtenir des résultats dans des délais raisonnables avec des ordinateurs courants, pas nécessairement des supercalculateurs.

On distingue communément deux catégories d'heuristiques, les heuristiques dites de construction et celles dites d'amélioration. Les premières permettent de construire assez rapidement et simplement une première série de localisations, particulièrement sous-optimale, que le deuxième type d'heuristique a la tâche d'améliorer, d'où son nom. Parmi les heuristiques de construction, on peut citer l'algorithme flou ou l'algorithme génétique, alors que l'algorithme de substitution et l'algorithme de recherche de voisinage ont une approche d'amélioration (Baray, 2002).

Les heuristiques sont le plus souvent développées pour répondre à un problème spécifique, à la différence des méta-heuristiques qui se veulent plus généralistes.

3.2.3. Les différentes logiques d'implantation : égalitaire, équitable, efficace

À la vue des présentations et exemples précédents, il s'avère bien que les quatre grands types de modèles de localisation-allocation n'ont pas les mêmes logiques d'implantation des ressources. Les points d'offre retenus ne sont pratiquement jamais les mêmes. Ces modèles ne sont donc pas utilisés par les mêmes services pour localiser les mêmes moyens.

Ces différentes logiques d'implantation sont généralement décrites dans la littérature par trois adjectifs : égalitaire, équitable et efficace. Ces adjectifs décrivent principalement la manière dont sont pris en compte les points de demande dans les calculs aboutissant à la localisation des ressources. Tous les points n'ont, en effet, pas la même influence sur la détermination des différents centres. Ces adjectifs sont aussi utilisés pour faire référence au poids assigné à chaque point de demande, à la manière dont sont mesurées les distances entre tous les points, ou bien encore aux distances elles-mêmes, ce qui peut prêter à confusion. Les recherches de Josselin, à ce sujet, permettent d'y voir plus clair (Josselin, 2004 ; Josselin, 2008b ; Josselin, 2008a).

Sont qualifiés d'**égalitaires** les modèles au sein desquels la localisation de tous les points de demande joue un rôle aussi important pour l'implantation des ressources. À l'inverse, dans un modèle dit **efficace**, la localisation de certains points de demande a une influence plus importante. Les ressources ont donc tendance à être localisées près de ces points-là au détriment des autres. Cette logique est parfaitement compatible avec une approche économique où le principe est justement de s'intéresser prioritairement aux points qui minimisent les coûts. La logique équitable se situe entre les deux. Dans le cas de modèles dit **équitables,** les calculs permettent d'accorder une place plus importante à un certain nombre de points, mais au lieu d'être ceux qui maximisent les profits, il est question des plus défavorisés, des moins rentables économiquement. Il s'agit généralement des points les plus isolés et éloignés, ou ceux qui représentent un handicap à compenser. Cette logique correspond à une approche plus *sociale* des localisations.

Par rapport aux modèles présentés ci-dessus, le modèle p-médian s'inscrit dans une logique efficace car c'est celui qui tient le moins compte des points de demande les plus éloignés. En effet, les ressources sont prioritairement localisées là où la densité de points est la plus forte, car c'est là où la somme des distances est la plus faible (Figure 11, p. 75). Le modèle p-médian est donc naturellement utilisé pour réfléchir à la localisation de ressources de type commercial. L'origine même de ce modèle est de répondre à la localisation d'une usine (Section 3.2.1.1, p. 73). C'est aussi ce modèle qu'a retenu par exemple Baray dans sa thèse pour localiser des magasins de produits biologiques (Baray, 2002) et qui est utilisé dans de nombreux autres domaines commerciaux (banques, assurances, grande distribution etc.). Mais ce modèle est aussi employé pour localiser des services publics où c'est pourtant l'équité qui devrait être recherchée. Ce choix peut s'expliquer de deux manières : d'abord, par le fait que pour certains, un service public, pour être équitable, doit être un minimum viable et donc efficace. L'objectif n'est donc pas tant de rechercher l'équité, mais un équilibre entre l'équité et l'efficacité. D'autre

part, cela peut s'expliquer si l'on ne considère plus la logique du modèle comme efficace ou équitable, mais les distances séparant les ressources des points de demande. La distance moyenne séparant l'ensemble des points de demande des ressources représente alors un indicateur de l'efficacité du service. La distance séparant le point de demande le plus éloigné d'une ressource constitue quant à elle un indicateur d'équité. Le modèle p-médian permet de faire diminuer cette distance. En effet, plus le nombre de ressources à localiser est important, plus elle est faible. C'est en ce sens que le modèle p-médian permet aussi de localiser de manière équitable des ressources.

Le modèle p-centre, quant à lui, fait partie des modèles qui intrinsèquement s'inscrivent dans une logique équitable, puisqu'il cherche à minimiser les distances maximales séparant les points de demande les plus éloignés de l'ensemble des ressources. Ce type de modèle semble donc particulièrement indiqué pour localiser des hôpitaux, services d'urgence et autres casernes de pompiers, mais dans les faits, les modèles utilisés pour localiser ce type de ressources sont les modèles de couverture plutôt que le modèle p-centre. Cela s'explique certainement par le fait que la prise en compte de la zone de couverture est particulièrement adaptée à la localisation de ce type de service.

La logique d'implantation des modèles de couverture n'est pourtant pas équitable. Elle se rapprocherait plus de la logique du modèle p-médian, c'est-à-dire efficace. Ces deux types de modèles favorisent, en tout cas, les points les plus groupés au détriment des plus isolés et éloignés. Pour autant, comme évoqué précédemment, suivant que l'on considère la logique du modèle ou les distances elles-mêmes, il faut relativiser. Les modèles de couverture permettent aussi de réfléchir à l'équité de la localisation des ressources. Ils permettent, en tout cas, de minimiser la distance séparant le point de demande le plus éloigné d'une ressource.

Ces modèles sont évidemment très utilisés pour réfléchir à la localisation de moyens de secours, notamment des pompiers comme nous allons le voir ci-après, mais pas seulement : ils sont également appliqués dans de nombreux autres domaines comme, l'ingénierie, l'informatique, l'environnement, l'agriculture et la biologie, etc. L'article de Farahani et *al.* publié en 2012 permet d'avoir une vision plus exhaustive des domaines dans lesquels ont été employés ces modèles.

Si aucun des quatre modèles ne s'inscrit dans une logique égalitaire, l'adjectif peut cependant être utilisé pour désigner le fait que les calculs ne tiennent pas compte, s'il y en a, des poids assignés à chaque point de demande. Comme nous l'avons déjà mentionné, dans ces cas-là, à chaque point est attribuée une valeur identique, généralement 1. Le traitement est donc plus égalitaire. Seules la répartition spatiale des points et la façon dont sont mesurées les distances, influencent la localisation des ressources.

3.2.4. Les modèles de couverture appliqués au cas de la localisation de moyens de secours à personne

Un modèle de couverture appliqué à la localisation de moyens de secours à personne comporte les éléments suivants :

- Dans la littérature, les ressources correspondent majoritairement, suivant les pays, à un bâtiment en dur accueillant les véhicules d'intervention, peu importe le nom donné : une caserne, une station ou une brigade de pompier. Toutefois, suivant les pays et le mode de fonctionnement des secours, les moyens sont déployés directement sur le terrain, au plus près des interventions potentielles. Ils ne réintègrent une caserne que la nuit ou pour assurer la maintenance. Dans ces cas-là, les ressources à localiser correspondent au véhicule d'intervention lui-même.
- Les points d'offre potentiels correspondent, suivant le type de ressources à localiser, à un terrain à bâtir pouvant accueillir une nouvelle caserne, un bâtiment déjà construit à adapter, ou bien, dans le cas de la localisation simple d'un véhicule d'intervention, à n'importe quel endroit où il est possible de stationner : parking, carrefour, etc. (Erkut et al., 2009, p. 46). Tous ces lieux sont ramenés à des points dont on connaît les coordonnées.
- Les points de demande correspondent, quant à eux, à tous les lieux susceptibles de nécessiter le recours à un service de secours à personne. Pouvant être très nombreux, ces lieux sont agrégés. De l'échelon auquel ils sont agrégés dépend directement le nombre de points de demande retenus au final dans le modèle. Comme nous l'avons déjà évoqué, le nombre de points d'offre potentiels et de demande influe directement sur le temps d'exécution de l'algorithme et sur la précision des résultats. La question du niveau d'agrégation a donc longtemps été une contrainte. Grâce à l'évolution des heuristiques, des méta-heuristiques, et grâce à l'évolution des ordinateurs, c'est moins vrai aujourd'hui, comme nous le verrons plus tard. À ces points de demande peut être assigné un poids représentant le niveau de la demande en secours. Il s'agit généralement du nombre réel d'interventions ayant eu lieu les années passées, mais cela peut aussi bien être une estimation de ce nombre pour les années à venir, dans le cadre d'un travail prospectif. Certains utilisent des valeurs permettant indirectement d'évaluer le niveau de la demande (nombre d'habitants, ou population présentielle par exemple).
- La valeur d'impédance propre aux modèles de couverture correspond en matière de secours à personne aux différents délais d'intervention que se fixent les services de secours pour intervenir. Nous avons vu, par exemple, qu'ils étaient au nombre de deux en France suivant le type de commune : 10 et 20 min (Encadré 2, p. 53).

Les objectifs des modèles de couverture restent les mêmes. Pour le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble, ils sont de déterminer et localiser le nombre minimal de moyens de secours nécessaires pour couvrir dans les délais inférieurs aux préconisations l'ensemble des points de demande. Pour le modèle de localisation à couverture maximale, l'objectif est de localiser un certain nombre de moyens de secours à personne de manière à couvrir un maximum de points de demande, pondérés ou non, dans les délais.

Quant à la règle d'allocation des points de demande aux ressources une fois localisées, dans les deux cas, elle consiste simplement à allouer les points de demande au moyen de

secours le plus proche. Les zones ainsi créées correspondent aux secteurs d'intervention de chaque moyen.

Si les modèles de couverture sont parfaitement applicables à la problématique de la localisation des moyens de secours, de nombreux travaux ont été réalisés pour adapter toujours mieux ces modèles aux contraintes et spécificités des services de secours.

3.3. Etat de l'art des modèles de couverture appliqués au problème de la localisation de moyens de secours à personne

Cet état de l'art a été réalisé grâce aux deux articles bibliographiques déjà mentionnés précédemment, celui de Brotcorne, Laporte et Semet (Brotcorne et al., 2003), et celui de Goldberg (Goldberg, 2004), auxquels viennent s'ajouter nos propres recherches bibliographiques. Tous les modèles présentés ci-après n'ont pas été développés spécifiquement pour la localisation de moyens de secours à personne, certains l'ont été à l'origine pour la localisation de moyens de la lutte contre les incendies, mais tous s'y adaptent parfaitement.

3.3.1. Modèles qui tiennent compte des moyens de types différents

Une des premières spécificités que les modèles de couverture de base ne permettent pas d'intégrer est le fait qu'une intervention puisse nécessiter l'envoi de moyens de types différents. Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre (Section 1.1.2 ; p. 23), les interventions de secours à personne peuvent requérir l'envoi de moyens de deux types, médicalisés ou non. Leur nombre n'est pas le même et ils n'ont pas les mêmes contraintes opérationnelles notamment en terme de délais. De nombreuses versions des modèles de couverture ont donc été développées pour permettre la localisation de moyens différents avec des paramètres variés. Dès 1979, Schilling et *al.* proposent une évolution du modèle de localisation à couverture maximale appelée modèle d'allocation d'équipement en tandem, ou TEAM[1]. Dans les grandes lignes, le principe est de localiser d'abord les ressources de base, en l'occurrence dans le cas du SAP, les moyens non-médicalisés ; et seulement dans un deuxième temps, de localiser les ressources plus spécialisées comme les moyens médicalisés. Tout ceci se réalise, en tenant compte du nombre de ressources différentes disponibles et de l'impédance spécifique à chacune ; et de façon à ce que les ressources spécialisées ne soient localisées qu'en tandem, c'est-à-dire aux endroits où a été localisée préalablement une ressource de base. Un point de demande n'est considéré couvert que s'il est desservi par les deux types de moyens. D'autres modèles permettent de s'affranchir d'un certain nombre des contraintes du modèle TEAM, comme le fait que les différents types de ressources soient hiérarchisés, ou que les ressources doivent automatiquement être localisées en tandem. C'est le cas des modèles MOTEAM[2] et FLEET[3] également développés par Schilling et *al.* (Schilling et al., 1979). Ces modèles permettent aussi de localiser plus de deux types de ressources différentes. D'autres permettent de localiser les ressources de manière complémentaire,

[1] *Tandem Equipment Allocation Model.*
[2] *MultiObjective Tandem Equipment Allocation Model.*
[3] *Facility-Location, Equipment-Emplacement Technique.*

citons parmi eux le modèle de Charnes et Storbeck (Charnes, Storbeck, 1980), le modèle FAST[1] développé par ReVelle et Snyder (ReVelle, Snyder, 1995), ou bien encore les travaux de Swersey, Goldring et Geyer (Swersey et al., 1993). Dans beaucoup de pays, les services de secours incendie et les services de SAP étant distincts, la localisation de leurs moyens respectifs se fait également de manière distincte. Or, il s'avère judicieux dans certains secteurs de profiter des infrastructures de l'un pour y localiser des moyens de l'autre. C'est généralement le cas en milieu rural où des ambulances se voient affectées dans des casernes de pompier, alors qu'elles sont généralement localisées dans des hôpitaux ou de manière indépendante. Ces modèles permettent de réfléchir à la localisation simultanée de ces moyens de types et de services différents. Cette liberté permet, selon les auteurs, d'augmenter la couverture du secours à personne, sans pour autant faire baisser la couverture incendie.

Toujours dans le même esprit, citons enfin les travaux plus récents et particulièrement adaptés de Tokar Erdemir et *al.* (Tokar Erdemir et al., 2010). Ces recherches portent sur la question de la localisation optimale et complémentaire des moyens aériens et terrestres de secours à personne. De plus en plus de services de secours sont dotés d'hélicoptères sanitaires pour intervenir dans le cadre du secours à personne. La question de leur localisation se pose en complémentarité avec celle des moyens terrestres classiques, d'autant plus lorsque les hélicoptères ne peuvent pas se poser à proximité immédiate des lieux de l'intervention. En effet, tous les appareils ne sont pas équipés de treuil pour déposer le personnel et le matériel au plus près des victimes. La procédure veut, dans cette situation, que l'hélicoptère se pose sur l'hélisurface la plus proche et que le reste du trajet soit réalisé par la route à l'aide d'un moyen de secours à personne terrestre. Se pose alors également la question de la localisation des hélisurfaces. C'est donc au total la localisation de trois ressources différentes dont il est question : la localisation des moyens terrestres, la localisation des moyens aériens et la localisation des points de transfert entre les deux (hélisurfaces). Trois cas sont pour cela considérés : le cas où un moyen terrestre peut se rendre jusqu'au lieu de l'intervention, celui où un moyen aérien peut se poser à proximité des lieux de l'intervention seul, et la situation où l'hélicoptère ne peut pas se poser à proximité et où un moyen terrestre intervient conjointement pour réaliser le trajet restant. Trois couvertures différentes sont alors considérées, une pour chaque cas, et deux modèles ont été développés sur la base des modèles LSCP et MCLP. Même si ce travail n'est appliqué qu'aux accidents de la route et qu'il est plus théorique que pratique, il a permis de confirmer la complémentarité entre les deux types de vecteurs, notamment :

- lorsque les interventions sont très éloignées d'un centre de traumatologie et qu'un moyen aérien est plus rapide pour intervenir et évacuer les victimes ;
- et lorsqu'il ne peut pas se poser directement à côté de l'accident.

3.3.2. Modèles qui tiennent compte de l'incertitude quant à la disponibilité des moyens

La deuxième spécificité dont les modèles de couverture de base LSCP et MCLP ne tiennent pas compte est l'incertitude quant à la disponibilité des moyens. En effet, les moyens ne sont pas toujours disponibles pour intervenir. Il leur arrive d'être déjà en

[1] *Fire and Ambulance Service Technique.*

intervention ou en maintenance. Erkut et *al.* montrent au travers d'un exemple très simple les conséquences que cela a sur le choix des localisations (Erkut et al., 2009). Considérons 4 points d'offre potentiels et de demande (Figure 18, A). Pour couvrir un maximum de demande en moins de 8 min, à l'aide de 2 ressources, d'après le modèle de localisation à couverture maximale, il faut localiser les ressources aux points B et D (Figure 18, B). Dans cette configuration, 100% de la demande est couverte, soit 40, la somme des poids assignés à chaque point de demande.

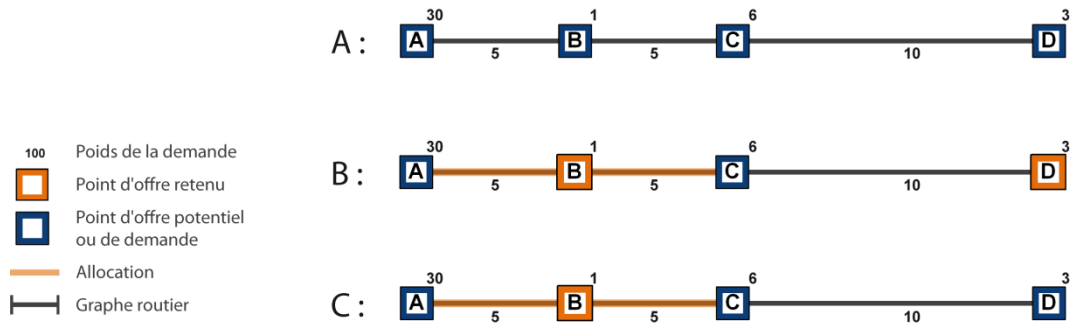


Figure 18 : Impact de la prise en compte de l'incertitude quant à la disponibilité des moyens sur leur localisation (d'après Ekut et al., 2009).

Si maintenant on considère que les ressources ne sont pas disponibles 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, mais seulement 70% du temps, La demande totale couverte n'est en réalité plus 40, mais seulement 28, soit : 25,9 qui correspond à 70% de la demande couverte par la ressource au point B (37x70/100 = 25,9) ; et 2,1 qui correspond à 70% de la demande couverte par la ressource au point D (3x70/100 = 2,1). Même si la configuration proposée par le modèle MCLP n'est pas la pire, d'autres possibilités permettent en réalité de tirer un meilleur parti de l'indisponibilité des moyens. C'est le cas de la configuration qui consisterait à faire se chevaucher la zone de couverture des ressources en les localisant aux point A et B par exemple. La demande couverte serait alors de 32,4. Mais la répartition optimale reste de localiser les deux ressources au point B (Figure 18, C). Cela autorise le modèle à localiser plusieurs ressources en un même point. Dans ce cas-là, la demande totale couverte serait de 33,7 : soit 25,9, qui correspond à 70% de la demande couverte par la première ressource ; plus 7,77 qui correspond au 70% des 30% que la première ressource ne permet de couvrir lorsqu'elle est indisponible ((37-25,9)x70/100=7,77). Plusieurs évolutions des modèles LSCP et MCLP ont été proposées pour combler ce manque.

La série de modèles qui suit a été développée sur le principe du chevauchement des zones de couvertures. Certains d'entre eux proposent aussi de localiser plusieurs ressources en un même point de demande.

3.3.2.1. Modèles déterministes

Les premiers modèles ont été développés en partant du constat qu'il arrivait que les zones de couverture proposées par les modèles LSCP et MSLP se chevauchent. En effet, même si les ressources sont localisées de manière optimale, et même si la localisation de plusieurs ressources en un point identique n'est pas autorisée par l'algorithme, il arrive que les zones de couverture se recoupent. Les points de demande ainsi couverts

s'avèrent mieux desservis puisque dans le même rayon d'action plusieurs moyens sont disponibles. Les modèles qui suivent exploitent donc cette particularité. C'est le cas du modèle développé par Daskin et Stern en 1981. Le modèle maximise simplement les points de demande couverts par plusieurs ressources. Un modèle un peu plus élaboré a été développé par Hogan et ReVelle en 1986. Ils proposent en réalité deux modèles : BACOP[1] 1 et BACOP[1] 2. L'objectif du premier est de maximiser la demande couverte seulement par un moyen de secours, le deuxième de maximiser la demande couverte par au moins deux moyens. Ils ajoutent à cela des contraintes supplémentaires pour modéliser un critère de couverture secondaire de sorte que tous les points de demande soient couverts dans un délai maximal de 15 minutes, tout en essayant de maximiser la demande couverte dans un délai plus court de 8 minutes par exemple (Goldberg, 2004, p. 28).

Comme les modèles de Hogan et ReVelle, le modèle développé par Gendreau, Laporte et Semet permet d'optimiser deux couvertures avec des valeurs d'impédance différentes R1 et R2, à ceci près qu'il intègre, en plus, une notion de proportion de la demande couverte (Gendreau et al., 1997). Le modèle a donc pour objectif d'optimiser la localisation des ressources de manière à ce que : d'une part, toute la demande soit couverte en deçà de la valeur d'impédance R2 ; et d'autre part, de manière à ce qu'une portion donnée seulement de la demande soit située en deçà de la limite de la zone de couverture R1. Cette possibilité offerte convient particulièrement bien à certains services de secours pour qui les prescriptions en matière de délais s'écrivent de cette façon. C'est le cas dans la Loi de 1973 relative à l'*Emergency Medical Service* aux Etats-Unis, où 95% de la demande totale doit être couverte en moins de 10 min. C'est le cas également pour le *National Health Service* au Royaume-Uni, où « 90% des ambulances intervenant dans le cadre des missions liées aux urgences médicales doivent se présenter sur les lieux dans des délais opérationnels inférieurs à 19 minutes, et 50% des précédents délais doivent être inférieurs à 7 minutes » (Schmauch, 2007, p. 113).

3.3.2.2. Modèles probabilistes

Les modèles présentés ci-dessus, s'ils permettent d'apporter une réponse au problème de l'indisponibilité en maximisant le principe du chevauchement des zones de couvertures, n'offrent pas la possibilité de prendre en compte l'indisponibilité des moyens à proprement parler, car estimer la probabilité à un moment donné qu'un moyen soit disponible ou indisponible comme dans l'exemple d'Erkut et *al.* (Figure 18, C) n'est pas chose facile.

Une des premières solutions proposées pour prendre en compte réellement l'indisponibilité des ressources est le modèle MEXCLP[2] de Daskin, proposé en 1983. Comme son nom l'indique, ce modèle est une évolution du modèle MCLP. Son principe est de maximiser la demande totale couverte en sachant que chaque ressource a une probabilité donnée d'être indisponible. Cette probabilité est calculée en faisant le rapport entre le temps total théorique durant lequel les ressources sont censées être disponibles et le temps effectif durant lequel elles le sont vraiment. La différence correspond au temps où elles sont indisponibles, parce qu'en intervention ou en maintenance. Une

[1] *BAckup COverage Problem.*
[2] *Maximal EXpected Covering Location Problem*.

application de ce modèle à un cas spécifique de SAP a été réalisée par Fujiwara, Makjamroen et Gupta, en 1987. Leur travail a permis de montrer qu'il était possible de couvrir dans les mêmes délais moyens, la ville de Bangkok, avec 15 ambulances au lieu de 21, juste en optimisant leur localisation.

Les deux principaux défauts de ce modèle concernent la manière dont est prise en compte l'indisponibilité. D'une part, la probabilité d'être indisponible est considérée comme étant la même pour tous les moyens. Dans les faits tous les moyens ne sont pas disponibles ou indisponibles dans les mêmes proportions. Cela dépend en grande partie du niveau de la demande qu'ils ont à couvrir. D'autre part, le calcul de la probabilité repose sur le fait que les moyens fonctionnent de manière indépendante, c'est-à-dire, en clair, que l'état dans lequel ils se trouvent est indépendant de l'état des moyens voisins. Cette hypothèse ne reflète pas très bien les faits non plus, car si un moyen est indisponible, la probabilité que les moyens voisins le deviennent est plus importante, puisqu'ils ont par conséquent un secteur d'intervention à couvrir plus important.

ReVelle et Hogan ont développé deux autres modèles pour prendre en compte l'indisponibilité des moyens (ReVelle, Hogan, 1989). Si le premier, MALP[1] I, s'apparente beaucoup au modèle MEXCLP de Daskin présenté précédemment, le deuxième, MALP II, permet d'atténuer un peu l'hypothèse selon laquelle la disponibilité des moyens est la même partout. Il existe en effet toujours, dans ce modèle, une probabilité unique d'indisponibilité pour tous les moyens. Elle ne constitue cependant qu'une limite inférieure à ne pas dépasser. D'autres valeurs peuvent être précisées de manière différenciée à chacune des ressources.

Toute la difficulté est d'estimer la fraction de temps qu'un moyen va passer dans un état ou dans l'autre. Car, comme nous l'avons déjà mentionné, cela dépend de la demande que chacun doit couvrir et donc de la localisation de l'ensemble des moyens. Or la localisation de l'ensemble des moyens n'est, par définition, pas connue *a priori* et ne peut donc pas faire l'objet d'une donnée d'entrée du modèle (Brotcorne et al., 2003, p. 457). Plusieurs modèles permettent toutefois d'estimer la charge de travail de chaque ressource de manière indépendante.

C'est le cas notamment du modèle Hypercube de Larson développé en 1974. Ce modèle est le premier à faire réellement appel à une loi de probabilité pour prédire l'activité des secours et donc l'état dans lequel vont se trouver les moyens. La loi qui a été retenue est la loi de Poisson, car c'est elle qui décrit le mieux la fréquence à laquelle se produisent les interventions de SAP dans le temps. La probabilité pour chaque ressource d'être indisponible peut ainsi être connue de manière indépendante et très précise. Pour remédier au fait que la localisation des moyens n'est pas connue *a priori*, la loi de Poisson est appliquée à un spectre de combinaisons de localisation possibles assez large. Même s'il y a peu de chance que la combinaison optimale corresponde exactement à l'une d'elles, les valeurs de probabilités utilisées pour résoudre le problème d'optimisation de la localisation des ressources, n'en sont que plus proches de la réalité. Le modèle de Larson a notamment été couplé au modèle de Daskin (1983) par Batta, Dolan et Krishnamurthy en 1989, ce qui a donné le modèle AMEXCLP[2]. Les probabilités

[1] *Maximum Availability Location Problem.*
[2] *Adjusted Maximal EXpected Covering Location Problem*.

d'indisponibilité des moyens, calculées à l'aide du modèle Hypercube, permettent de pondérer la valeur de probabilité unique renseignée dans le modèle MEXCLP.

Enfin, une dernière série de modèles, relative à l'indisponibilité des moyens, a été développée afin de prendre en compte la simultanéité des interventions. Plusieurs interventions peuvent avoir lieu simultanément à un même endroit. La première sera réalisée par le moyen du secteur directement concerné. La deuxième, par le moyen du secteur voisin et ainsi de suite. Si la simultanéité des interventions n'est pas anticipée, cela n'est pas sans poser problème, car plus les moyens proviennent de secteurs éloignés, plus les délais d'intervention sont longs. Berman et Larson en 1982 et Marionov et ReVelle en 1994 proposent deux modèles qui, d'une part, autorisent la localisation de plusieurs moyens en un même point, et d'autre part, appliquent la théorie des files d'attente afin d'estimer la simultanéité des interventions ; de sorte qu'il n'est plus nécessaire de supposer que les moyens fonctionnent de manière indépendante (Goldberg, 2004).

3.3.3. Modèles qui tiennent compte de l'incertitude quant à la durée des délais d'intervention des moyens

Dans les modèles LCSP et MCLP, comme pour l'incertitude quant à la disponibilité des moyens, les délais d'intervention sont déterminés à l'avance par le modélisateur et sont censés durer toujours le même laps de temps. Dans la réalité, de nombreux paramètres font que le temps mis par les secours pour se rendre sur les lieux d'une intervention, varie. Au premier rang, figure la congestion du trafic (Yang et al., 2007). Comme tous les véhicules, les moyens de secours sont ralentis lorsqu'il y a de la circulation et ce, malgré les avertisseurs sonores et lumineux dont ils disposent pour se frayer un chemin. La probabilité que la demande soit couverte n'est donc pas simplement égale à 0 ou 1. Plusieurs auteurs se sont penchés sur la question de la variation des délais d'intervention dans le temps. C'est le cas de Repede et Bernardo qui ont développé le modèle TIMEXCLP (Repede, Bernardo, 1994), une évolution du modèle MEXCLP présenté précédemment. Les variations de la vitesse de déplacement des moyens, tout au long de la journée y sont explicitement prises en compte (Brotcorne et al., 2003).

Erkut s'est également intéressé à cette problématique et propose une évolution du modèle MCLP, intitulé MCLP+PR[1], afin de tenir compte de la probabilité de couverture des moyens (Erkut et al., 2009). L'incertitude des délais d'intervention y est estimée par l'intermédiaire d'une loi log-normale. Les probabilités ainsi obtenues permettent d'améliorer les localisations, c'est en tout cas ce que prouvent les expérimentations qu'Erkut a réalisées. L'auteur a comparé, toute chose étant égale par ailleurs, les résultats obtenus en sortie du modèle MCLP avec ceux du modèle MCLP+PR pour la localisation de 1 à 25 ambulances, parmi 16 points de d'offre potentiels, de manière à desservir 180 points de demande. Les résultats montrent que la part de la demande couverte est en moyenne supérieure de 12,5 points en tenant compte de la probabilité de réponse.

Le taux de couverture est encore meilleur pour les modèles cumulant la probabilité de réponse avec la probabilité d'indisponibilité des moyens évoquée précédemment.

[1] *Maximal Covering Location Problem + Probalistic Response.*

Certains modèles le permettent. C'est le cas du modèle TIMEXCLP de Repede et Bernardo, puisque construit sur la base du modèle MEXCLP qui prend en compte l'indisponibilité des moyens, mais uniquement de manière indifférenciée. Pour tester également le rôle de l'indisponibilité différenciée des moyens, Erkut a créé son propre modèle sur la base du modèle MEXCLP. Il y a rajouté pour cela un deuxième module (le premier étant le modèle PR pour prendre en compte la probabilité des temps de réponse) qu'il a appelé SSBP, pour *Station-Specific Busy Probabilities*. Les résultats du modèle MEXCLP+PR+SSBP ainsi obtenus ont, entre autres, été comparés à ceux des modèles MCLP et MCLP+PR. Les conclusions qu'il en tire sont les suivantes :

- Les résultats obtenus à partir du modèle MEXCLP+PR+SSBP, c'est-à-dire le modèle qui tient compte des deux incertitudes, et de manière différenciée pour l'incertitude quant à la disponibilité des moyens, surpassent tous les autres.
- « L'incorporation de la disponibilité des ambulances améliore la qualité de la solution plus que l'incorporation de l'incertitude du temps de réponse, si l'on ne devait inclure qu'une seule source d'incertitude. »

Ces conclusions ont le mérite d'être claires. Plus les modèles intègrent de paramètres, plus ils se rapprochent de la réalité du fonctionnement des services de secours, et plus les résultats qu'ils permettent d'obtenir sont bons. Malheureusement, comme nous le verrons plus tard, le mieux est parfois l'ennemi du bien.

3.3.4. Modèles dynamiques

Le modèle idéal en matière d'optimisation de la localisation des moyens de secours, en tout cas pour certains services de secours, reste le modèle qui permettrait d'optimiser en temps réel la localisation des moyens, c'est-à-dire celui qui permettrait de localiser les moyens de manières dynamique et optimale afin de ne jamais avoir de zones découvertes. Cela demande une organisation particulière, et notamment beaucoup de flexibilité dans la localisation des moyens. Certains services fonctionnent déjà comme cela, notamment dans les agglomérations importantes. C'est le cas du NHS au Royaume-Uni, de l'EMS aux Etats-Unis, ou bien encore de certaines associations de secours italiennes. Le principal frein à ces modèles est la lenteur de résolution des algorithmes de localisation-allocation généralement utilisés. L'activité importante des secours, notamment à certaines heures, nécessite que la localisation des moyens soit repensée régulièrement, voire très régulièrement. Les modèles doivent donc pouvoir fournir des résultats aux professionnels en quelques minutes maximum, faute de quoi ils ne leur seront pas d'un grand secours. Le temps de résolution des modèles en situation dynamique est d'autant plus problématique que les paramètres à prendre en compte sont encore plus nombreux et compliqués qu'en situation statique. Il faut d'abord connaître en permanence la position exacte de l'ensemble des moyens, de manière à mettre à jour la table des matrices les séparant des points de demande. Il faut ensuite connaître les délais nécessaires à l'ensemble des moyens pour se rendre sur le site choisi par le modèle pour combler le manque dans la couverture, afin de sélectionner le plus proche. Enfin, il faut éviter que ce soit toujours le même moyen qui serve de variable d'ajustement, faute de quoi il passera plus de temps sur la route à faire des allers-retours entre les différents sites qu'en poste à attendre les interventions.

À défaut de modèle suffisamment rapide, une des solutions réside dans le fait de planifier par anticipation, à l'aide de modèles statiques classiques, un maximum de configurations possibles, de sorte que le moment venu, il ne reste qu'à les consulter et à les mettre en œuvre. Malheureusement, comme le note Goldberg (Goldberg, 2004) : « on ne peut pas prévoir toutes les situations possibles et il faut encore savoir comment intégrer et mettre en œuvre les solutions des différentes itérations du modèle ».

Heureusement, il existe déjà quelques modèles dynamiques, comme le modèle DDSM*t*, pour *Dynamic Double Standard Model at time t*, développé par Gendreau, Laporte et Semet en 2001. En plus de l'objectif principal de maximiser la double couverture de la demande, ce modèle tient compte de trois contraintes supplémentaires (Brotcorne et al., 2003) :

- « Le véhicule déplacé dans les redéploiements successifs ne peut pas toujours être le même ;
- « les allers-retours répétés entre les deux mêmes sites de localisation doivent être évités ;
- « les longs trajets entre les localisations initiales et finales doivent être évités. »

Le problème est résolu à chaque fois qu'une intervention se présente, puisqu'un des moyens n'est plus disponible pour couvrir la demande qui lui était allouée, ce qui peut arriver très souvent en période de pic d'activité. Pour gagner du temps dans la résolution de l'algorithme, les auteurs ont développé une heuristique de recherche avec tabous[1] particulièrement rapide, fonctionnant sur deux processeurs en parallèle. L'évolution de la capacité de mémoire des ordinateurs et les progrès réalisables en matière d'heuristiques et méta-heuristiques laissent entrevoir de belles perspectives sur la question de la localisation-allocation dynamique des moyens.

Les modèles de localisation-allocation dynamiques ne sont pas à confondre avec les modèles dits de *dispatching*. Il s'agit dans les deux cas de modèles dynamiques, à la différence près que les modèles de *dispatching* n'ont pas pour objectif de localiser des moyens, mais uniquement d'allouer les interventions, lorsqu'elles se présentent aux différents moyens disponibles. La règle est généralement de désigner le moyen le plus proche. Il peut s'agir d'un véhicule stationné en caserne dont le personnel est de garde ou d'astreinte prêt à intervenir comme cela se fait d'habitude. Mais cela peut être aussi, et c'est là la force de ces modèles, un véhicule de retour d'intervention, en transit vers sa caserne d'affectation, dont la position s'avère être la plus proche des lieux de l'intervention, et ce, même si ce n'est pas son secteur. Ces modèles nécessitent également de connaître en temps réel la localisation de l'ensemble des véhicules par l'intermédiaire de systèmes GPS[2] embarqués. Plus simples à mettre en œuvre, ces derniers sont plus répandus et utilisés que les modèles de localisation-allocation dynamiques.

[1] le mécanisme de ce type d'heuristique consiste à interdire à l'algorithme de revenir sur les dernières positions explorées de façon à éviter de retomber sur le même minimum local, d'où le nom de *tabou*.
[2] *Global Positioning System.*

3.4. Etat de l'art des méthodes d'optimisation de la localisation de moyens de secours à personne

Outre ceux présentés précédemment, il existe beaucoup d'autres travaux sur la question spécifique de l'optimisation de la localisation de moyens de secours à travers le monde. L'objectif de cette partie n'est pas d'en dresser une liste exhaustive – ce qui serait de toute façon impossible à réaliser – mais de présenter dans les grandes lignes, les méthodes qui y sont développées. Ces travaux sont généralement le fruit de la rencontre entre un problème spécifique d'usage pratique que connaît un service de secours, et le besoin permanent des scientifiques d'innover.

La méthode utilisée par les scientifiques pour optimiser la localisation des moyens de secours est pratiquement toujours la même. Elle consiste dans un premier temps à développer leur propre modèle sur la base de modèles déjà existants de manière à prendre en compte un ou plusieurs paramètres supplémentaires, soit parce qu'ils n'ont encore jamais été modélisés, soit pour s'adapter aux spécificités du service de secours partenaire de l'étude. Dans un deuxième temps, les modèles ainsi obtenus sont testés et validés à l'aide d'un jeu de données réelles. L'objectif principal de ces travaux réside avant tout dans le développement de nouveaux algorithmes ou heuristiques toujours plus performants et adaptés. C'est d'ailleurs en grande partie ce qui constitue le caractère innovant de ces recherches. L'intérêt pour la question de l'optimisation des moyens de secours en tant que tel est donc plus ou moins grand suivant les travaux. Dans certains cas, le volet application de la recherche n'est là que pour servir le volet recherche fondamentale, dans d'autres cas, les attentes des professionnels sont mieux prises en compte, mais c'est plus rare. Citons par exemple, les travaux accomplis conjointement par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs et une entreprise privée dans le cadre d'un appel public lancé par le ministère de l'Intérieur de Belgique au sujet de l'organisation des moyens de secours (Chevalier et al., 2012). Même s'il n'y est pas uniquement question de la localisation de moyens de SAP, il s'agit à notre connaissance d'une des plus récentes recherches appliquées dans le domaine à vocation réellement opérationnelle, réalisée à un aussi grand échelon géographique. L'objectif de ce travail était en effet de fournir aux décideurs un outil d'aide à la décision très complet leur permettant de réfléchir à l'organisation des moyens de secours au sens large : localisation des casernes, définition des secteurs d'intervention, dotation en personnel et matériel, etc. et ce, sur l'ensemble du territoire national. La méthode mise en œuvre repose en grande partie sur un modèle de localisation-allocation, appelé LAM pour *Location Allocation Model* (Figure 19). Spécifiquement développé pour le projet, ce modèle traite en deux temps distincts, la question de la localisation à proprement parler des casernes et de leur dotation en personnel et matériel.

Pour le problème de la localisation, le modèle est construit sur le principe d'un modèle de couverture, et plus précisément d'un modèle de localisation à recouvrement d'ensemble (p. 78). En effet, l'objectif principal n'était pas de connaître la localisation d'un nombre donné de casernes, mais justement, de connaître le nombre et la localisation de casernes nécessaires pour couvrir de manière optimale le maximum de la demande en interventions dans le pays. Outre les paramètres propres à tout modèle de localisation-allocation, le modèle LAM permet de prendre en compte simultanément

deux catégories d'intervention, avec pour chacune, une valeur d'impédance et une part de la demande couverte différentes :

- Les interventions courantes, d'une part. Comme leur nom l'indique, elles sont les plus fréquentes, mais heureusement les moins graves, au sens où elles font moins de victimes. Les paramètres du modèle LAM permettent de prendre en compte un risque courant ou les cinq : feux d'habitation, autres feux, urgences médicales, urgences non-médicales et tâches non urgentes. Différents modèles ont été nécessaires afin d'estimer le niveau de la demande courante, notamment en vue d'une démarche prospective à moyen terme.
- Les interventions majeures, d'autre part. À l'inverse, ces interventions sont moins fréquentes mais plus graves. Les auteurs prennent comme exemple la catastrophe de Tchernobyl, mais nous pourrions en citer d'autres. Contrairement aux risques courants, il n'est pas possible de modéliser de manière fiable les risques majeurs tout simplement parce qu'il n'y a pas suffisamment de recul sur les données pour cela. Le niveau de la demande majeure a donc été estimé indirectement par les lieux susceptibles de voir se produire un jour une catastrophe, soit parce qu'ils recueillent intrinsèquement les conditions pour cela, comme les sites industriels classés Seveso, soit parce qu'ils recueillent un nombre potentiellement important de victimes. C'est le cas des centres commerciaux, des écoles, des complexes sportifs, des grands immeubles de bureau, etc. Le modèle développé permet de distinguer 9 types de risques majeurs différents.

Le modèle LAM ne prend en revanche pas en compte l'incertitude quant à la disponibilité des moyens, ni celle relative à la durée des délais d'intervention. Les conditions de circulation ont cependant été prises en considération lors du calcul des vitesses moyennes affectées à chaque tronçon du graphe routier.

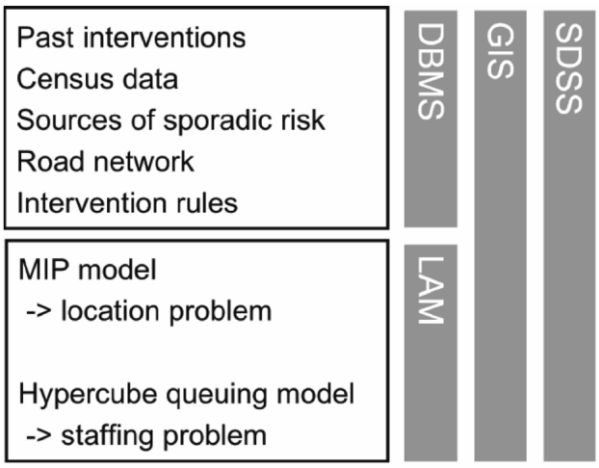


Figure 19 : Architecture du projet mis en œuvre pour répondre à l'appel public du ministère de l'Intérieur de Belgique (source : Chevalier et al., 2012).

Pour ce qui est de la dotation en personnel et matériel des casernes qui, on le rappelle, est résolue dans un deuxième temps seulement, le groupe de chercheurs a retenu un modèle qui permet à la fois d'estimer l'activité opérationnelle de chaque caserne à différents pas de temps ainsi que la simultanéité des interventions. Il s'agit du modèle *hypercube queuing* développé par Larson et Odomi en 1981 (Figure 19).

Les données nécessaires au fonctionnement du modèle LAM sont contenues dans un système de gestion de base de données, *Data Base Management Systems* (DBMS) en anglais (Figure 19). Le tout est couplé à un SIG et forme l'outil d'aide à la décision ou *Spatial Decision Support System* (SDSS). L'article de Chevalier et *al.* qui relate ce projet mentionne à plusieurs reprises la volonté opérationnelle de l'outil et le fait qu'une attention particulière a été apportée par les développeurs à la convivialité de l'interface utilisateur, ce qui semble suffisamment rare dans ce type de travaux pour être souligné (Chevalier et al., 2012).

3.5. Autres recherches sur les modèles de localisation-allocation

En plus de travaux portant sur la question de la localisation des moyens de SAP, de nombreuses recherches existent dans la littérature sur la localisation d'autres services plus ou moins comparables. L'objectif n'est pas d'en dresser une liste complète, mais de soulever, au travers de quelques exemples, les difficultés supplémentaires que posent certains d'entre eux. Il faut distinguer, parmi l'ensemble des services étudiés, ceux pour lesquels c'est à l'offre de se déplacer vers la demande, comme c'est le cas par exemple des services de lutte contre l'incendie (Toregas et al., 1971 ; Kolesar, Walker, 1974 ; Schilling et al., 1980 ; Schreuder, 1981 ; Sanli, Al-Tamimi, 1990 ; Yang et al., 2007) ; de ceux pour lesquels c'est à la demande de se déplacer vers l'offre : maternités (Raze, 2002), écoles (Dekeersmaecker, Thomas, 1982), etc.

Enfin il faut différencier les services cumulant les deux possibilités, comme les bureaux de poste (Partoune, Peeters, 1980 ; Thomas, 1984 ; Thomas, 1986 ; Peeters, 2002) ou les services de police et de gendarmerie (Hakimi, 1965 ; Chaiken, Larson, 1972 ; Swersey, 1994 ; De Jong et al., 2001), ce qui rend la résolution du problème d'optimisation de la localisation des moyens plus compliquée. C'est d'autant plus vrai dans le cas des services de police et de gendarmerie, car en plus de cumuler les deux possibilités de relation entre l'offre et la demande, les moyens de ces services ne sont pas simplement stationnés à un endroit précis en attendant les appels d'urgence mais sont amenés à se déplacer régulièrement sur leur secteur d'intervention pour de toutes autres missions (Thomas, 2003 ; Goldberg, 2004). Cela pose également la question de l'itinéraire optimal que doivent emprunter les véhicules de service pour optimiser leur patrouille.

Les bases de données bibliographiques sont également riches de références portant sur l'application des modèles de localisation-allocation à des situations particulières comme la localisation de moyens dans des territoires desservis par un réseau routier arborescent (Dearing et al., 1976 ; Francis et al., 1978 ; Chandrasekaran, Daughety, 1981 ; Tamir, 1996 ; Tamir, 2000). Certains auteurs se sont intéressés, à ce sujet, aux conséquences de la forme du réseau sur les localisations (Peeters, Thomas, 1995 ; Thomas, 2000 ; Thomas, 2001). On peut à juste titre concevoir que la forme du réseau (arborescente, maillée, radiale, etc.) influence l'organisation spatiale optimale des ressources. D'autres chercheurs se sont intéressés au cas particulier des territoires ruraux (Volz, 1971 ; Daberkow, 1977 ; Richard et al., 1990 ; Halseth, Rosenberg, 1991 ; Richard et al., 1991 ; Shariat-Mohaymany et al., 2012). Ces territoires présentent une accessibilité moins importante, des délais de route plus longs, une densité de population plus faible, etc. Ces caractéristiques imposent des choix de modèles et des modalités de mise en

œuvre différentes. Des travaux portent enfin sur les conséquences de l'estimation de la demande sur les localisation (Thomas, 1993b).

3.6. Outils utilisés pour résoudre les problèmes de localisation-allocation

Comme nous l'avons vu précédemment, l'enjeu de la plupart des travaux en matière de localisation-allocation réside dans le développement de nouveaux modèles. Les auteurs de ces travaux sont donc amenés à développer leur propre algorithme ou modifier un algorithme déjà existant. Les outils incontournables pour cela sont les logiciels d'aide à la programmation informatique. Il s'agit dans notre cas de logiciels spécialisés dans le développement de problèmes d'optimisation : linéaires, non linéaires, linéaires mixtes, quadratiques, etc. Ils proposent généralement pour cela une bibliothèque de fonctions pouvant s'interfacer avec différents langages de programmation et une bibliothèque d'algorithmes et d'heuristiques de base plus ou moins riches selon les logiciels.

Le nom de celui qui revient le plus souvent dans les références bibliographiques citées précédemment est CPLEX[1] (Gendreau et al., 1997 ; Branans, MacKenzie, et al., 2000 ; Gendreau et al., 2001 ; Snyder, 2006 ; Gendreau et al., 2006 ; Erkut et al., 2007 ; Erkut et al., 2009 ; Tokar Erdemir et al., 2010 ; Furuta, Tanaka, 2010 ; Farahani et al., 2012). CPLEX est un logiciel commercial créé par Robert E. Bixby en 1987, racheté par la société ILOG[2] en 1997, elle-même rachetée par la société IBM[3] en 2009[4]. Il s'appelle donc en réalité depuis, IBM ILOG CPLEX. Il permet de prendre en compte les problèmes linéaires, linéaires mixtes et quadratiques. Son utilisation est répandue dans des domaines aussi variés que l'ingénierie, la finance, la sylviculture, les mathématiques ou encore l'économie.

Si CPLEX semble le plus utilisé, il existe cependant au moins deux logiciels spécifiquement dédiés aux problèmes d'optimisation des localisations. Il s'agit de LOLA[5] et LOCALIZA[6].

Le premier est développé par un groupe de chercheurs allemands en mathématiques et recherche opérationnelle autour du professeur Hamacher de l'Université technique de Kaiserslautern.

Le deuxième est proposé par un groupe de chercheurs espagnols en géographie de l'université d'Alcalá autour du professeur Joaquín Bosque Sendra (Bosque et al., 2006).

Leur particularité est double. D'une part, ces outils ne proposent que des algorithmes propres à la recherche de localisations optimales, et d'autre part, ils sont couplés à des SIG. Les SIG restent encore les meilleurs outils pour gérer, analyser et visualiser les données géographiques. Ainsi LOLA est couplé avec la version *Basic* d'ArcGIS for Desktop et LOCALIZA avec le logiciel IDRISI. Si les logiciels en eux-mêmes sont téléchargeables

[1] Il ne s'agit pas d'un sigle mais plus d'un acronyme faisant référence au langage C et à l'algorithme du simplexe.
[2] De la même manière il s'agit d'un acronyme venant de l'abréviation des termes intelligence et logicielle.
[3] *International Business Machines*.
[4] www.ibm.com
[5] *Library Of Location Algorithms* ; http://www.mathematik.uni-kl.de/~lola/lola.html
[6] http://www.geogra.uah.es/~joaquin/localiza/index.html

gratuitement en ligne, ce n'est pas le cas des SIG sur lesquels ils s'appuient. ArcGIS for Desktop est une suite de logiciels développés et commercialisés par la société ESRI. IDRISI quant à lui est un logiciel SIG en mode raster développé et commercialisé par le département de géographie de l'université de Clark.

Parmi les autres outils disponibles pour travailler sur les questions d'optimisation des localisations, les chercheurs ont également à leur disposition le logiciel de Daskin SITATION qu'a choisi Baray pour résoudre le problème p-centre dans sa thèse sur la localisation commerciale multiple (Baray, 2002). Ce logiciel permet en effet de résoudre cinq familles de problèmes de localisation-allocation. Il est libre de droit et téléchargeable en ligne et propose sa propre interface de traitement et de visualisation des données géographiques. Il est cependant limité à 300 points maximum de demande et/ou d'offre potentiel ce qui est assez contraignant, notamment en termes de niveau d'agrégation des données. C'est pour cette raison qu'il est essentiellement utilisé dans le cadre de l'enseignement. Il est d'ailleurs pour cela accompagné d'un livre écrit pour en expliquer le fonctionnement, et plus largement le principe des modèles de localisation-allocation (Daskin, 1995).

3.7. Optimisation des localisations : intérêts des modèles de localisation-allocation

Les modèles de localisation-allocation ne sont pas les seuls modèles disponibles pour réfléchir à la localisation de moyens. Il en existe en réalité une multitude d'autres. L'objectif n'est pas non plus d'en faire l'inventaire complet, seulement de citer les principales familles existantes, accompagnées de quelques exemples. Parmi les modèles disponibles, on trouve d'abord les modèles de régression multiple comme le modèle d'évaluation des emplacements commerciaux. Viennent ensuite les modèles gravitaires comme le modèle de Huff, le modèle interactif de concurrence ou le modèle Multiloc ; enfin, la famille des modèles de localisation-allocation. Pour plus de renseignements sur ces modèles nous renvoyons le lecteur aux travaux de Baray (Baray, 2002 ; Baray, 2010).

Les différences entre les modèles de localisation-allocation et les autres types de modèles ne sont finalement pas si nombreuses mais font tout leur intérêt :

- La première, et la plus importante, est le fait que la recherche de localisation se fasse de manière intégrée. Cela signifie que dans leur démarche, les modèles de localisation-allocation prennent en compte l'impact réciproque (Baray 2002, p. 266) que peut avoir la localisation d'une ressource par rapport aux choix de localisation de toutes les autres, et inversement. De cette manière, le risque que certaines zones soient mal, voire pas couvertes du tout, ou qu'à l'inverse, il y ait redondance, est minimisé.
- La deuxième différence est que la recherche de localisation se fait de manière optimale. Cela tient en grande partie au fait que ces modèles reposent sur des algorithmes mathématiques dit d'optimisation, dont c'est justement l'objectif, et cela va de pair avec le fait que la logique se veut intégrée. Concrètement, une localisation optimale consiste généralement à minimiser le nombre de ressources

à localiser de manière à couvrir un maximum de demande, ou bien à maximiser la demande couverte par les ressources disponibles pour cela.

- La dernière différence réside dans le fait qu'il y a la possibilité de gérer conjointement l'allocation de la demande aux différentes ressources. Même si cette question n'est traitée que dans un deuxième temps par les algorithmes, pour l'opérateur c'est transparent, le résultat obtenu correspond aux deux : la localisation des moyens et l'allocation de ces derniers à la demande. Cela règle le problème du secteur d'intervention de chaque moyen par la même occasion.

Les modèles de localisation-allocation permettent ainsi de traiter la question de la localisation de moyens pour de grands échelons géographiques, de manières intégrée et optimale, ce qui est particulièrement adapté aux services de secours qui ont un nombre important de moyens à localiser (l'élaboration des documents de planification ou leur révision est généralement l'occasion pour eux de se poser la question de la pertinence de la localisation de l'ensemble des moyens), dans un budget contraint, surtout en temps de crise. Ces particularités sont le propre des modèles de localisation-allocation. Seuls ces modèles permettent d'obtenir ces résultats.

3.8. Limites et discussions autour des méthodes utilisées par les scientifiques

En ce qui concerne la problématique de la couverture du SAP soulevée dans le premier chapitre, et plus précisément celle des délais de projection des moyens, notamment dans les espaces périurbains et ruraux (Chapitre 1, section 1.2.2, p. 35), l'ensemble des travaux mentionnés dans cet état de l'art confirment l'hypothèse selon laquelle l'une des solutions pour améliorer ces délais réside dans l'optimisation de la localisation des moyens. Ce sont les modèles de localisation-allocation qui sont le plus utilisés pour cela. Même s'ils sont particulièrement adaptés, ces modèles connaissent aussi des limites. Si ces dernières ne remettent pas en cause l'intérêt de ces modèles pour répondre à la problématique, ce sont autant de pistes de recherches nouvelles pour les améliorer.

Pour une partie, ces limites relèvent de la modélisation et du développement des algorithmes associés. Nous avons déjà eu l'occasion d'en évoquer certaines, comme les limites liées aux paramètres que ces modèles permettent de prendre en compte ou non (prise en compte des effectifs, des horaires de travail du personnel, etc.), au temps nécessaire à l'exécution des algorithmes, aux heuristiques et méta-heuristiques proposées pour les résoudre, à la problématique des modèles dynamiques, etc. De nombreux travaux réalisés dans les domaines des mathématiques, de l'informatique ou de la recherche opérationnelle abordent déjà ces points. De plus ces questions ne relèvent pas du champ de la géographie, c'est pourquoi nous ne les développerons pas plus.

Pour une autre partie, ces limites relèvent bien du champ de la géographie. La problématique de l'optimisation des localisations est en effet éminemment géographique, par le fait qu'il y est question de localisation, évidemment, mais plus généralement d'organisation de l'espace et d'aménagement du territoire. L'espace est d'ailleurs omniprésent dans les modèles de localisation-allocation au travers des distances séparant les différents points de demande et d'offre potentiels par exemple,

mais pas seulement. Il est aussi question d'espace dans le choix de l'agrégation et de l'échelon des données ou dans la limite du secteur d'étude. L'espace et la façon dont il est pris en compte dans ces modèles peut donc avoir des conséquences sur les résultats. Or dans ce domaine subsistent quelques lacunes dans les connaissances, car aussi étonnant que cela puisse paraître, proportionnellement à l'ensemble des travaux existant sur les modèles de localisation-allocation, très peu ont été réalisés par des géographes. Outre les connaissances évoquées précédemment sur l'influence de la forme du réseau sur la localisation des centres par un modèle de localisation ou les conséquences de l'estimation de la demande, de nombreuses questions restent donc en suspens.

Très peu de chercheurs se sont par exemple intéressés aux biais engendrés par les effets des frontières opérationnelles et administratives sur les résultats obtenus en sortie d'un modèle de localisation-allocation. L'organisation des secours est en effet construite sur un découpage du territoire en secteurs et sous-secteurs, au sein desquels différents services de secours cohabitent. La question des frontières se pose à différent niveau de la modélisation. Elle intervient par exemple dès la saisie des données concernant la demande – le protocole de saisie peut varier d'une personne à l'autre ou d'un service à l'autre – ou au moment de leur agrégation. Elle se pose aussi au sujet des données concernant l'offre. Quid de l'optimisation des moyens de part et d'autre d'une même frontière ? Doit-on considérer les frontières comme totalement étanches et à ce compte-là construire deux modèles différents, un de chaque côté ? Ou à l'inverse, s'affranchir complètement des limites administratives et opérationnelles et n'en construire qu'un. Quelles sont les conséquences de l'une ou l'autre des deux solutions sur les localisations ? La question des effets de frontière se pose de la même manière au moment de la délimitation de l'aire d'étude. Hormis le cas où l'aire d'étude correspond à une île, la question des échanges possibles avec les secteurs limitrophes et leurs conséquences sur les localisations se pose.

De même, de nombreux autres biais comme celui relatif aux choix des échelles spatiales et temporelles auxquelles sont agrégées les données n'ont toujours pas été abordés. La densité géographique et temporelle des interventions de SAP n'est pas la même dans les territoires urbains, périurbains et ruraux. Si l'agrégation des données à l'échelon de la commune et de l'année est suffisante dans les campagnes et les territoires de montagne, ce n'est certainement pas le cas en ville. Alors quels échelons utiliser ? Quelles seraient les conséquences de l'utilisation du même échelon partout ? Et à l'inverse, quelles seraient les conséquences de l'utilisation de différents échelons, en fonction des territoires ? Dans cette éventualité se pose la question de la délimitation des sous-secteurs ? Où placer la limite entre espaces ruraux et espaces urbains ?

Enfin, très peu de travaux font état d'éventuelles analyses statistiques, cartographiques ou spatiales des données en entrée des modèles de localisation-allocation. Cette étape est pourtant indispensable pour estimer le degré de couverture en matière de SAP, et localiser, s'il y en a, les secteurs où une marge de progression est possible – ce que ne permettent pas de faire, à eux seuls, les résultats produits par les modèles, ou alors de manière très indirecte. L'analyse de ces données pourrait prendre la forme d'un diagnostic comme cela se fait déjà beaucoup dans d'autres domaines en géographie. Les données à analyser sont nombreuses, au premier rang desquelles celles

concernant la demande et l'offre en secours, sans oublier les données relatives au réseau et plus largement à l'accessibilité. Alors qu'il existe de nombreux travaux sur les questions d'accessibilité (Kansky, 1963 ; Vickerman, 1974 ; Huriot, Perreur, 1994 ; Chapelon, 1997 ; Lévy, 2003 ; Bavoux et al., 2005), notamment en géographie des transports, très peu portent sur l'accessibilité des secours.

Au-delà des questions que soulèvent les modèles de localisation-allocation en géographie spécifiquement, ce qui saute le plus aux yeux est très certainement la disparité qui existe entre les méthodes utilisées par les scientifiques, présentées dans ce chapitre, et celles utilisées par les professionnels, détaillées dans le chapitre précédent. Le problème en matière d'optimisation des localisations ne semble donc pas être l'absence de méthodes intégrées, mais le fait qu'elles ne soient pas utilisées par les professionnels. C'est le constat que l'on peut tirer à ce stade. Ce dernier pose question et met à l'évidence en lumière d'autres limites et manques beaucoup plus importants, selon nous, autour desquels nous allons construire notre recherche.

Conclusion du chapitre 3

Dans le monde scientifique, les premiers travaux portant sur les questions d'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne ont été réalisés par des chercheurs américains en mathématiques, informatique et recherche opérationnelle, à partir de la fin des années 1960 et au début des années 1970. D'autres chercheurs s'y sont intéressés, d'abord au Canada puis bien plus tard, outre-atlantique.

Les méthodes développées reposent sur des modèles de localisation-allocation. Il s'agit d'algorithmes mathématiques permettant de réfléchir simultanément à la localisation des moyens et à leur allocation à la demande qu'ils doivent desservir ; tout ceci de manière intégrée, c'est-à-dire, en tenant compte des conséquences en chaîne que les choix de localisation peuvent avoir entre eux. Les trois principaux modèles utilisés dans le domaine des secours, et à partir desquels tous les autres sont dérivés sont :

- le modèle p-médian ;
- le modèle p-centre ;
- les modèles de couverture parmi lesquels on distingue :
  - le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble
  - le modèle de localisation à couverture maximale

Ces modèles ont des logiques d'implantation différentes, plus ou moins égalitaires, efficaces ou équitables. Ces modèles s'appliquent particulièrement bien aux contraintes des services de secours en matière de localisation de moyens. De plus, de nombreuses versions ont été développées pour s'y adapter toujours plus. Ainsi, certains permettent de tenir compte du fait que plusieurs moyens de types différents peuvent être appelés sur une même intervention, d'autres tiennent compte du fait qu'ils ne sont pas tous disponibles immédiatement pour intervenir ou encore que les délais d'intervention peuvent varier suivant les conditions de circulation notamment.

L'enjeu de la plupart des recherches sur la question de l'optimisation de la localisation dans le domaine du secours à personne repose sur le développement de nouveaux algorithmes de localisation-allocation et heuristiques pour les résoudre. En parallèle de ces travaux de nombreuses autres problématiques sont abordées comme celle de la localisation en milieu rural, dans des territoires desservis par un réseau routier arborescent, ou bien encore les conséquences sur les localisations de la forme du réseau ou la façon d'estimer la demande.

En ce qui concerne les outils, la quasi-totalité des chercheurs ont développé leur propre outil, sur la base d'une plateforme de programmation comme IBM ILOG CPLEX.

Si l'intérêt des modèles de localisation-allocation pour optimiser la localisation de moyens de SAP n'est plus à prouver, ces derniers connaissent évidemment quelques limites. Une partie de ces limites sont encore mal connues par manque de travaux

portant sur le sujet, notamment en géographie, comme par exemple les effets des frontières administratives et/ou décisionnelles sur les résultats. Les résultats n'ont encore jamais été mis en perspective avec l'analyse des données d'offre et de demande en secours.

Outre ces différents points, la conclusion la plus importante à ce stade de notre recherche est très certainement que le problème en matière d'optimisation de la localisation des moyens de SAP réside dans le fait que les méthodes intégrées développées par les scientifiques ne sont pas utilisées par les professionnels. C'est sur cette conclusion que nous allons nous concentrer, et autour de laquelle nous allons construire notre recherche.

Chapitre 4 - Problématique de l'opérationnalité des méthodes et outils disponibles pour optimiser la localisation des moyens de secours à personne

Après avoir présenté la problématique à laquelle sont confrontés les services de secours, exposé les solutions utilisées par les professionnels pour améliorer toujours plus cette couverture, et enfin, après avoir détaillé les méthodes élaborées par les scientifiques dans le même but, ce chapitre est consacré au développement de la problématique principale de cette recherche doctorale.

4.1. Problématique des méthodes et outils d'aide à la décision disponibles pour l'optimisation de la localisation des moyens de SAP

En matière d'optimisation de la localisation des moyens de SAP, les conclusions des deux précédents chapitres nous ont permis de mettre en évidence la disparité existant entre les méthodes développées par les professionnels et celles développées par les scientifiques. Comment ne pas s'interroger, en effet, devant un tel constat. Alors qu'il existe des méthodes intégrant autant de modèles de localisation-allocation différents, alors qu'elles sont parfaitement intégrées et qu'elles font l'objet de nombreuses applications tendant à prouver leur intérêt ; pourquoi depuis toutes ces années ne sont-elles pas utilisées également par les professionnels du SAP ?

Ce constat, nous ne sommes pas le seul à le faire. Plusieurs chercheurs ont fait le même avant nous au cours de leurs travaux respectifs (Repede et al., 1993, p. 1 ; Thomas, 2003, p. 151 ; Yang et al., 2007, p. 904 ; Boyaci, Geroliminis, 2012, p. 12). Entre les arguments qu'ils avancent pour l'expliquer et les résultats obtenus précédemment (cf. Chapitre 2 et 3), nous avons suffisamment d'éléments pour avancer notre propre réponse. Si les professionnels n'utilisent pas les méthodes et outils développés par les scientifiques, nous postulons que c'est parce qu'ils sont difficilement utilisables ou reproductibles en l'état.

Nous l'expliquons, premièrement, par la complexité même de ces méthodes et outils, et par celle de leur mise en œuvre pratique. Les outils indispensables pour utiliser les modèles de localisation-allocation sont, comme nous l'avons vu, pour la quasi-totalité des outils développés par les chercheurs eux-mêmes, sur des plateformes de développement

informatique dans des langages de programmation également complexes. Ces outils n'ayant pas vocation à être commercialisés ou partagés, leur priorité n'est pas la convivialité, ni l'ergonomie de l'interface de gestion, et encore moins le développement d'une aide, de tutoriaux ou d'une assistance. On est loin des standards habituels en matière de logiciels commerciaux. Même ceux pour lesquels des efforts sont faits dans ce sens – nous pensons tout particulièrement à l'outil SITATION de Daskin – restent compliqués à installer sur un ordinateur et à utiliser.

Outre l'aspect purement pratique, les modèles de localisation-allocation sont par ailleurs complexes à appréhender. Ces derniers font appel à des notions et concepts qu'il n'est pas toujours simple de définir et nécessitent de nombreuses données en entrée et sortie qu'il n'est pas toujours facile de se procurer.

Nous l'expliquons, deuxièmement, par le manque de travaux qui pourraient pourtant faciliter l'utilisation de ces méthodes et outils. Tout d'abord, très peu de recherches abordent leur mise en œuvre pratique, ou alors de manière très succincte. La plupart se concentrent sur des aspects plus fondamentaux tels que la modélisation et ses enjeux en matière de développement de nouveaux algorithmes et/ou heuristiques. Le fait que les modèles développés soient quasiment tous appliqués à des situations concrètes que rencontrent des services de secours à travers le monde n'y change rien. Les applications ne sont généralement évoquées que dans les passages concernant la validation du modèle et les résultats qu'ils permettent d'obtenir. En aucun cas, elles ne servent à présenter plus en détail la méthode ou l'outil. Preuve, s'il en fallait une, que recherche appliquée ne veut pas dire applicable. Nous développerons ce point plus longuement, ci-après. Repede, Jeffries et Hubbard considèrent même que cette absence de mise en œuvre pratique des modèles de localisation-allocation est la raison principale qui explique la disparité entre les méthodes et outils utilisés par les scientifiques et les professionnels[1] (Repede et al., 1993).

Il est à noter, ensuite, qu'aucun modèle de localisation-allocation n'a encore été appliqué à un service de secours français. Cela peut contribuer à expliquer le fait qu'il soit difficile, pour les professionnels des SDIS et ARS, d'utiliser ces modèles. Comme on l'a vu, les caractéristiques d'un service de secours à l'autre peuvent en effet varier : les lois qui les régissent ne sont pas les mêmes, les délais d'intervention diffèrent, certains ne comprennent que le SAP, d'autres le SAP et l'incendie, enfin le vocabulaire est important et les traductions ne sont pas toujours évidentes.

Enfin, se pose plus généralement le problème du manque de travaux de vulgarisation dans le domaine, et précisément, à destination des professionnels. La vulgarisation est inhérente à toute recherche scientifique. Elle est nécessaire pour le transfert des savoirs produits par des chercheurs, d'une discipline à l'autre, d'une discipline vers les professionnels ou le grand public. Or, force est de constater que les savoirs et le savoir-faire dans le domaine des modèles de localisation-allocation sont encore relativement

[1] « *Like many operations research models, ambulance location models suffer from lack of practical implementation by those who could benefit from them. A major obstacle to adoption of such models is the emphasis their developers place on abstract mathematical principles, which overshadow the functional purpose of the models. This focus leads to impracticality in the presentation and usage of models, owing to such attributes as complex computer interfaces, cumbersome input and output procedures, and non-intuitive presentation of results.* » (Repede et al., 1993)

cantonnés à quelques disciplines, uniquement, mathématiques, informatique, et recherche opérationnelle.

Tout ceci est à mettre en perspective avec le fait que tous les professionnels des services de secours, en charge des questions de localisation de moyens, n'ont pas les clés en mathématiques, en informatique et en recherche opérationnelle pour s'approprier les méthodes et outils de localisation-allocation, ou alors au prix d'un investissement important, notamment en temps. En l'état actuel des choses, pour certains, la marche pour qu'ils se les approprient seuls, est selon nous encore trop grande.

Plus que la question de la reproductibilité de ces méthodes et outils, c'est la question de leur opérationnalité qui nous intéresse ; car une méthode reproductible n'est pas forcement opérationnelle. Ce sont deux questions différentes. La notion de reproductibilité en recherche nécessite que le protocole de la méthode soit décrit et détaillé afin de pourvoir être reproduit, de manière complètement indépendante, par d'autres chercheurs, et permettre d'obtenir le même type de résultats. La notion d'opérationnalité, quant à elle, sous-entend selon nous, que la méthode soit parfaitement adaptée aux besoins et contraintes des professionnels, tant en ce qui concernent les connaissances théoriques, le coût financier des outils et données, la capacité des ordinateurs, que le temps nécessaire pour mobiliser l'ensemble. Si un minimum de ces conditions n'est pas rempli, les méthodes ne seront, à coup sûr, pas utilisées. **Ainsi, la problématique de cette recherche doctorale est-elle celle de l'opérationnalité des méthodes et outils d'aide à la décision disponibles pour optimiser la localisation des moyens de SAP.**

S'intéresser à la question de l'opérationnalité des méthodes et outils disponibles pour optimiser des localisations peut sembler, au premier abord très éloigné des enjeux d'une recherche doctorale, d'autant plus en géographie. Comme cela a été souligné dans les conclusions du précédent chapitre (cf. section 3.8, p. 97), d'autres sujets plus fondamentaux attendent encore d'être traités. Alors pourquoi ne pas s'être intéressé à l'un d'eux ? Tout simplement parce que le problème d'opérationnalité qui se pose aux professionnels, se pose également à nous et à la majorité des chercheurs en géographie. Nos connaissances en mathématiques et informatique ne nous permettent pas d'utiliser en l'état les méthodes proposées et encore moins les outils. Cela explique d'ailleurs pourquoi les géographes sont aussi peu nombreux à avoir travaillé jusqu'à maintenant sur le sujet. Tant que le problème de l'opérationnalité des méthodes et outils disponibles pour optimiser les localisations ne sera pas réglé, les autres sujets aussi intéressants soient-ils ne pourront pas l'être. Le choix de cette problématique s'est donc en réalité imposé à nous. Quant à savoir si elle relève bien du champ de la géographie, la réponse est oui : d'une part, parce que, comme nous l'avons aussi déjà montré, la question de l'optimisation des localisations est une question éminemment géographique (cf. section 3.8, p. 97) ; d'autre part, parce que les géographes s'intéressent également beaucoup aux questions concernant les méthodes et outils.

4.2. Hypothèse et questionnement

En ce qui concerne la problématique retenue, si le manque de mise en œuvre, le manque d'application au cas du SAP et le manque de vulgarisation dans le domaine des modèles de localisation-allocation semblent relativement faciles à combler, la question du manque d'opérationnalité de l'outil semble plus compliquée à résoudre. Pour les mêmes raisons qui font que nous ne pouvons pas utiliser les outils développés par les chercheurs en informatique, mathématiques et recherche opérationnelle, nous ne pouvons pas développer nous-même un outil plus opérationnel. Nous sommes donc, en la matière, tributaire des solutions existantes. Or, deux éléments nous conduisent à formuler l'hypothèse qu'il existe des solutions disponibles. Le premier tient au fait que les modèles de localisation-allocation offrent de nombreuses possibilités dans de nombreux domaines différents, susceptibles d'intéresser beaucoup de monde et donc des concepteurs de logiciels, qu'ils soient commerciaux ou non. Le second concerne l'évolution des SIG et la place de plus en plus grande qu'ils occupent dans le monde professionnel, en général, et dans les services de secours, en particulier. Les SIG intègrent de plus en plus de modules complémentaires, dont un certain nombre de modules de localisation (Huff, modèle interactif de concurrence, etc.) Compte tenu des similarités existantes entre les modèles de localisation-allocation et les SIG, notamment en termes d'interface graphique et de gestion, difficile de penser qu'aucun d'entre eux n'intègrent également un module de localisation-allocation.

Cette hypothèse si elle se confirme abondera dans le sens de la conclusion que faisait Isabelle Thomas sous la forme d'un pari dans un de ses articles : « Les modèles de localisation-affectation semblent techniquement mûrs, mais de nombreux problèmes généraux se posent quant à leur applicabilité - comme dans bien d'autres types de modèles économétriques ou démographiques. Gageons que le développement des systèmes experts et des systèmes d'information géographiques facilitera l'application et l'applicabilité des modèles, aidera les chercheurs à réfléchir sur les nombreux biais introduits et les aménageurs à faciliter leur mise en application. » (Thomas, 2003). Ces quelques lignes résument à elles-seules l'ensemble de notre problématique et l'hypothèse qui en découle.

La problématique des outils opérationnels disponibles soulève de nombreuses questions concrètes auxquelles il faudra répondre et dont voici un aperçu : quels sont exactement ces outils ? Quel(s) modèle(s) de localisation-allocation permettent-ils de prendre en compte ? À quel échelon ? Sont-ils limités en nombre d'opérations possibles ? Sont-ils adaptés aux contraintes des professionnels, en matière de licence d'exploitation, de temps d'apprentissage, d'aide et d'assistance, etc. ?

Plus largement, cette recherche s'attachera à répondre aux questions suivantes : Comment appliquer les modèles de localisation-allocation au cas du SAP ? Quels moyens prendre en compte ? Quelles données utiliser en entrée du modèle ? À quel échelon spatial et temporel ?

4.3. Objectifs et parti de recherche

Afin de répondre à la problématique, **l'objectif principal de cette recherche est de proposer une méthode d'optimisation des localisations qui soit la plus opérationnelle possible, et repose sur des modèles de localisation-allocation**. Cette méthode sera

appliquée à un cas de SAP français, sa mise en œuvre pratique sera décrite, et une attention particulière sera portée à sa vulgarisation, de manière à combler les manques observés dans la littérature. Cela permet tout à la fois de répondre aux besoins en matière de méthode et aux questions concrètes que le SDIS 06 se pose quant à la localisation de ses moyens de SAP.

Ce sera, de plus, l'occasion d'intégrer à la méthode d'optimisation des localisations retenue une analyse préalable des données d'entrée du modèle, sous la forme d'un diagnostic, comme le font les professionnels dans le cadre de l'élaboration des documents de planification, et de montrer les nombreux avantages qu'offre l'association des deux.

Compte tenu du mode de financement, de la problématique abordée et des objectifs fixés, et pour les raisons évoquées précédemment, **le parti de cette recherche est celui de l'opérationnalité de la méthode et des outils proposés**. L'opérationnalité est vraiment au cœur de notre démarche. C'est elle qui va guider l'ensemble de nos choix, notamment en ce qui concerne le choix de l'outil et des données à utiliser.

À ce sujet, nous tenons à souligner que recherche appliquée n'est pas automatiquement synonyme d'opérationnalité. La plupart des recherches réalisées dans le domaine de l'optimisation des localisations appartiennent à la catégorie des recherches dites appliquées. Ces recherches répondent à un but ou un objectif pratique déterminé. Elles sont donc amenées à être plus en lien avec le monde professionnel que les recherches fondamentales. Or, malgré cette caractéristique, l'opérationnalité des méthodes et outils, comme on l'a vu, n'est pas toujours recherchée.

4.4. Le département des Alpes-Maritimes comme aire d'étude

Avant de présenter la méthode et l'outil opérationnel proposés pour optimiser les localisations de moyens de SAP, arrêtons-nous sur la présentation de l'aire d'étude retenue pour les appliquer. Il était question dès le début, dans le cadre de la collaboration que nous avons nouée avec le SDIS 06, que cette recherche porterait sur son secteur de compétence, c'est-à-dire le département des Alpes-Maritimes. Cette aire d'étude s'avère être parfaitement adaptée. Elle présente, en effet, en matière de SAP une grande diversité de situations, tant en ce qui concernent les niveaux de la demande et de l'offre que du point de vue de leurs répartitions spatiale et temporelle. Il n'y a pas meilleur territoire pour mettre en œuvre et expliquer une méthode d'optimisation des localisations. Cette particularité s'explique en grande partie par les caractéristiques géographiques du département. L'objectif n'est pas de présenter en détail tous les aspects du département des Alpes-Maritimes, mais seulement ceux qui ont un impact direct sur la question de la localisation des moyens de SAP et qui font écho aux éléments qui seront mentionnés dans la deuxième partie, c'est-à-dire essentiellement les éléments qui influencent le nombre, l'état et la localisation des victimes (

Figure 2, p. 44). Parmi tous ces éléments, c'est certainement le niveau et la répartition de la population présentielle (cf. Conclusion chapitre 1, p. 43) qui jouent le rôle le plus important. En l'absence de données officielles concernant la population présentielle, nous présentons ici les données classiques disponibles permettant d'en estimer le nombre et la répartition.

4.4.1. Description géographique du département

Le département des Alpes-Maritimes est situé à l'extrême sud-est de la France (Figure 20). Il partage ses frontières avec l'Italie sur toute la partie est, avec le département du Var au sud-ouest, celui des Alpes-de-Haute-Provence au nord-ouest, et au sud, avec la mer Méditerranée. À ce propos, les Alpes-Maritimes correspondent très exactement à l'endroit où les Alpes françaises plongent dans la mer Méditerranée, d'où leur nom. Le massif montagneux occupe toute la partie est et nord-est du département. Son point culminant est à 3 143m au niveau de la Cime du Gélas (Figure 21).

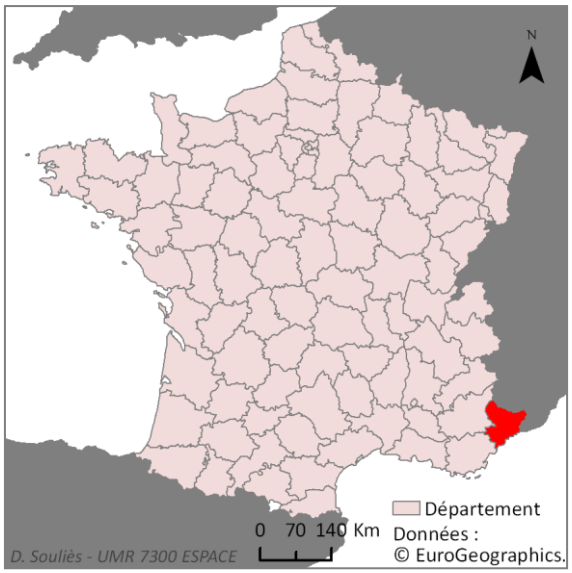


Figure 20 : Le département des Alpes-Maritimes par rapport au reste de la France.

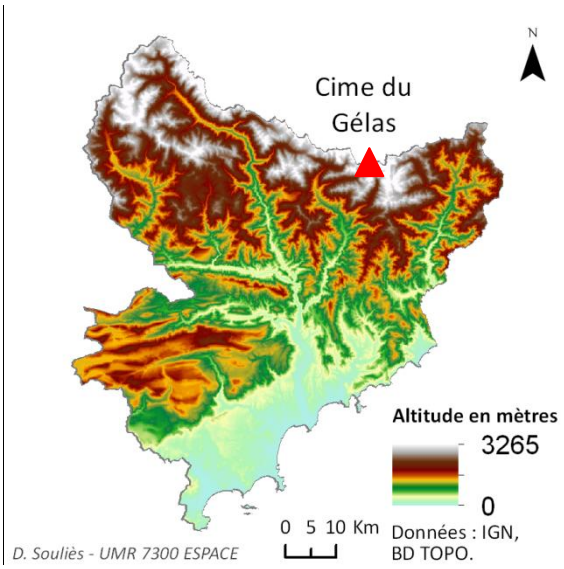


Figure 21 : Relief des Alpes-Maritimes.

Il est traversé du nord au sud par de profondes vallées dans lesquelles s'écoulent les principaux cours d'eau : la Roya, la Bévéra, le Paillon, le Var, la Vésubie, la Tinée, le Cians, l'Estéron. Plus au sud et à l'ouest le relief est moins accidenté et les cours d'eau (la Cagne, le Loup, la Siagne) forment des vallées moins encaissées (Figure 22). La circulation routière est très contrainte par le relief. Elle se fait essentiellement sur la bande littorale, selon un axe est/ouest. C'est là que l'on trouve, entre autres, l'autoroute A8 (Figure 23). Pour le reste, elle se fait en fond de vallée le long des cours d'eau. Le réseau routier principal correspond par conséquent en grande partie au réseau hydrographique. Quelques routes transversales permettent de relier les vallées entre elles. Ces routes empruntent des cols sinueux et sont souvent enneigées l'hiver.

C'est le climat agréable qui a fait en grande partie l'attrait du département. Il est réputé notamment pour sa douceur l'hiver. Cependant ce n'est pas vrai partout. Compte tenu du relief et de l'altitude, l'ensoleillement et les températures varient beaucoup. Ainsi, dans le moyen et haut pays, l'hiver est beaucoup plus rude. La neige y est très présente. Et il n'est d'ailleurs pas rare qu'elle descende jusque sur le littoral.

Figure 22 : Réseau hydrographique principal des Alpes-Maritimes.

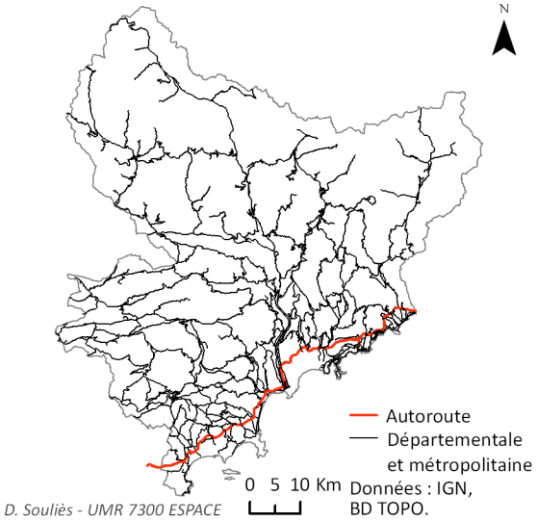


Figure 23 : Réseau routier principal des Alpes-Maritimes.

Ces caractéristiques physiques participent au fait que le nombre d'habitants dans le département soit particulièrement élevé et inégalement réparti. Avec 1 081 244 habitants en 2011[1], le département des Alpes-Maritimes se classent au 19ème rang des départements français les plus peuplés et au 14ème pour sa densité car sa superficie n'est que de 4 299 km², soit 252 hab./km² en moyenne. Cependant, la population n'est pas également répartie. Plus de 95% de la population se concentre sur la bande côtière[2] qui ne représente que 25% seulement du territoire. Cela correspond à une densité de 926 hab./km², contre environ 11 hab./km² dans le reste du département (Figure 24). Des 163 communes que comptent les Alpes-Maritimes, les plus peuplées se trouvent sans surprise le long du littoral, dont Nice, avec 344 064 habitants, suivi d'Antibes (75 176 hab.), Cannes (72 607 hab.), et Grasse (51 631 hab.) pour les principales[3] (Figure 25).

Les caractéristiques physiques du département, ajoutées au patrimoine culturel et paysager très attractif ainsi qu'à la présence du troisième aéroport de France en termes de trafic de passagers[4], participent également à la venue de nombreux touristes[5]. Chaque année, les Alpes-Maritimes en accueillent en moyenne 11 millions d'après l'observatoire du tourisme de la Côte-d'Azur, auquel il faut ajouter les excursionnistes (visiteurs à la journée) dont le nombre s'élève également à plusieurs millions. S'ajoutent donc à la population résidente, chaque jour, entre 50 000 et 600 000 touristes au minimum, suivant les périodes, soit entre 5 et 55% de personnes supplémentaires, le pic étant atteint le week-end du 15 août (Figure 26).

[1] Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE).
[2] Directive territoriale d'aménagement des Alpes-Maritimes (2003).
[3] Population communale 2011 (INSEE).
[4] www.airfrance.fr
[5] Sont considérés comme des touristes les visiteurs ayant généré au moins une nuitée dans le cadre d'un séjour dans le département, à l'exclusion des séjours effectués par les résidents locaux (source : Observatoire du tourisme de la Côte-d'Azur).

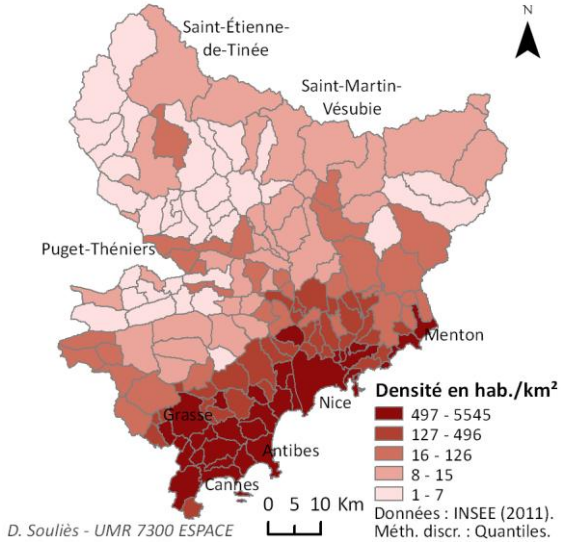


Figure 24 : Densité de population des Alpes-Maritimes.

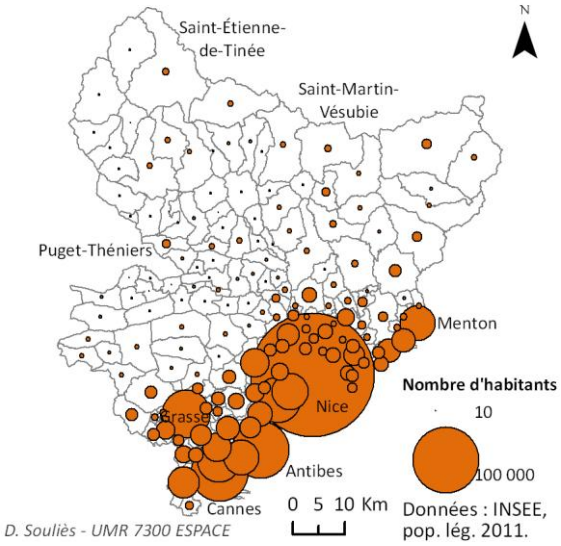


Figure 25 : Nombre d'habitants par commune des Alpes-Maritimes.

Les touristes se répartissent non seulement différemment dans le temps comme le montre le graphique (Figure 26), mais également dans l'espace. Comme la population résidente, la majorité des touristes se concentre sur la bande littorale pour profiter entre autres de la mer. Le département compte pour cela 134 km de littoral, dont 40 km de plages, baies, cirques et sentiers littoraux[1].

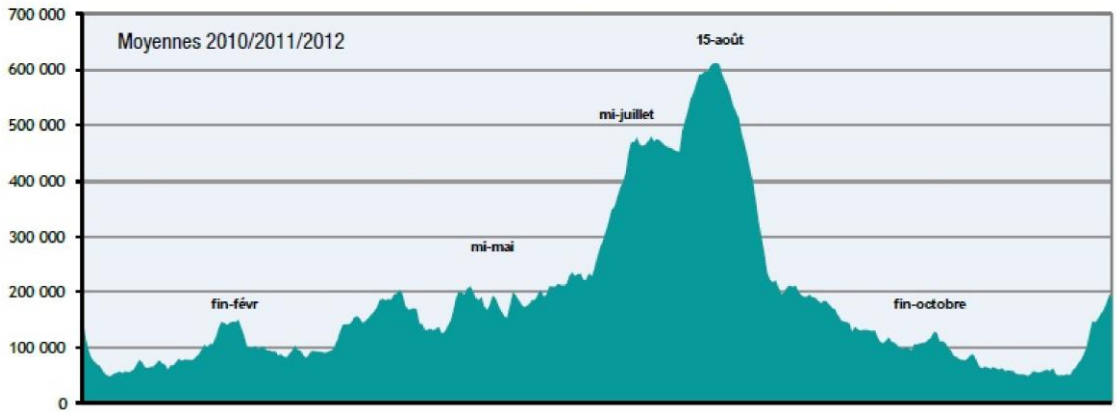


Figure 26 : Nombre moyen de touristes par jour dans le département des Alpes-Maritimes sur la période 2010 à 2012 (source : Observatoire du tourisme de la Côte-d'Azur).

Cependant, il est à noter une affluence particulière dans le haut et le moyen pays, essentiellement l'été, pour la pratique d'activités de pleine nature comme la randonnée, le canyoning, l'escalade, le VTT, etc. et l'hiver, pour la pratique du ski. Le département compte en effet pas moins de 15 stations de sports d'hiver (Figure 27). Si la majorité sont des stations familiales de moyenne montagne, les stations Isola 2000, Auron, Valberg ont

[1] http://www.cg06.fr/fr/decouvrir-les-am/en-savoir-plus-sur/la-geographie/la-geographie/

quant à elles un grand domaine skiable, proposent plusieurs milliers de lits et peuvent accueillir jusqu'à 19 000 personnes au total par jour[1] en pleine saison.

Figure 27 : Carte touristique de présentation des stations de ski des Alpes-Maritimes (source : www.cotedazur-neige.com).

En dehors du tourisme, l'activité économique du département, principalement tournée vers le tertiaire, n'a pas de conséquence particulière sur l'activité opérationnelle du SAP.

Comme tous les départements, les Alpes-Maritimes disposent d'un SDIS et d'un SAMU pour faire face à la demande en matière de secours.

4.4.2. Le Service départemental d'incendie et de secours des Alpes-Maritimes

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre (cf. section 1.1.1, p. 22) les SDIS « sont chargés de la prévention, de la protection et de la lutte contre les incendies. 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 d'urgence. »[2] Le SDIS 06 est donc, comme les autres, amené à remplir de nombreuses missions.

[1] Ordre particulier d'opérations, activités hivernales, groupement territorial Nord, SDIS 06, 2013.
[2] Article L1424-2 du CGCT.

Le SDIS 06 fait partie des SDIS de France les plus sollicités. En 2012, un total de 114 304 interventions ont été réalisées, soit 313 interventions en moyenne par jour, ou encore une intervention en moyenne toutes les 4 minutes 36 secondes. En comparaison, la moyenne nationale des SDIS la même année n'est que de 104[1] interventions par jour, soit trois fois moins.

Pour répondre à cette sollicitation, le SDIS 06 disposait la même année de :

- 1 292 sapeurs-pompiers professionnels (SPP) ;
- 2 638 sapeurs-pompiers volontaires (SPV) ;
- 479 personnels administratifs et techniques ;
- 223 personnels membres du Service de santé et de secours médical (médecins, pharmaciens, infirmiers, psychologues), dont 24 SPP et 199 SPV ;

Le budget s'élevait alors pour information à 156,92 millions d'euros[2].

Les SDIS sont classés en cinq catégories selon trois critères :

- « la population du département établie par l'Institut national de la statistique et des études économiques (décret 2008-1477 modifié) ;
- « les contributions, participations et subventions ordinaires au vu du dernier compte de gestion connu ;
- l'effectif de sapeurs-pompiers du corps départemental au 1er janvier de l'année considérée »[3].

Au regard de ces trois critères, le SDIS 06 appartient à la première catégorie qui regroupe les 21 SDIS les plus importants.

Le fonctionnement des 77 casernes que compte le SDIS 06 est assuré par l'intermédiaire d'un état-major départemental, et 5 groupements territoriaux, un par groupement territorial (Figure 28). Le fonctionnement des casernes peut varier d'un groupement à l'autre et notamment celui des gardes (fréquence, horaires, type, etc.) La réception des alertes et l'organisation opérationnelle des moyens reposent quant à elle sur un centre opérationnel départemental d'incendie de secours et deux centres de traitement de l'alerte, un par arrondissement départemental (Figure 29).

4.4.1. Le Service d'aide médicale urgente des Alpes-Maritimes

Le SAMU 06 dispose, pour remplir ses missions, d'un centre 15 et de cinq SMUR au total, depuis lesquels peuvent intervenir au moins une UMH ou une VL SMUR. C'est le deuxième SAMU à l'échelle de la région Provence-Alpes-Côtes-d'Azur, après le SAMU des Bouches-du-Rhône, en terme d'affaires traitées, entre 200 000 et 250 000 affaires[4], chaque année. Une grande partie débouche sur un conseil médical ou l'intervention d'un

[1] Les statistiques des services d'incendie et de secours 2012 (source : http://www.interieur.gouv.fr), hors Brigade des sapeurs-pompiers de Paris et Brigade des Marins pompiers de Marseille.
[2] Rapport d'activité 2012, SDIS 06.
[3] Les statistiques des services d'incendie et de secours 2012 (source : http://www.interieur.gouv.fr).
[4] Atlas 2012, activité des services d'urgences, ORU PACA (source : http://www.orupaca.fr)

médecin libéral. L'activité des SMUR dans le cadre du SAP ne représente quant à elle que 4% environ, soit 8 000 interventions par an environ.

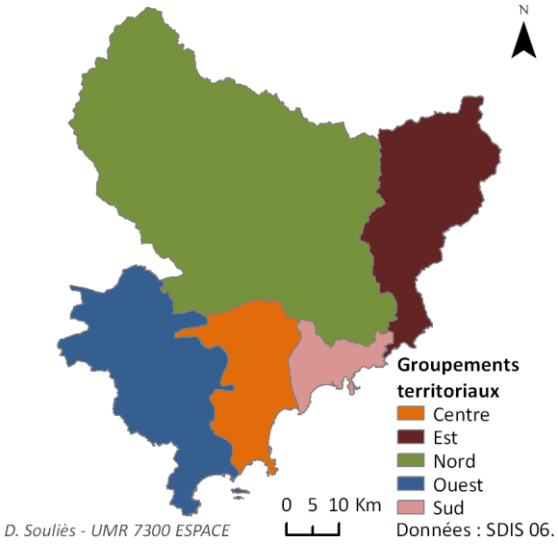


Figure 28 : Groupements territoriaux SDIS 06.

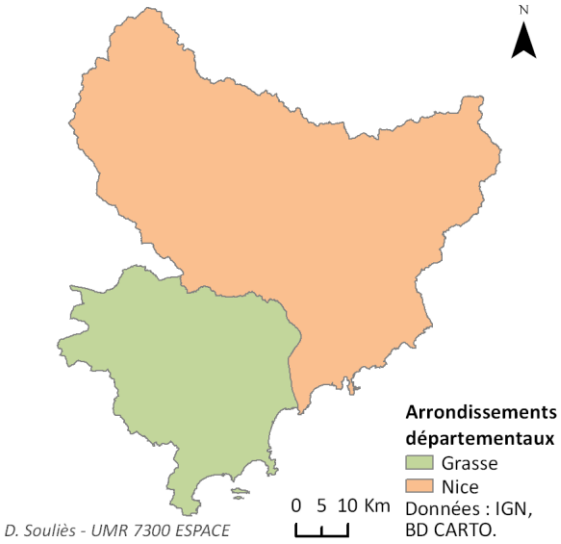


Figure 29 : Arrondissements départementaux des Alpes-Maritimes.

Conclusion du chapitre 4

La disparité observée précédemment entre les méthodes utilisées par les professionnels et celles développées par les scientifiques peut s'expliquer par le fait que ces dernières ne sont pas utilisables ou reproductibles en l'état. Il y a selon nous trois raisons à cela. Tout d'abord les modèles de localisation-allocation sont par nature assez complexes à appréhender et les outils disponibles pour les mettre en œuvre sont compliqués à installer et à assimiler. Ensuite, les travaux portant sur la mise en œuvre pratique de ces méthodes et outils font défaut dans la littérature scientifique. Enfin, cela peut s'expliquer par un manque de vulgarisation dans le domaine.

Un des critères essentiels pour que les professionnels des services de secours utilisent ces outils et méthodes est qu'ils doivent être opérationnels, c'est-à-dire, adaptés à leurs contraintes, qu'elles soient d'ordres financier, de connaissances préalables qu'ils ont de ces méthodes et outils, ou de temps d'apprentissage. Ainsi notre attention se porte-t-elle davantage sur la question de l'opérationnalité des méthodes et outils d'aide à la décision disponibles pour optimiser la localisation des moyens de SAP, que sur la question de leur reproductibilité.

Trouver des solutions au manque d'opérationnalité de ces outils et méthodes est une priorité pour pouvoir aborder des questions plus fondamentales, car les géographes rencontrent les mêmes difficultés de mise en œuvre pratique. Ces difficultés, notamment celles en matière de programmation informatique, font que la solution ne peut venir que d'un logiciel déjà existant. Compte tenu des possibilités offertes par ces modèles dans de nombreux autres domaines et compte tenu du rapprochement possible entre les modèles de localisation et les SIG, nous ne pouvons pas imaginer qu'il n'existe pas déjà un outil disponible pour les résoudre.

L'objectif principal de cette recherche doctorale est de proposer une méthode d'optimisation de la localisation des moyens de SAP opérationnelle. Ce sera l'occasion de répondre à un deuxième objectif : celui d'intégrer un diagnostic préalable de la situation en matière de SAP. L'outil et la méthode retenus seront appliqués au département des Alpes-Maritimes. La grande diversité de situations qu'il propose en termes de demande et d'offre est idéale pour mettre en œuvre et expliquer une telle méthode.

PARTIE 2 – MÉTHODE ET OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION PROPOSÉS POUR L'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS À PERSONNE : APPLICATION AU CAS DES ALPES-MARITIMES

Chapitre 5 - Spatialiser : diagnostic du secours à personne

La présentation de la méthode d'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne que nous proposons se décompose en trois grandes étapes. La première concerne le diagnostic en matière de SAP et la spatialisation des différents éléments constitutifs ; le choix de l'outil et son paramétrage sont évoqués dans la deuxième ; enfin, dans la dernière partie seront évoquées les différentes simulations et solutions concrètes que l'on peut en tirer, au travers notamment de cas d'étude. Chacune de ces étapes fait l'objet d'un chapitre à part entière. La première étape est présentée dans ce chapitre, la deuxième, dans le chapitre 6 et la troisième, dans le chapitre 7.

5.1. Objectif du diagnostic sur le secours à personne

L'objectif du diagnostic est d'estimer le degré de couverture en matière de SAP, tel que défini précédemment (cf. p. 33 ; 38 ; 42 ; 51), sur un territoire donné. En d'autres termes, l'objectif du diagnostic est d'identifier les forces et les faiblesses d'un territoire en matière de secours à personne. Ce travail correspond en grande partie à celui que font les professionnels dans le cadre de l'élaboration d'un SDACR (cf. section 2.3.2 ; p. 50). L'originalité de ce diagnostic réside dans le fait de l'intégrer à part entière dans une démarche d'optimisation des localisations, aux côtés d'un modèle de localisation-allocation. Outre le fait d'identifier les marges de progression en matière de couverture du SAP, les conclusions du diagnostic permettront de mieux interpréter les résultats issus du modèle et de mieux cibler les différentes simulations, notamment lors des études de cas.

Comme nous l'avons déjà noté (cf. p. 55), il n'existe pas un seul et unique indicateur pour évaluer le degré de couverture du SAP sur un territoire donné. Ceux généralement utilisés ne le font que de manière partielle. La méthode de diagnostic repose donc généralement sur le recueil et la combinaison de données et analyses concernant l'offre et la demande en secours. Les données utilisées varient selon les cas : nombre d'interventions, de victimes, délais d'interventions totaux, délais de route, mode de garde des différentes casernes, etc. Il en va de même pour les analyses : analyses statistiques uni-variées, bi-variées, multi-variées, cartographiques, spatio-temporelles, spatiales, etc. Leur combinaison en vue d'estimer le degré de couverture peut prendre également plusieurs formes (cf. section 2.3.2, p. 50) : la superposition de couches d'informations spatiales est certainement la plus répandue ; d'autres créent des indicateurs synthétiques.

Il n'existe donc pas de modèle type de diagnostic. Celui que nous avons réalisé ne prétend pas en être un. Il s'agit seulement d'un exemple des possibles. D'autant que pour ne pas surcharger le lecteur de détails sur l'organisation et le fonctionnement spécifiques du SAP dans les Alpes-Maritimes – ce qui n'apporterait rien à la démarche générale du diagnostic – ne sont présentés que les principaux éléments de contexte et les éléments indispensables à l'estimation du degré de couverture dans sa globalité[1].

Avant d'exposer les résultats du diagnostic du SAP dans les Alpes-Maritimes, il convient de présenter les données que nous avons utilisées pour sa réalisation. Ces dernières ont été stockées dans une base de données intitulée *secours à personne*. La section qui suit décrit la nature des données qu'elle contient et toutes les étapes indispensables à son élaboration.

5.2. Constitution de la Base de données sur le secours à personne

5.2.1. Nature des données

Que ce soit pour l'étude du SAP dans le cadre du diagnostic ou pour alimenter le modèle de localisation-allocation, les informations recueillies lors de chaque intervention constituent la source principale de données de cette recherche. Il s'agit pour l'essentiel d'informations de base telles que :

- la date, le lieu et le type d'intervention ;
- le nombre de victimes et leur état ;
- les moyens présents, notamment médicaux ;
- et les différents groupes horaires les concernant (groupe horaire de départ des moyens, d'arrivée sur les lieux, de fin d'intervention, etc.).

Ces informations sont renseignées par tous les services dont l'un des moyens au moins est présent sur les lieux de l'intervention, en vue d'en assurer le suivi opérationnel, et *a posteriori*, la gestion administrative et technique. Elles sont également renseignées par le SAMU qui en a besoin pour assurer la régulation et le suivi des victimes. Ces informations sont stockées dans des bases de données distinctes et sont, pour la grande majorité, communes à l'ensemble. Aucune d'entre elles ne permet de couvrir la totalité de l'activité du SAP, en tout cas, tel que nous l'avons définie (cf. section 1.1.3 p. 27) ; même pas celles du SAMU qui pourtant, par sa mission, a la vision la plus globale de l'activité opérationnelle. C'est pourquoi nous avons été amené à construire notre propre base de données, fruit de la fusion de deux d'entre elles. Cette opération a été rendue particulièrement complexe : de par la quantité importante de données à gérer ; du fait que ces informations sont saisies, structurées et stockées différemment d'un service à l'autre ; et enfin à cause du fait qu'il n'existe évidemment aucun moyen fiable d'identifier la partie des informations communes à celles de chaque base. Une attention toute particulière a donc été portée au protocole de construction de la base de données afin d'éviter au maximum de générer des doublons et des manques. De même, une attention particulière a été portée à la question de la validité des données car une partie des

[1] D'autres analyses ont été réalisées mais ne sont disponibles que dans un rapport annexe réservé à un usage interne au SDIS 06.

analyses et simulations sont réalisées à l'échelon infra-communal, sur de petites, voire très petites séries et parce que cette recherche s'inscrit dans le cadre d'une collaboration bien réelle avec le SDIS des Alpes-Maritimes et que ce dernier en attend des résultats concrets et justes. Pour toutes ces raisons, la question des données a représenté la part la plus importante de notre travail.

5.2.2. Sources des données

Le SDIS et le SAMU détiennent à eux deux la totalité des données sur le SAP des Alpes-Maritimes. Au SDIS 06, les informations sont contenues dans deux bases de données distinctes : l'une nommée PANAMA et l'autre, OMEGA, du même nom que les applications métiers qui permettent de gérer les données. On les nommera respectivement BD PANAMA et BD OMEGA. Les données détenues par le SAMU 06 sont quant à elles stockées dans la base CENTAURE 15 du même nom que l'application métier qui sert aux permanenciers du CRRA, à gérer les interventions. De la même manière, on utilisera l'acronyme BD CENTAURE 15 à son sujet.

Une rapide présentation de ces bases, et de la manière dont elles sont renseignées, gérées, structurées, permet de mieux appréhender la fiabilité des informations qu'elles contiennent.

<u>BD PANAMA</u>

Comme indiqué, PANAMA est une application métier, mise en œuvre en 2000, utilisée par le SDIS 06 pour saisir, gérer et stocker les comptes rendus d'activité (CRA)[1] générés à l'issue de chaque intervention où est présent au moins un moyen du SDIS. Ces comptes rendus recensent toutes les informations concernant l'intervention : coordonnées du requérant, heure de l'appel, adresse de l'intervention, type d'intervention, heure du déclenchement du personnel, noms et matricules des personnels, moyens demandés en renfort, etc. On y retrouve également des renseignements concernant les victimes prises en charge : coordonnées, état, gestes de secourisme réalisés, etc. Ces informations sont utiles sur le moment pour assurer le suivi opérationnel de l'intervention, mais également *a posteriori* pour accomplir des tâches très concrètes comme le paiement du personnel ou le suivi du parc automobile.

Depuis cette même date, les informations sont donc stockées numériquement dans une base de données du même nom, gérée sous ORACLE. Les informations y sont saisies par deux types de public différents :

- Le premier, assez restreint, est composé des opérateurs des cinq CTA existant à l'époque[2]. Il s'agit des personnels en charge de la réception des appels d'urgence et du suivi des interventions. C'est à ce titre qu'ils saisissent, dans la base, un certain nombre d'informations. Ces personnels suivent une formation pour occuper ce poste et utiliser l'application PANAMA. Les opérateurs des groupements territoriaux Sud, Centre et Ouest sont en plus formés à utiliser un

[1] Les comptes rendus d'activité s'appellent dorénavant compte-rendu de sortie de secours (CRSS). Cependant, l'organisation générale des CRA et la gestion des données associées que nous décrivons dans ce rapport ne sont pas exactement les mêmes que pour les CRSS. Nous n'utilisons donc pas la nouvelle appellation pour faire référence aux comptes rendus.

[2] En 2011 une restructuration des CTA a ramené leur nombre à deux.

outil de gestion de l'alerte. Cet outil automatise la saisie de certaines informations et permet notamment l'horodatage des différents groupes horaires. Il existe un pont numérique avec PANAMA, de manière à éviter à l'opérateur d'avoir à retranscrire les informations déjà numérisées. Avec cette solution, la précision des groupes horaires est garantie, ce qui n'est pas le cas dans les groupements territoriaux Nord et Est où toutes les informations sont saisies manuellement.

- Les chefs d'agrès[1] des différents véhicules présents sur les lieux d'une intervention forment le deuxième type de public. On en compte plusieurs centaines. De retour à la caserne, ils complètent le CRA de l'intervention à laquelle ils ont participé. Le nombre de rédacteurs différents tend à augmenter les erreurs, d'autant plus que malgré une courte formation, ils n'ont pas tous la même sensibilisation à la qualité de saisie des données, ni la même interprétation des consignes. La procédure d'élaboration des CRA prévoit cependant qu'un groupe de personnels jouant le rôle d'administrateur les relise et les valide dans un deuxième temps, ce qui permet par la même occasion, de corriger certaines anomalies comme les erreurs de saisie ou les données manquantes.

Depuis, le système d'information du SDIS 06 a été refondu. Il intègre dorénavant un entrepôt de données (*datawarehouse*) qui centralise les données de tous les groupements territoriaux et de toutes les applications métiers, dont PANAMA, tout en garantissant leur qualité, puisque toute une série de filtres informatiques permet de rejeter automatiquement celles qui ne sont pas conformes. Ce travail sur la qualité des données n'est malheureusement pas rétrospectif, nous n'avons donc pas pu en tirer avantage.

BD OMEGA

OMEGA correspond au dossier médical ouvert pour chaque victime prise en compte par un moyen médicalisé du service de santé et de secours médical du SDIS 06, dans lequel sont renseignées toutes les informations concernant son état et les différents soins prodigués durant l'intervention. Elle ne recueille donc que les informations concernant les interventions médicalisées par au moins un moyen du SSSM.

Cette application, datant de 2005, ainsi que la base de données à laquelle elle est reliée, sont complètement indépendantes de PANAMA. Les informations sont renseignées par des personnes différentes, et dont le nombre est plus restreint. En effet, seuls les médecins et infirmiers du SSSM y ont accès. Ils sont tous formés et sensibilisés à la question de la saisie des données, ce qui en garantit la qualité.

BD CENTAURE 15

CENTAURE 15 est le nom de l'application utilisée par les permanenciers dans la majorité des CRRA en France. Les missions du SAMU[2] étant principalement tournées vers la gestion et le suivi des patients et victimes, l'application CENTAURE 15 est conçue

[1] Chef d'agrès est un terme utilisé pour désigner le responsable d'un véhicule de secours, du personnel et du matériel qu'il contient. Ce dernier peut également avoir en charge la gestion d'une intervention, jusqu'à un certain niveau.
[2] Article R6311-2 du CSP.

comme un dossier médical. Chaque onglet correspond à une page du dossier. Y sont mentionnées, entre autres, les informations relatives à l'appel, aux requérants, à la victime (si ce n'est pas la même personne que le requérant), à la décision qui a été prise à son sujet (conseil médical, intervention d'une ambulance privée, intervention des sapeurs-pompiers, etc.) et les informations relatives à son devenir (laissée sur place, transportée à l'hôpital, etc.) Cette application a été mise en œuvre au sein du SAMU 06 courant 2004[1].

Les informations sont uniquement saisies par les personnels des CRRA, soit un nombre très restreint de personnes, toutes formées, et coutumières de ce logiciel. De plus, l'uniformisation des informations est garantie par des dispositifs d'aide à la saisie, tels que, des menus déroulants, ou l'écriture intuitive à partir d'informations pré-enregistrées, comme c'est le cas pour les noms de rues par exemple.

La BD SAP est le résultat de la somme d'une partie des données de la BD PANAMA et de la BD CENTAURE 15. La BD OMEGA n'ayant servi que d'élément de comparaison afin de valider les informations concernant les interventions médicalisées contenues dans les deux autres. Chacune des opérations nécessaires à l'élaboration de la BD SAP a fait l'objet d'un protocole précis que nous présentons ci-après.

5.2.3. Extraction des données

Les bases de données PANAMA et CENTAURE 15 ne contiennent pas uniquement des renseignements sur les interventions de type SAP. On trouve, par exemple, dans la BD PANAMA des informations sur toutes les interventions relevant du domaine de compétence du SDIS, comme l'incendie par exemple. L'extraction des données des bases sources est l'occasion de faire une première sélection. Les requêtes se focalisent donc sur les interventions de type SAP. Etant donné qu'une grande partie de ces interventions sont communes aux deux bases PANAMA et CENTAURE 15, rapidement la question du choix entre les différentes interventions à extraire de l'une et de l'autre s'est posée, notamment pour éviter les doublons et les manques. En la matière, la décision a été prise d'extraire directement la totalité des interventions des deux bases sources et de ne régler le problème de la fusion des données, sans doublons, ni manques, qu'à la toute fin du protocole. Le fait de disposer d'une partie commune aux deux bases permettait, en outre, d'avoir un point de comparaison et ainsi d'obtenir des informations quant à la validité des données.

Les informations contenues dans les BD PANAMA et CENTAURE 15 sont stockées par type dans des tables distinctes puisqu'il s'agit de bases de données relationnelles ; trois requêtes différentes ont donc été nécessaires pour extraire l'ensemble des informations voulues : une, pour les informations concernant les interventions en elles-mêmes, une autre, pour celles concernant les victimes et enfin la dernière, pour les moyens intervenus.

[1] La date de mise en œuvre de l'application CENTAURE 15 au sein du SAMU 06 a indirectement contraint le choix de la limite inférieure de la période d'étude de notre recherche. En effet, la première année civile complète pour laquelle des données issues à la fois de la BD PANAMA et de la BD CENTAURE 15 sont disponibles est 2005. Le choix de faire débuter la période d'étude cette année-là s'est donc imposé, et ce, malgré le fait que le recul en ce qui concerne les données de la base PANAMA soit plus important.

5.2.3.1. BD CENTAURE 15

L'extraction des données de la BD CENTAURE 15 a été relativement simple et ce, pour deux raisons. Premièrement, parce qu'elle ne contient que deux grandes familles d'informations bien distinctes : celles relatives aux interventions d'aide médicale urgente (cf. section 1.1.3, p. 27) et celles relatives à la permanence des soins (cf. p. 23). La PDS ne faisant pas partie du champ du SAP, nous nous sommes intéressé uniquement aux interventions d'AMU. Deuxièmement, parce que dans la BD CENTAURE 15, à chaque intervention correspond au moins une victime et un moyen opérationnel. Les informations relatives aux interventions annulées en cours de route ou qui se sont avérées ne pas relever d'AMU, par exemple, ne sont pas conservées. Nous avons donc pu utiliser le même critère de sélection pour les trois requêtes, seuls les attributs changent.

La première requête porte en effet sur les informations concernant l'intervention en elle-même (Tableau 7), d'où l'acronyme INTER pour la désigner. La deuxième, qui s'intitule VICTIME, porte sur les victimes et leur devenir, à défaut de disposer d'informations sur leur état. Enfin la troisième, la requête MOYEN, recueille les informations relatives aux moyens présents sur les lieux.

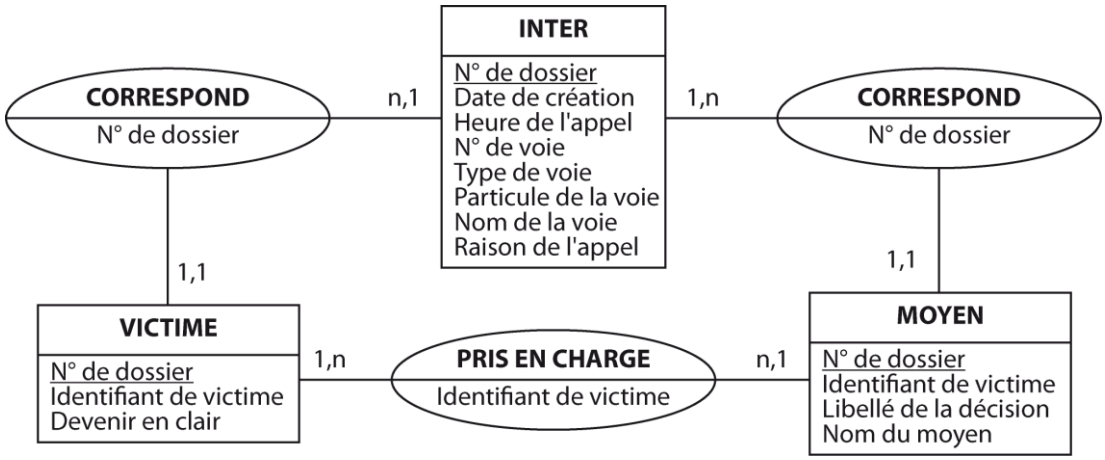


Tableau 7 : Modèle conceptuel des données de la base de données CENTAURE 15 obtenue à partir des données récupérées auprès du SAMU 06.

Les requêtes ont été appliquées sur la totalité des années civiles complètes disponibles dans la BD CENTAURE 15, soit les années 2005 à 2010. Les données ainsi extraites ont été stockées dans une base de données relationnelle également du même nom que la base source, gérée à l'aide du logiciel Microsoft Access. Cela a permis de recueillir des informations sur **469 046 dossiers d'interventions** et **481 397 victimes**.

Les interventions contenues dans la BD CENTAURE 15 se décomposent en deux catégories : celles ayant eu lieu dans les limites du département et celles ayant eu lieu en dehors. Dans le premier cas, elles se caractérisent par le fait qu'au moins un des moyens suivants soit présent sur les lieux :

- un moyen médicalisé ou non du SDIS ;
- un moyen médicalisé des SMUR ;

- un moyen extra-départemental médicalisé ou non (indépendamment du fait qu'il s'agisse de moyens d'un autre SDIS ou d'un autre SAMU). Il arrive qu'à la frontière du département, ce soit des moyens extra-départementaux, médicalisés ou non, qui interviennent, car cela se justifie par les délais. C'est le cas notamment des interventions sur les communes de Cap-d'Ail et Beausoleil, qui le plus souvent sont réalisées par les pompiers monégasques[1].
- Une ambulance privée.

Pour ce qui est des interventions ayant eu lieu hors des limites du département, on distingue également deux situations en fonction de l'origine des moyens intervenus :

- La première, qui nous intéresse plus particulièrement, correspond aux interventions extra-départementales pour lesquelles au moins un moyen de type SAP du département est intervenu, seul ou en renfort d'un moyen local. Ces interventions, même si elles n'ont pas eu lieu dans le département, sollicitent des moyens locaux et modifient donc la couverture opérationnelle. C'est pourquoi il convient de les prendre en compte.
- En revanche, les interventions extra-départementales réalisées par des moyens extra-départementaux, n'ont pas de conséquences sur l'activité opérationnelle du département et n'ont donc pas lieu d'être retenues dans la BD SAP. Le CRRA du SAMU 06 peut être amené à prendre en charge la gestion opérationnelle de SMUR des départements voisins, pour différentes raisons que nous ne développerons pas ici, ce qui explique leur présence dans la BD CENTAURE 15. Elles ont été supprimées.

5.2.3.2. BD PANAMA

L'opération d'extraction des données de la BD PANAMA a été un peu plus compliquée car contrairement à la BD CENTAURE 15, une intervention ne fait pas toujours référence à une victime et un moyen. Pour différentes raisons que nous évoquons ci-après la situation est plus complexe. De plus, nous n'avons également pas pu nous appuyer sur les grandes familles d'informations contenues dans la base pour construire le critère de sélection des requêtes, alors qu'il existe pourtant un type d'intervention intitulé SAP dans la BD PANAMA. Malheureusement, la classe SAP ne comprend pas toutes les missions que réalisent les moyens de SAP. Il faut en effet distinguer : le type d'intervention et le type de moyen. Les moyens SAP peuvent intervenir dans le cadre d'interventions de types différents. Outre les moyens de lutte contre l'incendie, une intervention pour feu urbain peut nécessiter un moyen de SAP pour prendre en charge une personne victime des fumées, par exemple. Ce moyen, qui relève pourtant bien du SAP, est enregistré, comme tous les autres moyens présents sur les lieux ce jour-là, sous le nom de la classe correspondant à l'intervention principale, c'est-à-dire dans cet exemple : incendie.

Pour ces deux raisons, et afin de récupérer le maximum d'informations relatives à l'activité du SAP, nous avons été amené à construire des requêtes différentes de celles

[1] La caserne la plus proche pour intervenir sur ces communes s'avère être celle de la Condamine à Monaco. Une convention de prestation de moyens signée avec le SDIS 06 prévoit donc que ce soit les pompiers de Monaco qui interviennent. Pour être précis, dans ce cas-là, on ne parle plus de moyens extra-départementaux, mais de moyens extra-territoriaux.

utilisées pour l'extraction des données de la BD CENTAURE 15, avec des critères de sélection propres à chacune.

Pour remédier à ce problème, nous avons donc fait le choix d'utiliser comme critère de sélection le type de moyen. On en distingue deux en SAP : les moyens non médicalisés et les moyens médicalisés. Les derniers intervenant généralement en renfort des premiers. Dans la nomenclature PANAMA les moyens médicalisés sont d'ailleurs considérés comme des *équipes* intervenant en renfort et sont, à ce titre, stockés dans un fichier différent. Les moyens non médicalisés, et plus particulièrement les VSAV, sont présents pratiquement à chaque intervention, ne serait-ce que pour le transport des victimes vers l'hôpital. C'est en partant de ce constat et de la complémentarité que ces types de moyens ont entre eux, tant du point de vue opérationnel, qu'au niveau de la structure de la base de données, que nous avons construit les requêtes pour extraire les données de la BD PANAMA.

Le critère de sélection de la première requête a donc été le sigle VSAV correspondant au principal moyen non médicalisé de SAP, d'où son nom : VSAV. Cette requête permet ainsi, à elle seule, de récupérer la grande majorité des interventions. La deuxième a pour but de sélectionner toutes les interventions au cours desquelles au moins une victime a été identifiée, indépendamment : qu'elle ait signé un refus de transport[1], qu'elle soit indemne, blessée légèrement, blessée gravement, ou soit décédée. Enfin, la dernière s'intéresse aux moyens médicaux. Dans la BD PANAMA, tous les moyens médicaux, excepté les moyens héliportés, sont regroupés sous le sigle EM, qui signifie : équipe médicale. Le critère de sélection de la troisième requête, intitulée MED, portait donc sur le sigle EM et le sigle des différents hélicoptères médicalisés :

- HS pour hélicoptère de la sécurité civile ;
- HU pour hélicoptère du SAMU ;
- HG pour hélicoptère de la Gendarmerie ;
- HA pour autre hélicoptère.

De cette manière, toutes les interventions ayant nécessité l'envoi d'un moyen médicalisé, quel qu'il soit, ont été sélectionnées.

Les trois requêtes ainsi formalisées permettent d'extraire la quasi-totalité des interventions de type SAP et les informations afférentes. Les seules situations non prises en compte sont au final rares et correspondent essentiellement à des interventions de type SAP réalisées par des moyens qui ne relèvent pas du SAP et pour lesquelles aucune victime n'a été recensée – autrement elles apparaîtraient dans la deuxième requête. On ne rencontre cette situation que dans les secteurs couverts par une caserne qui n'est pas équipée de VSAV et uniquement pour les interventions les moins graves. En effet, dans le cas où une caserne n'est pas équipée d'une ambulance, les équipes disposent malgré tout du matériel nécessaire pour intervenir et se rendent sur les lieux avec un autre type de véhicule. Il peut s'agir d'un véhicule incendie ou de liaison. Dans les cas les plus graves, le VSAV le plus proche et un moyen médicalisé sont toujours déclenchés. Ils apparaissent

[1] Les personnes qui refusent d'être prises en charge alors que leur état le nécessite doivent signer une décharge que l'on appelle refus de transport pour désengager la responsabilité des secours.

donc, quoi qu'il arrive, sur un compte-rendu d'activité et seraient donc sélectionnés par une requête.

La liste des attributs décrivant chaque intervention prévue par les requêtes est présentée dans le Tableau 8. Les attributs décrivant l'intervention en elle-même sont communs aux trois requêtes car, comme évoqué précédemment et contrairement au cas de la BD CENTAURE, les informations relatives aux victimes et moyens ne font pas forcement références aux mêmes interventions. Dans le cas de la BD PANAMA, certaines victimes ont fait l'objet d'intervention où n'étaient présents ni un VSAV, ni un moyen médicalisé. Ce choix a pour conséquence d'engendrer des redondances dans les données, mais c'est celui qui s'avérait le plus simple, notamment du point de vue de la personne du SDIS en charge de réaliser l'extraction des données directement dans la BD PANAMA.

Si la grande majorité des informations ainsi extraites est complémentaire, une minorité ne l'est pas. Deux situations ont particulièrement attiré notre attention. À L'examen des données, certaines victimes n'auraient été prises en charge par aucun VSAV, alors que certaines d'entre elles ont pourtant bien été transportées vers un hôpital, et ont été médicalisées. De même, certains moyens médicalisés seraient intervenus seuls au profit d'aucune victime. Des approfondissements ont été réalisés afin de s'assurer que ces informations sont bien le reflet de la réalité, et à défaut les supprimer.

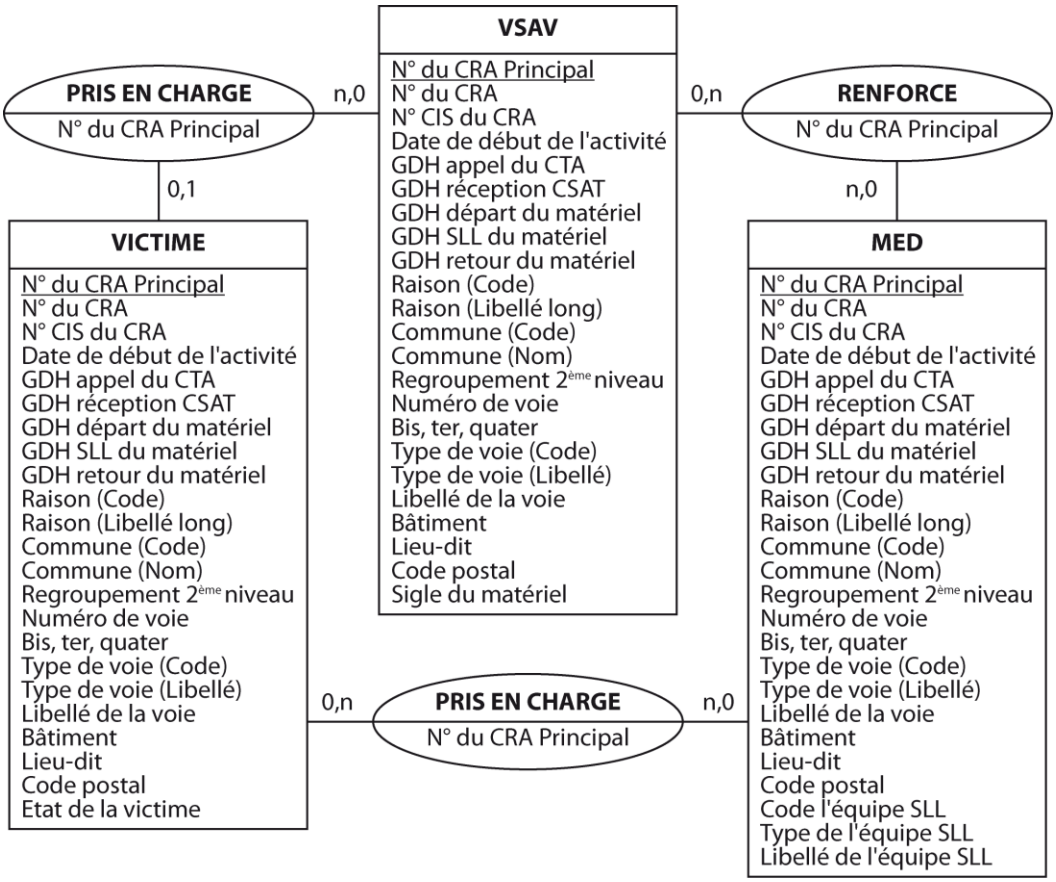


Tableau 8 : Modèle conceptuel des données de la base de données PANAMA obtenue à partir des données récupérées auprès du SDIS 06.

<u>Victimes, médicalisées ou non, sans VSAV</u>

Les raisons qui peuvent expliquer le fait que pour ces victimes nous ne disposons pas de renseignements concernant un éventuel VSAV ou moyen médicalisé sont multiples.

Pour une partie, ces situations relèvent d'opérations qui ne nécessitent pas l'intervention d'un VSAV : des ouvertures de porte, le dégagement d'une personne bloquée dans un ascenseur, un brancardage, ou encore le relevage d'une personne tombée de son lit. Ces interventions sont généralement réalisées par des moyens d'opérations diverses du SDIS, d'où la présence de ces informations dans la BD PANAMA.

Pour une autre partie, il s'agit de victimes prises en charge par des moyens du SDIS autre que SAP, d'où leur trace dans la base de données, qui, soit ont été laissées sur place, soit ont été évacuées vers un hôpital par ces mêmes moyens ou une ambulance privée. Dans tous les cas, elles n'ont pas été prises en charge par un VSAV.

Le fait que certains VSAV au cours de leur vie changent de fonction explique également en partie la situation. Au bout d'un certain kilométrage, il arrive que des VSAV soient transformés en véhicule tout usage (VTU) ou camion d'interventions diverses (CID) parce qu'ils ne remplissent plus les conditions pour transporter des victimes. C'est sous leur nouveau sigle, VTU ou CID, qu'apparaissent, alors, les véhicules dans la BD PANAMA, et il en est ainsi pour la totalité des interventions qu'ils ont réalisées depuis leur mise en service, car la mise à jour est rétroactive. Elle ne tient pas compte de la date à laquelle a eu lieu la transformation. Les informations relatives aux interventions que ces véhicules ont réalisées en tant que VSAV ne peuvent donc pas être extraites par la première requête puisqu'elle porte uniquement sur ce sigle. Heureusement, elles sont extraites via la deuxième requête et la requête concernant les victimes qu'ils ont prises en charge.

Au final, ces informations concernant des victimes sont bien réelles et trouvent toutes des explications. Même si elles ne relèvent pas toutes du champ du SAP, il semble que cela soit le cas pour la majorité, sans pour autant pouvoir le garantir car il n'existe aucun moyen fiable et automatisé de le vérifier. Nous avons donc décidé de conserver l'ensemble de ces données.

<u>Equipes médicales, sans VSAV et sans victime</u>

En ce qui concerne les équipes médicales ne faisant référence à aucun VSAV, ni à aucune victime, pour une partie, il s'agit de moyens médicalisés ayant fait l'objet de CRA distincts. Deux cas de figure se présentent alors. Soit leur présence n'est mentionnée que sur ces CRA et alors l'information n'est pas en double. Soit ils sont également mentionnés en tant que renfort sur le CRA principal de l'intervention et elle est en double. Dans la majorité des cas, ces données s'avèrent redondantes. Ne pouvant pas faire la distinction entre les deux nous avons décidé de toutes les supprimer.

Une autre partie correspond à des missions de soutien sanitaire. Sur toutes les interventions de grande ampleur, nécessitant beaucoup de moyens et s'installant dans la durée, sont présents des moyens médicalisés pour assurer un soutien sanitaire aux personnels engagés. C'est le cas régulièrement, lors d'incendies urbains, de feux de forêt, etc. Les moyens qui assurent ces missions, au moins dans un premier temps, sont les mêmes qui assurent les interventions les plus courantes. Ils ne sont donc plus disponibles dans les mêmes conditions, notamment en terme de délais, et à ce titre modifient la couverture opérationnelle, c'est pourquoi nous avons décidé de conserver les données afférentes à ces missions. En revanche, lorsque les moyens engagés le sont

spécifiquement pour réaliser du soutien sanitaire, les missions qu'ils réalisent ne correspondent plus au champ du SAP, tel que nous l'avons défini.

Enfin, une petite partie concerne les interventions que l'hélicoptère de la sécurité civile réalise dans un autre cadre que le SAP. Comme nous l'avons vu précédemment, l'hélicoptère de la sécurité civile est intégré à la troisième requête, sa mission principale étant le SAP. Or, il est amené à réaliser d'autres types d'interventions, n'impliquant pas de victimes, ni de VSAV, telles que des reconnaissances dans le cadre de pollutions maritimes ou de feux de forêt. Les informations correspondantes n'ont évidemment pas été conservées.

Ce travail nous a conduit à nous intéresser au problème des CRA d'une même intervention qui ne sont pas rattachés entre eux, et ainsi à supprimer des doublons supplémentaires à hauteur d'1% du total des interventions. La BD PANAMA, créée également sous Access à partir de trois tables distinctes, contient au final des informations concernant **526 993 interventions** et **485 614 victimes** sur 6 années.

5.2.4. Etude comparative des sous-ensembles communs aux deux bases

La majorité des données contenues dans les bases PANAMA et CENTAURE 15 est commune aux deux. La solution d'ajouter simplement l'ensemble des données qu'elles contiennent, à la suite l'une de l'autre n'a donc aucun sens. L'idéal aurait été qu'il existe un identifiant unique permettant de faire le lien entre les deux, de manière à être sûr de les fusionner sans doublons ni manques. Non seulement il n'en existe pas, mais il n'est pas non plus pensable d'utiliser, par exemple le lieu, la date, l'heure de chaque intervention pour faire le lien, car rien ne garantit que pour une même intervention, l'heure saisie sera identique dans les deux bases, ou que l'adresse sera orthographiée de la même façon.

La solution que nous avons retenue consiste donc à construire la BD SAP à partir d'un seul des deux ensembles communs, soit celui de la BD PANAMA, soit celui de la CENTAURE 15, mais dans sa totalité, auquel on ajoute la partie des données propres à chacune des deux bases.

Afin d'identifier sur lequel des deux ensembles s'appuyer pour construire la BD SAP, et afin de valider en partie les données qu'ils contiennent, nous avons procédé à leur comparaison. Nous présentons préalablement les différents sous-ensembles que nous avons identifiés dans les BD PANAMA et CENTAURE 15.

5.2.4.1. Les quatre sous-ensembles

Quatre sous-ensembles ont ainsi pu être identifiés pour décrire au mieux les données communes et propres à chacune des deux bases.

<u>Sous-ensemble A</u>

Le premier correspond aux informations contenues dans la BD PANAMA relatives aux interventions n'impliquant aucune victime et pour lesquelles au moins un moyen du SDIS de type SAP, médicalisé ou non, est intervenu (Figure 30). Ces informations sont propres à PANAMA puisque, comme déjà mentionné, la base CENTAURE 15 ne contient que des informations relatives à des interventions ayant impliqué au moins une victime.

Sous-ensemble B

Les données contenues dans le sous-ensemble B (Figure 30) font références aux interventions impliquant au minimum une victime, pour lesquelles est intervenu au moins un moyen du SDIS de type SAP, médicalisé ou non, et aucun moyen des SMUR.

Sous-ensemble C

Les données contenues dans le sous-ensemble C (Figure 30) font, quant à elles, références aux interventions impliquant au minimum une victime, et pour lesquelles sont intervenus au moins un moyen du SDIS de type SAP, médicalisé ou non, et un moyen des SMUR.

Sous ensemble D

Enfin les données du sous-ensemble D (Figure 30) correspondent aux interventions avec victimes, réalisées, seules ou conjointement, par les moyens d'un SMUR, par les moyens des ambulanciers privés ou par des moyens extra-départementaux. Aucun moyen du SDIS n'était présent lors de ces interventions.

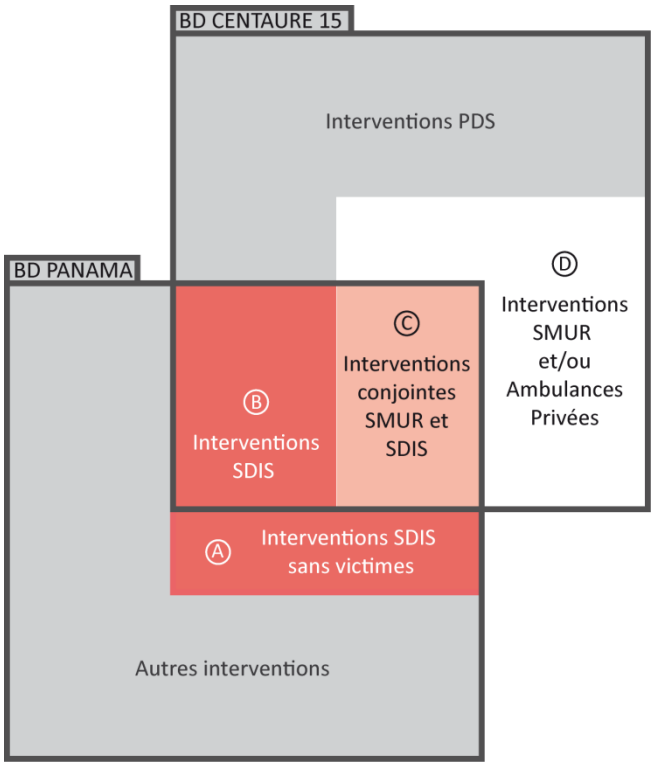


Figure 30 : Sous-ensembles de données communs et propres à la base PANAMA et CENTAURE 15.

Les sous-ensembles B et C sont donc les seuls communs aux deux bases. Ils représentent 89% et 95% de la totalité des données contenues respectivement dans PANAMA et CENTAURE 15. C'est sur ces deux sous-ensembles qu'ont porté les comparaisons.

5.2.4.2. Comparaison des sous-ensembles communs

Le travail de comparaison a porté sur plusieurs types de données et variables (Tableau 9). **Au total, les données contenues dans les sous-ensembles B et C de la BD PANAMA contiennent 5,03% d'interventions en plus que les mêmes sous-ensembles de la BD CENTAURE 15.** Au niveau de certaines communes des Alpes-Maritimes, cette différence est beaucoup plus importante, jusqu'à 155 et 177%, respectivement pour les communes de Beausoleil et Cap-d'Ail (Figure 31).

Afin de mieux comprendre ces différences nous avons comparé manuellement, intervention par intervention, pour un nombre restreint mais représentatif de communes, les informations contenues dans les deux bases.

		PANAMA (B+C)	CENTAURE 15 (B+C)	Différence	Part en pourcentage
Nombre total d'interventions		468 328	444 759	-23 569	-5,03
Nombre d'interventions médicalisées		52 721	55 736	3 015	5,72
	Par le SSSM	33 327	30 362	-2 965	-8,90
	Par le SMUR	23 046	28 673	5 627	24,42
Nombre de victimes		398 093	374 730	-23 363	-5,87

Tableau 9 : Comparaison de différentes variables entre les sous-ensembles B et C des bases de données PANAMA et CENTAURE 15.

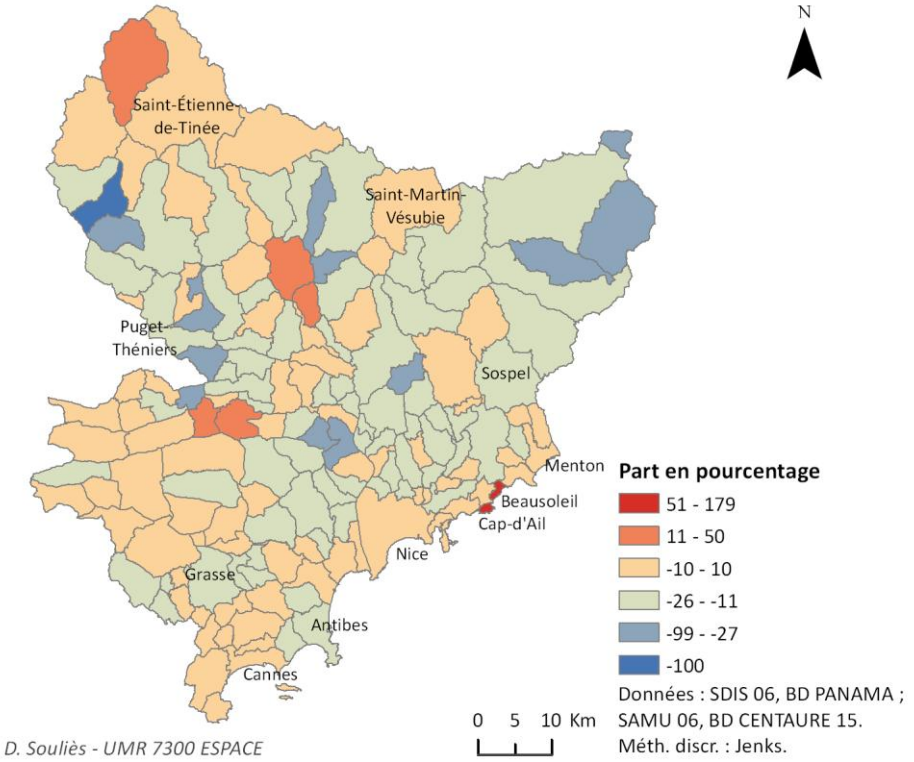


Figure 31 : Comparaison du nombre total d'interventions à l'échelon communal des sous-ensembles B et C de la base CENTAURE 15 par rapport à ceux de la BD PANAMA.

Pour ce qui est des communes de Cap-d'Ail et Beausoleil, la différence s'explique par le fait que les interventions de type SAP sur ces communes sont réalisées, par les pompiers de la caserne de la Condamine à Monaco, et non pas par les moyens du SDIS 06 (cf. p.

123). Les données concernant leurs interventions n'ont donc aucune raison d'être saisies dans la BD PANAMA. Elles le sont en revanche dans CENTAURE 15, car ces interventions sont aussi régulées par le SAMU 06, d'où la différence.

Les différences importantes, négatives ou positives, observées dans un grand nombre de communes du haut et moyen pays, s'expliquent par le fait que le nombre d'interventions y est très faible : de l'ordre d'une dizaine seulement sur la période tout entière pour certaines communes. Quelques manques et doublons dans l'une ou l'autre des bases prennent rapidement des proportions importantes.

Plus généralement, l'étude dans le détail, des données des sous-ensembles B et C a permis de confirmer qu'une petite partie des informations qu'ils contiennent n'est effectivement pas commune aux deux bases.

Les informations correspondantes que nous avons pu identifier font, pour la majorité, référence à la prise en charge et au transport vers un hôpital de blessés légers, dans le cadre d'accidents du travail, de malaises dans un lieu public ou assimilé, ou encore de malaises à domicile. Ce qui explique également la différence de **5,87%** entre les deux bases concernant le nombre de victimes. Pour une partie, ces informations font donc bien référence à une réalité opérationnelle. Autant il est plausible que les opérateurs omettent de saisir certaines informations, autant il est beaucoup moins plausible qu'ils saisissent des informations qui ne correspondent à aucune réalité.

Le fait que les interventions en question n'appartiennent peut-être pas vraiment aux sous-ensembles B ou C est également une explication. Il suffit simplement pour cela que l'implication d'une victime ou la présence d'un moyen du SDIS aient été renseignées dans l'une des deux bases et pas dans l'autre pour que l'appariement des interventions aux sous-ensembles soit différent et la comparaison faussée.

Quoi qu'il arrive, l'existence de la grande majorité de ces interventions n'est donc pas remise en cause. Seule une petite partie relève en réalité de doublons que nous n'avons pas pu supprimer faute d'éléments pour rattacher entre eux tous les CRA d'une même intervention.

En ce qui concerne le nombre d'interventions médicalisées, la différence s'établit très exactement à **5,72%** (Tableau 9). Si la différence est assez faible concernant le fait qu'une intervention ait été médicalisée ou non, celle concernant le type de moyens présents sur les lieux l'est beaucoup moins. Elle s'élève à 24,42% pour ce qui est des moyens du SMUR présents sur les lieux. D'une manière générale, l'opérateur qui saisit les renseignements concernant les moyens médicalisés n'est jamais aussi précis à leur sujet que quand il s'agit de moyens appartenant au même service que lui. Il est donc normal de constater que les renseignements concernant les moyens du SSSM soient plus exhaustifs dans la BD PANAMA, de même pour la BD CENTAURE 15.

La comparaison du nombre d'interventions médicalisées contenues dans la BD PANAMA avec celles qui le sont dans la BD OMEGA tend à prouver le même phénomène (Tableau 10). La différence entre les deux s'élève à 5,98%. Elle s'explique par toute une série d'interventions pour soutien sanitaire qui échappe à la saisie des opérateurs de CTA, mais pas aux médecins et infirmiers directement concernés.

	OMEGA	PANAMA	Différence	Part en pourcentage
Nombre d'interventions médicalisées par le SSSM	39 842	37 458	-2 384	-5,98

Tableau 10 : Comparaison du nombre d'interventions médicalisées réalisées par au moins un moyen du SSSM, entre les bases OMEGA et PANAMA.

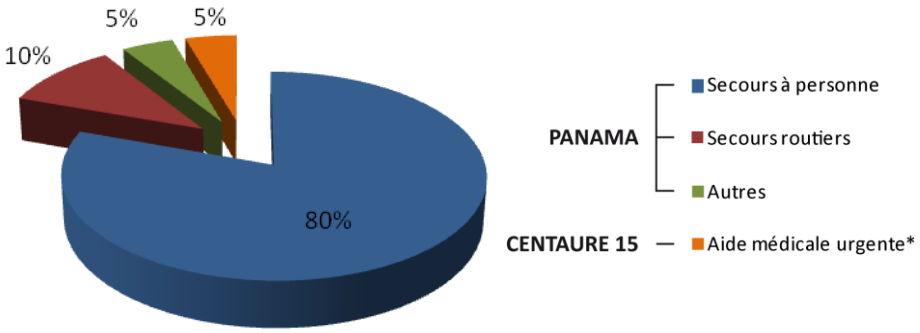
D'une manière générale, les résultats de ces comparaisons indiquent que plus l'opérateur est directement concerné par les informations qu'il saisit, plus il y a été sensibilisé, meilleure est la qualité. C'est pourquoi, à chaque fois qu'il le sera possible, la base de données PANAMA sera consultée pour les informations concernant les moyens du SSSM, et la BD CENTAURE 15, pour les moyens des SMUR.

5.2.5. Composition de la BD SAP

A la vue de l'ensemble des résultats précédents, il semble que les sous-ensembles B et C issus de la BD PANAMA contiennent toute une partie de l'activité opérationnelle du SAP dans les Alpes-Maritimes qui échappe à la BD CENTAURE 15. Notre choix s'est donc porté sur ces derniers pour constituer la BD SAP.

La BD SAP est donc composée :

- **du sous-ensemble A ;**
- **du sous-ensemble B et C issus de la BD PANAMA ;**
- **et du sous-ensemble D.**



* Interventions réalisées, seules ou conjointement, par des moyens des SMUR, des ambulances privées ou des moyens extra-départementaux.

Figure 32 : Composition de la BD SAP.

La BD SAP (cf. Annexe 9, p. 288) contient au final des informations concernant **550 979 interventions** et **509 811 victimes**. En comparaison avec les bases de données généralement utilisées par les SDIS ou les ARS pour travailler sur la localisation des moyens de SAP c'est **10%**[1] d'informations supplémentaires (Figure 32). Ce résultat est obtenu, d'une part, grâce au mode de sélection des interventions de type SAP dans la BD PANAMA. La requête spécifiquement créée pour extraire les données sur le SAP de la BD PANAMA ne repose pas sur les habituelles grandes familles d'interventions (secours à

[1] 20% en comparaison des bases de données qui ne prennent pas en compte les interventions de type secours routiers.

personne, secours routier, opération diverse, risque technologique, etc.) qui en laissent échapper un trop grand nombre, mais sur le type de moyens qui reflète mieux la réalité opérationnelle du SAP. D'autre part, ce résultat est obtenu grâce à la combinaison des informations contenues dans les BD PANAMA et CENTAURE 15.

Les interventions n'étant pas géocodées à la source, en l'état actuel, elles ne sont exploitables qu'à l'échelon communal. Or, il nous a semblé, dès le début de la recherche, que réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens à l'échelon communal était réducteur de la diversité des situations que l'on pouvait rencontrer à l'échelon infra-communal, d'autant que de très nombreuses communes des haut et moyen pays des Alpes-Maritimes sont composées de plusieurs centres distincts, pour certains, de plusieurs dizaines de kilomètres. C'est pourquoi, en plus de toutes les opérations présentées ci-dessus, un travail de géocodage des données a été réalisé (cf. section 6.3.2.3, p. 174). Ce dernier a l'inconvénient de ne pas fonctionner pour une partie des données, faute de renseignements suffisants et de qualité concernant l'adresse. Nous avons donc préféré réaliser et présenter les analyses du diagnostic qui suit, uniquement à l'échelon communal. De plus, nous n'exposons les résultats à un échelon infra-communal que lorsque cela est vraiment indispensable, ceci, afin de préserver au maximum le caractère confidentiel des données.

5.3. Éléments du diagnostic du secours à personne

Le diagnostic se décompose en trois parties : l'analyse du niveau de la demande d'une part, l'analyse du niveau de l'offre, d'autre part, et enfin, l'analyse du degré de couverture à partir des résultats issus des deux précédentes parties.

5.3.1. Analyse de la demande en secours

5.3.1.1. Les différents types de demande

Il est important de préciser, tout d'abord, que les données contenues dans la BD SAP correspondent à différents types de demande suivant que la demande est issue du département des Alpes-Maritimes ou des départements voisins, et selon que les moyens intervenus sont des moyens locaux ou des départements voisins.

La demande majoritairement contenue dans la BD SAP est bien évidemment la demande intra-départementale réalisée par des moyens intra-départementaux. À celle-ci s'ajoutent : la demande extra-départementale réalisée par des moyens intra-départementaux et la demande intra-départementale réalisée par des moyens extra-départementaux. Ces deux dernières sont assez rarement observées dans les différents documents rédigés par les professionnels. Elles permettent de mettre en évidence les relations entre les différents services de secours à leurs frontières et, par la même occasion, d'apporter des éléments de réponse quant au fait de savoir s'il faut tenir compte des différentes frontières lorsqu'on réfléchit à l'optimisation des moyens de secours, ou non.

En ce qui concerne la demande intra-départementale réalisée par des moyens extra-départementaux ou extra-territoriaux, la grande majorité correspond aux interventions

déjà évoquées précédemment, que réalisent les pompiers monégasques sur les communes de Cap-d'Ail, Beausoleil et en partie Roquebrune-Cap-Martin, dans le cadre d'une convention de prestation de moyens signée avec le SDIS 06 (Figure 33). Seules quelques interventions réalisées à Puget-Théniers par les pompiers voisins d'Entrevaux sont à noter. Les quelques interventions réalisées à Nice, Antibes, Cannes et Grasse correspondent à l'intervention de SMUR secondaires pour le transfert de patients vers des hôpitaux de la région (cf. Note de bas de page n°2, p. 49).

En ce qui concerne la demande extra-départementale réalisée par des moyens intra-départementaux cette fois, il s'agit d'interventions auxquelles a participé, seul ou en renfort des moyens locaux, au moins un des moyens intra-départementaux, qu'ils soient médicalisés ou non. Dans la majorité des cas, comme sur les communes d'Annot, Entreveaux, Saint-Pierre, Soleihas, Castellane, Peyroules, Callian, Montauroux, Tanneron, ou encore Fanghetto et Bordighera en Italie, il s'agit d'interventions réalisées par des moyens non-médicalisés tout proches du SDIS 06 (Figure 33). À l'inverse, dans le cas des communes de Fréjus et Saint-Raphaël, il s'agit majoritairement d'interventions effectuées par des moyens médicaux, essentiellement VLI et SMUR Cannes, en complément des moyens non-médicalisés locaux. Enfin, dans le cas des communes plus éloignées, comme Allos et Colmars par exemple, il est question de l'intervention de l'hélicoptère de la sécurité civile.

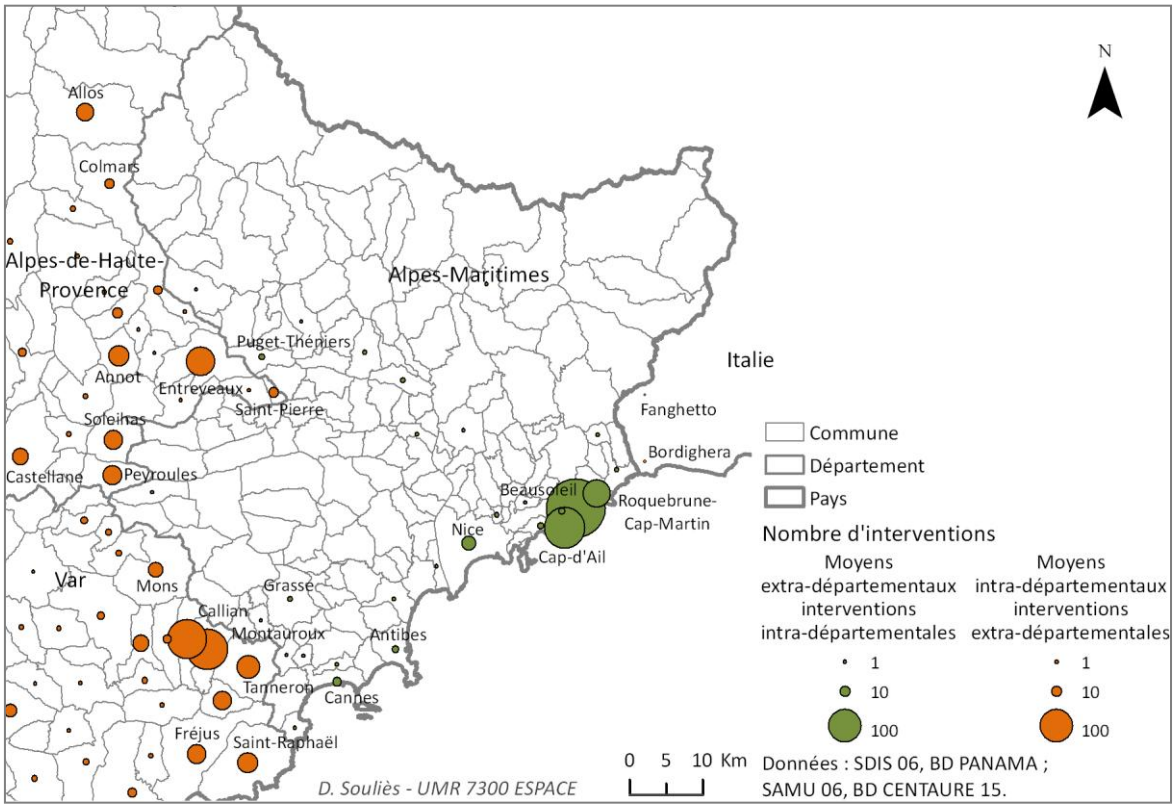


Figure 33 : Nombre d'interventions extra-départementales réalisées par des moyens intra-départementaux et nombre d'interventions intra-départementales réalisées par des extra-départementaux contenues dans la BD SAP sur la période 2005 à 2010.

Sur la question des renforts extra-départementaux et extra-territoriaux, les services de secours travaillent en bonne intelligence, ces observations le prouvent. Ces renforts ont des conséquences sur la disponibilité des moyens des Alpes-Maritimes et de ce fait

doivent être également pris en compte dans la réflexion sur l'optimisation de leur localisation.

5.3.1.2. Nombre, type et localisation de la demande

La suite du diagnostic ne porte plus que sur la demande intra-départementale, qu'elle soit réalisée par des moyens intra-départementaux ou non. L'évolution de cette demande (Figure 34) est, en tout point, égale à l'évolution observée au niveau national (Figure 1, p. 34). Toutes les deux augmentent à un rythme assez soutenu, 3,17%, en moyenne, chaque année, entre 2005 et 2010, pour ce qui est de la demande dans les Alpes-Maritimes, et 4,65%, à l'échelon national, sur la même période. Toutes les deux connaissent également le même ralentissement observé en 2010. Ainsi, le nombre d'interventions que cela représente s'établissait à 97 661 en 2010, soit 268 interventions par jour en moyenne, ou encore une intervention toutes les 5 minutes et 22 secondes en moyenne.

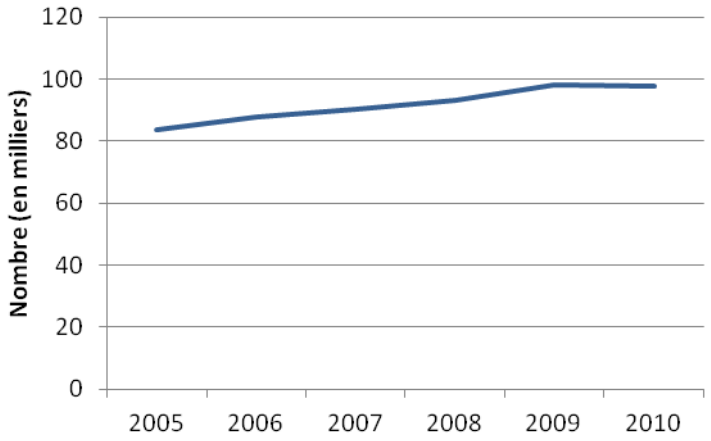


Figure 34 : Évolution du nombre d'interventions de type secours à personne contenues dans la BD SAP sur la période 2005 à 2010 (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

Sur les 509 811 victimes prises en charge par les services de secours dans le département, les blessés légers représentent la plus grande part, 80% très exactement (Figure 35). Avec les victimes indemnes, c'est en grande majorité à eux qu'est imputable l'augmentation du nombre total d'interventions observée (Figure 36). En effet, dans le même temps, les nombres de blessés graves et de victimes décédées restent quasiment stables d'une année à l'autre. Le phénomène est également observé à l'échelon national. Les professionnels avancent plusieurs hypothèses pour expliquer cela (FNSPF, 2007) : une demande de confort médico-social plus importante, en particulier de la part des personnes âgées, la rupture de la permanence des soins dans certains secteurs, ou encore la judiciarisation de la société.

Le nombre de victimes décédées et gravement blessées étant stable, sans surprise, le nombre de recours à des médecins ou infirmiers pour les prendre en charge l'est également (Figure 37). La part d'interventions médicalisées par rapport au nombre total d'interventions s'élève en moyenne, chaque année, à 13% sur la période 2005 à 2010. Les SMUR et le SSSM des Alpes-Maritimes réalisent seuls la majorité de ces interventions, à part pratiquement égale, et le reste, conjointement.

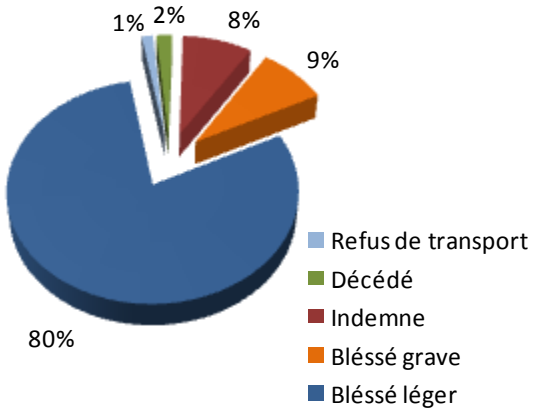


Figure 35 : Part en pourcentage des victimes par état (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

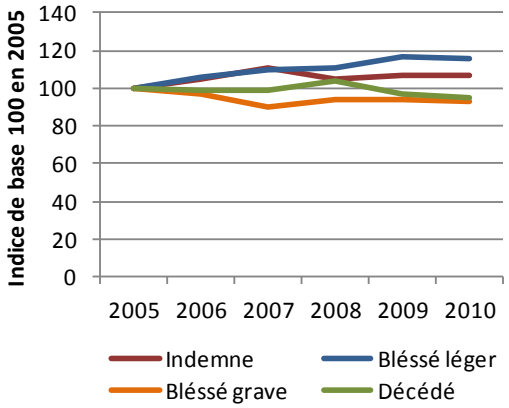


Figure 36 : Évolution du nombre de victimes contenu dans la BD SAP, par état, sur la période 2005 à 2010 (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

Les moyens des SMUR et du SSSM participent ainsi respectivement à 8 et 7% de l'activité totale du SAP dans les Alpes-Maritimes (Figure 38). En ce qui concerne les moyens non-médicalisés du SDIS 06, comme nous le faisions remarquer lors de la création de la requête INTER pour l'extraction des données de la BD SAP (cf. section 5.2.3.2, p. 123), ils sont bien présents dans la quasi-totalité des situations : 98% exactement. Les ambulances privées, quant à elles, sont sollicitées à hauteur de 2% environ.

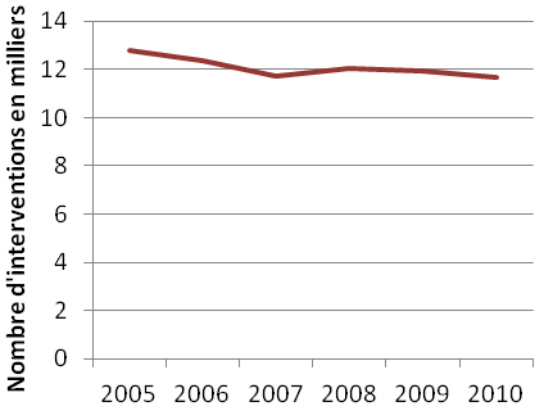


Figure 37 : Evolution du nombre d'interventions médicalisées contenues dans la BD SAP sur la période 2005 à 2010 (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

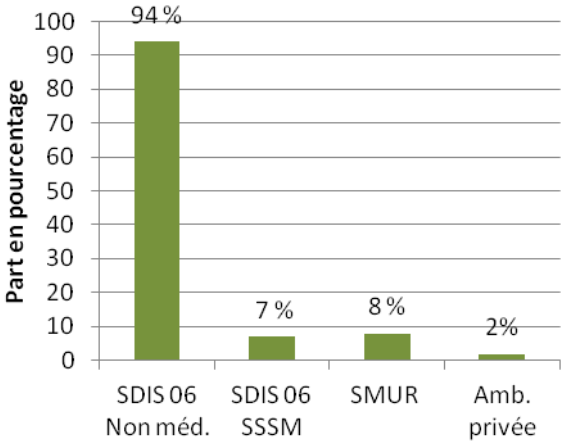


Figure 38 : Part des interventions de la BD SAP auquel participe chacun des services sur la période 2005 à 2010 (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

Si le nombre, le type et la localisation des victimes définissent le mieux le niveau de la demande (

Figure 2, p. 44), s'intéresser au nombre total d'interventions de type SAP, comme nous avons commencé à le faire, apporte un plus car cela permet de prendre en compte toute une série d'interventions qui n'a au final pas engendré de victimes : comme celles ayant été annulées en cours de route, les fausses alertes, les soutiens sanitaires non-

programmés, etc. Or, toutes ces interventions participent, au même titre que les autres, à la sollicitation opérationnelle des services de secours.

La Figure 39 localise les interventions dans le département des Alpes-Maritimes. Cette carte représente le nombre annuel moyen d'interventions de type SAP par commune sur la période 2005 à 2010. Elle n'est pas sans rappeler celle de la page 110 qui présentait la répartition du nombre d'habitants par commune (Figure 25). Le lien entre les deux variables est évidemment très fort.

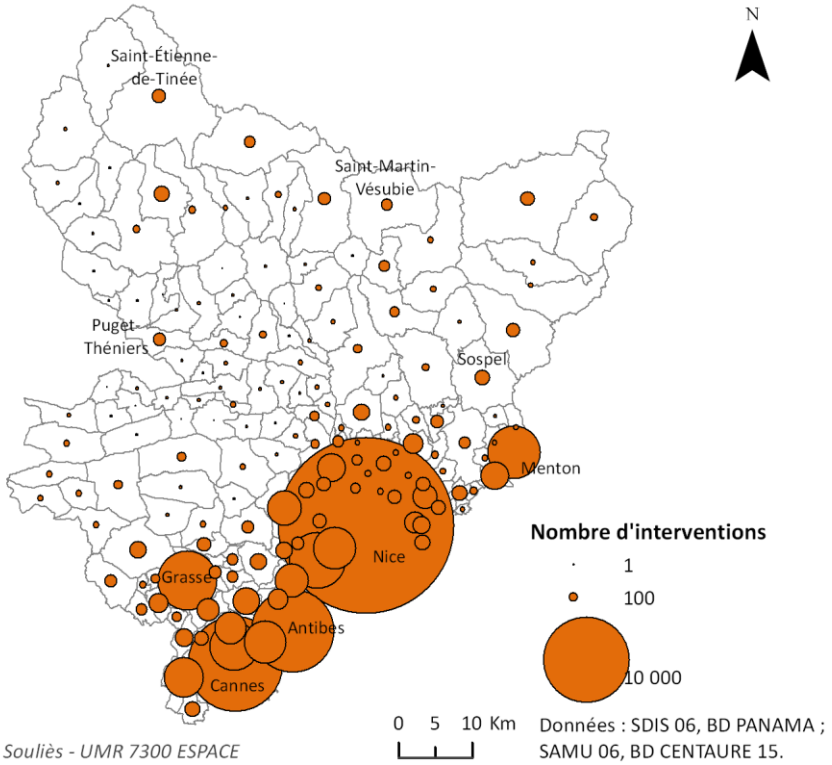


Figure 39 : Nombre moyen d'interventions de type SAP dans les Alpes-Maritimes, par an, sur la période 2005 à 2010.

5.3.1.1. Relation entre le nombre d'interventions et le nombre d'habitants par commune

Pour mettre en évidence la relation entre le nombre d'interventions et le nombre d'habitants par commune, nous avons dans un premier temps calculé le coefficient de corrélation de Pearson entre les deux, et plus précisément, entre logarithme du nombre moyen d'interventions sur la période d'étude et le logarithme de la population municipale de 2011 de l'INSEE. Ce dernier s'élève à 0,955[1], ce qui confirme que le lien est très fort.

De plus, le nombre d'habitants est la variable qui permet d'expliquer le mieux la variation du nombre d'interventions, d'une commune à l'autre. Le coefficient de

[1] La commune de Nice ayant une telle influence avec 344 064 habitants et 208 206 interventions sur la période d'étude, nous avons décidé de remplacer les variables par leur logarithme. Calcul réalisé à partir du logiciel XLSTAT pour Microsoft Excel.

détermination de la régression linéaire que nous avons calculée dans un deuxième temps – toujours à partir du logarithme des deux variables – s'élève en effet à 0,911 (Figure 40).

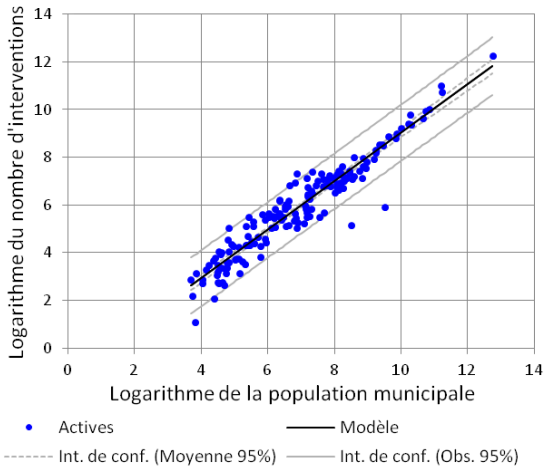


Figure 40 : Régression linéaire entre le logarithme de la population municipale en 2011 et le logarithme du nombre moyen d'interventions sur la période 2005 à 2010 (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15 ; INSEE, population légale 2011).

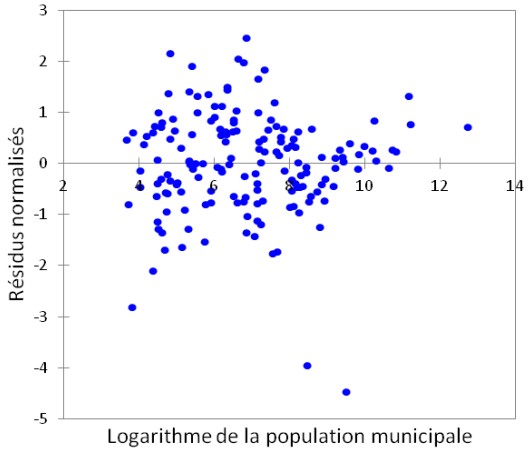


Figure 41 : Résidus de la régression linéaire entre le logarithme de la population municipale en 2011 et le logarithme du nombre moyen d'interventions sur la période 2005 à 2010 (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15 ; INSEE, population légale 2011).

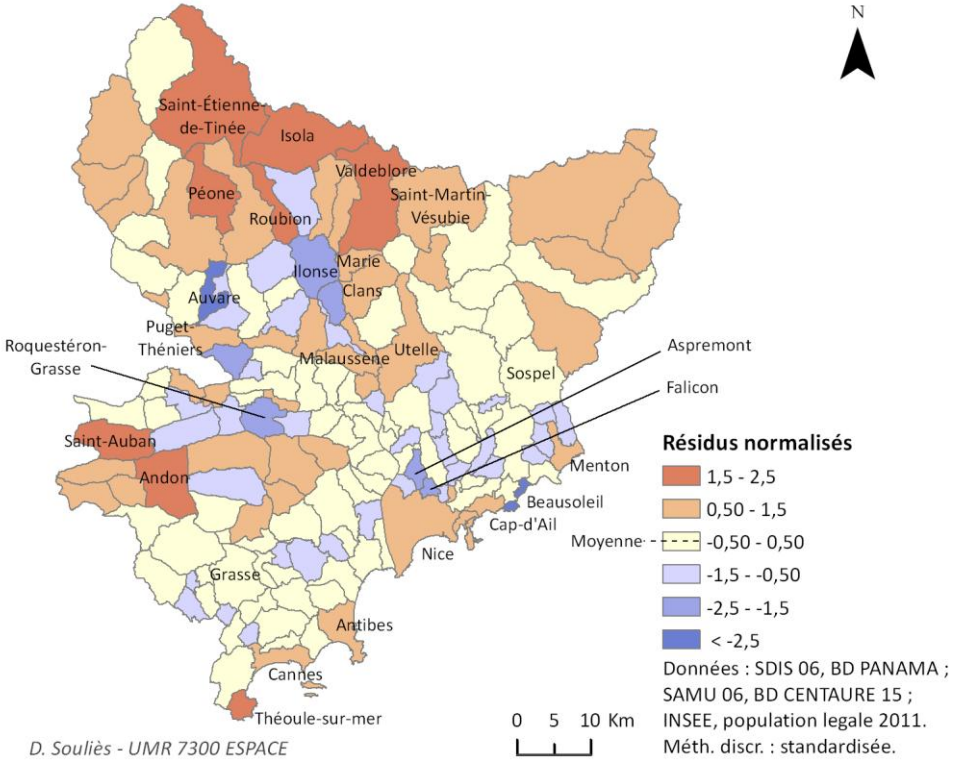


Figure 42 : Cartographie des résidus de la régression linéaire entre le logarithme du nombre d'habitants par commune en 2011 et celui du nombre d'interventions sur la période 2005 à 2010.

Plus que l'analyse de la relation entre le nombre d'habitants d'une commune et le nombre d'interventions, l'intérêt d'une telle démarche réside dans l'étude des résidus (Figure 41). Les résidus correspondent à l'écart, calculé selon la méthode des moindres carrés, séparant chaque point de la droite de régression. Cela contribue à valider la qualité de l'ajustement et permet d'identifier les communes pour lesquelles la relation entre le nombre d'interventions et d'habitants s'éloigne de la situation moyenne. Apparaissent ainsi en rouge sur la carte, Figure 42, les communes où le nombre d'interventions est plus important que ce qu'il devrait être au regard du nombre d'habitants, et en bleu, les communes où, le nombre d'interventions est au contraire moins important au regard du nombre d'habitants.

Les communes en rouge et son dégradé voient leur population croître. Le cas le plus flagrant est celui des communes de Saint-Etienne-de-Tinée, Isola, Valdeblore, Roubion, Péone et Andon. Ces dernières sont toutes le siège d'une station de sports d'hiver (cf. Figure 27, p. 111). Leur population augmente ainsi saisonnièrement, essentiellement l'hiver et l'été, dans des proportions importantes, ce qui explique en grande partie le surcroît d'interventions observé. À cela s'ajoute certainement le fait que les activités qui y sont pratiquées sont particulièrement à risque. Mais nous ne l'avons pas vérifié. Moins flagrant, mais tout aussi fondé, le cas des communes de Menton, Nice, Antibes et Cannes. Ces dernières accueillent en effet quotidiennement de nombreux actifs. La population réellement présente sur le territoire communal chaque jour de la semaine est donc supérieure à la population résidente. Enfin, on compte un certain nombre de communes qui voient indirectement leur population augmenter en raison des flux routiers qui les traversent. C'est le cas des communes situées le long des axes en fond de vallées comme Malaussène, Utelle, Clans ou encore Marie. Ces flux sont générateurs d'accidents de la circulation dont la fréquence apparaît disproportionnée au regard du nombre de personnes résidant à l'année dans ces communes.

Les communes restantes sont à l'inverse des communes dont la population réellement présente s'avère être régulièrement moins importante que les chiffres officiels de la population résidente. C'est le cas pratiquement toute l'année pour de très petites communes comme Auvare, Ilonse, Roquestéron-Grasse. Quant à de nombreuses autres communes comme Aspremont, Falicon, Cap-D'Ail, Beausoleil, les communes voisines de Menton, etc., elles voient leur population d'actifs baisser fortement en journée, la semaine, au profit des communes citées précédemment.

Le lien entre l'activité opérationnelle en matière de SAP est déjà très fort avec le nombre d'habitants à l'année dans une commune, si nous avions pu le tester avec la population présentielle (Conclusion chapitre 1, p. 43), nous aurions certainement trouvé qu'il est encore plus fort. L'analyse de régression et les observations qui en découlent ont également permis de toucher du doigt la mobilité importante des populations dans le département. Mobilité qui entraîne une forte variabilité spatio-temporelle de l'activité opérationnelle. C'est pourquoi, nous avons décidé plus précisément cet aspect de la question.

5.3.1.2. Variabilité spatio-temporelle de la demande

L'activité opérationnelle dans les Alpes-Maritimes est d'abord extrêmement variable dans le temps. Indépendamment de la tendance globale à la hausse chaque année, déjà évoquée, on observe de nombreux effets saisonniers à différents pas de temps. Le nombre d'interventions varie ainsi de façon régulière en fonction de l'heure de la journée, du jour de la semaine, ou pour les effets à plus grands pas de temps, du mois de l'année et des périodes de vacances scolaires et d'école. Le graphique Figure 43 montre, par exemple, l'évolution du nombre d'interventions par mois sur la période 2005 à 2010. La variabilité temporelle est évidente. Une fois extraite la tendance, on peut observer la saisonnalité mensuelle (Figure 44). L'activité des secours connaît ainsi un pic l'été et plus particulièrement le mois de juillet. Le mois de février est quant à lui le mois le plus creux, suivi des mois d'avril et de novembre. Chaque saison est le résultat de plusieurs effets combinés comme : les activités pratiquées par la population dans le département, le calendrier (jours fériés, week-end, dates des vacances scolaires, etc.), la météo, etc.

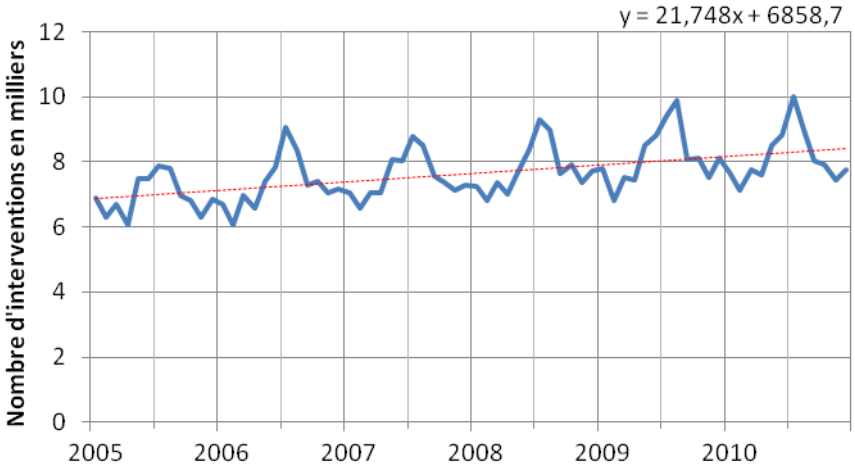


Figure 43 : Nombre d'interventions par mois sur la période 2005 à 2010 et tendance générale de la chronique (SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

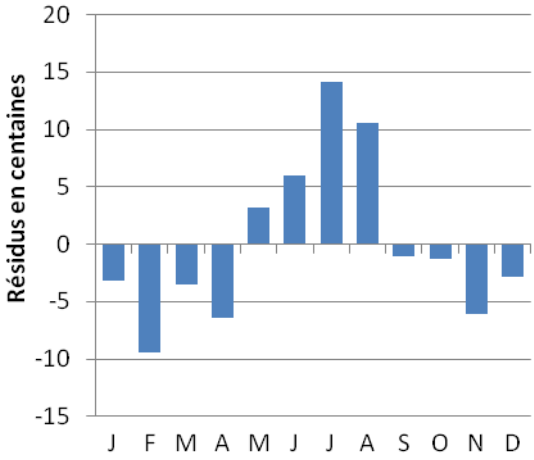


Figure 44 : Ecart mensuel moyen du nombre d'interventions à la tendance (SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

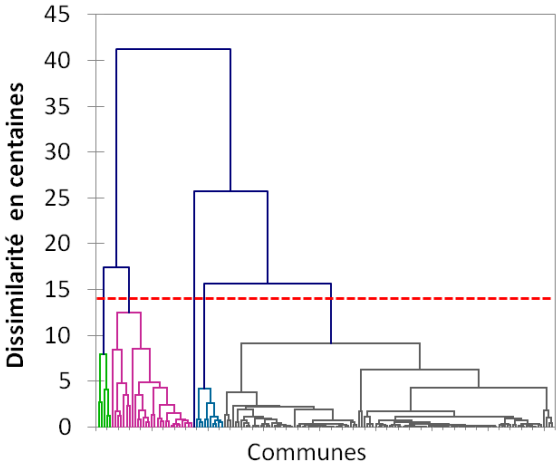


Figure 45 : Arborescence résultant de la classification ascendante hiérarchique.

Ces variations temporelles s'accompagnent en plus de changement dans l'espace. En effet, la saisonnalité de l'activité opérationnelle n'est pas la même partout. C'est en tout

cas ce que nous avons voulu vérifier en réalisant une classification ascendante hiérarchique des communes en fonction de la part que représente chaque mois la demande en secours.

Le résultat de la classification est présenté Figure 45. Nous avons décidé de retenir au moins 5 classes pour synthétiser l'information car en deçà, un groupe de communes au profil temporel particulièrement atypique n'est pas visible. Au total, trois principaux groupes de communes auxquels correspondent trois profils temporels différents ont ainsi pu être mis en évidence.

Le premier regroupe les communes dont le nombre d'interventions est assez soutenu toute l'année avec cependant une progression – plus ou moins marquée suivant les cas – de l'activité en période estivale s'étalant sur plusieurs mois (Classe 1 en bleu, Figure 46 et Figure 47). Sont concernées la quasi-totalité des communes du littoral et du moyen pays. Ce surcroît d'activité l'été est à mettre en grande partie en relation avec la fréquentation touristique observée à la même période (cf. Figure 26, p. 110).

Le deuxième groupe correspond à l'ensemble des communes dont l'activité opérationnelle connaît un pic au mois de juillet ou au mois d'août, proportionnellement au reste de l'année (Classe 2 en orange et classe 5 en rouge, Figure 46 et Figure 47). Il s'agit cette fois de communes du moyen et haut pays où sont pratiquées de nombreuses activités de pleine nature et où la part des résidences secondaires est importante ce qui explique, entre autres, ces deux pics.

Enfin, la classification a permis de mettre en évidence un troisième groupe de communes au profil atypique car à contre-courant de la tendance générale (Classe 4 en vert, Figure 46 et Figure 47). En effet, ces communes connaissent un pic en hiver à l'inverse des autres. Elles sont également marquées par deux périodes particulièrement creuses au printemps et à l'automne. Ce profil particulier s'explique en grande partie parce qu'elles dépendent toutes d'activités liées aux sports d'hiver, excepté Touët-de-l'Éscarène. La plupart sont d'ailleurs le siège d'une station de ski (cf. Figure 27, p. 34).

La classe numéro 3 ne regroupe que la commune d'Auvare. C'est la commune qui compte le moins d'interventions sur la période d'étude, seulement trois en six ans. Ce qui en fait un cas à part.

5.3.2. Analyse de l'offre en secours

Le portrait de la demande en secours dans les Alpes-Maritimes ayant été dressé, il convient de s'intéresser au niveau de l'offre proposée par les différents services de secours pour faire face à la demande. Le niveau de l'offre varie selon nous principalement en fonction du nombre, du type de moyens et de leurs délais d'intervention (cf.
Figure 2, p. 44).

5.3.2.1. Nombre, type et localisation des moyens

<u>Moyens du SDIS</u>

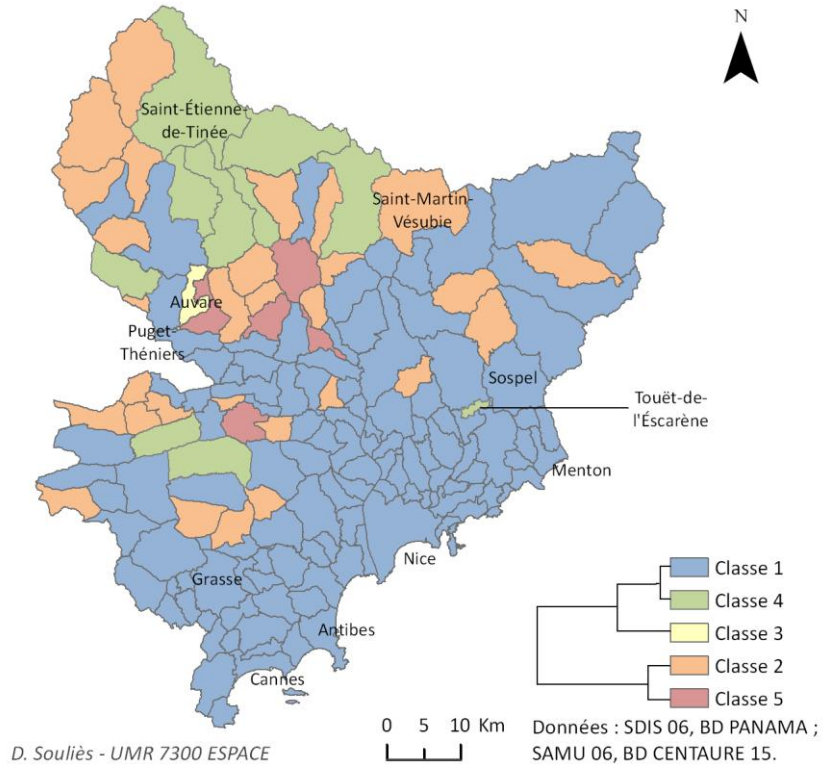


Figure 46 : Représentation cartographique des résultats de la classification ascendante hiérarchique des communes des Alpes-Maritimes en fonction de la part d'interventions par mois sur la période 2005 à 2010.

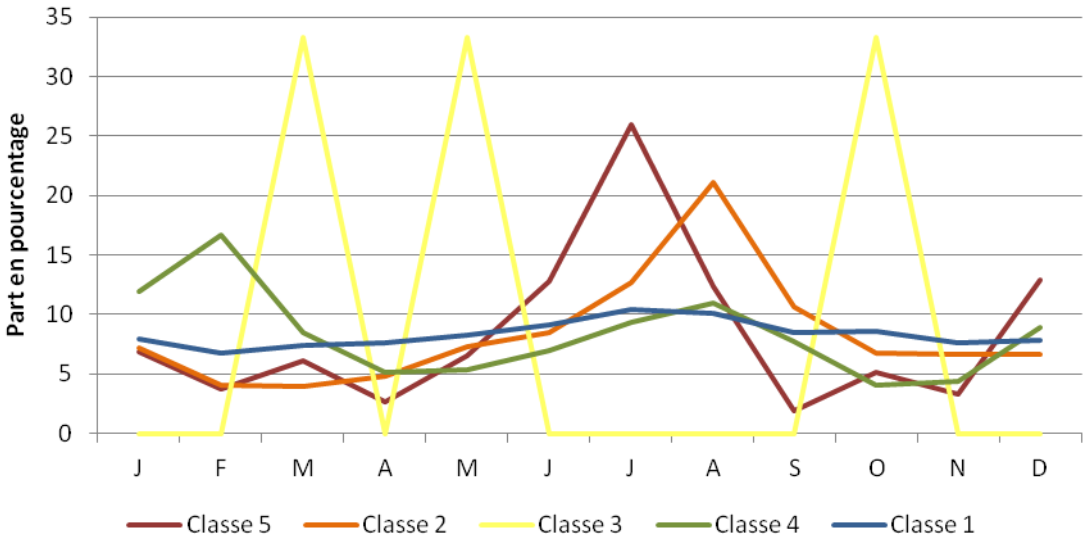


Figure 47 : Part moyenne d'interventions par mois et par classe sur la période 2005 à 2010 (Données : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).

Le SDIS 06 compte au total **74 casernes** depuis lesquelles peut être assurée une intervention de type SAP, grâce aux 122 VSAV opérationnels et 6 sacs de premier secours, permettant à des équipes de secouristes d'intervenir sans VSAV, si leur caserne n'en est pas dotée ou s'il est déjà occupé (Figure 48). C'est sur la bande côtière et d'une manière générale dans les communes de type A que l'on en compte le plus grand nombre, car c'est aussi là que la demande en matière de SAP est la plus importante (Tableau 11). Les communes de Nice, Cannes et Menton disposent même de plusieurs casernes. Dans le moyen et le haut pays, les casernes se répartissent généralement dans les villages les plus importants en fond de vallée. Un certain nombre d'entre elles sont des APS (cf. p. 58). Elles permettent de faire face à l'affluence touristique saisonnière observée précédemment. C'est le cas notamment sur le littoral des casernes Menton Forty, Cannes île Sainte-Marguerite, Saint-Laurent-du-Var, Roquebrune-Cap-Martin, ou dans le moyen et haut pays des APS Isola 2000, Auron et Valdeblore, par exemple.

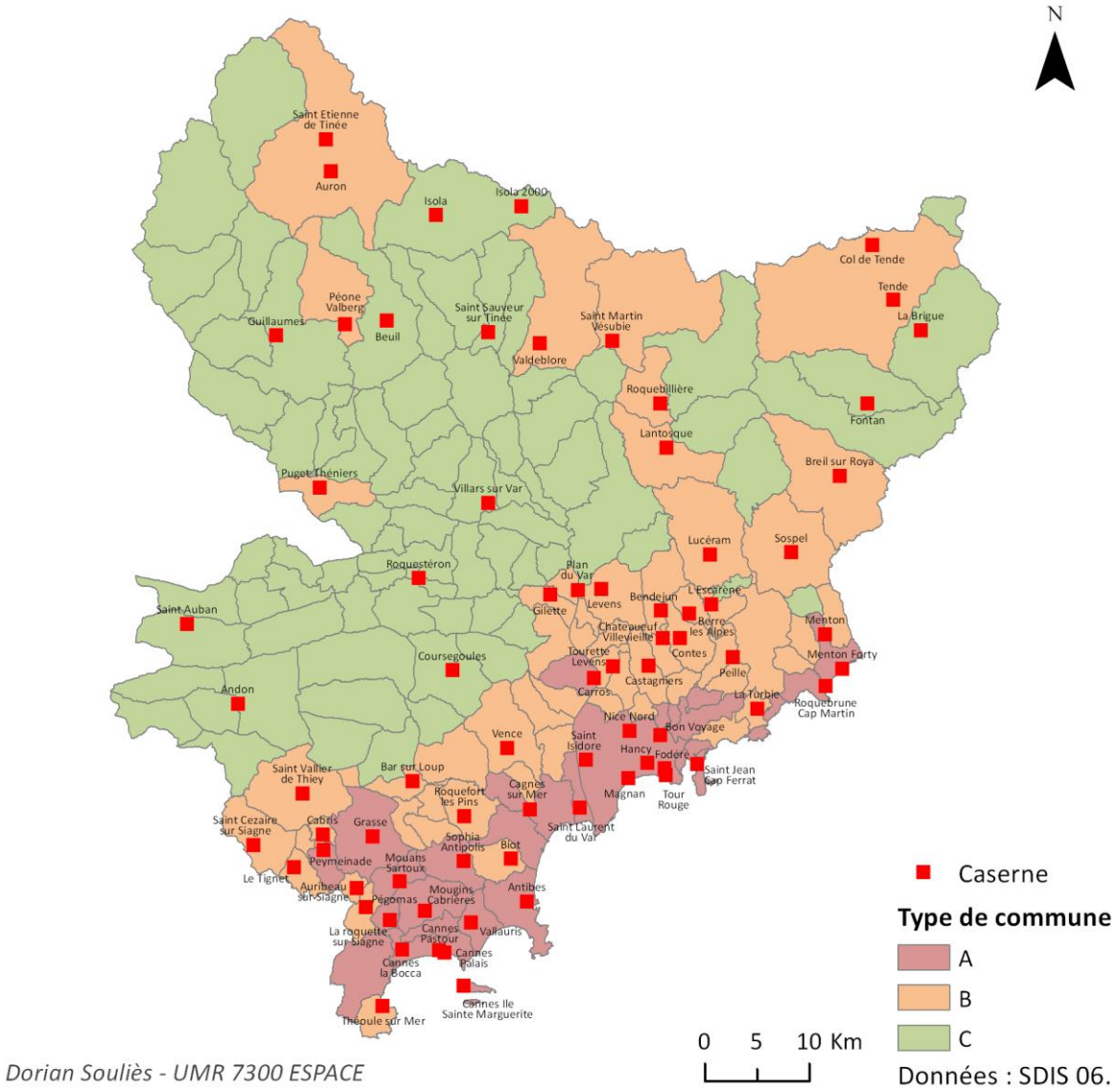


Figure 48 : Localisation des casernes du SDIS 06 équipées de moyens de SAP non médicalisés.

Type de commune	A	B	C
Nombre de casernes	26	36	12

Tableau 11 : Nombre de casernes par type de commune (données : SDIS 06).

Moyens de SAP du Service de santé et de secours médical

En complément des moyens non-médicalisés, le SDIS 06 dispose, par l'intermédiaire de son SSSM, de moyens médicalisés. Les VLM et VLI en composent la plus grande partie. On n'en compte pas moins de **sept** pour intervenir jour et nuit toute l'année (Figure 49). Suivant les périodes, et après analyse de leur activité opérationnelle, certaines VLI sont transformées en VLM. C'est le cas par exemple de la VLI Antibes qui est transformée en VLM, la journée, du 1er juillet au 31 août, pour faire face au surcroît d'activité durant cette période, ou de la VLI Nord, qui est transformée en VLM la nuit, pour renforcer l'offre en moyens médicalisés[1].

Le SSSM compte, en plus, un réseau de médecins et infirmiers locaux sous le statut de sapeurs-pompiers volontaires, répartis essentiellement dans le haut et le moyen pays où les délais d'intervention des VLM et VLI sont les plus longs.

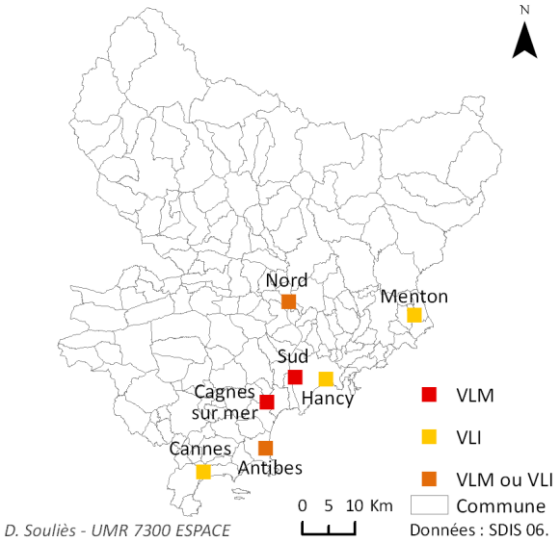


Figure 49 : Localisation des VLM et VLI du SSSM des Alpes-Maritimes.

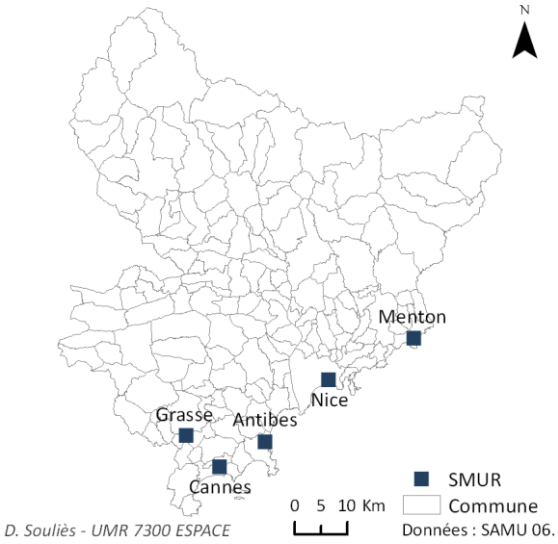


Figure 50 : Localisation des SMUR des Alpes-Maritimes.

Moyens des SMUR

Le département des Alpes-Maritimes compte **cinq SMUR,** au total, depuis lesquels peut intervenir au moins une UMH ou une VL SMUR (Figure 50). Seul le SMUR de Nice en est doté de trois au total. Pour les raisons que nous avons déjà évoquées (cf. section 1.1.2 ; p. 23), tous les SMUR sont installés dans les locaux d'un hôpital. C'est pourquoi on

[1] Par souci d'efficacité et de confort pour l'évacuation des victimes, dans le haut-pays une grande partie des interventions médicalisées est réalisée par l'intermédiaire des hélicoptères de la Sécurité civile et du SAMU. Si techniquement ils peuvent évoluer la nuit, les conditions de vol sont plus dangereuses. Le rapport : bénéfice pour la victime/risques pris par l'équipage, ne penche donc pas toujours en faveur de leur déclenchement. Dans ces cas-là il faut pouvoir compter sur un vecteur d'intervention terrestre.

les trouve dans les principales villes du département. Leur secteur d'intervention s'étend cependant bien au-delà de la limite des grandes agglomérations.

Pour raccourcir les délais dans les secteurs les plus éloignés, le SAMU 06 peut opter pour l'envoi de l'hélicoptère médicalisé basé à Nice. Il peut également recourir à son réseau de médecins correspondant de SAMU dans les secteurs où sont implantés ces derniers.

L'ensemble de ces moyens constituent la couverture opérationnelle théorique du SAP dans les Alpes-Maritimes, car dans les faits tous ne sont pas disponibles 24h/24, 7j/7, toute l'année, ni même dans les mêmes délais. Cela concerne surtout les moyens non-médicalisés et dépend d'abord du niveau de la demande à couvrir, mais également des modalités de fonctionnement de chacun d'entre eux qui peuvent varier localement (mode de garde, fréquence des gardes, horaires des gardes, nombre de personnels de garde, etc.). Il est impossible de relater ici l'ensemble des particularités locales tant elles sont nombreuses. L'analyse des délais d'interventions qui suit permet indirectement de les appréhender car toutes ces particularités ont des répercussions sur le délai de départ du personnel et le délai total d'intervention.

5.3.2.2. Délais d'intervention

Délai total

Nous avons fait le choix pour ce qui est de l'analyse des délais d'intervention, de travailler sur les délais réels enregistrés lors de chaque intervention, contenus dans les bases de données à notre disposition, plutôt que de travailler sur une évaluation théorique des délais à l'aide d'isochrones. Il faut cependant préciser que, ne disposant pas d'informations sur les délais d'intervention des moyens des SMUR, ni sur ceux des moyens monégasques, pour ce qui est des communes de Cap-d'Ail et Beausoleil, les analyses présentées ci-après ne portent que sur les moyens du SDIS 06. D'autre part, lorsque plusieurs moyens étaient présents sur une même intervention, nous n'avons pris en compte que les délais du premier moyen arrivé sur les lieux – indépendamment du type de moyens dont il s'agit. Enfin, nous les avons analysés au regard de préconisations différentes de celles émises par la DSC de l'époque. Ces dernières diffèrent sur deux points.

Le premier concerne le fait que les calculs n'ont pas été réalisés sur la moyenne annuelle des délais d'intervention mais sur la médiane. Pour de nombreuses communes en effet, les délais de certaines interventions se sont avérés extraordinairement longs par rapport à l'ensemble des autres. Nous n'avons malheureusement pas pu nous en assurer avec certitude mais, dans la majorité des cas, il semble que cela s'explique par le fait que les secours aient pu rencontrer ponctuellement des difficultés sur la route, qui auraient ralenti fortement leur progression (une situation de congestion urbaine particulièrement sévère, une chute de neige, des intempéries violentes, etc.), ou qu'il y aurait eu une anomalie dans la saisie des groupes horaires, notamment de celui de l'arrivée sur les lieux des moyens. Pour rappel, la saisie des groupes horaires n'était pas encore automatisée dans tous les groupements territoriaux du SDIS 06 (cf. section 5.2.2, p. 119). Ces valeurs ont pour conséquence de tirer démesurément la moyenne vers le haut et il ne nous était pas possible de toutes les corriger ou les supprimer, c'est pourquoi nous avons décidé

d'utiliser la médiane plutôt que la moyenne. Il faut cependant noter que si la médiane à l'avantage de tenir moins compte de ces valeurs extraordinaires, elle tient moins compte de toutes les valeurs extrêmes d'une manière générale, et donc des délais d'intervention les plus longs.

Le deuxième point qui diffère concerne la valeur de référence retenue pour les communes de type B. Elle s'élève à 10 minutes selon la Circulaire de la DSC (Encadré 2, p. 53). Le SDIS 06, compte tenu des caractéristiques du relief dans les Alpes-Maritimes, a préféré retenir 15 minutes[1].

Les délais totaux n'ont pas pu être calculés pour la totalité des interventions car il manquait pour un certain nombre d'entre elles, soit le groupe horaire de réception de l'appel par le CTA, soit le groupe horaire d'arrivée sur les lieux du premier moyen. Au final, les analyses portent sur les délais totaux de 452 468 interventions, ce qui représente 82% comparativement au nombre d'interventions contenues dans la BD SAP.

Le délai total médian à l'échelon du département tout entier est de 7 minutes. Ce dernier s'élève également à 7 minutes pour les communes de type A, à 9 minutes pour les celles de type B et 17 minutes pour les communes de type C (Tableau 12). Il est donc inférieur aux préconisations émises par le SDIS 06.

Type de commune	**A**	**B**	**C**
Médiane	7	9	17

Tableau 12 : Délais d'intervention médians en minutes par type de commune en minutes sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

Cependant, à l'échelon des communes, toutes ne sont pas dans la même situation au regard des préconisations. Les communes dont les délais totaux médians sont en deçà des préconisations apparaissent en vert (Figure 51). Les communes pour lesquelles les délais totaux médians sont supérieurs ou égaux aux préconisations apparaissent, quant à elles, en rouge (Figure 51). Il est à noter que, pour les communes de Cap-d'Ail et Beausoleil les délais représentés correspondent uniquement aux délais d'intervention qu'ont mis les moyens français pour intervenir depuis les casernes voisines ce qui explique qu'ils dépassent les préconisations. Si nous avions pu tenir compte des délais que mettent les moyens monégasques pour intervenir sur ces deux communes, ils seraient très certainement en deçà des préconisations.

Il est important de noter, au sujet de la carte présentée en Figure 51, que le nombre de délais d'intervention disponibles pour calculer la médiane varie beaucoup d'une commune à l'autre et que pour certaines, il est faible, voire très faible. Cela s'explique parce qu'il n'y a tout simplement pas eu beaucoup d'interventions sur la commune et/ou parce que les groupes horaires d'arrivée sur les lieux n'ont malheureusement pas été renseignés pour toutes les interventions. Il n'est dans ces cas-là pas possible de calculer le temps total qu'ont mis les moyens pour intervenir. Cela n'est pas sans conséquence sur la

[1] C'est également le choix que nous avons fait car cette recherche est réalisée en collaboration avec le SDIS 06 comme cela est indiqué en préambule de cette thèse.

fiabilité des résultats. Les délais médians de certaines communes seraient peut-être différents si d'autres enregistrements étaient disponibles.

Pour tenir compte de cette incertitude, nous avons décidé de créer un indicateur en croisant le nombre de délais d'intervention utilisés pour le calcul et la part que ces délais représentent par rapport à la totalité des interventions qui ont eu lieu sur la commune. Le degré d'incertitude ainsi obtenu repose sur le principe suivant :

- Plus le nombre de délais d'intervention disponibles pour calculer la médiane, et la part qu'ils représentent par rapport au nombre d'interventions total sur la commune sont importants, plus le degré d'incertitude est faible.
- À l'inverse, plus le nombre de délais d'intervention disponibles pour calculer la médiane, et la part qu'ils représentent par rapport au nombre d'interventions total sur la commune sont faibles, plus le degré d'incertitude est fort.

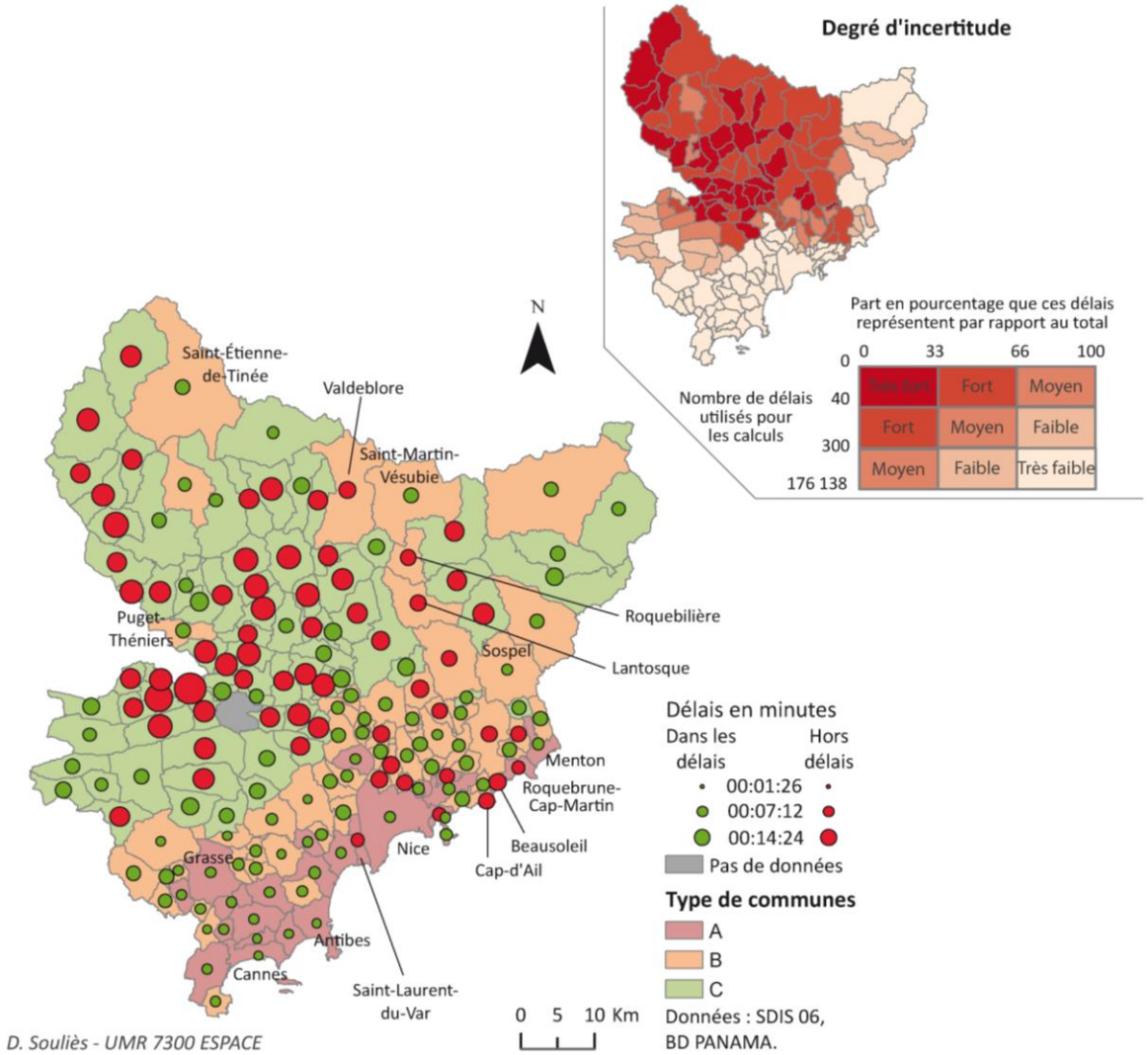


Figure 51 : Délais d'intervention médians par commune et situation des communes au regard des préconisations du SDIS 06 sur la période 2005 à 2010.

Comme nous l'avons déjà vu, le délai que met au total un moyen pour se rendre sur les lieux d'une intervention est la somme de trois délais : de déclenchement des moyens, de départ des moyens et de projection des moyens (cf. p. 39).

Le délai médian de déclenchement des moyens est le même pour toutes les communes du département. Il est inférieur à une minute. Le temps que mettent les opérateurs pour décrocher, prendre contact avec le requérant, noter les renseignements, déclencher les moyens, etc. ne varie en effet pas suivant le lieu où se situe l'intervention. Les raisons qui expliquent une telle diversité des délais d'intervention d'une commune à l'autre n'est donc pas à chercher du côté de ce dernier.

Le délai d'intervention varie en réalité principalement en fonction du temps que mettent les moyens pour partir, et du temps qu'ils mettent pour se rendre sur les lieux. Des deux, le délai de projection des moyens est celui qui influence le plus la disparité des délais d'intervention d'une commune à l'autre. C'est, d'une part, celui qui représente la part la plus importante des délais totaux : 57% contre 29% pour le délai de départ des moyens (Figure 52). D'autre part, si l'on observe la carte Figure 51, on se rend compte que les communes qui connaissent les délais les plus courts sont principalement celles où sont localisées les casernes du département (cf. Figure 48, p. 142) ; et inversement les communes qui connaissent les délais les plus longs sont celles en limite ou à la croisée des secteurs d'intervention de plusieurs casernes.

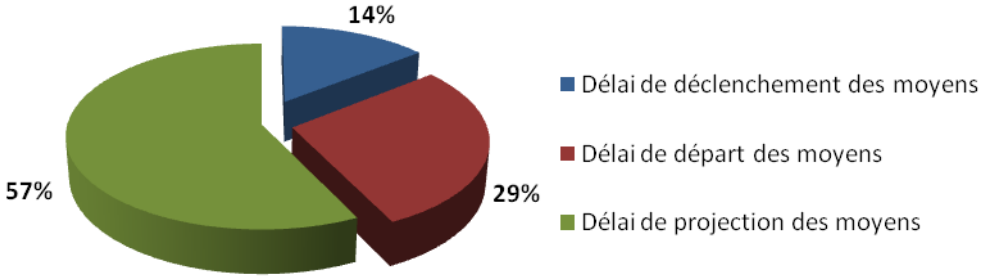


Figure 52 : Part que représente chacun des délais par rapport au total calculée sur la base des médianes sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

Délais de projection des moyens

L'analyse des délais de projection confirme bien le fait qu'ils influencent en grande partie les délais totaux. Ces derniers s'élèvent à 4 minutes en médiane à l'échelle du département et jusqu'à 12 minutes pour les communes de type C (Tableau 13).

Type de commune	A	B	C
Médiane	4	5	12

Tableau 13 : Délais de projection des moyens médians en minutes en fonction du type de commune en minutes sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

La Figure 53 permet de mieux appréhender la part que représentent les délais de projection sur le total (cf. Figure 51). Les communes où les délais totaux sont les plus importants correspondent en effet aux communes pour lesquelles les délais de projection des moyens sont également les plus longs. Cette situation se vérifie pour pratiquement toutes les communes dans des proportions différentes, exceptés pour Saint-Laurent-du-Var, Roquebrune-Cap-Martin, Valdeblore, Roquebilière et Lantosque où malgré la présence d'une caserne les délais dépassent les préconisations (cf. Figure 51).

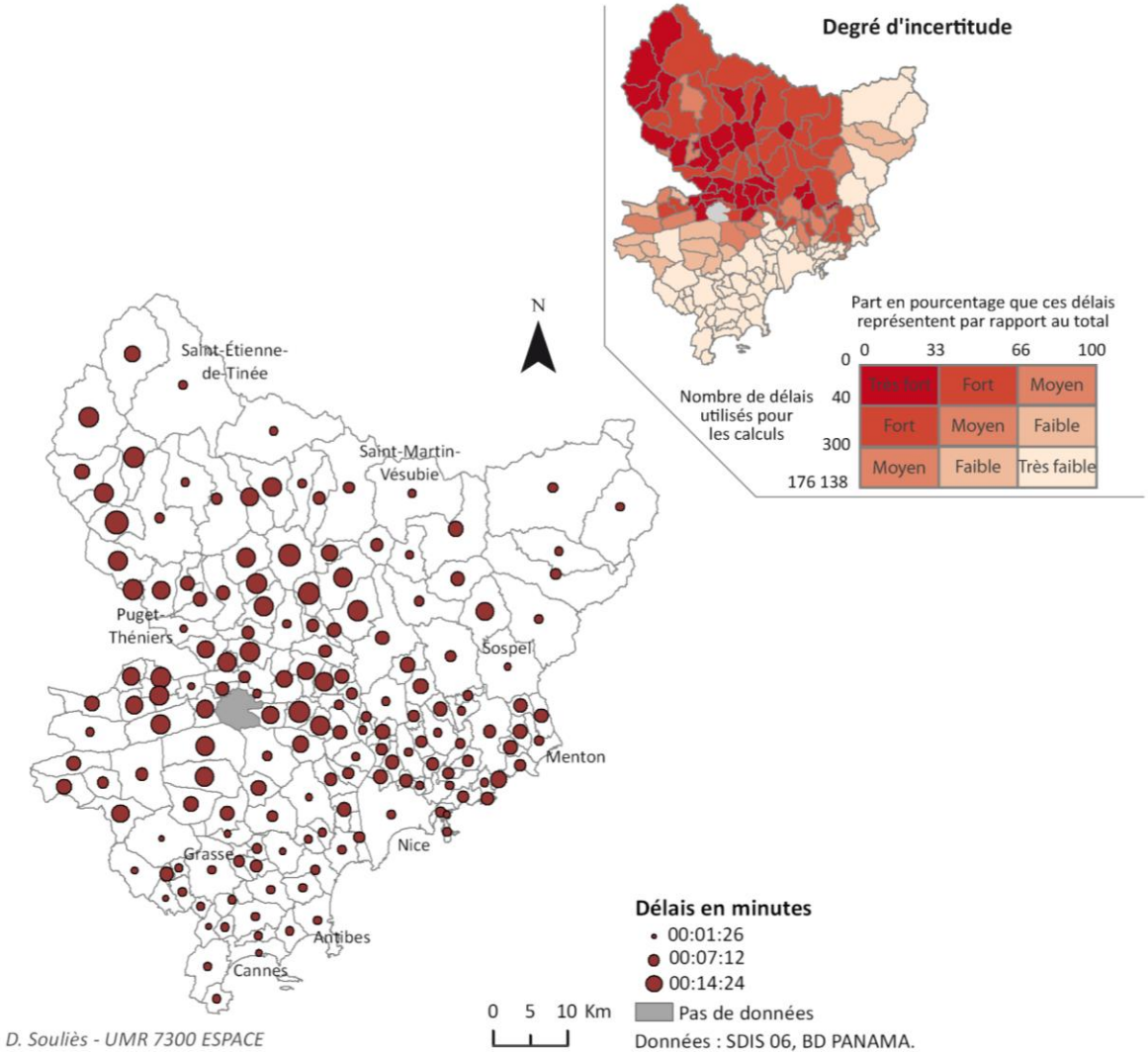


Figure 53 : Délais de projection médians des moyens par commune sur la période 2005 à 2010.

Pour Saint-Laurent-du-Var et Roquebrune-Cap-Martin, la situation est un peu particulière car si une caserne est bien présente sur ces communes, il s'agit en réalité d'APS qui ne sont opérationnelles que l'été, afin de faire face au surcroît d'activité. Le reste de l'année, les communes sont desservies par les casernes voisines ce qui explique que les délais atteignent rapidement les 10 minutes préconisées. Depuis août 2013, l'APS de Roquebrune-Cap-Martin est activée toute l'année ce qui a permis de faire baisser les délais d'intervention. Pour les trois autres communes, les solutions sont à chercher du côté du temps que mettent les moyens pour partir. Les trois casernes correspondantes fonctionnent plus des deux tiers du temps selon le mode de l'astreinte à domicile. Or, comme nous l'avons déjà mentionné (cf. p. 39), ce mode de garde engendre des délais de départ des moyens plus longs, car au temps qu'il faut au personnel pour se préparer et partir s'ajoute celui qu'il leur faut pour rejoindre la caserne depuis leur domicile. Une des solutions pour faire baisser les délais d'intervention consisterait donc à augmenter la part de gardes postées tenues dans ces casernes. Nous ne nous attarderons cependant pas plus sur ces solutions car elles ne relèvent pas du champ de la géographie et s'éloignent de l'objet de cette recherche.

Variabilité du niveau de l'offre

De la même manière que pour le niveau de la demande, le niveau de l'offre varie dans le temps. À l'échelon du département et de l'année, les variations sont cependant beaucoup plus faibles. On observe seulement une différence d'une minute au niveau des délais d'intervention totaux médians entre le jour et la nuit. Cela s'explique par le fait que les personnels sont majoritairement de garde postée – donc prêts à partir – la journée et majoritairement d'astreinte à domicile la nuit.

À plus petits pas de temps et échelons, les variations sont plus importantes et nombreuses. Leur analyse est cependant biaisée, d'autant plus si les calculs portent sur de petites séries et des communes étendues. Les délais d'intervention ne sont en effet pas uniquement le reflet de la situation opérationnelle des moyens. Ils sont également le reflet des distances plus ou moins longues parcourues par ces derniers pour se rendre sur intervention. Toute chose étant égale par ailleurs, les délais totaux de deux interventions, sur la même commune, à deux moments distincts peuvent être très différents uniquement parce que l'une a eu lieu à proximité immédiate de la caserne et la seconde à l'opposé.

De plus il est très difficile de présenter ces résultats de manière synthétique, nous avons donc dû procéder au cas par cas. La Figure 54 et la Figure 55 indiquent par exemple le résultat des variations des délais d'intervention des communes de Saint-Laurent-du-Var et Isola. Les interventions y sont assez concentrées et suffisamment nombreuses. La première est localisée en milieu urbain dense, directement à l'ouest de la commune de Nice. La deuxième accueille la station de ski éponyme Isola 2000. Une APS est présente sur chacune des deux pour faire face au surcroît d'activité, une période de l'année seulement, ce qui se ressent sur les délais d'intervention totaux.

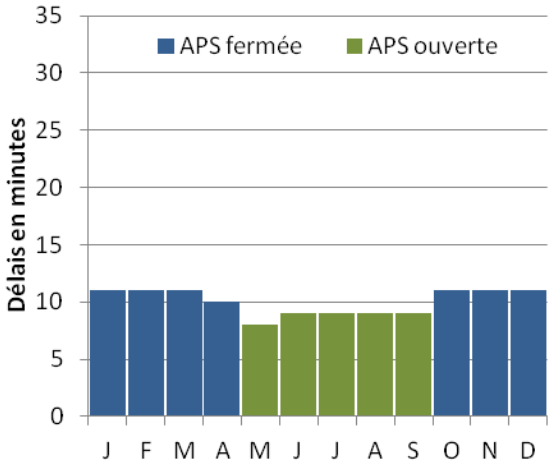


Figure 54 : Évolution des délais d'intervention médians totaux par mois sur la commune de Saint-Laurent-du-Var sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

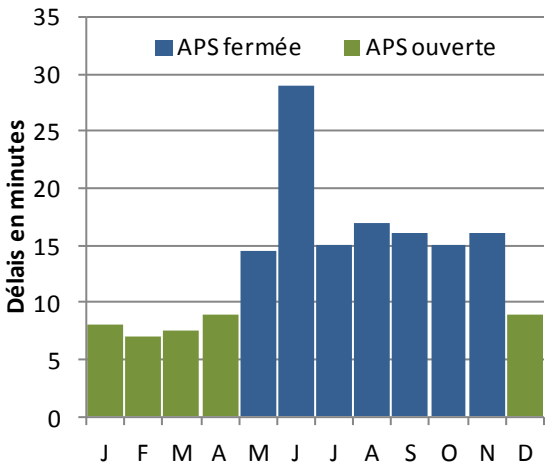


Figure 55 : Évolution des délais d'intervention médians totaux par mois sur la commune d'Isola sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

Les variations du niveau de l'offre étant la plupart voulues par les services de secours eux-mêmes afin de s'adapter au mieux aux variations du niveau de la demande, il y a toutes les raisons de penser qu'elles correspondent bien entre elles. C'est ce que nous allons vérifier maintenant.

5.3.3. Degré de couverture du SAP

Le degré de couverture est le résultat du rapport entre le niveau de la demande et le niveau de l'offre. Il est considéré comme bon tant que l'offre est suffisante pour couvrir la demande (Figure 56). Si le niveau de la demande est supérieur au niveau de l'offre, le degré de couverture est alors bas, et inversement, si le niveau de la demande est inférieur au niveau de l'offre, le degré de couverture peut être considéré comme élevé. C'est le cas notamment en Allemagne et au Royaume-Uni. L'écriture des textes prend alors la forme d'un pourcentage de la demande desservie par tranche de délais d'intervention. Les textes conduisant au dimensionnement des Services de l'urgence médicale au Royaume-Uni imposent par exemple aux *Ambulance Services* du NHS lorsqu'ils sont appelés pour répondre à des catégories A ou B d'appels d'urgence que (Schmauch, 2007) :

- 90% des ambulances intervenant dans le cadre des missions liées aux urgences médicales doivent se présenter sur les lieux dans des délais opérationnels inférieurs à 19 minutes ;
- 50% des précédents délais doivent être inférieurs à 7 minutes.

Les calculs portent sur les moyennes à l'échelon de chaque *Ambulance Service* et d'une année.

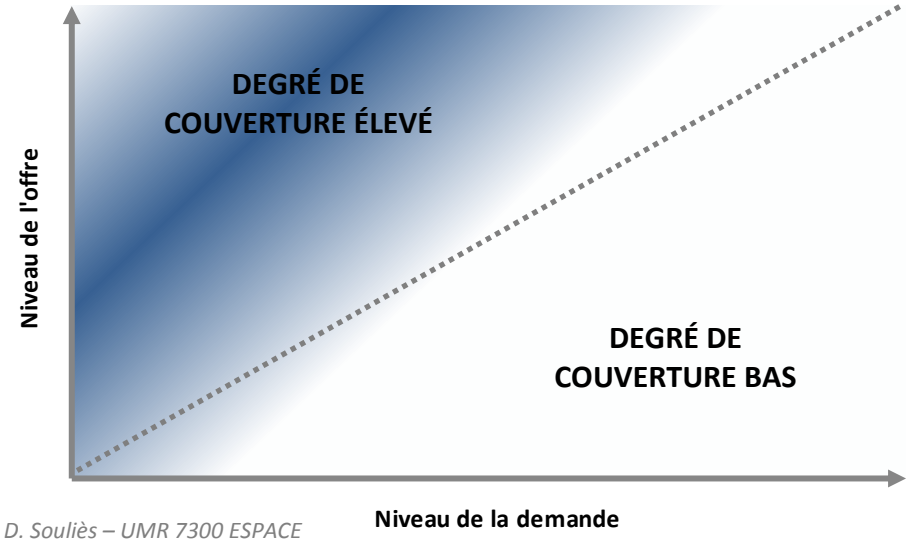


Figure 56 : Degré de couverture en fonction du niveau de la demande et de l'offre en secours.

Appliqué au SDIS 06, 95% des moyens se présentent sur les lieux dans des délais inférieurs à 19 minutes, soit 5 points de plus que les préconisations du NHS pour les *Ambulance Services* et 53% en moins de 7 minutes, soit 3 points de plus (Figure 57). Plus de 98% des interventions sont réalisées dans des délais inférieurs à 30 minutes.

En France, aucun texte n'étant rédigé de cette manière, excepté dans les SDACR de quelques SDIS (Mené, 2002), nous avons décidé de considérer que le degré de couverture était bon simplement lorsque les délais médians respectaient les préconisations émises par le SDIS 06. C'est le cas pour la majorité des communes des Alpes-Maritimes, 97

précisément (cf. Figure 51, p. 146). La part des interventions réalisées en deçà des préconisations s'élève quant à elle à 75,5% du total sur la période d'étude.

En ce qui concerne l'adéquation à l'échelle infra-annuelle entre l'offre et la demande en secours, étant volontairement recherchée, la correspondance est bonne comme le prouvent les deux exemples pris précédemment (Figure 58 et Figure 59). Les périodes d'activation des APS correspondent bien à l'évolution de la demande au cours de l'année.

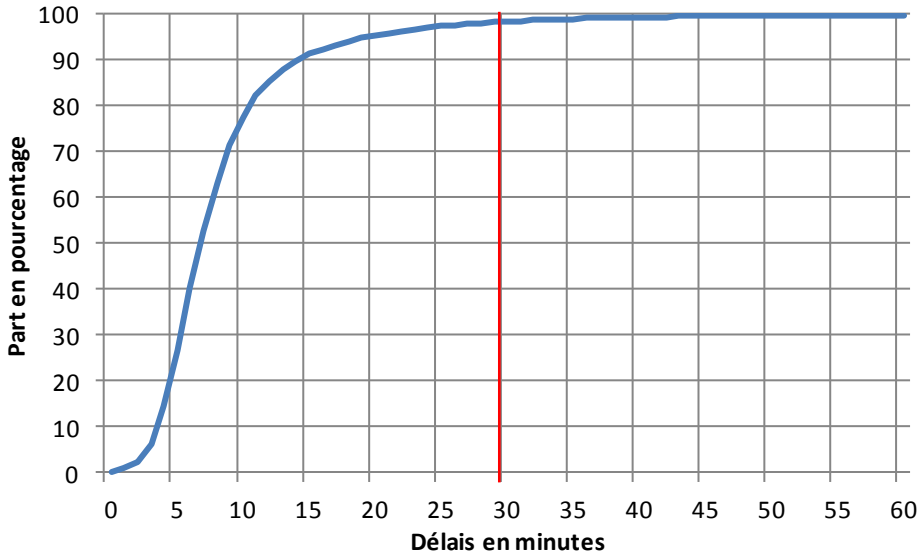


Figure 57 : Part des interventions de type SAP réalisées par les moyens du SDIS 06 en fonction des délais d'intervention sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

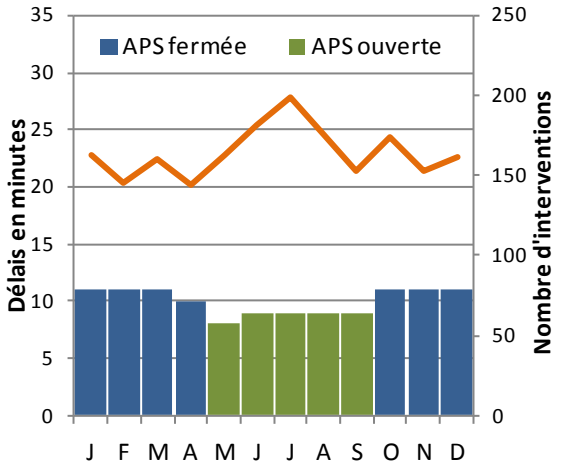


Figure 58 : Évolution du nombre moyen d'interventions et des délais d'intervention médians totaux par mois sur la commune de Saint-Laurent-du-Var sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

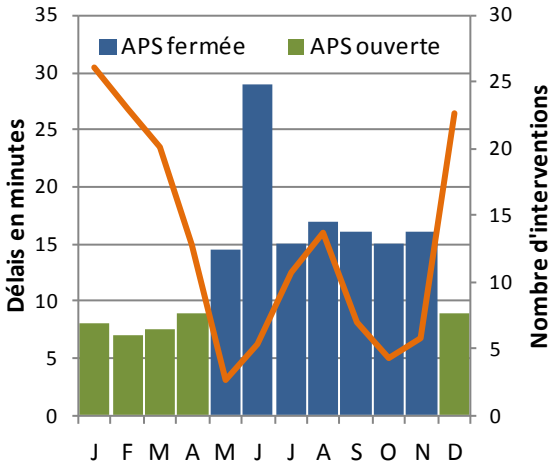


Figure 59 : Évolution du nombre moyen d'interventions et des délais d'intervention médians totaux par mois sur la commune d'Isola sur la période 2005 à 2010 (données : SDIS 06, BD PANAMA).

Au regard de ces éléments, nous pouvons affirmer que le degré de couverture du SAP est dans son ensemble suffisamment élevé. De plus, le degré de couverture d'aucune commune n'est anormalement bas par rapport à l'ensemble. Ceci est la conséquence

directe des efforts faits par les différents services pour adapter au mieux l'offre à la demande dans l'espace et le temps. Cependant, 24,5% de la demande totale et 66 des 163 communes du département se trouvent au-delà des différentes préconisations.

Conclusion du chapitre 5

Avant de réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens de SAP, encore faut-il connaître les caractéristiques du SAP dans les Alpes-Maritimes et en identifier les forces et les faiblesses. C'est tout l'objectif du diagnostic proposé dans ce chapitre.

Les données utilisées pour réaliser le diagnostic proviennent d'une base unique construite spécifiquement à partir de deux bases distinctes : la BD PANAMA du SDIS 06 et la BD CENTAURE 15 du SAMU 06.

La méthode développée pour constituer cette base de données sur le SAP a permis de recueillir 10% d'informations supplémentaires par rapport à celles habituellement utilisées. Ce résultat est obtenu, d'une part, grâce à la requête spécifiquement créée pour extraire les données sur le SAP de la BD PANAMA. En effet, cette dernière s'affranchit des habituelles grandes catégories d'interventions (secours à personne, secours routier, opération diverse, risque technologique, etc.) qui ne reflètent pas bien la réalité de l'activité opérationnelle des moyens de SAP, en s'intéressant plus spécifiquement aux différents types de véhicules présents sur les lieux lors des interventions. Et d'autre part, grâce à l'utilisation simultanée de la BD PANAMA et de la BD CENTAURE 15 comme source des données. Aucune des deux bases ne contient la totalité des informations sur le SAP. Seul un travail réalisé à partir de ces deux bases permet d'obtenir une vision la plus exhaustive possible du SAP.

Un des apports de cette recherche réside d'ailleurs dans le fait d'avoir comparé et utilisé comme source des données issues de deux services de secours différents : le SDIS 06 et le SAMU 06.

Ces données ont permis d'évaluer successivement le niveau de la demande en secours, celui de l'offre et ainsi d'en déduire le degré de couverture en matière de SAP.

Le tableau est le suivant, d'un côté une demande en augmentation constante d'année en année. Elle est principalement concentrée sur la côte et le quart sud-ouest du département et varie d'un mois à l'autre différemment suivant les communes. La grande majorité des communes connaissent une augmentation importante l'été entre mai et septembre. Pour un petit groupe de communes, c'est l'inverse, le pic d'activité principal est l'hiver de décembre à avril, et dans une moindre mesure l'été en juillet et août. Il s'agit de communes tournées essentiellement vers les activités de sports d'hiver et de pleine nature l'été.

L'offre en secours est quant à elle importante et variée. Elle est également concentrée en grande partie sur la côte et le quart sud-ouest du département. Les moyens interviennent en médiane en 7 minutes, ce qui est peu. Les délais peuvent cependant être

beaucoup plus importants suivant les secteurs. Ce sont en grande partie les délais de route qui expliquent leur durée. L'offre ne varie en apparence pas beaucoup dans le temps mais, à petits échelons et pas de temps, elle fluctue malgré tout beaucoup. Les heures et la fréquence des gardes peuvent varier d'un jour à l'autre, d'une semaine à l'autre, voire d'un mois à l'autre suivant les moyens.

Que ce soient dans le temps et dans l'espace, dans la majorité des situations, l'offre et la demande correspondent bien. Pour preuve, les délais d'intervention médians totaux sont inférieurs aux préconisations pour 97 des 163 communes que compte le département. Au regard de la demande, cela représente 75,5% du total des interventions réalisées sur la période d'étude. Néanmoins, une marge de progression est possible pour les 66 communes restantes.

Les leviers d'action pour améliorer la situation des 66 communes dont les délais médians dépassent les préconisations sont nombreux (cf. section 1.3.1, p. 39). Il est tout d'abord possible d'agir sur le type, les horaires et la fréquence des gardes afin de faire baisser au maximum les délais de départ des moyens. Ces mesures ne seraient cependant efficaces que dans quelques cas seulement. La marge de progression la plus importante se trouve du côté des délais de projection des moyens. Les solutions pour les faire baisser résident selon nous principalement dans l'action d'optimiser la localisation des moyens par rapport à la demande dans le temps et l'espace. C'est en tout cas l'hypothèse de départ que nous avons formulée. Il est temps de la tester et surtout de vérifier s'il est possible de réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens de façon opérationnelle.

Chapitre 6 - Modéliser : outil et données

La modélisation du SAP, en tant qu'aide à la réflexion sur l'optimisation de la localisation des moyens du SDIS 06, nécessite de disposer d'une part, d'un outil intégrant des modèles de localisation-allocation de type MCLP ou LSCP au minimum et d'autre part, de données relatives à l'offre, à la demande et au réseau routier. Le tout devant synthétiser au mieux la réalité, et être le plus opérationnel possible.

6.1. Choix de l'outil

6.1.1. Inventaire des outils disponibles

Trois logiciels, dont deux spécifiquement dédiés aux modèles d'optimisation de localisations ont déjà été identifiés : CPLEX, LOLA et LOCALIZA (cf. section 3.6, p. 95). On compte, en outre, un certain nombre de logiciels destinés plus particulièrement aux professionnels.

Les premiers voient le jour dès les années 1970. Une série de logiciels est en effet développée à destination des professionnels par le groupe de chercheurs travaillant dans le cadre de l'institut RAND à New York (cf. section 3.1.2, p. 68). Pas moins de six modèles au total sont alors proposés, dont au moins trois concernant plus spécifiquement les moyens de secours à personne (Goldberg, 2004, p. 25).

Les deux premiers, ***Parametric Allocation Model*** (PAM) et ***Firehouse Site Evaluation Model*** (FHSEM), vont de pair. Ce sont des modèles simples, dans le sens qu'ils prennent en compte peu de paramètres. Le premier permet de connaître le nombre de casernes de pompiers ou d'ambulances nécessaires pour couvrir la demande en secours dans un secteur donné (Rider, 1975). Une fois ce nombre connu, le deuxième, FHSEM, permet d'affiner la localisation de chaque moyen. Pour cela, le modèle ne localise pas lui-même les moyens (Walker, 1975). Il ne fait que fournir des indicateurs de performances pour objectiver une configuration spatiale donnée des moyens sur le terrain. C'est en comparant les résultats de différentes configurations que l'utilisateur arrive à savoir laquelle est la meilleure.

Le troisième modèle, ***Simulation Model of Fire Department Operations*** (FIRESIM) quant à lui, a l'avantage de faire le même travail que les deux précédents réunis (Carter et al., 1974). Il permet en outre de prendre en compte beaucoup plus de paramètres. À l'inverse des deux premiers, le modèle FIRESIM permet par exemple de prendre en compte l'indisponibilité des moyens ou de calculer la charge de travail de manière différenciée pour chacune des casernes. Comme les deux autres, il fournit uniquement

des éléments d'objectivation et pas de localisation à proprement parler. Il est particulièrement recommandé pour les cas complexes de réorganisation de moyens.

Les chercheurs qui les ont développés précisent tous au sujet de ces modèles qu'il s'agit de programmes informatiques complexes – pour l'époque – ne pouvant être utilisés que par des personnes qui comprennent le langage de programmation dans lequel ils sont écrits, en l'occurrence ici BASIC[1], que ces modèles nécessitent une grande quantité de données en entrée et qu'ils sont coûteux à exploiter. De plus, les logiciels correspondant ne sont, depuis, plus disponibles.

En 1993, Repede propose également un logiciel à destination des professionnels (Repede et al., 1993). Il s'agit d'ALIAS[2], une solution sous la forme d'un système d'interface graphique. Nous n'avons malheureusement pas réussi à en apprendre plus sur ce logiciel.

Les seuls logiciels encore disponibles aujourd'hui sont à notre connaissance au nombre de trois : CAD[3] Analyst et Fire/EMS ADAM[4] de Deccan International et Network Analyst d'ArcGIS for Desktop.

Deccan International[5] est une société basée aux Etats-Unis qui commercialise une suite complète de logiciels spécifiquement dédiés aux professionnels des services de secours médicaux et incendie. Les deux qui nous intéressent le plus sont **CAD Analyst** et **Fire/EMS ADAM**. Ils sont tous les deux construits sur le principe d'un SIG interactif. Le premier permet avant tout d'analyser et cartographier les données opérationnelles. Il s'intéresse pour cela à différentes variables comme le nombre et les délais d'intervention totaux et moyens, la part d'intervention couverte dans les délais, les secteurs d'intervention, etc. Les variables sont recalculées de façon dynamique en fonction de l'échelon spatial et temporel d'affichage choisi. Les analyses peuvent porter, au choix, sur l'ensemble des données, ou ne se concentrer que sur certains types d'interventions et de moyens, voire certains moyens eux-mêmes. Couplé avec FIRE/EMS ADAM, CAD Analyst permet d'évaluer l'impact de changements opérés dans la localisation des moyens ce qui est particulièrement intéressant. FIRE/EMS ADAM permet en effet, de supprimer, déplacer, ajouter un ou plusieurs moyens et d'observer directement, via CAD Analyst, les conséquences théoriques que cela peut avoir sur les délais moyens, la part d'interventions couvertes, ou encore les coûts pour le service. Un modèle Hypercube permet d'affiner ces éléments en estimant la probabilité que chaque moyen ajouté ou déplacé a d'être indisponible. Pour aller plus loin, FIRE/EMS ADAM intègre également depuis peu, des modèles de localisation-allocation. Le premier à avoir été proposé semble être un modèle de localisation à couverture maximale (cf. p. 79). Un deuxième de type localisation à recouvrement d'ensemble devrait suivre (cf. p. 78). Deccan International compte comme clients plus de 200 services de secours et d'incendie aux Etats-Unis, ainsi qu'au Canada.

ArcGIS for Desktop est quant à lui un SIG commercialisé par la société ESRI dont la maison mère se situe également aux Etats-Unis. Les SIG ont pour but de stocker,

[1] *Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*.
[2] *Ambulance Location Identification and Analysis System.*
[3] *Computer Aided Dispatch.*
[4] *Apparatus Deployment Analysis Module.*
[5] http://www.deccanintl.com/Index.asp

structurer, gérer, créer et analyser des données géographiques. Ils sont pour cette raison déjà très utilisés par les professionnels des secours. À ArcGIS, s'ajoute une suite d'extensions permettant d'étendre ses fonctions. **Network Analyst** en fait partie. Il s'agit de l'extension spécifique pour la modélisation et l'analyse de réseaux de transport. Parmi les nombreuses possibilités qu'offre cette dernière il y a celle qui permet de travailler à l'optimisation des localisations. Network Analyst contient en effet, par défaut, six modèles de localisation-allocation, dont trois adaptés à la localisation de moyens de secours.

Ces trois modèles sont présentés dans le détail ci-après car, comme nous allons le voir dans la section suivante, c'est l'outil Network Analyst que nous avons retenu pour aider à optimiser la localisation des moyens de SAP du SDIS 06.

6.1.2. Justification du choix de l'outil

Les outils développés par les chercheurs, tels que LOLA ou LOCALIZA, malgré le fait qu'ils intègrent de très nombreux modèles de localisation-allocation, ne sont pas suffisamment opérationnels :

- Leur installation et leur utilisation nécessitent de bonnes connaissances en informatique.
- Leur interface homme/machine peut manquer pour certains de convivialité et nuire à l'appropriation du logiciel.
- L'aide et l'assistance qu'ils proposent n'est pas aussi complète que celle des logiciels commerciaux et n'est surtout pas proposée en français, au mieux en anglais. Pour beaucoup de professionnels l'anglais constitue un frein à la compréhension, d'autant plus qu'il n'est pas question d'un anglais courant mais d'un anglais très technique.
- Enfin, sans toutefois généraliser, l'assistance, le suivi, le développement, la mise à jour de ce type de logiciels est plus aléatoire, moins pérenne dans le temps. Ces tâches sont réalisées par des personnes – généralement les chercheurs qui les ont développés eux-mêmes – dont ce n'est pas l'activité principale. LOLA est par exemple resté une longue période indisponible et sans qu'il soit possible d'obtenir de réponses à d'éventuelles questions.

À cela s'ajoute, pour le logiciel SITATION de Daskin, le fait qu'il soit limité à seulement 300 points d'offre et/ou de demande, ce qui ne permet de l'utiliser qu'à grands échelons ou sur un territoire restreint. Il n'a donc pas été retenu non plus.

Pour ce qui est des logiciels plus spécifiquement destinés aux professionnels, ceux développés dans le cadre de l'institut RAND ont été éliminés d'office puisqu'ils ne sont plus disponibles aujourd'hui. Quant aux logiciels CAD Analyst et Fire/EMS ADAM de Deccan International, ils ne sont commercialisés qu'aux Etats-Unis et au Canada. Nous n'avons donc pas pu les retenir non plus.

Le choix de l'outil s'est donc rapidement porté sur Network Analyst d'ArcGIS. C'est en effet celui qui remplit le plus de critères, notamment en terme d'opérationnalité. Il s'agit d'un logiciel commercial, disponible en France et en français. En plus de l'habituelle

assistance technique, une aide en ligne gratuite très complète pour chaque version du logiciel est disponible pour faciliter son installation et son utilisation. De nombreux SDIS en sont de surcroîts équipés.

6.2. Présentation de l'extension Network Analyst d'ArcGIS for Desktop

Comme indiqué précédemment Network Analyst est l'extension d'ArcGIS for Desktop spécifiquement développée pour la modélisation et l'analyse de réseaux. Il peut s'agir de réseaux routiers, piétons, fluviaux, ferroviaires ou de l'articulation de plusieurs d'entre eux.

Toute analyse de réseaux nécessite la construction d'un jeu de données réseau. Un **réseau** est une classe d'entités linéaires, contenant une simple succession de lignes, appelés aussi **tronçons**, représentant le plus fidèlement possible les contours du réseau réel. À chaque tronçon, suivant le type de réseau, sont associées des informations attributaires comme le sens et la vitesse de circulation, le type, la largeur et la hauteur des voies, le type de revêtement, etc.

Un **jeu de données réseau** est un réseau logique, c'est-à-dire que les entités linéaires qu'il contient ont en plus connaissance des entités auxquelles elles sont connectées. Cela permet de retranscrire la réalité des situations rencontrées sur le terrain aux différentes **jonctions** (point de connexion entre deux tronçons) : possibilité de tourner à droite, à gauche, de faire demi-tour, d'aller tout droit, etc.

Les informations concernant la connectivité des tronçons entre eux, et les informations attributaires associées, permettent au logiciel de calculer rapidement et le plus fidèlement possible des **itinéraires**.

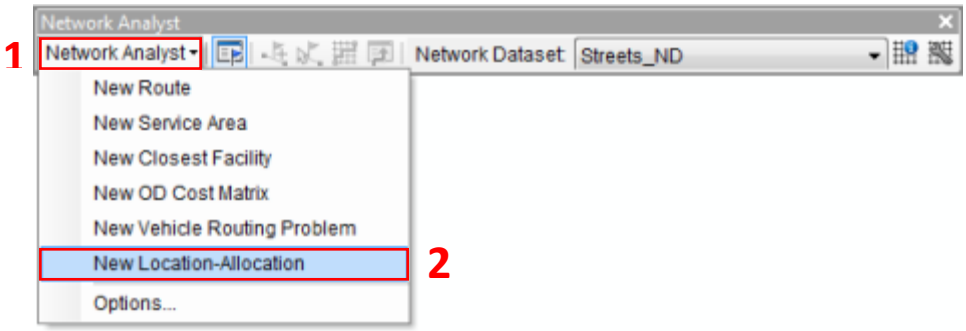


Figure 60 : Barre d'outil Network Analyst d'ArcGIS for Desktop.

L'extension Network Analysts se présente dans ArcGIS fort Desktop comme une barre d'outils (Figure 60). Elle offre la possibilité de réaliser six tâches différentes :

- des analyses d'itinéraire ;
- des analyses de zone de desserte ;
- des analyses de ressource la plus proche ;
- des analyses de matrice de coût origine/destination ;
- l'optimisation de tournées de véhicules ;
- des analyses d'emplacement-allocation.

Le menu déroulant permet d'accéder à ces différentes tâches (1, Figure 60). À chacune d'elles sont associés une couche ou un groupe de couches appelés **couche d'analyse de**

réseau. L'analyse d'emplacement-allocation est celle qui nous intéresse plus particulièrement, car c'est elle qui va nous permettre de travailler sur l'optimisation de localisations (2, Figure 60).

6.2.1. Analyse d'emplacement-allocation

Une fois l'analyse d'emplacement-allocation sélectionnée, toutes les couches nécessaires à sa réalisation sont créées automatiquement et apparaissent dans la fenêtre Network Analyst (3, Figure 61). C'est à partir de cette fenêtre que sont, entre autres, chargées les entités qu'elles contiennent (points de demande, points d'offre, etc.)

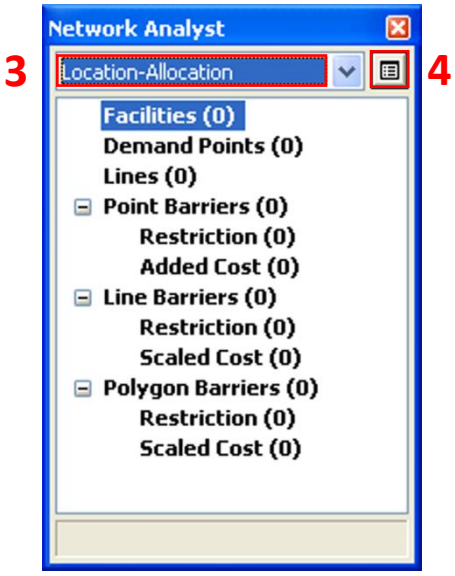


Figure 61 : Fenêtre Network Analyst d'ArcGIS for Desktop.

Le bouton *propriétés de la couche d'analyse* (4, Figure 61) et l'onglet *paramètres avancés* (5, Figure 62) permettent d'accéder aux différents paramètres de la couche d'analyse emplacement-allocation, au premier rang desquels, le choix du problème à résoudre (6, Figure 62).

Six problèmes différents sont en effet proposés, suivant ce que l'on cherche à localiser :

- *minimiser l'impédance* ;
- *optimiser la couverture* ;
- *minimiser les ressources* ;
- *optimiser la fréquentation* ;
- *optimiser la part de marché* ;
- *part de marché cible*.

Outre la courte description et le schéma de principe situé dans la partie droite de la fenêtre *paramètres* (7, Figure 62), l'aide disponible en ligne[1] permet de connaître les situations auxquelles ils s'appliquent et les paramètres qu'ils prennent en compte. On y

[1] http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/004700000050000000/

apprend que les trois premiers permettent bien de localiser des services publics tels que les services de secours à personne. Les trois derniers étant plus spécifiquement adaptés à la localisation de commerces.

Les informations à notre disposition ne nous ont cependant pas permis d'identifier avec précisions les modèles de localisation-allocation associés à chacun d'entre eux. Seule la maison mère, où ils ont été développés, a pu nous renseigner.

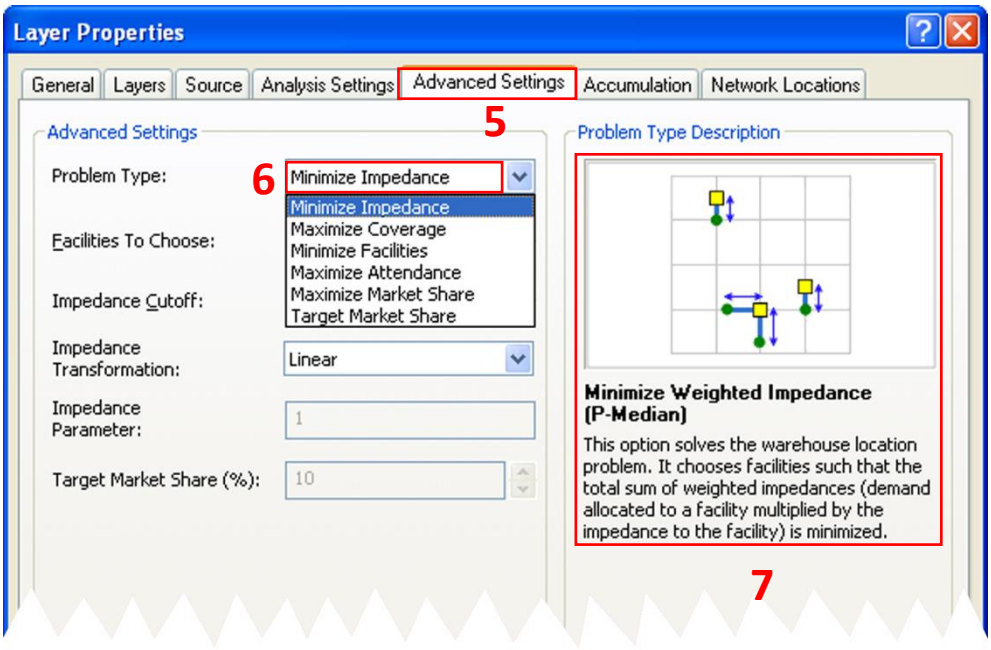


Figure 62 : Propriété de la couche d'analyse emplacement-allocation, onglet paramètres avancés, Network Analyst d'ArcGIS for Desktop.

6.2.2. Identification et validation des modèles de localisation-allocation associés aux problèmes d'emplacement-allocation proposés dans Network Analyst appliqués à l'optimisation de la localisation de moyens de SAP

6.2.2.1. Trois problèmes, trois modèles

La réponse que nous avons reçue de la maison mère nous a permis d'apprendre qu'à l'origine, les trois modèles associés aux trois problèmes disponibles dans l'extension Network Analyst pour réfléchir à l'optimisation de la localisation de moyens de secours à personne étaient les suivants :

- le modèle p-médian (cf. section 3.2.1.1, p. 73 et Annexe 6, p. 285) pour le problème *minimiser l'impédance* ;
- le modèle de localisation à couverture maximale ou MCLP (cf. section 3.2.1.1, p. 79 et Annexe 7, p. 286) pour le problème *optimiser la couverture* ;
- et enfin le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble ou LSCP (cf. section 3.2.1.1, p. 78 et Annexe 8, p. 287) pour le problème *minimiser les ressources*.

Tels qu'ils étaient développés, le modèle p-médian et le modèle de localisation à couverture maximale connaissaient cependant plusieurs limites :

- Pour ce qui est du modèle p-médian, dans le cas particulier où l'on tenait compte d'une limite d'impédance, si le nombre de points d'offre proposé par l'utilisateur n'était pas suffisant pour couvrir toute la demande en deçà de la limite fixée, le logiciel ne proposait aucun résultat.
- Le modèle MCLP quant à lui présentait deux limites :
  - Une fois tous les points de demande couverts de manière optimale, il était impossible de localiser des points d'offre supplémentaires et ce, même si la capacité financière et matérielle du service le permettait.
  - De plus, à l'intérieur de la zone de couverture (cf. Figure 14, p. 77) la localisation du point d'offre se faisait de façon à minimiser la somme des distances sans tenir compte du poids assigné aux points de demande, de sorte que le point d'offre retenu n'était pas forcément localisé là où la demande était la plus importante.

6.2.2.2. Trois problèmes, deux modèles

Pour dépasser ces limites et satisfaire par la même occasion ses clients, **ESRI a décidé à partir de la version 10.0 de son logiciel de remplacer le modèle p-médian et le modèle MCLP par un modèle hybride unique résultant de la fusion des deux** – les avantages de l'un gommant les inconvénients de l'autre.

En effet, dans le cas du modèle p-médian, lorsque le nombre de points d'offre proposé n'est pas suffisant pour couvrir toute la demande en deçà de la limite d'impédance fixée, il est préférable, plutôt que de ne proposer aucun résultat, que le modèle se comporte comme le modèle MCLP. Ainsi, le choix de localisation se porte vers le point d'offre qui maximise le plus le niveau de la demande couverte dans la limite d'impédance.

Inversement, dans le cas du modèle MCLP, lorsque tous les points de demande sont couverts de façon optimale, les points d'offre supplémentaires peuvent parfaitement être localisés suivant la logique du modèle p-médian, de façon à minimiser la somme des distances pondérées.

Ainsi, que ce soit pour résoudre le problème ***minimiser l'impédance*** ou ***optimiser la couverture*** le modèle se comporte de la même manière. Pour bien comprendre son fonctionnement il faut distinguer deux cas, selon que tous les points de demande sont couverts ou non :

- Tant que tous les points de demande ne sont pas couverts :
  - le modèle se comporte dans un premier temps comme un modèle de localisation à couverture maximale, c'est-à-dire qu'il cherche à maximiser le niveau de la demande pondérée couverte dans la limite d'impédance fixée.
  - Dans un deuxième temps, une fois les zones de couverture identifiées, à l'intérieur de ces dernières, la localisation des points d'offre se fait selon la logique du modèle p-médian, à savoir minimiser la somme des distances pondérées.
- Une fois tous les points de demande couverts :

- le modèle minimise la somme des distances pondérées comme le ferait un modèle p-médian.

Le modèle associé au problème ***minimiser les ressources*** n'a quant à lui pas changé. Il s'agit toujours d'un modèle de localisation à recouvrement d'ensemble dont l'objectif est de déterminer et localiser un nombre minimal de ressources nécessaires pour couvrir l'ensemble des points de demande en deçà de la limite d'impédance.

Il est important de noter qu'à nombre égal de points d'offre localisés, le modèle hybride résultant de la fusion du modèle p-médian et du modèle MCLP donne de meilleurs résultats que le modèle LSCP pour ce qui concerne la localisation des points d'offre à l'intérieur des zones de couverture, car comme nous l'avons vu, il tient compte de la somme des distances pondérées pour les localiser, ce que ne fait pas l'autre.

Derrière les trois problèmes d'emplacement-allocation proposés dans Network Analyst se cachent donc en réalité, depuis la version 10.0 d'ArcGIS for Desktop, seulement deux modèles différents[1] :

- Le modèle hybride pour le problème *minimiser l'impédance* et le problème *optimiser la couverture* ;
- Le modèle LSCP pour le problème *minimiser les ressources*.

6.2.2.3. Algorithmique

Les deux modèles sont développés sur la base du modèle unifié linéaire proposé par Hilsman en 1984 (Hilsman, 1984). Beaucoup de modèles de localisation-allocation, dont les modèles MCLP et LSCP, sont dérivés du modèle p-médian. Il existe par conséquent de nombreuses similitudes théoriques et computationnelles entre eux. Partant de ce constat, Hilsman a décidé de les unifier en un seul et unique modèle, ce qui a donné le modèle unifié linéaire. Densham et Rushton propose une application de ce dernier en 1992 (Densham, Rushton, 1992). Ils ont recourt à l'heuristique de substitution de sommet proposée par Teitz et Bart en 1968 (Teitz, Bart, 1968) pour obtenir une solution réalisable. Church revient longuement sur ce modèle et sa mise en œuvre par Densham et Rushton dans un rapport sur la question plus générale de l'intégration des modèles de localisation dans les SIG (Church, Sorensen, 1994).

Plusieurs heuristiques et méta-heuristiques ont été retenues pour obtenir le plus rapidement possible les résultats les plus proches de l'optimum[2]. Dans l'ordre, une méta-heuristique de GRASP[3] est d'abord utilisée pour élaborer un ensemble de solutions semi-aléatoires. L'heuristique de substitution de sommet de Teitz et Bart intervient ensuite pour affiner ces solutions et créer un groupe de bonnes solutions. Enfin, une méta-heuristique de type Path-relinking effectue des combinaisons de ce groupe de bonnes

[1] Le choix d'énoncer, malgré tout, distinctement les trois problèmes et de les afficher comme tels dans l'interface de paramétrage s'explique par le fait qu'ESRI ne voulait pas déranger les utilisateurs dans leurs habitudes.
[2] http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//004700000053000000
[3] *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*.

solutions pour créer de meilleures solutions. Lorsqu'aucune amélioration supplémentaire n'est possible, la méta-heuristique retourne la meilleure solution trouvée.

6.2.2.4. Validation

Les deux modèles ont été validés en interne avant leur commercialisation. La maison mère dans sa réponse ne nous a pas donné le protocole précis de validation utilisé, mais seulement son principe.

Les modèles ont été appliqués à plusieurs cas d'études théoriques pris dans la littérature. Les résultats qui en ont découlé ont été comparés à ceux obtenus dans les mêmes conditions mais avec les modèles, p-médian, MCLP et LSCP tels qu'ils ont été développés à l'origine par leurs concepteurs.

Indépendamment du travail de validation qui a déjà été réalisé, et sans pour autant mettre en doute son sérieux, nous avons décidé d'effectuer par nous même une série de tests du même type, car c'était la meilleure façon de nous assurer d'une part, que nous avions convenablement identifié les deux modèles et d'autre part, que nous avions bien saisi le fonctionnement du modèle hybride.

Ces tests ne sont pertinents que si l'on compare les résultats obtenus à partir de deux modèles de même type. Or, dans le cas du modèle hybride il n'est pas évident de savoir, en tout cas au début, quand les résultats correspondent à ceux du modèle p-médian et quand ils correspondent à ceux du modèle MCLP – les deux étant imbriqués. Cela nécessite de connaître parfaitement son fonctionnement et les paramètres qui le régissent.

En l'occurrence, le paramètre clé pour faire la distinction entre les deux est la limite d'impédance fixée :

- Si elle est supérieure à la distance maximale séparant les points de demande des points d'offre, on est certain que le modèle fonctionne comme un modèle p-médian, car de cette manière tous les points de demande sont nécessairement couverts par un point d'offre.
- Si la limite d'impédance est inférieure à cette même distance, aucun point d'offre ne permet de couvrir simultanément tous les points de demande, le modèle fonctionne alors comme un modèle de type MCLP.

En ce qui nous concerne, les tests ont été réalisés à partir de cas d'étude théoriques simples pris dans l'ouvrage de Daskin : *Network and Discrete Location* (Daskin, 1995). Les résultats que nous avons obtenus ont été comparés à ceux mentionnés dans l'ouvrage pour chaque type de modèle : p-médian, MCLP, LSCP. Ils correspondaient en tout point. Cela nous a permis de confirmer la nature des deux modèles en question et le fonctionnement du modèle hybride et plus largement de valider le fait que l'outil était adapté pour répondre à notre problématique. Encore fallait-il s'assurer que sa mise en œuvre pratique soit simple et opérationnelle. C'est ce que nous avons voulu vérifier ci-après.

6.2.3. Mise en œuvre pratique

Les analyses d'emplacement-allocation proposées dans Network Analyst nécessitent tout d'abord de disposer des données suivantes :

- Un jeu de données réseau (cf. section 3.2, p. 70).
- Une couche d'entités de type ponctuel correspondant aux points de demande en secours (cf. section 3.2, p. 70) et sa table attributaire dans laquelle on trouve :
  - Un champ correspondant aux poids assignés à chaque point de demande (nombre moyen d'interventions de type SAP par exemple).
  - Un champ correspondant à la valeur d'impédance pour chaque point de demande si ce n'est pas la même pour tous.
- Une couche d'entités de type ponctuel correspondant aux points d'offre potentiels en secours (cf. section 3.2, p. 70).

À cela peuvent s'ajouter suivant les cas :

- Une couche d'entités ponctuelles correspondant aux **points d'offre requis**, c'est-à-dire des moyens déjà existants, que l'on veut conserver, et dont le modèle doit obligatoirement tenir compte pour localiser les autres. Il peut s'agir également de moyens d'autres services de secours intervenant en complément de ceux que l'on cherche à localiser.
- Network Analyst permet également d'ajouter des couches de type ponctuel, linéaire ou surfacique correspondant à des obstacles pouvant entraver le cheminement des secours pour se rendre sur intervention. Cela permet typiquement de réfléchir à la localisation de moyens de secours en situation d'inondation. La zone inondée étant alors représentée sous la forme d'un polygone.

L'élaboration de ces différentes couches d'information est l'étape la plus longue et difficile, comparativement à celles nécessaires pour paramétrer l'analyse d'emplacement-allocation[1] :

1. Créer une nouvelle couche d'analyse d'emplacement-allocation à partir du menu déroulant de la barre d'outils Network Analyst (Figure 60, p. 158). Le jeu de données réseau doit impérativement être ouvert dans ArcMap, pour cela.

2. Charger la couche correspondant aux points de demande à partir de la fenêtre Network Analyst (Figure 63).

[1] http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//004700000067000000

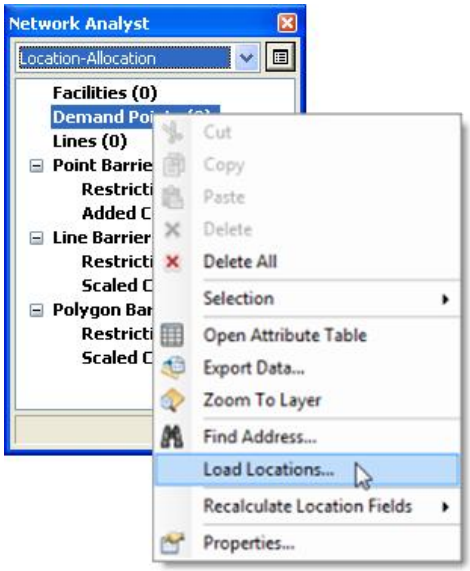


Figure 63 : Ajout de points de demande à partir de la fenêtre Network Analyst (source : ArcGIS for Desktop).

3. Préciser dans la boîte de dialogue quelle est la colonne correspondant au poids assigné à chaque point de demande (1, Figure 64) et éventuellement la colonne correspondant aux valeurs différenciées d'impédance si elles ne sont pas identiques pour tous les points de demande (2, Figure 64).

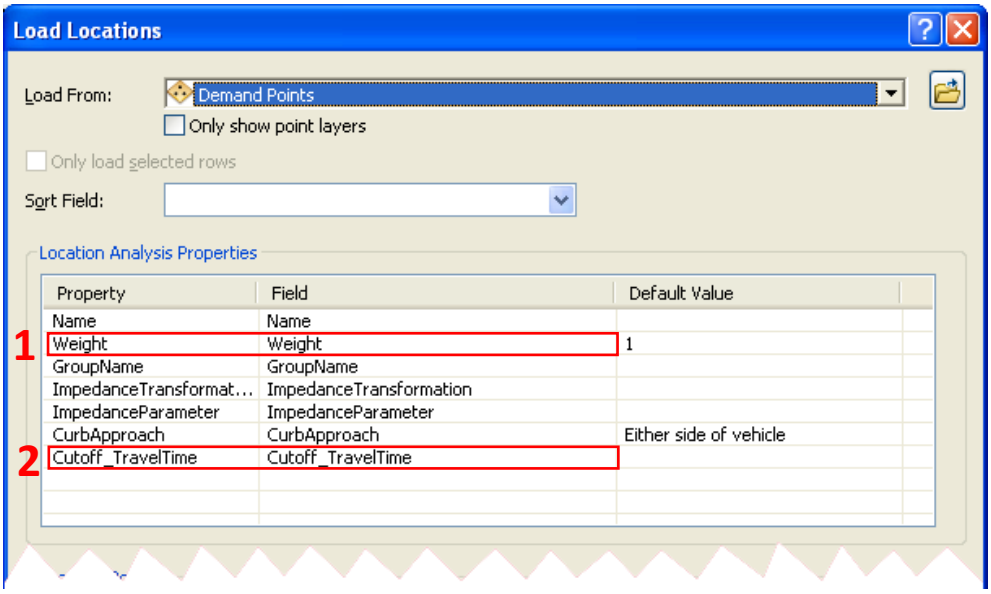


Figure 64 : Boîte de dialogue pour charger les points de demande (source : ArcGIS for Desktop).

4. Charger successivement la ou les couches correspondant aux points d'offre toujours à partir de la fenêtre Network Analyst (Figure 63), en précisant *candidat* s'il s'agit de points d'offre potentiels (1, Figure 65) ou *requis* s'il s'agit de points d'offre requis (2, Figure 65).

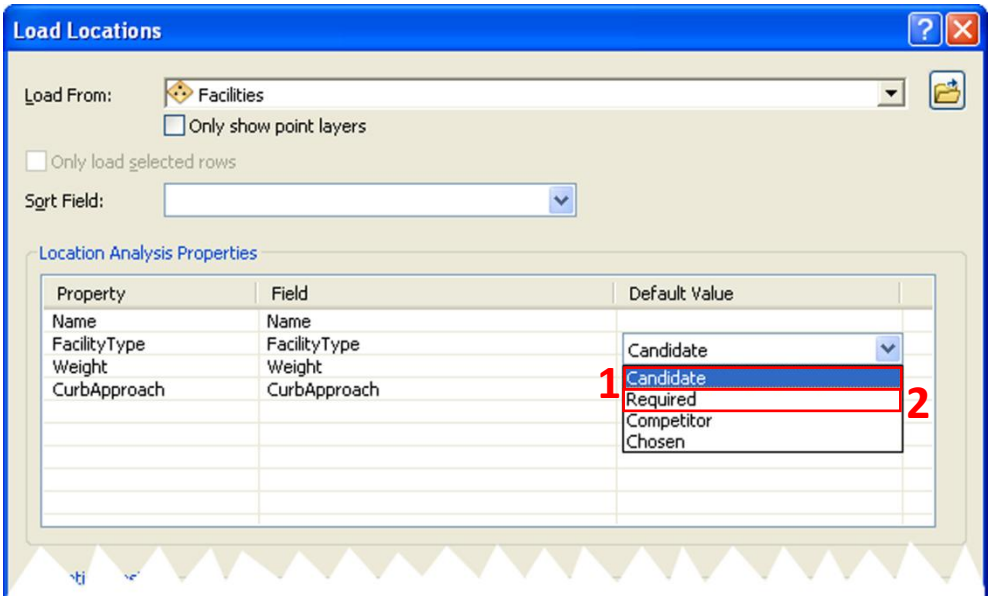


Figure 65 : Boîte de dialogue pour charger les points d'offre (source : ArcGIS for Desktop).

5. Configurer les propriétés de la couche d'analyse d'emplacement-allocation à partir du bouton *propriétés de la couche d'analyse* de la fenêtre Network Analyst (cf. 4, Figure 61, p. 159). D'abord les *paramètres d'analyse* suivant :
   - le référentiel temporel auquel se rapporte la valeur d'impédance (1, Figure 66) ;
   - le sens du trajet considéré entre les points d'offre et de demande (2, Figure 66) ;
   - la prise en compte des sens uniques et d'éventuelles restrictions de circulation (3, Figure 66) ;

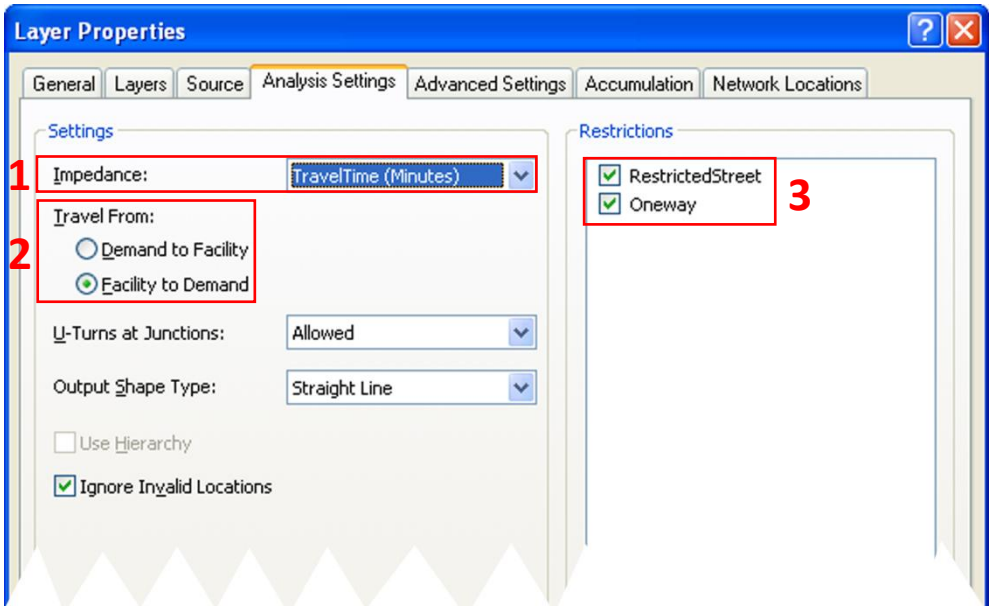


Figure 66 : Propriétés de la couche d'analyse d'emplacement-allocation, onglet *paramètres d'analyse* (source : ArcGIS for Desktop).

Puis les *paramètres avancés*, et principalement :

- le type de problèmes à résoudre (1, Figure 67) ;
- le nombre de points d'offre à localiser (2, Figure 67) ;
- et la limite d'impédance globale (3, Figure 67).

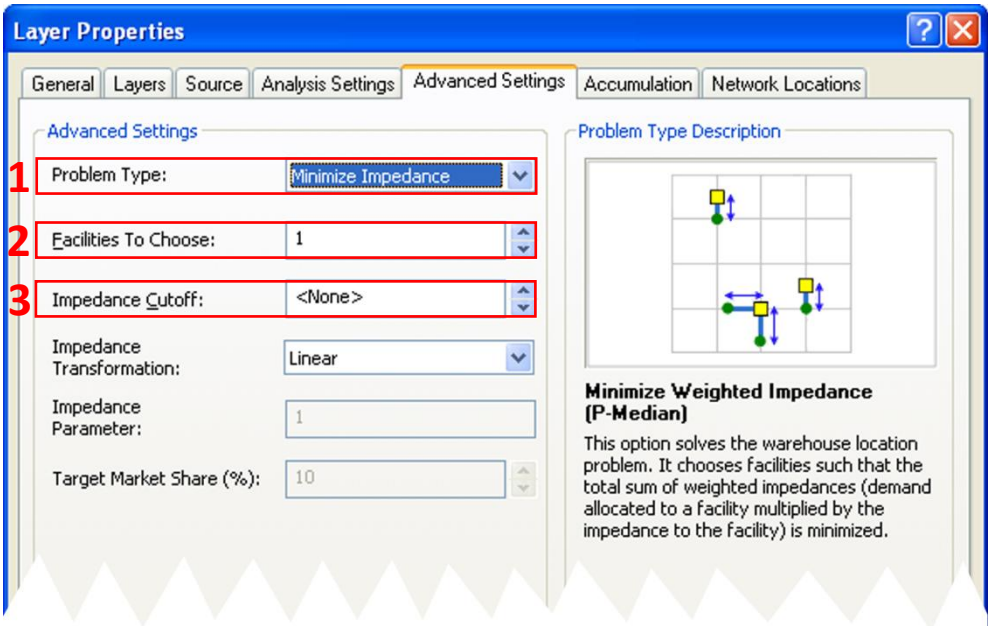


Figure 67 : Propriétés de la couche d'analyse d'emplacement-allocation, onglet *paramètres avancés* (source : ArcGIS for Desktop).

6. Enfin cliquez sur le bouton *rechercher* de la barre d'outils Network Analyst (Figure 60, p. 158).

Une fois l'analyse terminée, les résultats apparaissent sous la forme d'une couche SIG classique avec sa table attributaire.

Comme on peut le voir, la création et le paramétrage des couches d'analyses d'emplacement-allocation proposées dans l'extension Network Analyst sont simples et ne nécessitent pas un nombre très important d'opérations, ce qui en fait un outil, du point de vue de la mise en œuvre pratique, parfaitement opérationnel.

6.3. Données

6.3.1. Données concernant le réseau routier

6.3.1.1. Construction du jeu de données réseau

La création d'un jeu de données réseau, en plus des informations concernant la géométrie et la géo-localisation des arcs et des sommets, nécessite de disposer au minimum des informations suivantes :

- la vitesse moyenne de déplacement sur chaque tronçon ;

- le sens de circulation (sens unique dans un sens, sens unique dans l'autre sens, double sens) ;
- l'altitude de l'extrémité de chaque tronçon pour réaliser les bonnes connexions entre eux, notamment au niveau des intersections avec des ponts et des tunnels routiers.

Toutes ces informations ne sont pas disponibles dans les BD CARTO et TOPO fournies par l'IGN. Une des solutions consiste alors à se tourner vers des fournisseurs de données routières tels que NAVTEQ ou TomTom, pour n'en citer que deux. Ces données sont payantes mais les sociétés qui les commercialisent ont l'avantage d'être connues ce qui les rend accessibles aux différents services de secours.

En ce qui nous concerne, nous avons utilisé la **base de données routière NAVTEQ**. Nous avions envisagé dans un premier temps de travailler sur les données issues des comptages routiers, fixes et temporaires, réalisés par le Conseil général des Alpes-Maritimes, un acte d'engagement avait été établi en ce sens, mais malheureusement, après exploitation, il s'est avéré que les données n'étaient pas disponibles pour l'ensemble du réseau routier.

À cette base de données s'ajoutent les informations relatives à une partie du réseau routier du Var, des Alpes-Maritimes et de Monaco. En effet, si l'aire d'étude de cette recherche est bien le département des Alpes-Maritimes, le diagnostic sur le SAP réalisé précédemment nous a permis de prendre conscience des nombreuses interventions extra-départementales et extra-territoriales effectuées aux frontières de ces deux départements et de Monaco. Afin de les prendre en compte dans la modélisation, le réseau routier couvre une large partie de ces zones frontalières.

Le jeu de données réseau, construit sur la base de toutes ces données, contient au total 156 418 arcs et 138 688 sommets. Sur les 156 418 arcs, 10 492 correspondent à des tronçons considérés comme *piétons*. Si pour une partie d'entre eux, ces tronçons correspondent bien à des parties non accessibles à des véhicules à moteur : trottoirs, escaliers, chemins, sentiers de randonnée, pistes cyclables, etc. Une partie cependant est bel et bien accessible aux véhicules à moteur et notamment aux véhicules de secours (zones piétonnes, routes privées, pistes DFCI[1], etc.), et permet de desservir le lieu de nombreuses interventions. Faute de données attributaires suffisantes, nous n'avons pas pu faire la distinction entre les deux, de manière automatique. Deux solutions s'offraient alors à nous : soit nous considérions tous ces tronçons comme praticables aux moyens terrestres de secours, et alors les itinéraires empruntés n'étaient pas réalistes du tout, soit nous les considérions tous comme impraticables et nous nous privions d'une partie de la demande. Au final, après test, la partie de la demande rendue inaccessible par le fait de considérer l'ensemble des tronçons *piétons* comme impraticables aux véhicules de secours n'était pas si importante. Nous avons donc retenu la deuxième solution.

Les informations comme la vitesse à laquelle roulent en moyenne les véhicules sur chaque tronçon sont recueillies par NAVTEQ, d'une part, via un réseau de capteurs

[1] Défense de la forêt contre les incendies.

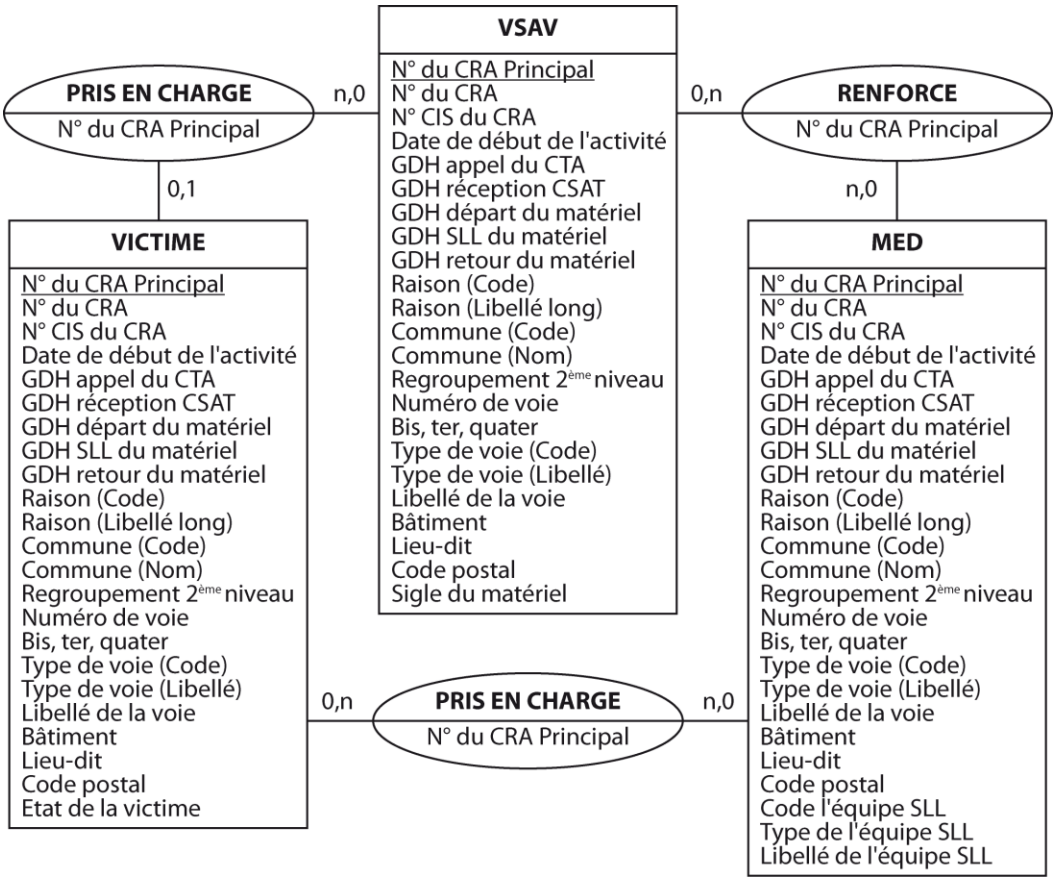
propres à la société et d'autre part, via l'échange de données qui a lieu lors de la mise à jour de chaque système de navigation embarqué ou mobile utilisant des données de trafic NAVTEQ. Toutes ces données font bien évidemment l'objet de tests et d'essais en vue de leur validation. Nous avons cependant voulu réaliser les nôtres, notamment parce qu'il est question, dans cette recherche, du déplacement de véhicules de secours prioritaires – donc plus rapides – et non pas seulement de véhicules de tourisme. La question était donc de savoir si les vitesses moyennes indiquées dans la base de données routière correspondaient à la réalité des vitesses moyennes de déplacement des véhicules de secours.

6.3.1.2. Validation du jeu de données réseau

Une des possibilités pour valider le jeu de données réseau consiste à générer aléatoirement une série de points de départ et d'arrivée sur l'aire d'étude tout entière ; de calculer les distances-temps pour relier chaque couple de points à partir du réseau à valider ; et de comparer les résultats pour les mêmes itinéraires fournis par un graphe routier déjà validé, comme ceux des sites d'aide à la mobilité Mappy ou ViaMichelin par exemple. Utiliser ce type de site comme source de données ou point de comparaison est en effet assez fréquent dans la littérature (de Keersmaecker et al., 2004 ; Fusco, Scarella, 2007 ; Vandenbulcke, 2007).

Mappy et ViaMichelin sont paramétrés pour de très nombreux types de véhicules, voiture, moto, poids lourd et même bus, mais pas pour des véhicules de type prioritaire. La seule solution envisageable était alors de prendre, comme moyen de comparaison, les délais d'intervention réels des moyens de SAP du SDIS 06 contenus dans la BD PANAMA.

La BD PANAMA contient en effet tous les éléments nécessaires pour calculer le temps mis par les secours pour parcourir différentes sections du réseau routier des Alpes-Maritimes : groupes horaires et lieux de départ des moyens et groupes horaires et lieux de leur arrivée (cf.



, p. 125). Cette solution ne permet toutefois pas de générer aléatoirement une série de points de départ et d'arrivée, car pour être comparables avec les données contenues dans la BD PANAMA, les itinéraires ne peuvent partir que d'une caserne (les moyens de secours du SDIS 06 partant toujours d'une caserne), ce qui réduit grandement le champ des itinéraires possibles. De plus, pour limiter au maximum les biais, il est préférable de travailler sur des itinéraires pour lesquels plusieurs enregistrements sont disponibles de manière à pouvoir calculer une moyenne ou une médiane des différentes distances-temps, plutôt que de ne travailler que sur les délais d'une seule intervention.

Au total, 50 itinéraires répondant aux différents critères ont pu être identifiés (Figure 68). Leur point de départ est pour tous une caserne. Quant aux points d'arrivée, ils correspondent à une adresse bien identifiable où a eu lieu, au moins, une dizaine d'interventions sur la période que couvre la base de données. Il s'agit, suivant les cas, de centres commerciaux, de gares ferroviaires, de maisons de retraite ou bien encore de stades. Compte tenu de ces contraintes, les 50 itinéraires n'ont pu être choisis que manuellement. Malgré cela, le choix a été fait le plus aléatoirement possible, tout du moins, de façon à être le plus représentatif possible des situations de circulation que peuvent rencontrer les secours (urbain dense, urbain, périurbain, rural, etc.) Pour chacun d'entre eux, la médiane des distances temps a été calculée.

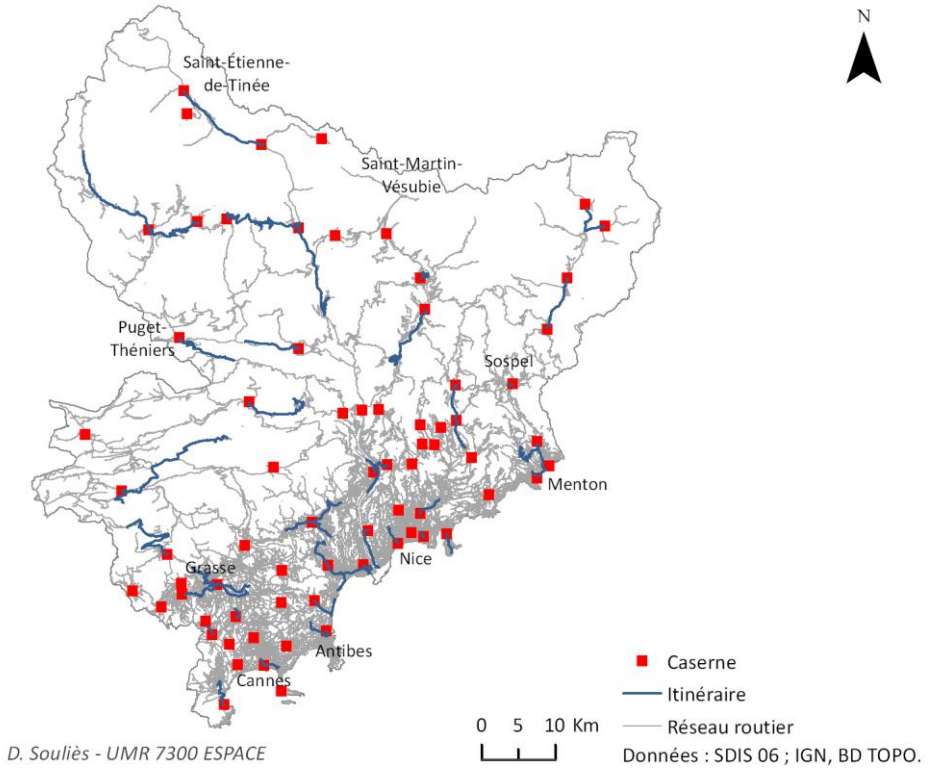


Figure 68 : Itinéraires retenus pour la validation du jeu de données réseau.

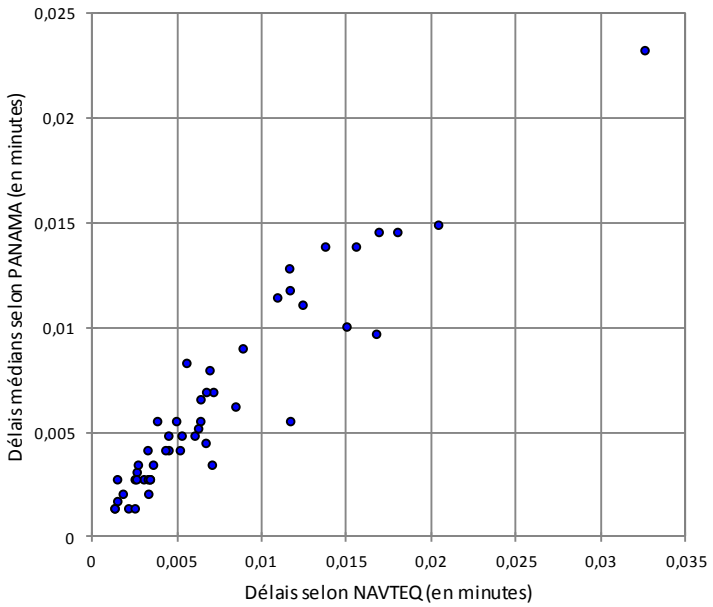


Figure 69 : Corrélation entre les délais médians calculés à partir des données de la BD PANAMA et des résultats obtenus à partir du jeu de données réseau construit à partir des données routières NAVTEQ.

Le coefficient de Pearson calculé entre les résultats obtenus à partir du jeu de données réseau que nous avons construit et les délais médians calculés à partir des données issues de la BD PANAMA s'élève à 0,946 (Figure 69).

Ce coefficient de corrélation aussi élevé s'explique par le fait que les vitesses moyennes renseignées dans la BD NAVTEQ correspondent à une situation

particulièrement fluide du trafic et donc aux conditions de circulation d'un véhicule de secours prioritaire faisant usage de ses avertisseurs sonores et lumineux. Il n'est donc pas nécessaire, dans notre cas, de pondérer les vitesses moyennes, notamment en ville, pour tenir compte du trafic, des nombreux arrêts imposés par les cédez le passage, les stops ou les feux tricolores. Le jeu de données réseau surestime malgré tout légèrement les vitesses moyennes de déplacement des véhicules de secours en centre-ville dense et inversement, il sous-estime légèrement la vitesse de déplacement sur les routes de montagne. Cependant, toutes les tentatives d'amélioration se sont avérées insuffisantes voire contre-productives. C'est pourquoi nous avons décidé de conserver le jeu de données réseau en l'état.

En outre, les différentes simulations réalisées à partir du jeu de données réseau nous ont permis de mettre en évidence différentes erreurs dans la modélisation des tronçons et la connexion entre eux (autorisant des demi-tours, la possibilité de tourner à droite ou à gauche à certains endroits alors que ce n'est normalement pas possible). Ces erreurs proviennent, pour partie, des données contenues dans la base NAVTEQ et sont inhérentes à tout processus de numérisation aussi complexe. Pour une autre partie, ces erreurs sont dues au problème de la mise à jour des données. Compte tenu de leur faible nombre, nous avons considéré qu'elles n'altéraient pas la qualité globale du jeu de données réseau.

Ainsi, malgré ces quelques erreurs, les biais certainement introduits par le fait que les itinéraires n'aient pas été choisis de façon aléatoire et le fait que l'on en compte seulement 50, nous avons considéré le jeu de données réseau comme valide.

6.3.2. Données concernant la demande

La demande correspond aux interventions de type SAP réalisées par les services de secours. En théorie, chaque point de la couche correspondant à la demande pourrait représenter une intervention. Dans la pratique ce n'est jamais le cas, car le nombre de points correspondant serait beaucoup trop important et engendrerait un nombre exponentiel de calculs impossibles à résoudre, ou dans des délais très longs, malgré les heuristiques et méta-heuristiques. La demande est donc généralement agrégée à un échelon supérieur. Toute la question est de savoir à quel échelon l'agréger.

6.3.2.1. Échelon des données

En ce qui concerne le choix de l'échelon auquel agréger les données concernant la demande en secours, il apparaît que l'échelon communal n'est pas satisfaisant. Réduire l'ensemble des interventions à un seul point par commune est en effet trop réducteur de la réalité des situations que l'on peut rencontrer. De nombreuses communes du haut et du moyen pays sont composées de plusieurs villages, quartiers, hameaux, distincts. Plusieurs dizaines de kilomètres peuvent les séparer. Le niveau de la demande n'y est pas forcément égal, et les réduire à un seul point ne permet pas de savoir où précisément localiser une éventuelle caserne. Pour ce qui est des communes littorales, le niveau de la demande n'est pas le même dans tous les quartiers et plusieurs casernes peuvent être nécessaires pour couvrir toute la demande. Comment savoir où localiser ces casernes si la demande et les sites d'implantation potentiels sont réduits à un seul point.

Pour toutes ces raisons, nous avons décidé d'agréger la demande à un échelon infra-communal. Il en existe plusieurs. Il y a d'abord les échelons utilisés pour la statistique et la diffusion des recensements de la population réalisés par l'INSEE. On en compte deux : l'îlot et l'IRIS[1]. L'îlot est le plus petit des deux. En zone d'habitat dense, l'îlot est l'équivalent d'un pâté de maison[2]. Il est remplacé à partir du recensement de 1999 par l'IRIS qui, comme son nom l'indique, correspond au regroupement de plusieurs îlots. Sans trop rentrer dans le détail, l'objectif des IRIS est de découper les communes en zones d'habitats regroupant entre 1 800 et 5 000 habitants[3]. Ce découpage concerne donc principalement les communes de 5 000 habitants et plus. Les communes de moins de 5 000 habitants ne sont, quant à elles, pas découpées. Dans ce cas, l'IRIS correspond à la commune tout entière. Les IRIS, et avant eux les îlots, sont les plus petits échelons infra-communaux existant. Au-delà, on trouve des échelons administratifs tels que le quartier ou l'arrondissement communal.

Le problème principal de tous ces échelons est qu'ils ne couvrent que les communes les plus peuplées. Il nous fallait donc trouver un échelon infra-communal commun à toutes les communes. L'IGN propose justement dans la BD CARTO une couche d'information de type ponctuel représentant les zones d'habitats. Par zone d'habitat, il faut comprendre[4] :

- « Tous les groupes d'habitations couvrant une superficie supérieure ou égale à 8 hectares.
- « Les chefs-lieux de commune (un chef-lieu de commune est la zone d'habitat où se situe la mairie)
- « Les anciens chefs-lieux de commune.
- « La plupart des lieux-dits habités, de 2 feux et plus, selon la densité de la zone.
- « Les autres lieux-dits habités situés soit aux carrefours accessibles par le réseau classé départemental ou national, soit à l'extrémité des culs-de-sac du réseau routier carrossable de longueur supérieure ou égale à 1000 mètres. »

Cette couche permet donc de représenter à l'échelon infra-communal, comme nous le souhaitions, à la fois les quartiers de ville des communes littorales, mais aussi, les villages, les quartiers de village, les hameaux et lieux-dits des communes du haut et moyen pays.

À propos des quartiers, il s'est néanmoins posé la question de savoir s'ils constituent, pour les communes les plus peuplées, une unité de base suffisamment petite pour agréger la demande en secours et réfléchir à l'optimisation des localisations. La réponse à cette question dépend en grande partie de l'échelon retenu pour représenter les points d'offre potentiels. La question est donc aussi de savoir si un point d'offre potentiel peut correspondre à un quartier ou non. Dans la négative, on aurait très bien pu imaginer découper les communes les plus peuplées à l'échelon de l'IRIS ou de l'îlot, et les autres, selon les zones d'habitats de la BD CARTO. Il aurait, dans ces cas-là, certainement fallu travailler sur deux sous-espaces distincts, car plus l'échelon d'agrégation des données est

[1] Ilots regroupés pour l'information statistique.
[2] http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/ilot.htm
[3] http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/iris.htm
[4] http://professionnels.ign.fr/sites/default/files/DC_BDCARTO_3_1.pdf

petit, plus il est possible de localiser de points d'offre. Les communes littorales auraient ainsi mécaniquement attiré plus de points d'offre que les communes du haut et du moyen pays, juste parce que l'information y est représentée à un échelon inférieur. Le fait de travailler sur deux espaces distincts à deux échelons différents soulève à son tour beaucoup de questions : quelles différences sur la localisation des moyens cela entraîne-t-il ? Quels critères utiliser pour distinguer les deux sous-espaces ? Quelles auraient été les conséquences sur la localisation des moyens à la frontière entre les deux ? De plus, dans les Alpes-Maritimes, l'accès aux communes du haut et du moyen pays se fait pour un grand nombre par l'intermédiaire des communes les plus peuplées du littoral (cf. Figure 23, p. 109). Il serait difficile dans ces cas-là de dissocier deux sous-espaces.

Sans avoir répondu à toutes ces questions – une deuxième thèse aurait pratiquement été nécessaire – nous avons considéré que la superficie minimum que représente chaque zone d'habitat de la BD CARTO, soit 8 hectares, était une unité de base suffisante. Cela équivaut à un petit quartier. À l'échelle de la commune de Nice cela représente 64 points d'offre potentiels et de demande en secours. À titre de comparaison, Nice compte officiellement 41 quartiers et 5 casernes[1]. Les données concernant la demande ont donc été agrégées à l'échelle des **zones d'habitats de la BD CARTO**.

6.3.2.2. Pondération des points de demande

Chacune des zones d'habitats est représentée par un sommet géométrique situé en son centre géographique auquel est attribué un poids correspondant au niveau de la demande. La valeur affectée à chaque point de demande dépend des moyens à localiser. Cependant, que ce soit pour réfléchir à l'optimisation de la localisation de moyens non-médicalisés ou médicalisés, nous avons décidé d'attribuer aux points de demande la même valeur : le **nombre total d'interventions de type SAP sur la période 2005 à 2010**. Cela se justifie pour les moyens non-médicalisés parce qu'ils interviennent sur la quasi-totalité des interventions, comme nous l'avons déjà mentionné à plusieurs reprises. Pour ce qui est des moyens médicalisés, la part d'interventions à laquelle ils participent est amenée à évoluer en fonction notamment du nombre et de la place accordée aux infirmiers sapeurs-pompiers dans la chaîne de secours. Nous avons donc décidé de leur attribuer le même poids que pour les moyens non-médicalisés.

6.3.2.3. Géocodage des interventions

Pour pouvoir attribuer à chaque point de demande le nombre d'interventions qu'il y a eu dans la zone d'habitat correspondante, il a fallu, préalablement, géocoder les interventions contenues dans la BD SAP car ces dernières ne l'étaient pas en amont.

L'opération de géocodage a été réalisée sous ArcGIS. Le résultat prend la forme d'une couche d'information de type ponctuel sur laquelle sont représentées les interventions une fois appariées. Nous avons utilisé comme référentiel adresse la version 2 de la BD Adresse de l'IGN et le géocodeur développé spécifiquement pour cette dernière par ESRI.

[1] La caserne de Nice Tour Rouge n'est pas comptée car elle n'est pas dotée d'un VSAV et n'assure pas d'interventions de type SAP comme on l'entend dans cette recherche.

Il s'agit d'un géocodeur composite comprenant quatre échelons d'appariement et des niveaux de précision différents :

- 4 à l'échelon de l'adresse ;
- 2 à l'échelon de la voie ;
- 1 à l'échelon des points d'intérêts ;
- et enfin 2 à l'échelon des communes.

Ainsi, un maximum d'adresses peut être géocodé. Les plus complètes et correctement orthographiées le sont à l'échelon le plus petit et avec le plus de précision. À l'inverse, celles pour lesquelles le numéro ou le nom de la rue manquent ou sont mal orthographiés, sont géocodées à l'échelle de la voie, ou de la commune seulement, et avec moins de précision.

Les premiers tests réalisés n'ont pas été concluants. Seulement **60%** des adresses contenues dans la BD SAP ont *matché* (Figure 70). Ce faible résultat s'explique en partie par le manque de formatage des adresses, issues, pour rappel, en grande majorité de la BD PANAMA. De nombreux rajouts sont en effet observés dans le champ normalement réservé au numéro de rue et l'orthographe des noms de rues et de communes fait l'objet de nombreuses variantes et abréviations. Sans parler des inévitables erreurs de saisie. Un nettoyage des données a donc été opéré dans un premier temps afin d'uniformiser au maximum les données. Pour une autre partie, le résultat s'explique par le fait que beaucoup d'adresses se résument à quelques mots clés renseignés dans un champ intitulé *lieu-dit*. Il s'agit pour la plupart d'interventions ayant eu lieu dans des communes du haut et du moyen pays où le système d'adressage est moins opérationnel. Dans ces cas-là, les opérateurs notent simplement le nom de la localité, du hameau, du village ou du lieu-dit. Or, le géocodeur composite ne tient pas compte de ce champ. Un géocodeur supplémentaire a donc été créé, dans un deuxième temps, pour prendre en compte spécifiquement le champ *lieu-dit*.

Ces modifications ont permis d'obtenir le score de **75%** d'interventions appariées, ce qui n'était pas encore suffisant. Une marge de progression était toujours possible, mais seulement de quelques points et au prix de gros efforts. Nous nous sommes alors tourné vers la BD CENTAURE 15. Grâce au dispositif d'aide à la saisie (cf. section 5.2.2, p. 119), les adresses y sont plus formatées et après un léger nettoyage, **82%** d'entre elles ont pu être géocodées. Malgré cette amélioration, pour beaucoup de communes le taux d'appariement ne dépasse même pas les 50%. De plus, il n'y a quasiment pas de marge de progression possible. En dehors des champs, numéro, nom de voie, code postal et nom de commune, nous ne disposons d'aucun champ dans lequel serait renseigné un éventuel nom de quartier, de lieu-dit, ou de hameau, qui pourrait nous aider à localiser les interventions restantes.

En revanche, les résultats obtenus à partir de la BD CENTAURE 15 se sont avérés complémentaires à ceux obtenus à partir de la BD SAP (Figure 71). La part d'interventions appariées dans les communes littorales où le système d'adressage fonctionne le mieux, est plus importante, lorsque le géocodage est réalisé à partir des adresses contenues dans la BD CENTAURE 15, qu'avec celles contenues dans la BD SAP. Inversement, grâce à la colonne *lieu-dit*, la part d'appariement dans les communes du haut et du moyen pays

est meilleure lorsqu'on utilise les données de la BD SAP plutôt que celles de la BD CENTAURE 15. Pour obtenir un meilleur taux d'appariement sur l'ensemble des communes du département, nous avons donc décidé de fusionner spatialement les résultats obtenus à partir des deux bases. La fusion a en réalité eu lieu entre les résultats obtenus à partir de la BD CENTAURE 15 et la BD PANAMA (la BD SAP étant déjà le résultat d'une fusion).

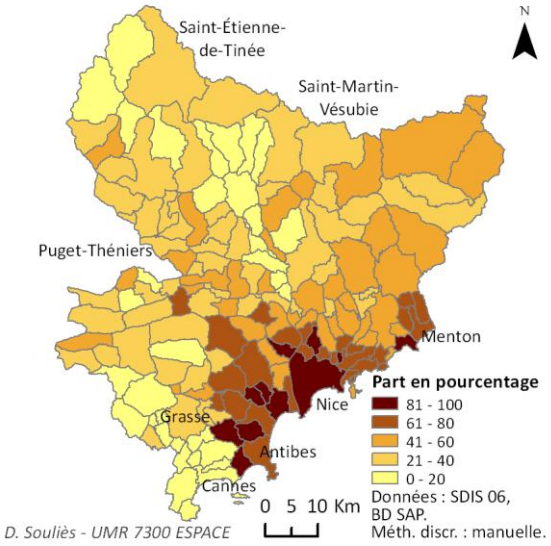


Figure 70 : Part d'interventions géocodées issues de la BD SAP.

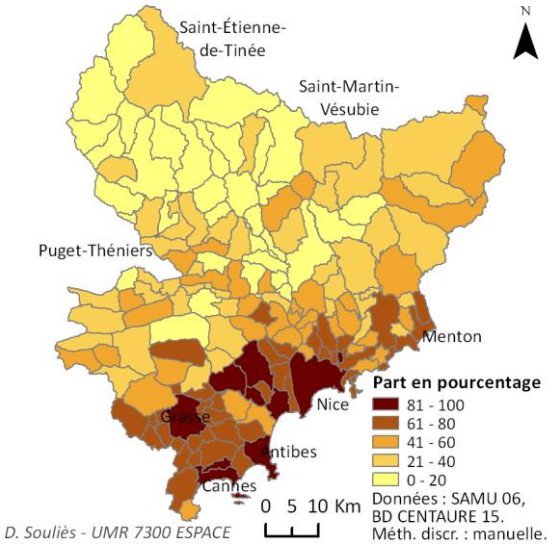


Figure 71 : Part d'interventions géocodées issues de la BD CENTAURE 15.

Cette opération n'a pas été sans créer quelques difficultés. S'est d'abord posé le problème des interventions ayant eu lieu à la même adresse mais pas le même jour ou au même groupe horaire. Spatialement, ces interventions sont localisées au même endroit sur les deux couches. Le principe de la fusion est de n'en conserver qu'une des deux. Pour éviter cela, en plus de leur localisation, nous avons tenu compte du jour et de l'heure à laquelle ont eu lieu les interventions, pour les fusionner.

S'est ensuite posé le problème des interventions localisées à des endroits différents alors qu'elles ont pourtant bien eu lieu à la même adresse, le même jour, au même groupe horaire. Selon comment sont renseignées les adresses d'une même intervention dans PANAMA et CENTAURE 15, le géocodeur ne les localise pas au même échelon ou avec le même degré de précision, ce qui a pour conséquence d'engendrer énormément de doublons lors de l'opération de fusion. N'étant pas localisées au même endroit, elles sont considérées comme différentes. Ces interventions sont par contre toujours localisées dans la même commune. Partant de ce constat, nous avons décidé de tenir compte du nom de la commune où ont eu lieu les interventions plutôt que de leurs localisations exactes. Ainsi, même si deux points ne sont pas localisés exactement au même endroit, à partir du moment où les interventions auxquelles ils font référence ont eu lieu dans la même commune, le même jour au même groupe horaire, seul un des deux est conservé.

Dans le cas où deux interventions différentes ont bien eu lieu à deux endroits distincts d'une même commune, le même jour, au même groupe horaire, cette méthode a pour conséquence d'en supprimer aussi une des deux. La probabilité que ce cas se présente est cependant faible et concerne surtout les communes les plus peuplées du littorales.

L'ensemble des interventions géocodées résultant de cette opération forme en réalité une nouvelle BD SAP. Toutes les deux sont le résultat de la fusion de la BD PANAMA et de la BD CENTAURE 15, mais dans des proportions différentes et selon d'autres critères. L'objectif de cette deuxième base de données est uniquement d'estimer le nombre d'interventions de type SAP sur la période d'étude, à l'échelle infra-communale. À ce sujet, le nombre d'interventions géocodées qu'elle contient représente près de 91% de la totalité des interventions contenues dans la BD SAP. Cependant, pour 38 communes, ce score ne dépassait toujours pas les 50%.

Nous n'avons pas eu d'autre choix que de géocoder manuellement une partie des interventions afin d'améliorer le score de ces 38 communes. En nous appuyant sur les informations renseignées dans le champ *lieu-dit* de la BD PANAMA, 8 857 interventions supplémentaires ont été géocodées. **Le nombre d'interventions géocodées au regard de celles contenues dans la BD SAP s'élève au final à 92%.**

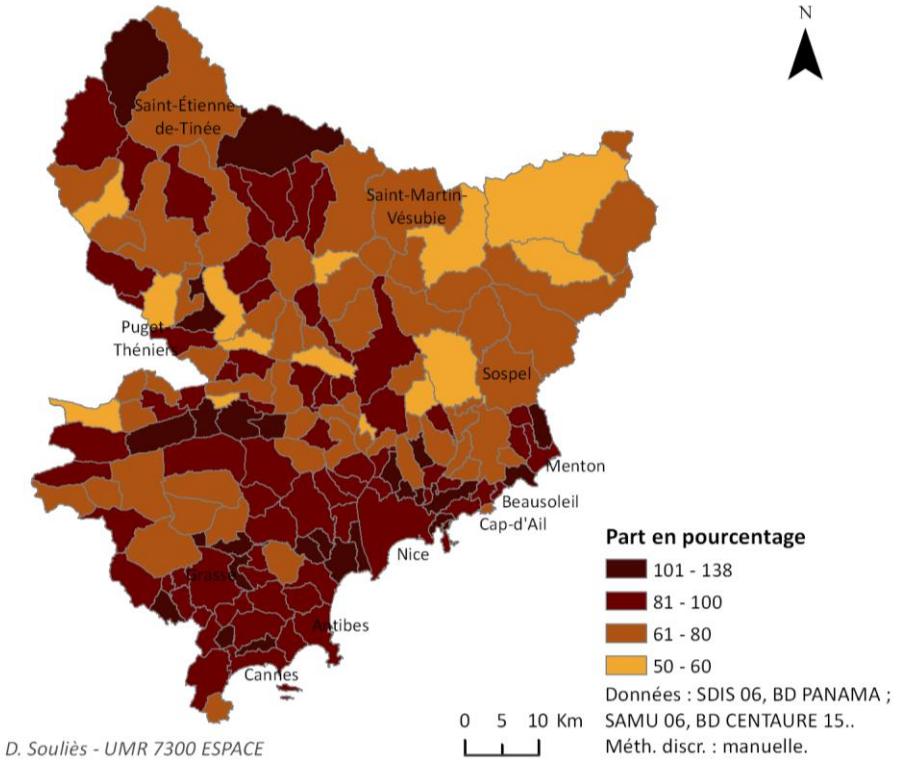


Figure 72 : Part d'interventions géocodées à l'échelon communal au regard des interventions contenues dans la BD SAP.

La Figure 72 représente la façon dont ce score se répartit à l'échelon communal. La part d'interventions géocodées varie entre 50% et 138%. Les disparités observées d'une commune à l'autre sont inévitablement source de biais. Il est cependant illusoire de penser qu'il est possible d'obtenir un score proche de 100% pour la totalité. Nous avons donc pris le parti de nous satisfaire de ce résultat. En outre, le fait que 25 communes aient un score supérieur à 100% nous montre que des doublons subsistent et ce malgré la procédure pour les limiter. Compte tenu du fait que les solutions pour les supprimer auraient demandé beaucoup de travail, pour un résultat incertain, et compte tenu du fait que la part qu'ils représentent est relativement faible, nous avons décidé de nous en satisfaire également.

Le Tableau 14 renseigne sur l'échelon et le niveau de précision auxquels les interventions ont été majoritairement localisées. Plus de la moitié l'a été à l'échelon de l'adresse même.

Echelon	Niveau de précision[1]	Part d'interventions géocodées en pourcentage
1er géocodeur :		
Adresse	Niv1_1_Proj_plaque_PA	6,3
	Niv1_2_Proj_centroide_PA	2,5
	Niv1_3_Troncon_route_PA	0,8
	Niv1_4_Adr_extrapolee_RA	50,1
Voie	Niv2_1_Voie_PA	0,1
	Niv2_2_Voie_RA	38,7
Points d'intérêts	Niv3_1_Zone_Adressage_PA	0
Commune	Niv4_1_Commune_PA	0
	Niv4_2_Commune_RA	0
2ème géocodeur :		
Lieu-dit	Lieu-dit	1,4

Tableau 14 : Part d'interventions en fonction de l'échelon et du niveau de précision auxquels elles sont géocodées.

Les interventions géocodées ont ensuite été agrégées au niveau des zones d'habitats de la BD CARTO.

6.3.2.4. Agrégation des interventions à l'échelle des zones d'habitats

Pour agréger les interventions, il a fallu dans un premier temps, transformer les points correspondant aux zones d'habitats en polygones. La distance utilisée pour cela est la distance par le réseau et non pas la distance euclidienne. En effet, deux interventions peuvent être proches à vol d'oiseau et pour autant ne pas appartenir à la même zone d'habitat si l'on tient compte du réseau qui les dessert. Les polygones ont donc pris la forme d'isochrones de 250 mètres de large de part et d'autre de l'axe de la route (Figure 73). C'est la distance limite au-delà de laquelle nous avons considéré que la proximité par le réseau n'était plus garantie.

Le nombre d'interventions par zone a enfin été calculé et rattaché aux points de demande. Seules 896 interventions se sont retrouvées au-delà de la limite des 250 mètres.

De manière à tenir compte de la demande extra-départementale, ce travail a également été réalisé à la frontière avec Monaco et les départements du Var et des Alpes-de-Haute-Provence. La couche correspondant aux points de demande compte au final **2 261 points** à l'échelle infra-communale.

[1] Cf. convention de nommage, Annexe 3, p. 208.

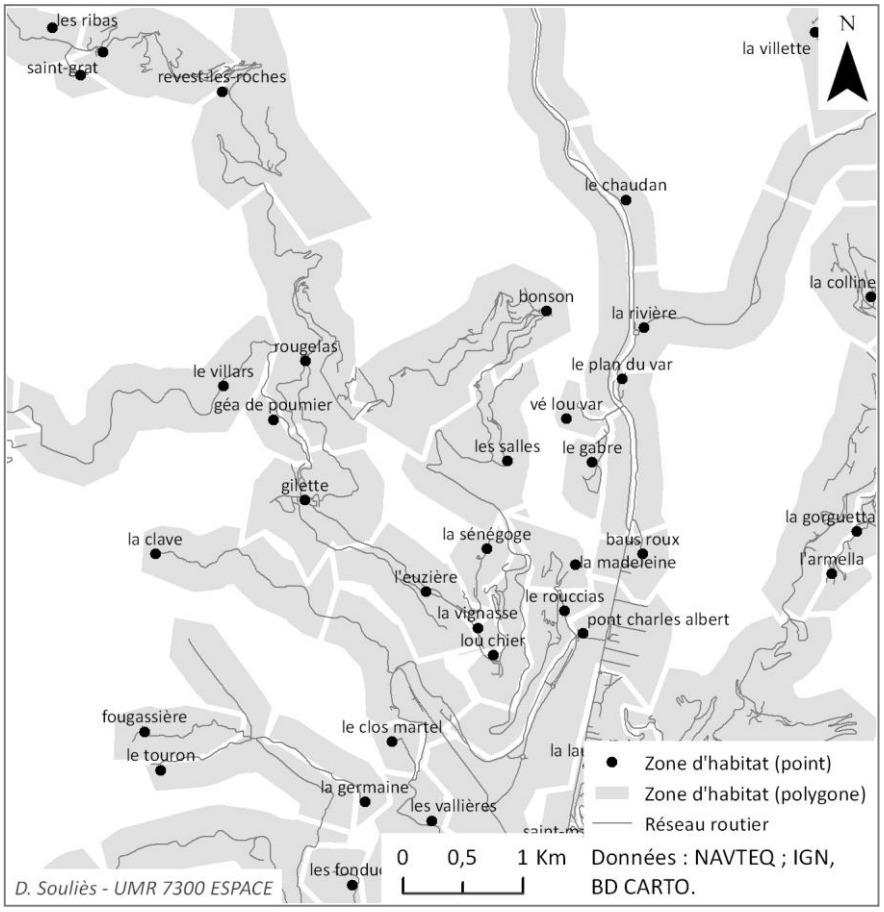


Figure 73 : Polygones correspondant aux zones d'habitats.

6.3.3. Données concernant l'offre

Les points d'offre potentiels correspondent à des points susceptibles d'accueillir des moyens non-médicalisés (VSAV, sacs de prompt secours, etc.) ou des moyens médicalisés (VLM/VLI). Traditionnellement ces points correspondent à des casernes. Suivant les scénarios d'optimisation proposés, il peut s'agir de casernes déjà existantes ou éventuellement à construire.

La logique de l'optimisation des localisations n'est pas toujours de chercher à implanter de nouvelles casernes. Il peut simplement être question d'affecter ou réaffecter des moyens parmi les casernes qui n'en sont pas encore équipées. Dans ce cas-là, les points d'offre potentiels font références aux **74 casernes du SDIS 06**.

Pour implanter de nouvelles casernes, il faut un nombre de points suffisant pour que le les possibilités d'implantation ne soient pas trop restreintes, notamment dans les secteurs les plus urbanisés, où plusieurs casernes dans une même commune peuvent être nécessaires, mais pas trop important pour ne pas alourdir les calculs. Dans ce cas, comme pour la demande, nous avons choisi les points correspondant aux **zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN**, mais **uniquement les 1 261 localisés dans les Alpes-Maritimes**. En effet, nous ne voulons pas autoriser le modèle à localiser des casernes dans les départements voisins, ni à Monaco. Il aurait fallu, pour que cela ait un sens que le modèle tienne également compte des moyens dont disposent les services de secours limitrophes

et du nombre d'interventions qu'ils réalisent à l'échelle des zones d'habitats. Ce qui n'est pas le cas.

Les points font référence aux zones d'habitats dans leur ensemble, en aucun cas au lieu précis où il faudrait implanter une éventuelle nouvelle caserne. D'autant que rien ne garantit que les terrains qu'ils désignent puissent accueillir une caserne. Nous n'avons pas souhaité tenir compte, en amont de la disponibilité des terrains à bâtir, de leur prix ou encore des réglementations en matière d'urbanisme. Cela aurait beaucoup trop restreint les possibilités, alors que nous voulons au contraire que le modèle soit source de propositions. Ces considérations ne sont prises en compte que dans un deuxième temps pour affiner, au cas par cas, les propositions les moins réalistes.

Conclusion du chapitre 6

L'objectif du chapitre 6 était de présenter l'outil choisi pour modéliser le SAP dans les Alpes-Maritimes, les modèles de localisation-allocation associés, et les données d'entrée.

Concernant les outils, plusieurs d'entre eux intègrent des modèles de localisation-allocation mais au final un seul a répondu à tous les critères que nous recherchions, notamment en termes d'opérationnalité. Il s'agit de Network Analyst d'ArcGIS for Desktop. Il s'agit d'un logiciel commercialisé par la société ESRI. De nombreux SDIS en France utilisent déjà les solutions qu'elle propose. Pour faciliter l'installation et l'utilisation du logiciel en lui-même et de ses extensions, une aide en ligne gratuite et en français est notamment disponible, indépendamment de l'assistance technique. Parmi les six modèles de localisation-allocation qu'il intègre, deux nous ont plus particulièrement intéressé. Il s'agit, pour le premier, d'une version hybride résultant de la fusion des modèles p-médian et MCLP et pour le deuxième, du modèle LSCP. S'ils n'intègrent pas beaucoup de paramètres, les principaux sont pris en compte. Leur mise en œuvre pratique a, de plus, l'avantage d'être simple.

Concernant les données, c'est la base de données routière NAVTEQ qui a été retenue pour modéliser le réseau routier. Les délais calculés à partir des informations qu'elle contient sont dans l'ensemble comparables à ceux que mettent les véhicules de secours pour intervenir, excepté en centre-ville dense, où ils sont légèrement sous-estimés, et sur les routes de montagne, où à l'inverse, ils sont légèrement surestimés.

La demande est quant à elle représentée à l'échelon des zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN. Chaque point est pondéré par le nombre moyen d'interventions sur la période d'étude. Pour cela, il a fallu géocoder les interventions. Seules 92% des interventions, par rapport à toutes celles contenues dans la BD SAP, ont pu l'être. De plus, le taux d'appariement varie entre 50% et 138% suivant les communes et un certain nombre de doublons ont été engendrés. Nous avons pris le parti de nous satisfaire de ces résultats, car les solutions pour les améliorer auraient nécessité beaucoup de temps pour un bénéfice trop incertain.

Enfin, les points d'offre potentiels correspondent aux zones susceptibles d'accueillir des moyens de SAP médicalisés ou non. Suivant les scénarios, il peut s'agir de nouvelles casernes ou de casernes existantes. Dans le premier cas, nous avons fait le choix de retenir comme secteurs d'implantation possibles les 1 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN situées dans les Alpes-Maritimes. Dans le deuxième cas, les points correspondent aux 74 casernes du SDIS 06 déjà existantes et il n'est question que d'affectation ou réaffectation de moyens.

L'outil et les données présentés dans ce chapitre forment ce que l'on a appelé un outil d'aide à la décision. Suivant le paramétrage de l'outil, les données d'entrée et les hypothèses de départ formulées, des réponses à un certain nombre de questions en matière de localisation de moyens peuvent être obtenues.

Chapitre 7 - Outil d'aide à la décision : simulations et études de cas

Les résultats des différentes simulations et études de cas réalisées se décomposent en deux parties, une première partie concernant les moyens SAP non-médicalisés et une deuxième partie concernant les moyens médicalisés. Nous avons été obligé de dissocier les deux car les modèles de localisation-allocation disponibles dans Network Analyst ne permettent pas de prendre en compte simultanément des moyens de types différents. Le fait d'être obligé de dissocier les deux, n'est pas en soi un problème, car la localisation des moyens non-médicalisés ne dépend pas, à proprement parler, de la localisation des moyens médicalisés, et inversement. En revanche, le fait qu'ils partagent les mêmes locaux, pour la quasi-totalité, est un problème qui nécessiterait de réfléchir à l'optimisation des moyens des deux types simultanément.

7.1. Moyens non-médicalisés

7.1.1. Les scénarios

À partir de l'ensemble des données présentées dans le chapitre précédent, et suivant le paramétrage de l'outil Network Analyst, il est possible de simuler une infinité de situations. Ces simulations peuvent être regroupées en grands scénarios suivant les questions auxquelles elles permettent de répondre. Nous en avons distingué trois principaux : le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*, le scénario du *devrait être* et enfin le scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*. Comme nous allons le voir, ces scénarios permettent de répondre aux principales questions que se posent les SDIS en matière de localisation.

7.1.1.1. Le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*

<u>Scénario brut</u>

Le premier scénario consiste à optimiser la localisation des moyens existants. Plus concrètement, l'objectif est de localiser un nombre de points d'offre égal au nombre de points d'offre de secours existant réellement, de façon à maximiser la demande couverte en deçà des préconisations. Seule la localisation des moyens est remise en jeu, pas leur nombre. Ce scénario permet de réfléchir ainsi à des pistes d'amélioration à budget constant.

Ce scénario est parfaitement adapté pour confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ posée dans le premier chapitre (cf. section 1.3.1, p. 39) selon laquelle : l'optimisation spatio-temporelle de la localisation des moyens par rapport à la demande en SAP serait un bon levier pour améliorer leurs délais de projection, et par voie de conséquence, pour maîtriser les délais d'intervention et la couverture opérationnelle.

Ce scénario repose sur le modèle hybride, l'objectif étant de localiser un nombre donné de moyens. Le nombre de points d'offre à localiser correspond au nombre de casernes du SDIS 06 depuis lesquelles un moyen de type SAP peut intervenir (cf. Figure 48, p. 142), auquel il faut retirer trois casernes qui ne peuvent être délocalisées car dévolues à des missions particulières : Nice Tour Rouge, Col de Tende et Cannes Palais[1]. Le nombre de points d'offre à localiser s'élève donc au total à **71**.

La valeur d'impédance retenue est différente selon le type de commune. Elle est égale à la valeur des délais d'intervention préconisés par le SDIS 06, soit 10, 15 et 20 minutes (cf. Encadré 2, p. 53), auxquels ont été soustraits :

- La valeur correspondant au délai moyen de traitement de l'alerte, soit 1 minute indépendamment du type de commune[2] ;
- Et les valeurs correspondant aux délais de départ des moyens qui s'élèvent quant à elles à 2, 3 et 4 minutes en moyenne[2].

La valeur d'impédance s'élève au final à **7 pour les communes de type A, 11 minutes pour les communes de type B et 15 pour celles de type C**. Pour contourner en partie le fait que le modèle ne puisse pas tenir compte de la variabilité des délais de projection des moyens dans le temps, nous avons décidé de tenir compte des délais moyens, plutôt que des délais médians (cf. Tableau 13, p. 147). Le détail des autres paramètres et données retenus pour ce scénario est précisé dans le Tableau 15.

Malgré le nombre important de points d'offre et de demande, les résultats de ce scénario sont obtenus en moins d'une minute seulement (cf. Figure 74).

La comparaison des résultats de ce scénario à l'existant montre que le nombre de casernes localisées dans les communes de type C est suffisant alors que celles localisées dans les communes de type A, à l'inverse, ne sont pas assez nombreuses (Tableau 16). Ces résultats peuvent paraître contre-intuitifs mais s'expliquent parfaitement.

De nombreux secteurs dans les communes littorales sont particulièrement inaccessibles et ne sont actuellement pas desservis en deçà des 10 minutes préconisées. C'est le cas notamment des collines niçoises ou de celles de Saint-Laurent-du-Var. La forme, la sinuosité et le dénivelé du réseau routier dans ces secteurs rappellent en tout point ce que l'on peut trouver en milieu plus rural et montagnard. La comparaison s'arrête cependant là, car le niveau de la demande y est beaucoup plus élevé. Si l'on suit la logique du modèle hybride, il est normal que ces secteurs soient desservis en priorité. Compte tenu des caractéristiques du réseau énoncées précédemment, cela nécessite un nombre important de casernes. Un rééquilibrage entre les trois types de commune est

[1] La caserne Nice Tour Rouge est dévolue au secours en mer, la caserne Col de Tende à la sécurisation du tunnel routier de Tende et celle de Cannes Palais au palais des festivités de Cannes (cette dernière a en outre été supprimée depuis).

[2] Délais moyens calculés sur la période 2005 à 2010.

donc opéré par le modèle au profit des communes de type C, et surtout de type A (Tableau 16).

DEMANDE		
	Points de demande (cf. p. 71)	2 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes et à la frontière avec Monaco et les départements du Var et des Alpes-de-Haute-Provence.
	Pondération (cf. p. 71)	Nombre total d'interventions de type SAP sur la période 2005 à 2010 (cf. section 5.2, p. 118).
	Impédance (cf. p. 76)	- commune de type A = 7 min ; - commune de type B = 11 min ; - commune de type C = 15 min.
OFFRE		
	Points d'offre potentiels (cf. p. 71)	1 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes uniquement.
	Points d'offre requis (cf. p. 164)	Caserne de la Condamine à Monaco (cf. p. 123).
MODÈLE		
	Problème (cf. p. 160)	*Minimiser les ressources*
	Nombre de casernes à localiser	71

Tableau 15 : Récapitulatif du paramétrage de l'outil et des données d'entrée du modèle en vue de la réalisation du scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

Afin de comparer les différents scénarios entre eux et avec l'existant, trois indicateurs ont été calculés (De Jong et al., 2001 ; Thomas, 2003) :

- Le premier, celui évoqué ci-dessus, est la part théorique de demande couverte en deçà des préconisations par rapport à la demande totale.
- Le deuxième est la moyenne théorique des distances séparant les points de demande des points d'offre retenus auxquels ils sont alloués.
- Enfin, le troisième est la distance maximale entre un point de demande et le point d'offre retenu auquel il est alloué.

Si les deux premiers peuvent être assimilés à des indicateurs d'efficacité de la localisation des moyens de secours, le troisième est un indicateur d'équité (cf. section 3.2.3, p. 81). Il permet de mettre en évidence l'éloignement maximal d'un point de demande à tous points d'offre.

Ces indicateurs ont été calculés pour la situation existante dans les mêmes conditions que pour les scénarios, c'est-à-dire à partir d'ArcGIS et de la localisation réelle des moyens. Les résultats sont donc théoriques et en rien comparables avec ceux obtenus à partir des données opérationnelles. Nous avons par exemple précédemment indiqué que la part de la demande couverte en deçà des préconisations émises par le SDIS 06 s'élève à 75,5% du total (cf. section 5.3.3, p. 149), alors que, d'après le modèle, cette même part s'élèverait à 93,75% (Tableau 17). La différence s'explique par les différents biais qu'ont engendrés le géocodage des interventions et surtout l'agrégation des interventions à l'échelle des zones d'habitats.

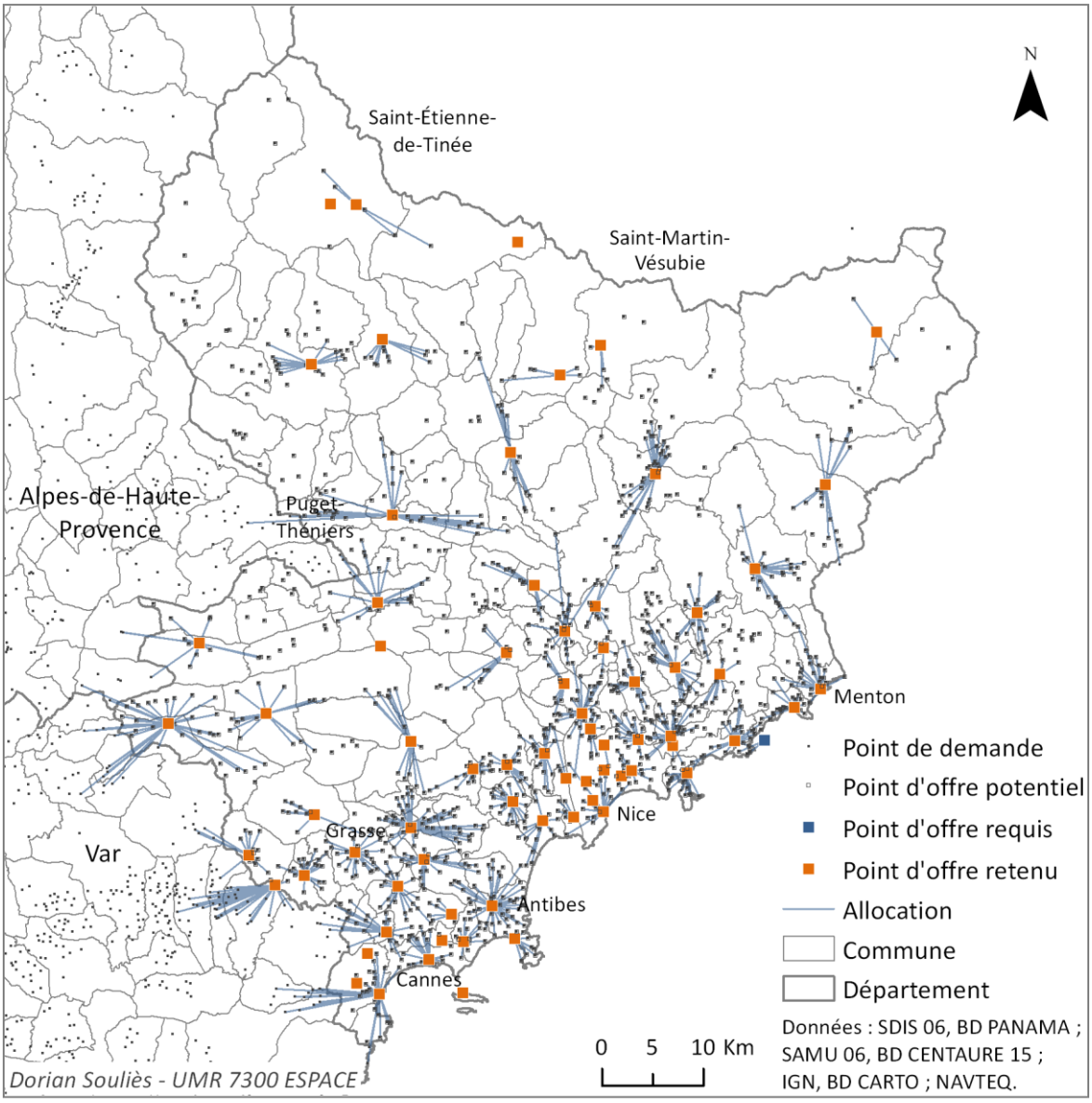


Figure 74 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

	Type de commune		
Nombre de casernes[1]	**A**	**B**	**C**
En 2015 (cf. Tableau 11, p. 143)	26	36	12
D'après le scénario d'optimisation de la localisation des moyens existant	33	28	13

Tableau 16 : Nombre de casernes par type de commune en 2015 et d'après le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

Le simple rééquilibrage des points d'offre opéré entre les trois types de commune permet d'augmenter la part de demande couverte en deçà des préconisations de 93,75% à 99,42% (Tableau 17). Pour ce qui est de la moyenne théorique des distances séparant les points de demande des points d'offre, le scénario d'*optimisation de la localisation des*

[1] En tenant compte dans les deux cas des trois casernes dévolues à des missions spécifiques que sont : Nice Tour Rouge, Col de Tende, et Cannes Palais.

moyens existants permet également d'obtenir un meilleur résultat par rapport à la situation en 2015 : 8,25 minutes au lieu de 8,37. En revanche, la distance maximale entre un point de demande et un point d'offre retenu est plus importante. Cela s'explique tout simplement par le fait qu'au grès des nouvelles localisations proposées dans ce scénario, le secteur le plus éloigné de tout secours est différent et qu'il est encore plus éloigné que l'actuel.

Ces résultats permettent de confirmer l'hypothèse de départ. Le simple fait d'optimiser la localisation des points d'offre avec la localisation de la demande contribue bien à faire baisser les délais moyens de projection des moyens, et par voie de conséquence à améliorer – au moins en partie – le degré de couverture du SAP, puisque la part de la demande couverte dans les délais a augmenté. La localisation des moyens proposée dans le cadre de ce scénario s'avère plus efficace et moins équitable.

Cas de figure	Part théorique de demande couverte en deçà des préconisations en pourcentage	Moyenne théorique des distances séparant les points de demande des points d'offre retenus en minutes	Distance maximale entre un point de demande et un point d'offre retenu en minutes
Situation en 2015	93,75	8,37	36,48
Situation selon le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*	99,43	8,25	46,86
Situation selon le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné	99,34	7,88	37,65

Tableau 17 : Indicateurs de comparaison calculés pour la situation en 2015, la situation selon le scénario d'optimisation de la localisation des moyens existants et la situation selon le même scénario mais raffiné.

Scénario raffiné

Les premiers résultats issus du scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* constituent, d'une certaine façon, une matière première qu'il est nécessaire de *raffiner*. C'est le terme habituellement utilisé dans la littérature pour désigner cette opération. En effet, toutes les délocalisations de casernes induites par le modèle ne sont pas toujours réalisables, vraiment indispensables ou tout simplement souhaitées par les décideurs pour différentes raisons. Dans ces cas-là, il est possible de contraindre le modèle à tenir compte de la localisation réelle de certaines casernes (ces dernières sont alors considérées comme des points requis). Mais ce n'est pas sans conséquence sur la localisation des points d'offre retenus aux alentours. Il est donc indispensable de relancer le modèle à chaque contrainte supplémentaire, les résultats s'éloignant d'autant de l'optimal.

Par exemple, il n'est pas toujours nécessaire de délocaliser des casernes lorsque des points d'offre s'avèrent être localisés à proximité. Cela revient à envisager de délocaliser des casernes, parfois de quelques centaines de mètres seulement, d'un pâté de maison à un autre, au sein d'un même quartier ou d'un même village. Les gains en termes de couverture de la demande globale comparativement aux coûts qu'engendrerait la

délocalisation de ces casernes sur de si courtes distances ne justifient pas de telles décisions. Si certaines décisions sont lourdes à prendre et nécessitent une discussion étroite avec les décideurs, celle de délocaliser ou non les casernes, dans ce cas précis, fait généralement consensus. C'est pourquoi nous avons décidé de proposer, en plus de la version brute, une première version raffinée du scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*. Cela permet de régler une grande partie des choix à faire en matière de délocalisation des casernes, et par la même occasion, de mettre en évidence le nombre de casernes existantes, localisées de façon pratiquement optimale dans ce contexte.

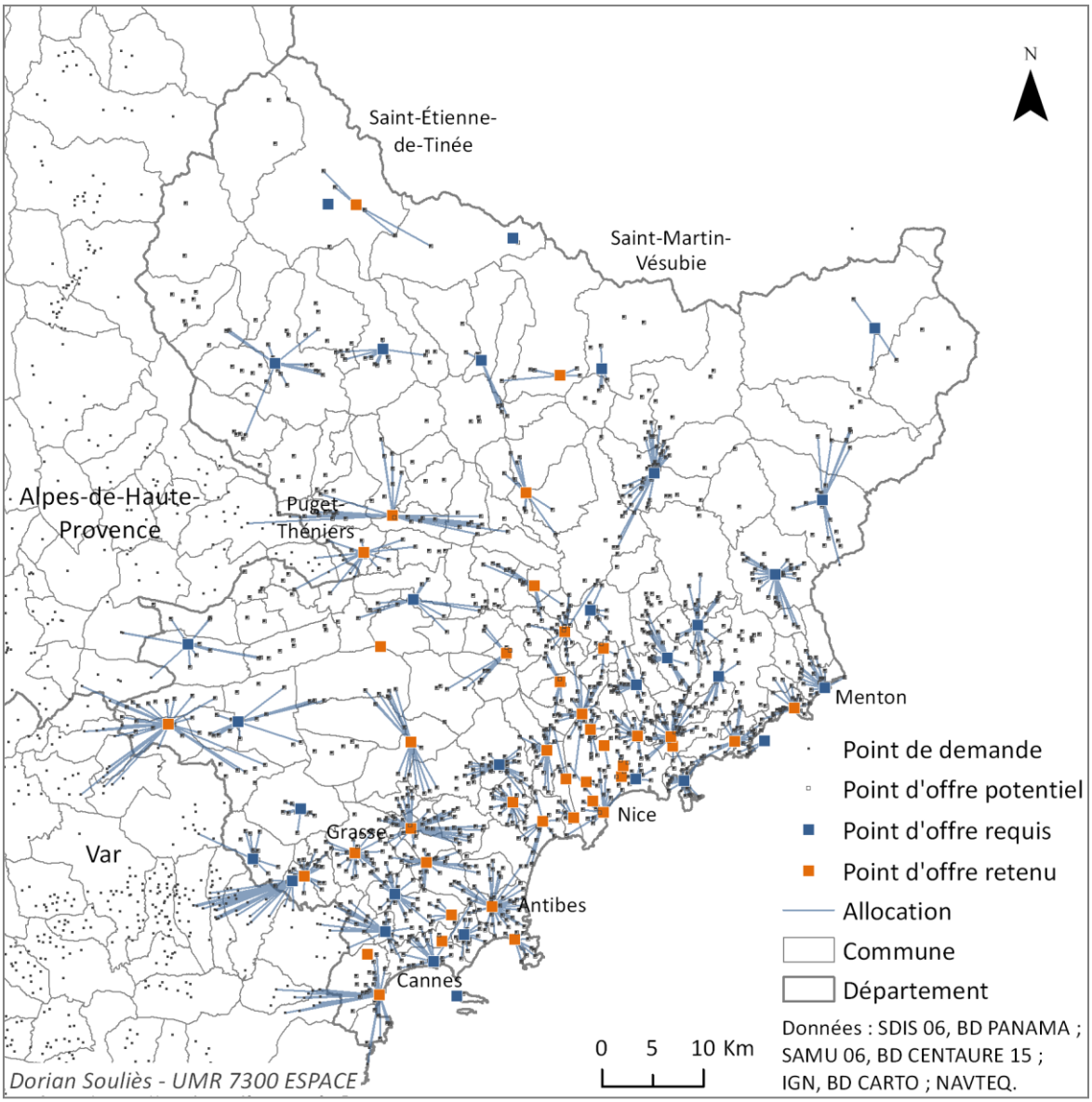


Figure 75 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné.

Nous avons considéré que les casernes qui ne devaient pas être délocalisées se trouvaient à une distance inférieure à 20% de la valeur d'impédance autour d'un point d'offre retenu, soit : 1 minute et 30 secondes pour les points d'offre localisés dans un commune de type A, 2 minutes pour ceux localisés dans une commune de type B et 3 minutes pour les communes de type C. La distance n'est pas calculée à vol d'oiseau mais

par la route. Au final, **30 casernes existantes ont été considérées comme suffisamment bien localisées pour ce scénario** (carrés bleus sur la carte Figure 75). Ces 30 casernes réalisent à elles seules un tiers de l'activité opérationnelle.

Le fait d'avoir contraint le modèle à tenir compte de la localisation précise de certaines casernes existantes rend le résultat global moins optimal. Ainsi, la part de la demande qui pourrait être couverte à l'aide de 71 points d'offre passe de 99,43% à 99,34% (Tableau 17). En revanche, en raison des impacts sur la localisation des autres points d'offre, cela a permis de faire baisser l'isolement de certains secteurs : ainsi la distance séparant le point de demande le plus éloigné d'un point d'offre passe de 46,86 minutes à 37,65 minutes et la distance moyenne entre tous les points de demande et d'offre passe de 8,25 minutes à 7,88 minutes (Tableau 17).

Si le fait que seules 30 des 71 casernes existantes soient considérées comme bien localisées par ce scénario peut paraître insuffisant, il faut relativiser ce chiffre. D'abord, parce que la localisation actuelle des casernes du SDIS 06 permet de couvrir une part théorique de la demande importante, pas très éloignée des résultats obtenus à partir du scénario optimal. Ensuite, parce que dans la réalité toutes les zones d'habitats retenues par le modèle pour localiser les 41 autres points d'offre ne pourraient pas accueillir de casernes. Si l'on ajoute au scénario les contraintes concernant la disponibilité des terrains, leur constructibilité et leur prix, les résultats s'approcheraient certainement encore plus de la situation réelle. Enfin, comme nous allons le voir, améliorer la couverture du SAP dans certains secteurs nécessite, de toute façon, des moyens supplémentaires.

7.1.1.2. Le scénario du *devrait être*

Scénario brut

Les modèles de localisation-allocation proposés dans Network Analyst permettent aussi d'estimer et de localiser le nombre de points d'offre optimal pour couvrir toute la demande dans les délais préconisés. Ce scénario correspond en tout point à celui auquel le colonel (e.r.) Schmauch fait référence dans sa thèse pour décrire les différentes écoles d'organisation des services ayant en charge de répondre aux situations d'urgence (Schmauch, 2007). Le *devrait être* étant l'organisation des moyens idéale, théorique, résultant de la stricte application des textes, tant qualitativement, quantitativement, qu'en termes de localisation. Il permet de répondre aux deux questions suivantes : Quel est le nombre minimum de points d'offre nécessaire pour couvrir la totalité de la demande dans les délais préconisés ? Et où doivent-ils être localisés ?

Pour implémenter ce scénario nous avons procédé en deux temps. Dans un premier temps, nous avons calculé le nombre optimal de points d'offre nécessaire pour couvrir tous les points de demande en deçà des préconisations à l'aide du modèle LSCP. Dans un deuxième temps, nous avons utilisé le modèle hybride pour localiser un nombre de points d'offre équivalent à celui trouvé à l'aide du premier modèle.

Nous avons été obligé de procéder ainsi car, à l'intérieur d'une même zone d'impédance, le modèle hybride tient compte de la pondération des points de demande

pour localiser les points d'offre, ce que ne fait pas le modèle LSCP. Pour rappel, le modèle hybride a justement été construit pour combler cette lacune dans les modèles de localisation-allocation de type MCLP et LSCP, tels qu'ils étaient développés à l'origine (cf. section 6.2.2.1, p. 160). Cette lacune n'a cependant été comblée que pour le modèle MCLP, ce qui a donné le modèle hybride, résultat de la fusion de ce dernier avec un modèle de type p-médian, pas dans le cas du modèle LSCP.

Le modèle LSCP nous a ainsi permis d'estimer à 162 le nombre minimum de points d'offre pour couvrir l'ensemble des points de demande dans les préconisations. Nous avons ensuite utilisé le modèle hybride pour les localiser (Figure 76). Les paramètres et les données utilisées pour ce scénario sont synthétisés dans le Tableau 18.

DEMANDE		
	Points de demande (cf. p. 71)	2 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes et à la frontière avec Monaco et les départements du Var et des Alpes-de-Haute-Provence.
	Pondération (cf. p. 71)	Nombre total d'interventions de type SAP sur la période 2005 à 2010 (cf. section 5.2, p. 118).
	Impédance (cf. p. 76)	- commune de type A = 7 min ; - commune de type B = 11 min ; - commune de type C = 15 min.
OFFRE		
	Points d'offre potentiels (cf. p. 71)	1 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes uniquement.
	Points d'offre requis (cf. p. 164)	Caserne de la Condamine à Monaco (cf. p. 123).
MODÈLE		
	Problème (cf. p. 160)	*Minimiser les ressources*
	Nombre de casernes à localiser	162

Tableau 18 : Récapitulatif du paramétrage de l'outil et des données d'entrée du modèle en vue de la réalisation du scénario du *devrait être*.

Comme pour le scénario précédent, les trois indicateurs comparatifs ont été calculés, mais cette fois-ci, pour un nombre croissant de points d'offre allant de 1 jusqu'au nombre optimal au pas de 5. Les Figure 77, Figure 78 et Figure 79 présentent les résultats pour chacun des indicateurs. L'itération 71 du scénario du *devrait être* correspond en tout point au scénario précédent. Il est question dans les deux cas de maximiser la demande couverte à l'aide de 71 points d'offre. À cette itération les valeurs des trois indicateurs sont donc égales entre les deux scénarios (cf. Tableau 17, p. 187).

Ces graphiques, et principalement le premier, nous apprennent que la couverture du SAP dans les Alpes-Maritimes nécessite d'une manière générale des moyens importants. Par exemple, 98 points d'offre sont nécessaires pour couvrir le dernier point de pourcentage de demande (Figure 77). Tout ceci est théorique, bien sûr, tout comme il n'est pas question de construire 162 casernes dans le département. Néanmoins, ces résultats mettent en exergue les effets de la structure en arbre très particulière du réseau routier des Alpes-Maritimes (cf. Figure 23, p. 109) et les difficultés que cela engendre.

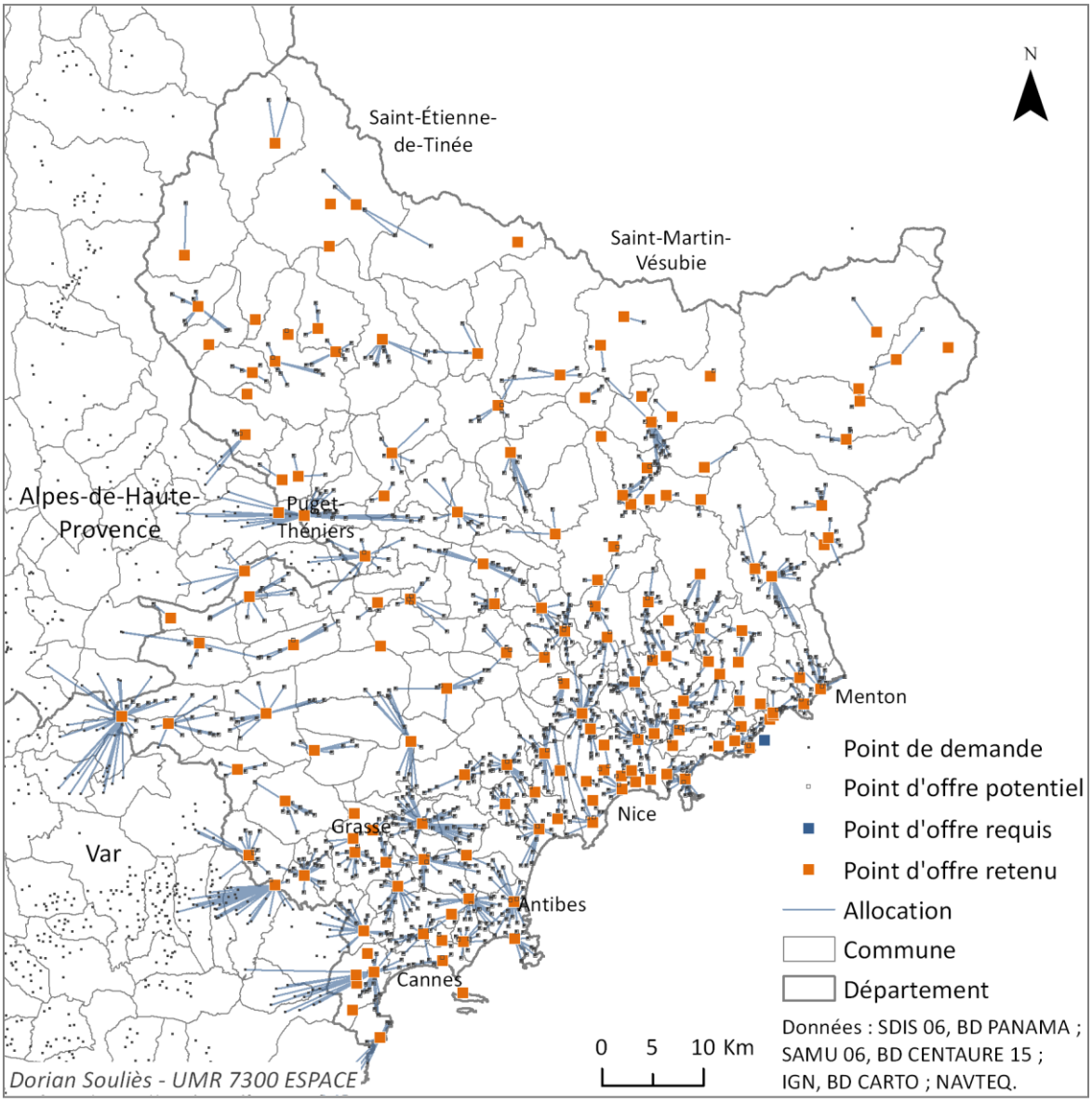


Figure 76 : Scénario du *devrait être.*

Scénario raffiné

Comme dans le cas du premier scénario, nous avons raffiné (cf. p. 187) les résultats obtenus à partir du scénario du *devrait être*. Au total, **48 casernes ont été identifiées comme étant proches des localisations proposées par le modèle** (carrés bleus Figure 80). Ces 48 casernes répondent à elles seules à près de 2/3 de la demande en SAP dans le département. **29 d'entre elles sont les mêmes que celles déjà identifiées dans le scénario raffiné précédent**, ce qui tend à confirmer que la localisation de ces dernières est particulièrement adaptée à la demande.

Le fait de ne pas délocaliser certaines casernes a des conséquences en cascade sur la localisation des points d'offre alentours et surtout sur leur nombre. Ainsi, là où il fallait 162 points pour couvrir l'ensemble de la demande de façon optimum, il en faudrait 177 si l'on contraint le modèle à tenir compte des 48 casernes identifiées précédemment. Par définition, à niveau de demande couverte constant, toute autre solution que la solution optimale nécessite plus de points d'offre.

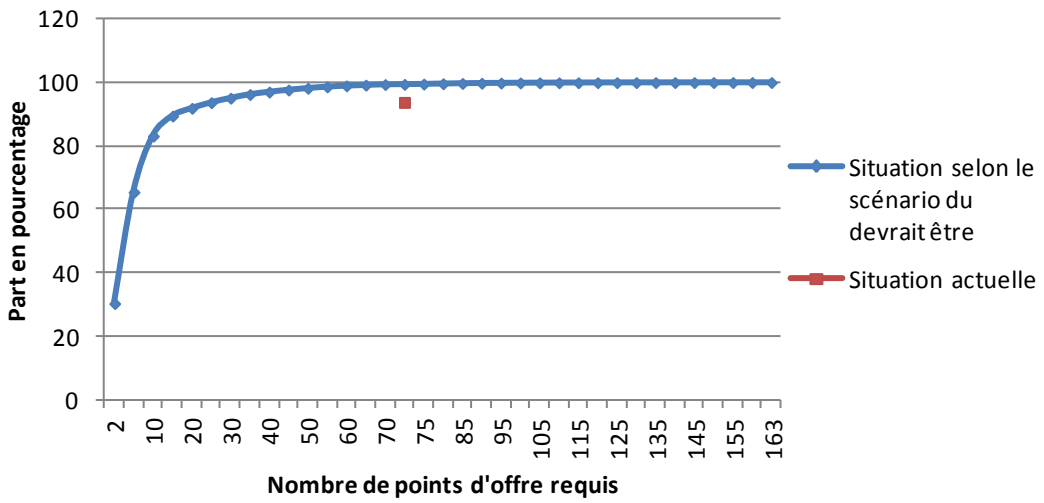


Figure 77 : Evolution de la part théorique de demande couverte en deçà des préconisations émises par le SDIS 06 en fonction du nombre de points d'offre retenus.

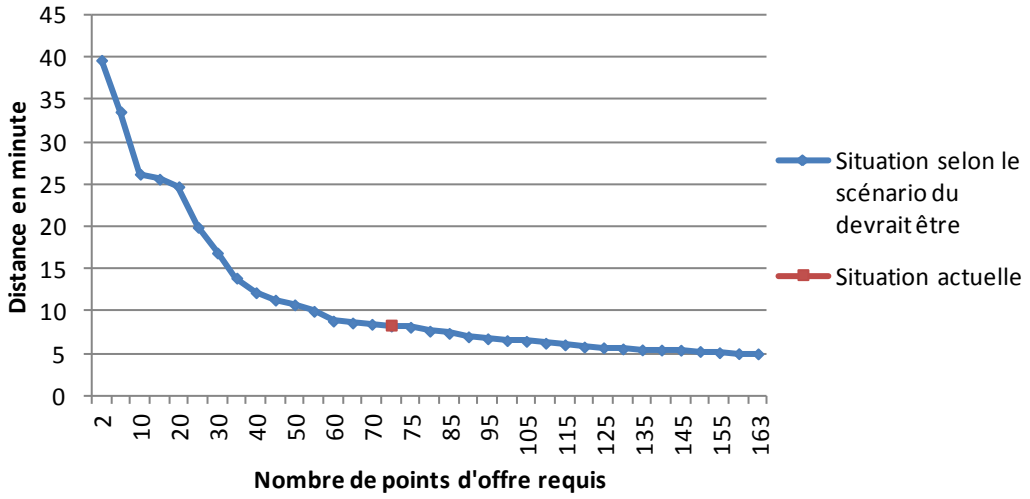


Figure 78 : Evolution de la distance théorique moyenne séparant les points de demande des points d'offre en fonction du nombre de points d'offre retenus.

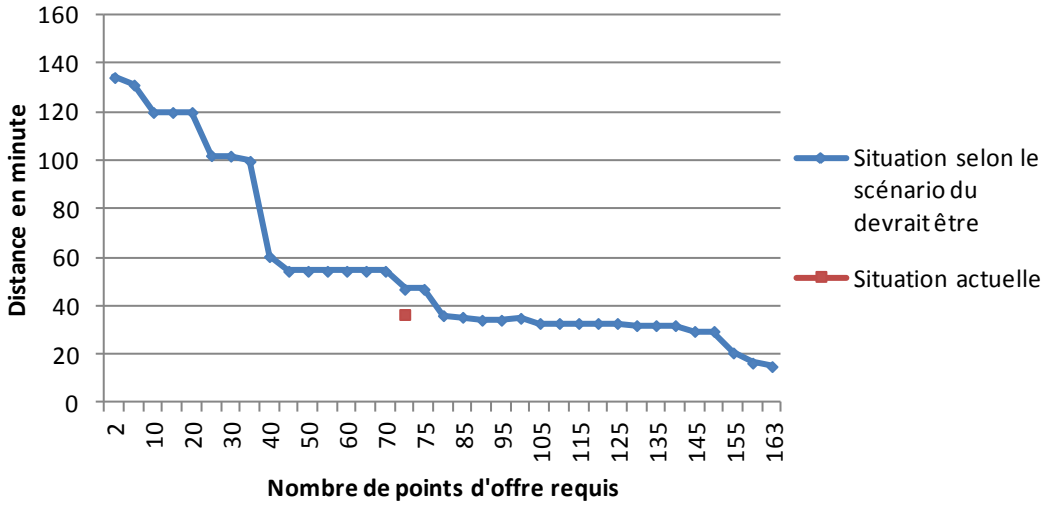


Figure 79 : Evolution de la distance théorique maximale entre un point de demande et un point d'offre en fonction du nombre de points d'offre retenus.

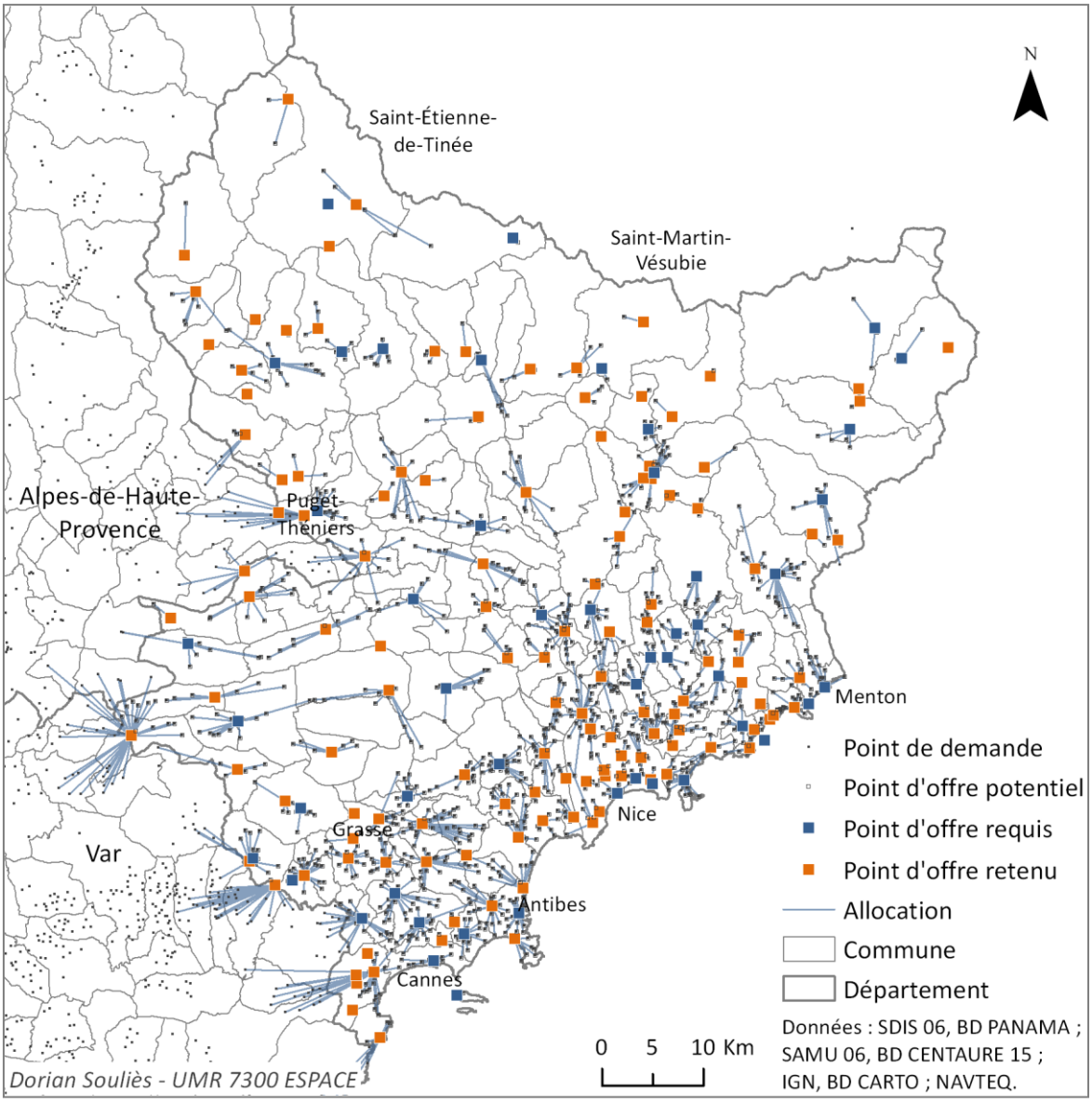


Figure 80 : Scénario du *devrait être* raffiné.

7.1.1.3. Le scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*

Le troisième type de scénario que l'on peut réaliser est le scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*. Ce scénario permet de répondre aux deux questions suivantes : Combien de moyens supplémentaires, au minimum, faut-il pour couvrir la demande de façon optimale en plus des moyens déjà existants ? Et où faut-il les localiser ?

Pour les mêmes raisons que le scénario du *devrait être*, nous avons eu recours aux deux modèles pour le réaliser. Le modèle LSCP pour estimer le nombre de points d'offre nécessaire pour couvrir toute la demande en plus des casernes déjà existantes. Le modèle hybride pour les localiser. Les autres paramètres et les données utilisés pour ce scénario sont synthétisés dans le Tableau 19.

DEMANDE		
	Points de demande (cf. p. 71)	2 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes et à la frontière avec Monaco et les départements du Var et des Alpes-de-Haute-Provence.
	Pondération (cf. p. 71)	Nombre total d'interventions de type SAP sur la période 2005 à 2010 (cf. section 5.2, p. 118).
	Impédance (cf. p. 76)	- commune de type A = 7 min ; - commune de type B = 11 min ; - commune de type C = 15 min.
OFFRE		
	Points d'offre potentiels (cf. p. 71)	1 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes uniquement.
	Points d'offre requis (cf. p. 164)	Caserne de la Condamine à Monaco (cf. p. 123) et les 71 casernes du SDIS 06 depuis lesquelles peut être assuré une intervention de type SAP.
MODÈLE		
	Problème (cf. p. 160)	*Minimiser les ressources*
	Nombre de casernes à localiser	190

Tableau 19 : Récapitulatif du paramétrage de l'outil et des données d'entrée du modèle en vue de la réalisation du scénario du *devrait être*.

En plus des 71 casernes existantes, 119 points d'offre sont nécessaires pour couvrir la totalité de la demande de manière optimale (Figure 81). Au total, ce ne sont pas moins de 190 points d'offre, tout confondu, qui sont nécessaires pour couvrir la demande selon ce scénario. Plus le modèle est contraint, plus la solution s'éloigne de l'optimal, plus le nombre de points d'offre nécessaires pour couvrir un même niveau de demande est important.

Ce sont, dans les grandes lignes, les trois principaux scénarios que l'outil Network Analyst permet de réaliser. Trois critiques peuvent être émises à leur sujet :

- Ils peuvent, tout d'abord, paraître éloignés de la réalité et des contraintes du terrain. Ils ont néanmoins le mérite de donner un aperçu de ce que pourrait être le niveau maximal de l'offre, notamment le nombre de points d'offre nécessaire pour couvrir la demande, et ainsi mieux évaluer le degré de couverture du SAP. À ce titre, ils sont indispensables.
- À cela s'ajoute le fait que les résultats sont amenés à évoluer sans cesse. La confrontation avec la réalité du terrain oblige à ajuster les données d'entrée des modèles, à raffiner les résultats, ce qui modifie en cascade, à chaque fois, tout ou partie des localisations optimales retenues.
- Enfin, de par le nombre très important de délocalisations ou de moyens supplémentaires à implanter qu'ils proposent, ils ne sont pas opérationnels. Aucun service n'a les moyens financiers pour réaliser autant de modifications d'un coup sur la localisation de ses moyens et pour implanter un nombre aussi important de nouvelles casernes.

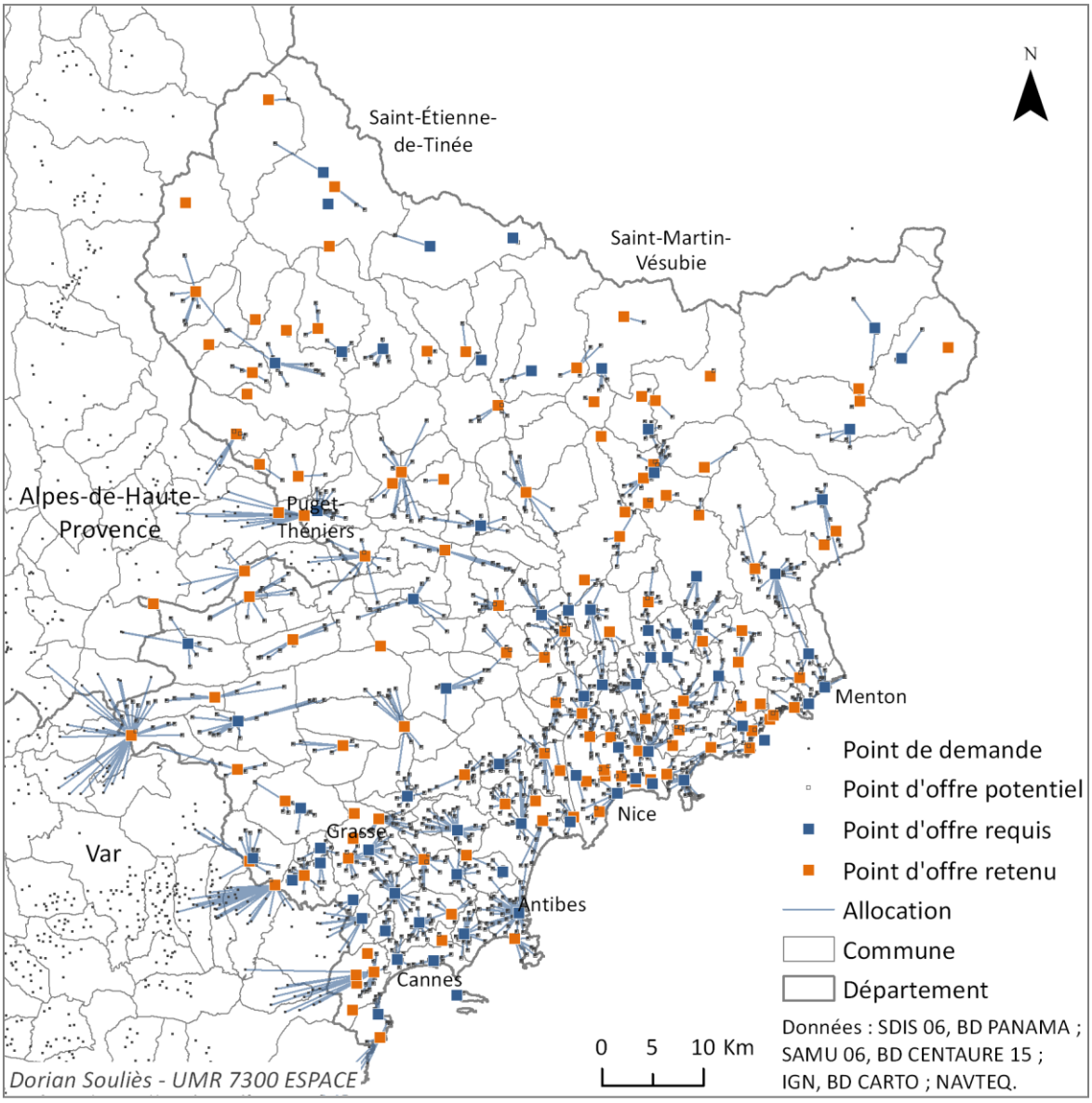


Figure 81 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*.

Les résultats optimaux issus de ces trois scénarios ne sont donc pas une fin en soi. D'autres résultats peuvent être obtenus et permettent eux aussi d'apporter des réponses à la question de la localisation des moyens de secours, même s'ils s'éloignent de l'optimal théorique.

7.1.2. Déclinaison des différents scénarios pour un nombre de points d'offre croissant

La solution pour contrebalancer le fait que les résultats optimaux ne sont généralement pas applicables en l'état consiste à résoudre à plusieurs reprises les modèles avec des valeurs croissantes de points d'offre à localiser jusqu'à ce que toute la demande soit couverte (Brotcorne et al., 2003, p. 454). Cette solution a plusieurs avantages :

- D'abord de montrer d'autres configurations possibles, à différents niveaux de couverture, de façon à s'adapter au mieux aux budgets des services de secours.
- Cela permet, par la même occasion, de comprendre les mécanismes qui expliquent les localisations et les délocalisations des points d'offre retenus. D'une itération à l'autre, les points d'offre localisés ne s'ajoutent pas simplement en tâche d'huile les uns à la suite des autres. Certaines itérations sont charnières, toutes les localisations sont redistribuées. Il est important de saisir les raisons de ces bouleversements et les effets dominos que peuvent avoir les points d'offre retenus entre eux. Tout cela est intimement lié à la structure locale du réseau routier, au niveau de la demande et nécessite une bonne connaissance du fonctionnement des modèles.
- Cela permet enfin de hiérarchiser les points d'offre retenus entre eux et donc de prioriser les éventuelles implantations ou délocalisations à réaliser. L'objectif des modèles de localisation-allocation étant de couvrir un maximum de demande dans la limite d'impédance, les points d'offre localisés en premier sont ceux qui permettent de couvrir le plus de demande et donc ceux qu'il peut être jugé prioritaire d'implanter dans la réalité.

Cette solution, nous l'avons mise en œuvre pour les versions brutes et raffinées du *devrait être* et du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*. Cela nous a permis, par ailleurs de calculer les indicateurs comparatifs et de réaliser les graphiques Figure 77, Figure 78 et Figure 79, p. 192. Plus que jamais, il n'existe pas une solution unique au problème de la localisation des moyens de secours, mais des dizaines voire des centaines. Toute la difficulté est de ne pas se perdre au sein de tous ces résultats et d'arriver à produire des résultats concrets et opérationnels. Cela ne peut se faire qu'au cas par cas. Nous avons donc concentré nos efforts que sur certains secteurs des Alpes-Maritimes. Trois exemples sont présentés dans la partie qui suit.

7.1.3. Cas d'étude

L'étape au cours de laquelle la matière première que forment l'ensemble des résultats issus des scénarios évoqués précédemment est déclinée en solutions concrètes et opérationnelles est une étape majeure. Nous n'avons pourtant trouvé aucune référence qui en fasse état. L'absence d'indications sur la démarche à suivre contribue certainement aussi au fait que les professionnels ne se sont pas attribué ce type de méthode et a constitué un enjeu pour notre propre travail.

Compte tenu de la masse d'informations à traiter, il n'est pas possible de réaliser ce travail à l'échelle du département tout entier. Nous nous sommes donc principalement concentré sur les secteurs identifiés, à l'issue du diagnostic, comme ayant la marge de progression en matière de couverture du SAP la plus importante (cf. section 5.3.3, p. 149). Pour chacun des cas d'étude une palette représentative des cas de figure possibles a été réalisée afin que les décideurs aient un maximum d'éléments pour prendre une décision : des cas de figures optimaux et plus opérationnels.

Nous avons choisi d'illustrer ce travail à travers trois cas d'étude représentatifs des trois types de communes A, B et C. Pour les deux premiers, il s'agit de réfléchir à

l'implantation de nouvelles casernes en vue d'augmenter le degré de couverture du SAP. Pour le troisième, il est à l'inverse question de la fusion de plusieurs casernes. Nous tenons à préciser que les solutions évoquées à cette occasion ne sont que des pistes de réflexions. La prise de décision elle-même n'intervient qu'après avoir pris en compte beaucoup d'autres paramètres que la question de l'optimisation des localisations, et peut conduire en outre à des solutions contraires à celles évoquées ci-après.

7.1.3.1. Secteur la Trinité, Drap, Cantaron

Drap est une commune de type A située au nord-est de Nice, dans la vallée du Paillon (Figure 82). Les délais d'intervention des moyens de secours du SDIS 06 enregistrés sur cette commune, durant la période 2005 à 2010, dépassent de 2 minutes en médiane les préconisations (cf. Figure 51, p. 146). Le nombre d'interventions concernées n'est heureusement pas très élevé, 551 interventions sur la période d'étude, mais représente tout de même près de 70% du total à l'échelon de la commune (Figure 85). De plus, les dépassements peuvent atteindre plus de 10 minutes pour les zones d'habitats les plus isolées (1, Figure 84). La commune de Drap est entourée des communes de la Trinité au sud et Cantaron au nord-ouest (Figure 83) qui, elles aussi, connaissent des zones d'habitats dont les délais d'interventions médians dépassent les préconisations (Figure 84).

Le secteur de la Trinité, Drap et Cantaron est situé en limite des secteurs d'intervention des casernes de Bon voyage, Tourette-Levens, Châteauneuf-Villevieille Contes, Peille et la Turbie (Figure 86). L'ensemble de ces casernes fonctionne sur le mode des gardes postées. Les délais de départ des moyens depuis ces casernes ne sont donc absolument pas en cause. Seuls les délais de route particulièrement longs pour desservir cette commune (cf. Figure 53, p. 148), notamment pour les zones d'habitats situées à flanc de versant (2 et 3, Figure 84) expliquent les dépassements.

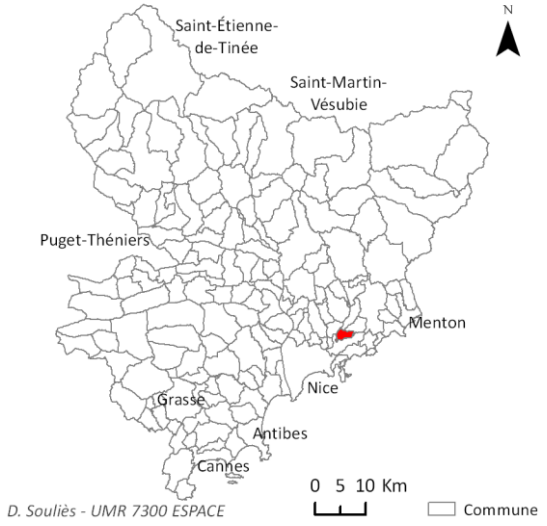


Figure 82 : La commune de Drap dans les Alpes-Maritimes.

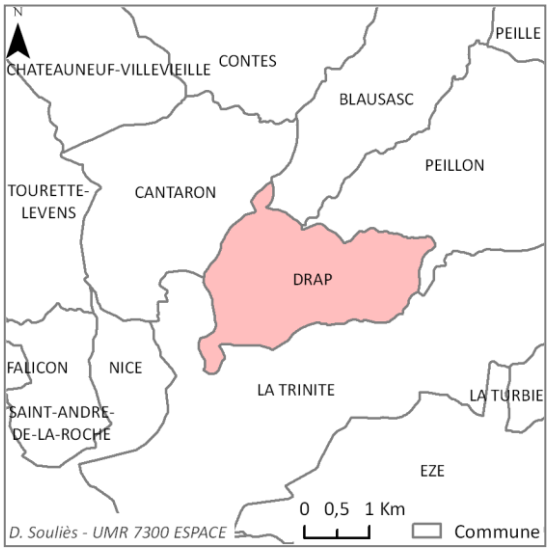


Figure 83 : La Trinité, Drap, Cantaron.

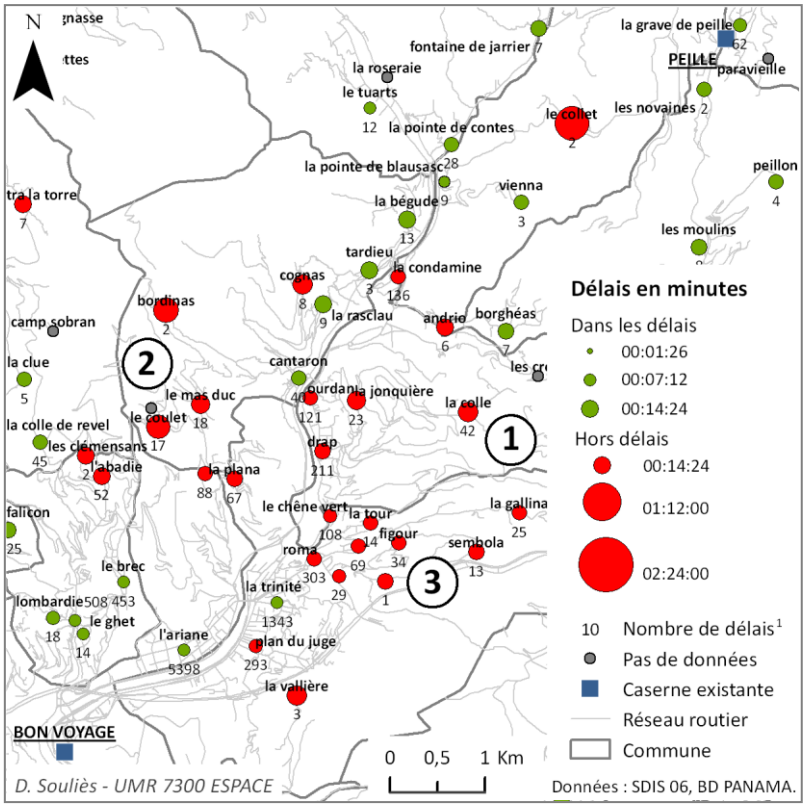


Figure 84 : Délais d'intervention médians par zones d'habitats et situation des communes au regard des préconisations du SDIS 06.

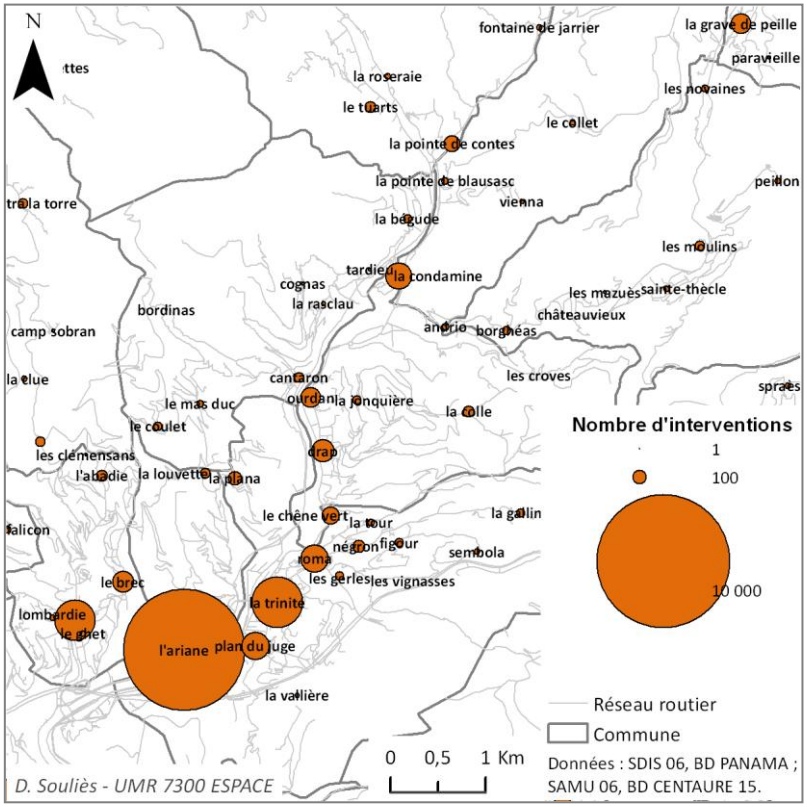


Figure 85 : Nombre d'interventions géocodées cumulé sur la période 2005 à 2010.

[1] Nombre total de délais disponibles à partir duquel a été calculée la médiane sur la période 2005 à 2010.

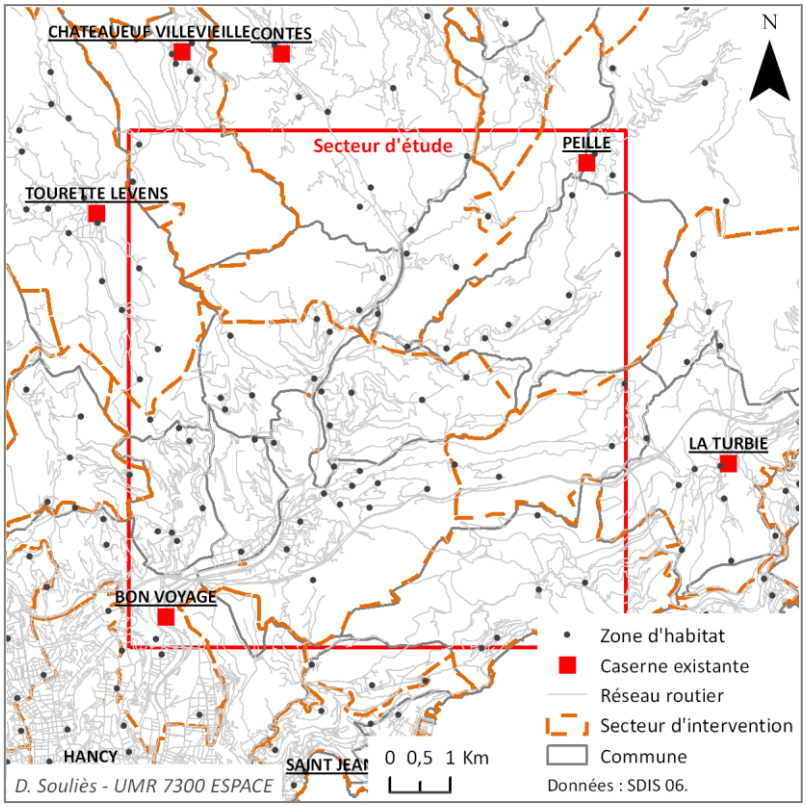


Figure 86 : Secteurs d'intervention des différentes casernes.

La seule solution pour améliorer les délais de projection des moyens dans ce secteur est donc de délocaliser certaines casernes. Voici les solutions proposées selon les trois scénarios détaillés précédemment.

À moyens constants, la solution consisterait à délocaliser la caserne de Bon voyage au centre-ville de la Trinité (Figure 87 et Figure 129, p. 282). Cette solution repose sur le fait que le secteur de Nice laissé vacant par la délocalisation de la caserne Bon voyage puisse être couvert par la caserne voisine en deçà des préconisations. Cela n'est cependant pas certain, notamment aux heures de pointe, étant donné que le modèle sous-estime légèrement les délais en centre-ville, et étant donné qu'il ne tient pas compte de la congestion urbaine. Quoi qu'il arrive, cette solution aurait pour conséquence d'allonger les délais dans la partie est de Nice.

D'après les autres scénarios, le nombre de points d'offre nécessaire pour que la totalité des zones d'habitats des communes de la Trinité, Drap et Cantaron soit dans la limite des préconisations, devrait être égal à trois (Figure 88, Figure 89 et Figure 90). Parmi ces trois points d'offre, la localisation de deux d'entre eux est récurrente, indépendamment du scénario et de la version : brute ou raffinée. Il s'agit des points d'offre localisés au niveau des zones d'habitats la Condamine et Ourdan, sur la commune de Drap. La localisation du troisième point d'offre varie entre les zones d'habitats Roma et Négron, toutes deux sur la commune de la Trinité. Le choix entre les deux dépend de la localisation des points d'offre plus au sud et à l'ouest. Si aucun point d'offre n'est localisé au niveau de la caserne de Bon voyage, la zone d'habitat retenue est Roma (Figure 88). Si maintenant un point d'offre est localisé au niveau de cette dernière ou au niveau de

l'Ariane et qu'en plus, un point d'offre est localisé au niveau de la zone d'habitat le Brec, sur la commune de Saint-André-de-la-Roche, alors la zone retenue, par effet domino, se décale vers l'est, au niveau de Négron (Figure 89, Figure 90).

À noter que le choix d'implanter un point d'offre au niveau de la Grave de Peille, justement où se trouve la caserne de Peille, est fait à deux reprises selon le scénario de l'*optimisation de la localisation des moyens existants* et selon le scénario du *devrait être*, ce qui tend à prouver la pertinence de sa localisation (Figure 87 et Figure 88).

Étant donné les raisons évoquées précédemment, la solution pour augmenter la couverture du SAP dans le secteur de la Trinité, Drap et Cantaron ne peut pas reposer sur le simple fait de délocaliser la caserne de Bon voyage. Le cas de figure qui consiste à localiser trois points d'offre supplémentaires au niveau des zones d'habitats la condamine, Ourdan, Roma ou Négron n'est, quant à lui, pas très réaliste financièrement. Afin de trouver une solution plus opérationnelle et de hiérarchiser les points d'offre à retenir, nous nous sommes intéressé aux solutions intermédiaires sous-optimales, produites par les trois scénarios suivants :

- Le scénario du devrait être ;
- Le scénario du devrait être raffiné ;
- Le scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*.

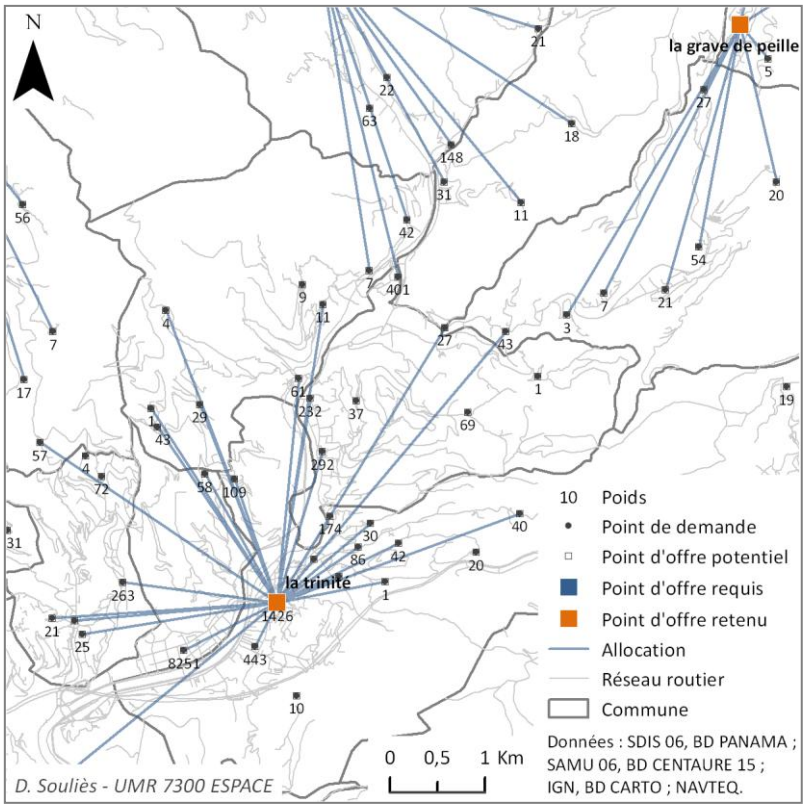


Figure 87 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

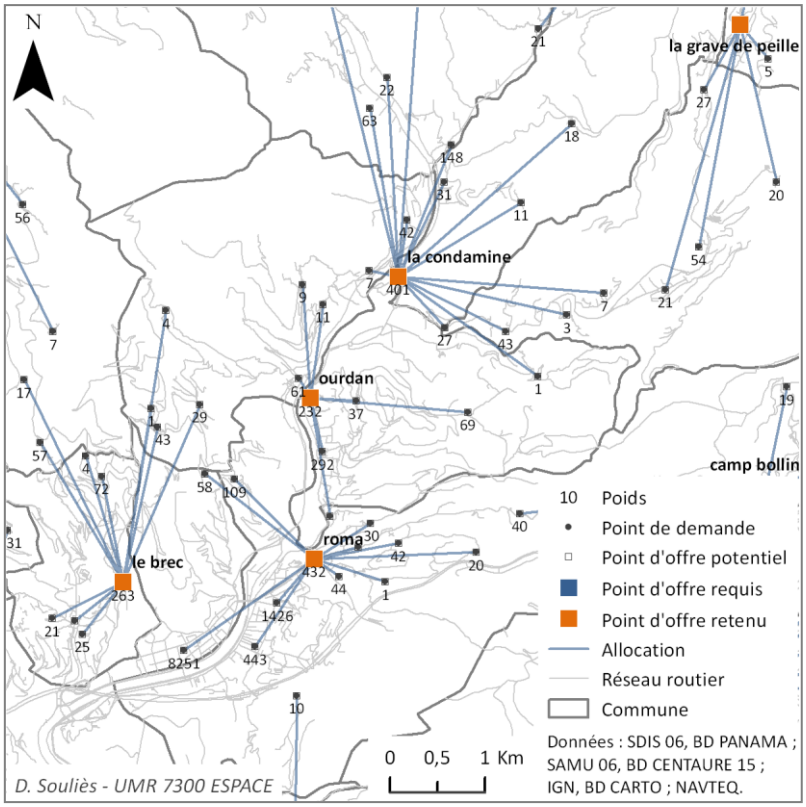


Figure 88 : Scénario du *devrait être*.

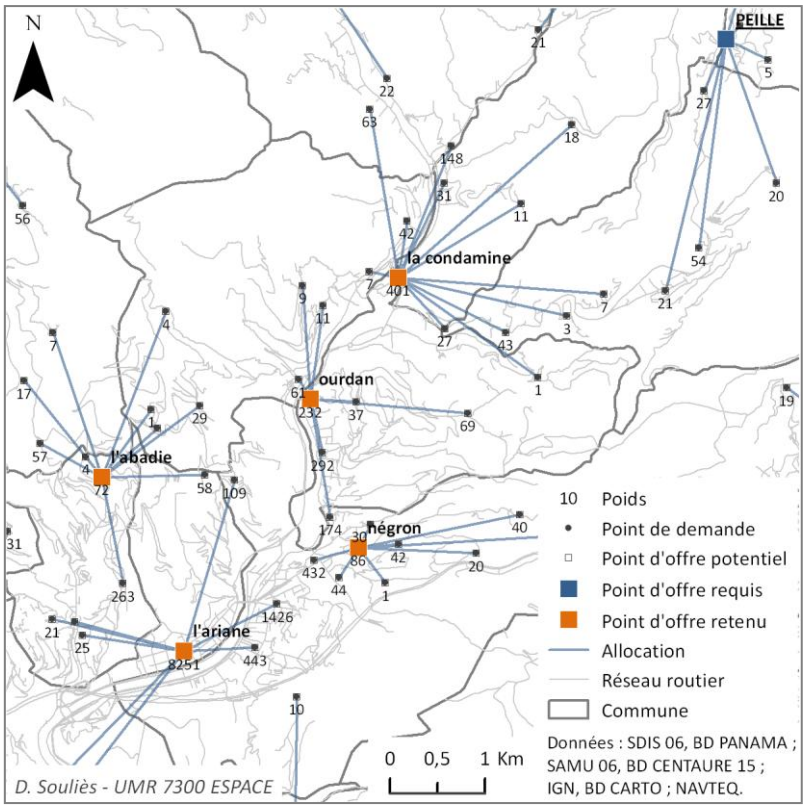


Figure 89 : Scénario du *devrait être* raffiné.

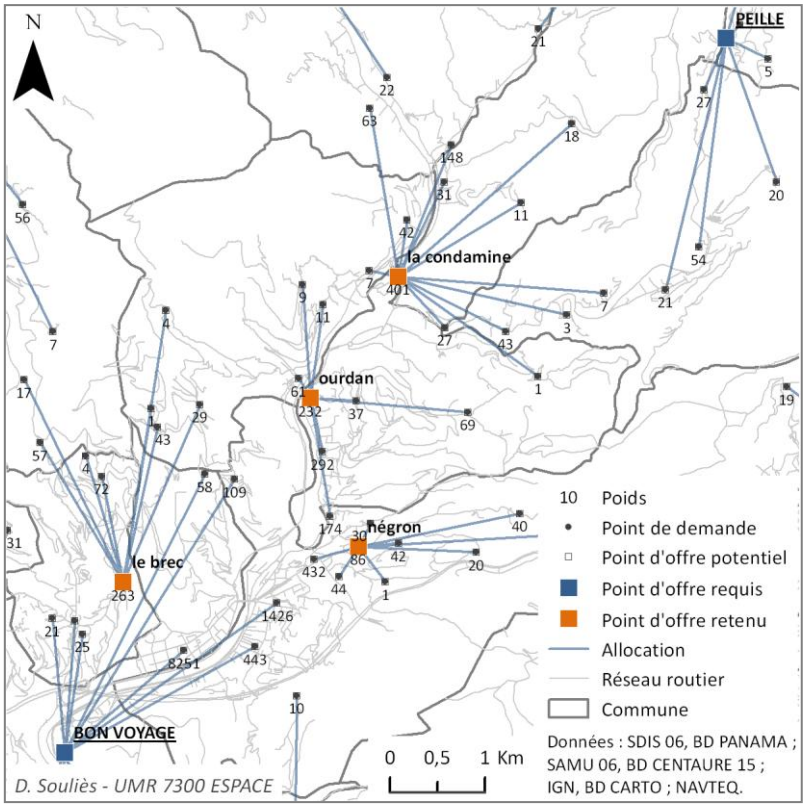


Figure 90 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*.

Les résultats des deux premiers étant très proches, nous ne présentons, dans le courant du texte, que ceux du scénario du *devrait être*. Ceux de la version raffinée sont présentés en Annexe 4, p. 282.

Voici ce que ces résultats nous ont permis d'apprendre sur la localisation des moyens dans le secteur :

- Un premier point d'offre retenu est localisé à la Trinité (Figure 91 ; Figure 130, p. 282). Il n'y a que dans le cas du scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants* que le point d'offre retenu est Roma (Figure 92). C'est la présence de la caserne de Bon Voyage, et le fait qu'elle puisse couvrir la partie est de la commune de la Trinité dans les délais, qui justifie le recul du point d'offre retenu au niveau de la zone d'habitat Roma.
- Un deuxième point d'offre retenu est, selon tous les scénarios, localisé à Ourdan, sur la commune de Drap (Figure 93, Figure 94 ; Figure 131, p. 283).
- Un troisième point est localisé, non pas dans le secteur qui nous intéresse directement mais sur la commune de Saint-André-de-la-Roche au Brec selon les scénarios du *devrait être*, brute, et raffiné (Figure 95 ; Figure 132, p. 283), et à l'Abadie, à cause de la présence de la caserne de Bon Voyage, dans le scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, comme dans le cas du premier point d'offre (Figure 96). La localisation de ce troisième point d'offre a pour conséquence, dans les trois cas, de délocaliser le premier point d'offre au niveau de la zone d'habitat Négron.

- Enfin, un quatrième point est localisé, dans tous les cas, au niveau de la zone d'habitat la Condamine à l'extrémité de la commune de Drap (Figure 88, p. 201 ; Figure 89 et Figure 90, p. 202).

Les zones d'habitats que permettent de desservir le troisième et le quatrième point d'offre sont pour la majorité déjà très bien desservies par les moyens existants (Figure 84, p. 198). La question de localiser un point d'offre au niveau des zones d'habitats Négron, l'Abadie, le Brec et l'Ariane ne se pose donc pas. Ne reste que deux cas de figure possibles pour améliorer le degré de couverture dans le secteur de la Trinité, Drap, Cantaron :

- Localiser un premier point d'offre au niveau de la zone d'habitat la Trinité ou Roma. C'est en effet le secteur où le nombre d'interventions dont les délais dépassent les préconisations est le plus important (Figure 84, p. 198), et depuis cet emplacement, une éventuelle caserne peut desservir dans de meilleures conditions le versant de la commune situé un peu plus en altitude et celui de la commune de Cantaron, juste en face, via un pont qui enjambe le Paillon (2 et 3 ; Figure 84, p. 198). Les délais de route pour desservir la commune de Drap s'en trouveraient déjà beaucoup diminués.
- Pour améliorer encore plus les délais d'intervention à Drap, et notamment dans sa partie haute (1 ; Figure 84, p. 198), l'implantation d'un deuxième point d'offre directement sur la commune, au niveau de la zone d'habitat Ourdan, semble inévitable.

Afin d'évaluer le gain en matière de couverture du SAP que chacun d'eux apporte, nous leur avons appliqué les indicateurs de comparaison (Tableau 20). De même, nous avons calculé le niveau de la demande alloué à chaque nouveau point d'offre et le nombre de VSAV que cela demande pour couvrir cette demande (Tableau 21). Ce sont des éléments complémentaires pour aider les décideurs à prendre leur décision.

- Pour ce qui est du premier point d'offre nous n'avons réalisé les calculs que dans le cas de figure où c'est la zone d'habitat Roma qui est retenue pour accueillir un éventuel nouveau point d'offre et non pas la Trinité. C'est celui qui reflète le mieux la réalité puisqu'il tient compte de la présence de la caserne de Bon Voyage. Ainsi, un point d'offre localisé au lieu-dit Roma permettrait de couvrir, dans les délais, 26,4% de demande supplémentaire sur les communes de la Trinité, Drap et Cantaron réunies, par rapport à la situation en 2015, en théorie au moins (Tableau 20). Cela permettrait de faire baisser de 21,2% la moyenne théorique des délais et la distance au point de demande le plus éloigné de 6,4%. Toujours sur la base des données de 2005 à 2010, la caserne assurerait environ 621 interventions, de type SAP uniquement, et devrait être dotée de 1 VSAV (Tableau 21).
- Si l'on devait en construire deux, le gain se ferait surtout sentir sur le délai théorique maximal qu'il faudrait pour desservir la zone d'habitats la plus éloignée (Tableau 20). Le nombre d'interventions de type SAP uniquement que réaliseraient ces deux casernes serait, quant à lui, beaucoup moins important (Tableau 21).

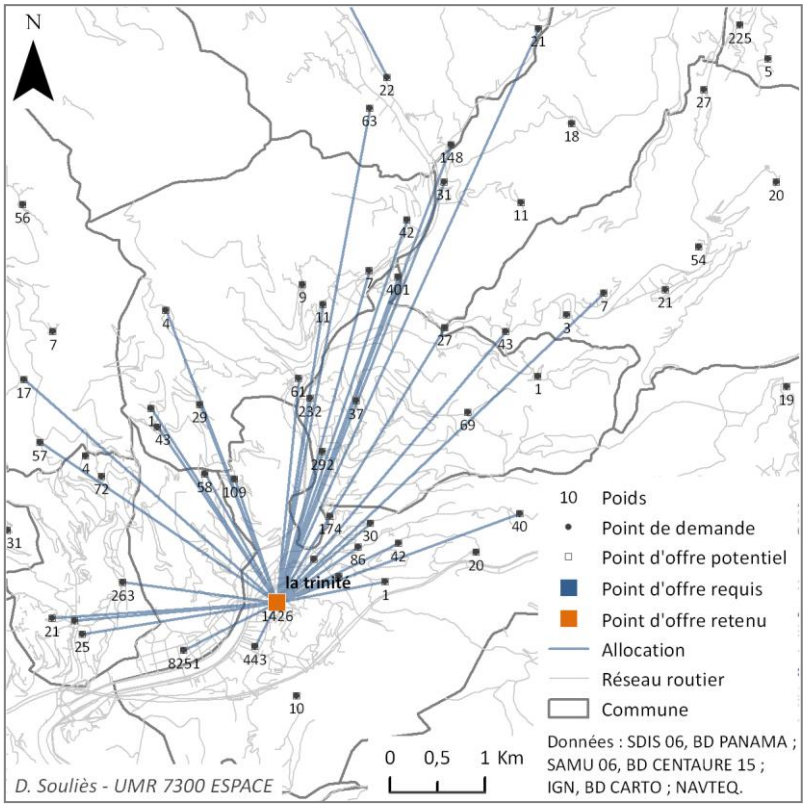


Figure 91 : Scénario du *devrait être*, itération n°30.

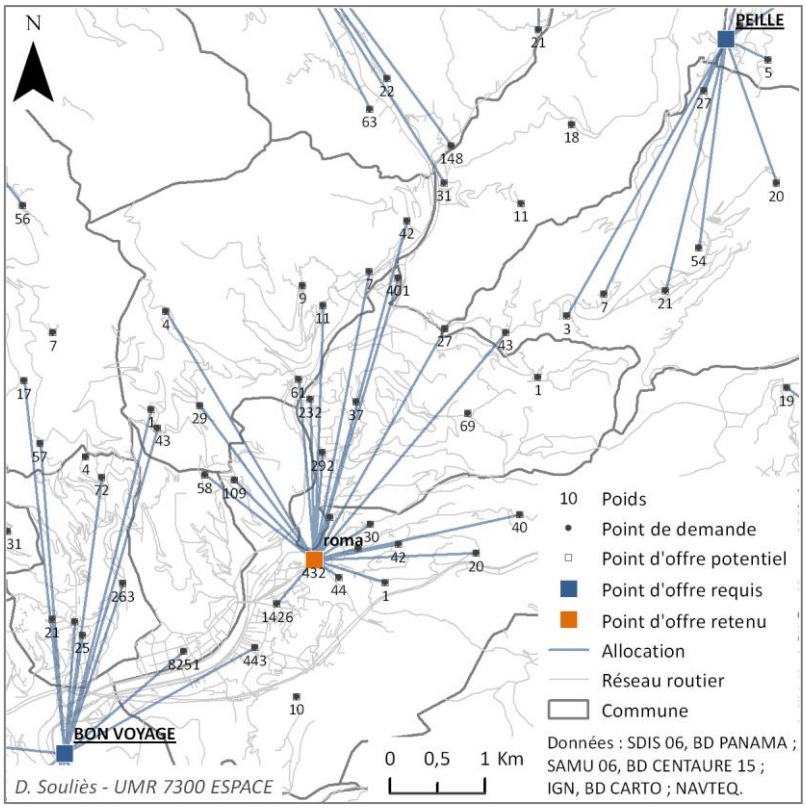


Figure 92 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, itération n°10.

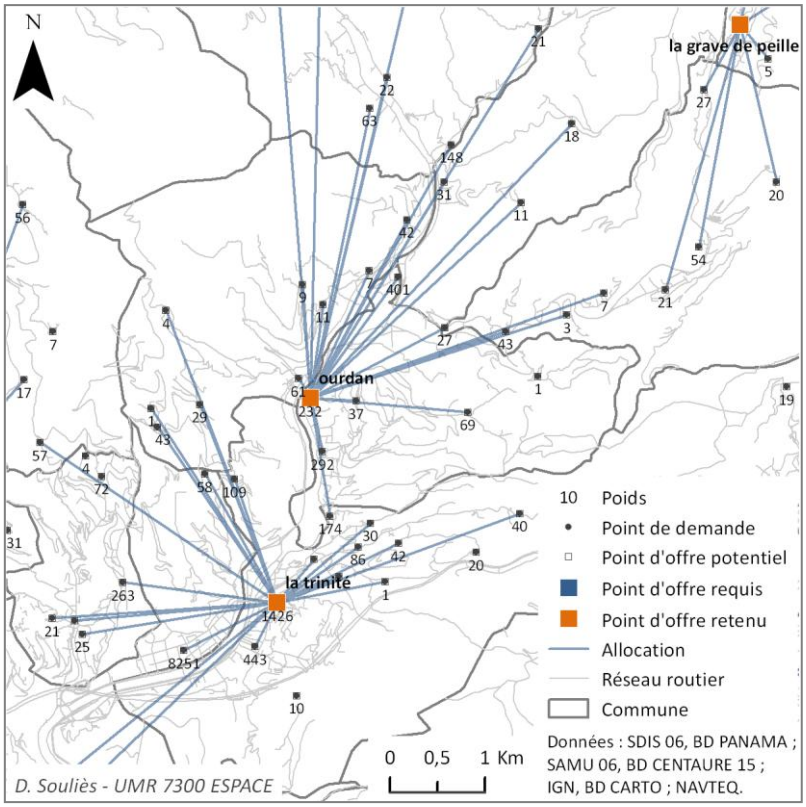


Figure 93 : Scénario du *devrait être*, itération n°79.

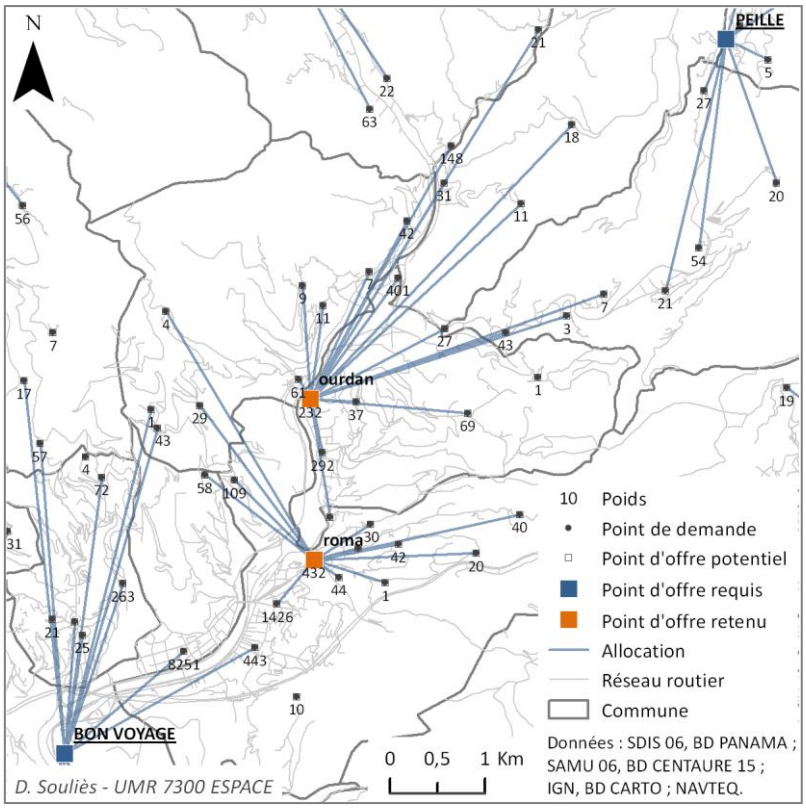


Figure 94 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, itération n°33.

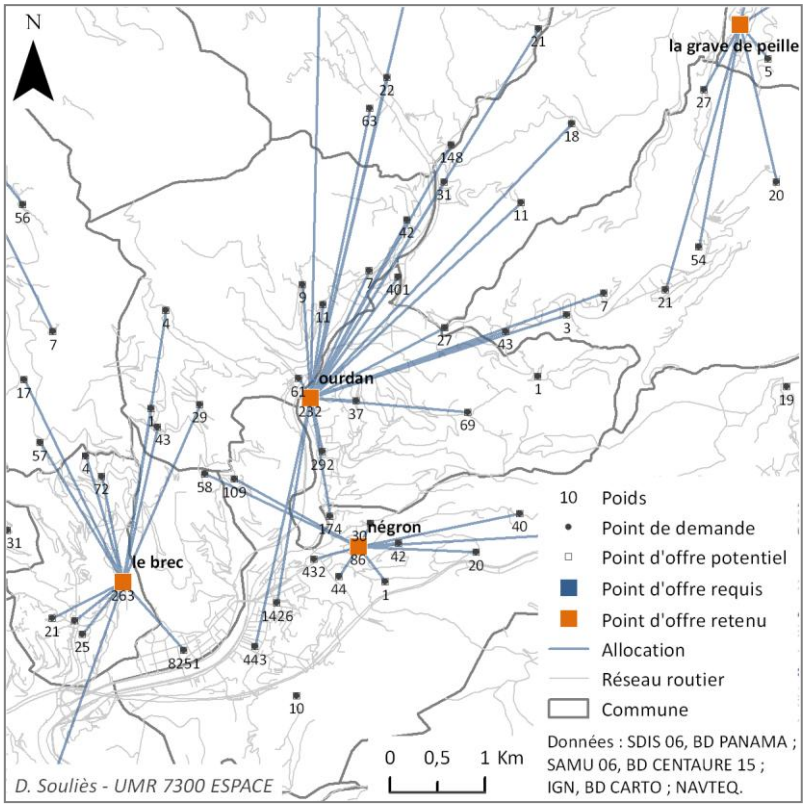


Figure 95 : Scénario du *devrait être*, itération n°85.

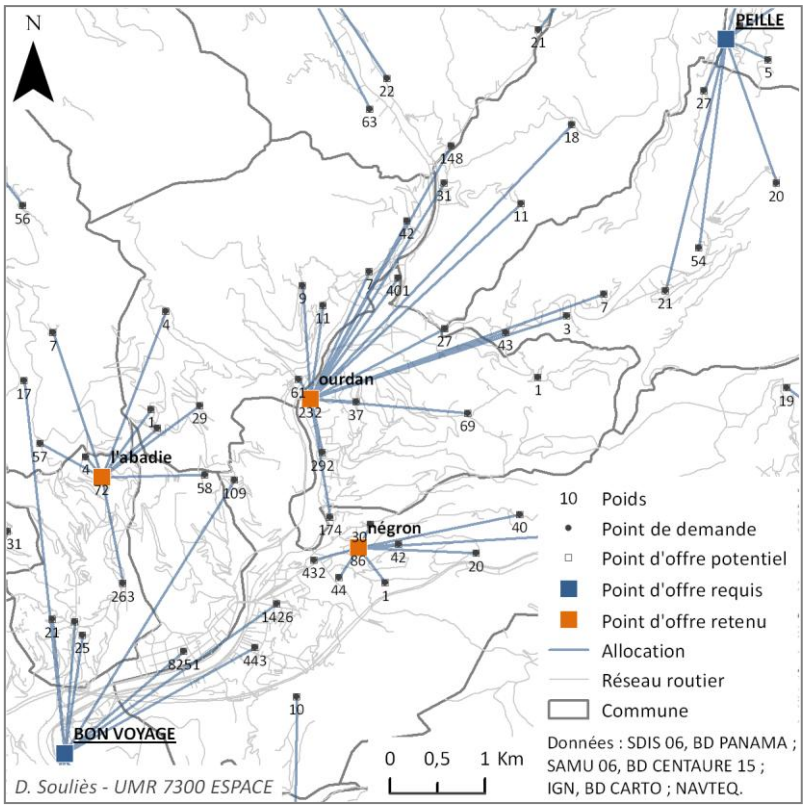


Figure 96 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, itération n°83.

Cas de figure	Part théorique de demande couverte en deçà des préconisations en pourcentage	Moyenne théorique des distances séparant les points de demande des points d'offre retenus en minutes	Distance maximale entre un point de demande et un point d'offre retenu en minutes
Situation en 2015	3140	8,2	14,8
Roma (Figure 92)	3970 (+26,4%)	6,4 (-21,2%)	13,9 (-6,4%)
Roma + Ourdan (Figure 94)	4085 (+30,1%)	5,1 (-37,7%)	10,4 (-29,9%)

Tableau 20: Indicateurs comparatifs pour les communes de la Trinité, Drap et Cantaron cumulés au regard des différents cas de figure.

Cas de figure	Caserne	Nombre d'interventions théorique annuel moyen sur la période d'étude	Nombre de VSAV[1]
Roma (Figure 92)	Roma	621,1	1
Roma + Ourdan (Figure 94)	Roma	386,6	1
	Ourdan	274,1	1

Tableau 21 : Nombre d'interventions de type SAP uniquement et nombre de VSAV correspondant aux propositions d'implantations.

La localisation d'une caserne à Ourdan n'a surtout pas de conséquence sur la localisation de la première. C'est un point non négligeable car indépendamment du choix que prendront éventuellement les décideurs d'implanter une ou deux casernes dans le secteur, le choix de la zone pour implanter la première, et peut-être la seule, est le même. De plus, les zones d'habitats retenues dans les deux cas correspondent parfaitement à celles retenues selon le scénario du *devrait être*. Ces deux solutions tendent donc vers une localisation optimale des moyens dans le secteur.

7.1.3.2. Secteur, Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour

Les communes d'Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour sont toutes des communes de type C, situées dans la basse vallée de la Tinée (Figure 97 et Figure 98). Les délais d'intervention médians de toutes ces communes dépassent les 20 minutes préconisées. Cela concerne fort heureusement un faible nombre d'interventions (Figure 100). Le niveau global de la demande dans ces communes étant lui-même faible. À l'échelon de certaines zones d'habitats, les dépassements représentent tout de même plusieurs dizaines de minutes (Figure 99).

Cette situation s'explique principalement par les délais de route particulièrement longs dans le secteur (cf. Figure 53, p. 148). En effet, il s'agit, pour la totalité de villages perchés à flanc de montagne, reliés par des routes étroites, sinueuses et pentues. De plus, ces communes se trouvent en limite de secteur d'intervention des casernes de Saint-Sauveur sur-Tinée et Villars-sur-Var (Figure 101).

[1] Nombre de VSAV calculé d'après les ratios d'équipements édictés par l'ancienne DDSC (cf. Annexe 2, p. 227).

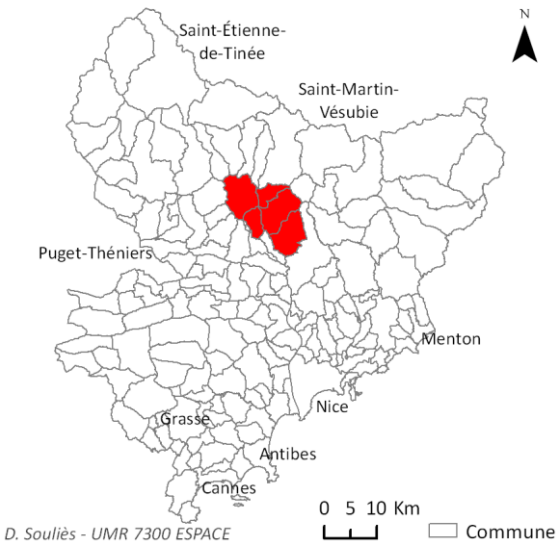


Figure 97 : Les communes d'Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour dans les Alpes-Maritimes.

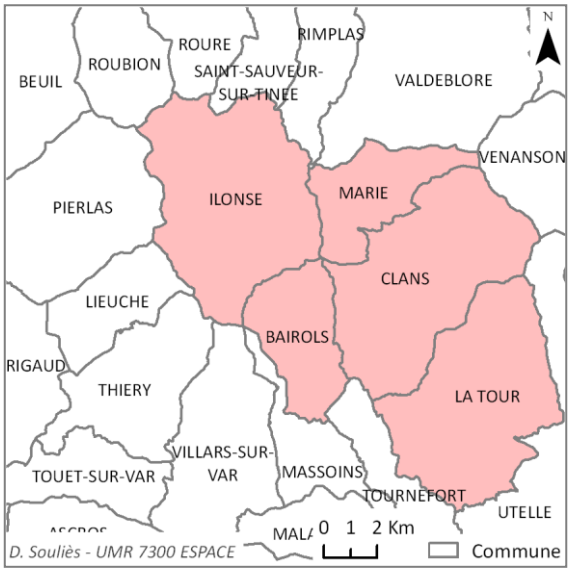


Figure 98 : Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour.

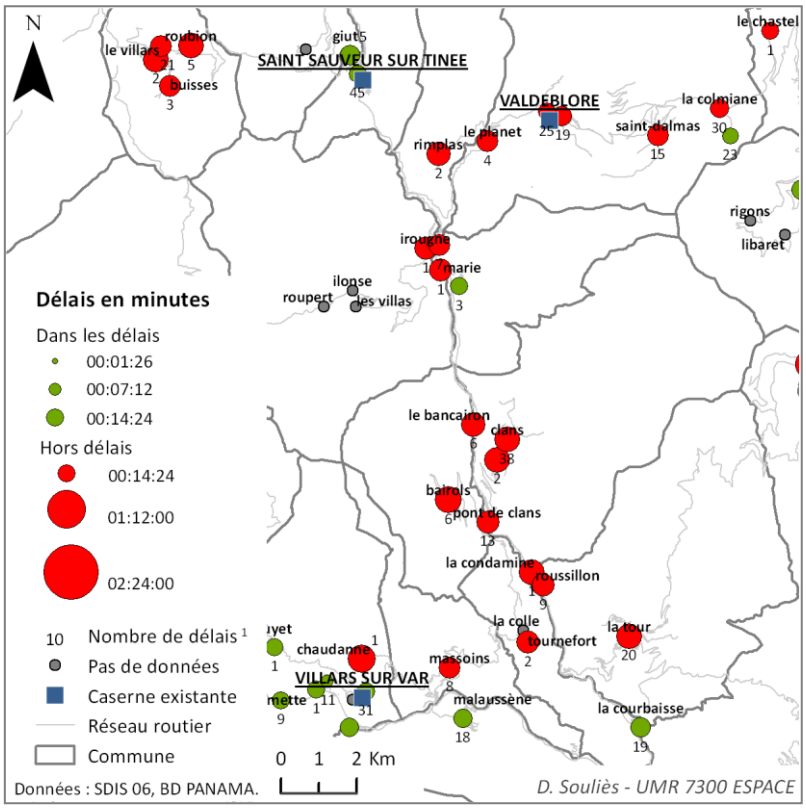


Figure 99 : Délais d'intervention médians par zones d'habitats et situation des communes au regard des préconisations du SDIS 06.

[1] Nombre total de délais disponibles à partir duquel a été calculée la médiane, sur la période 2005 à 2010.

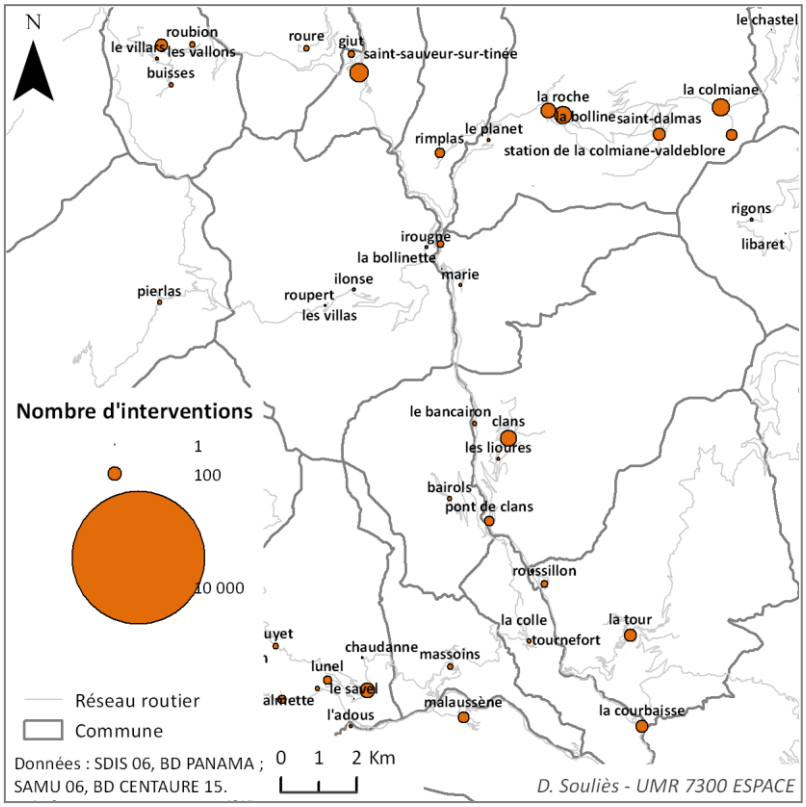


Figure 100 : Nombre d'interventions géocodées cumulé sur la période 2005 à 2010.

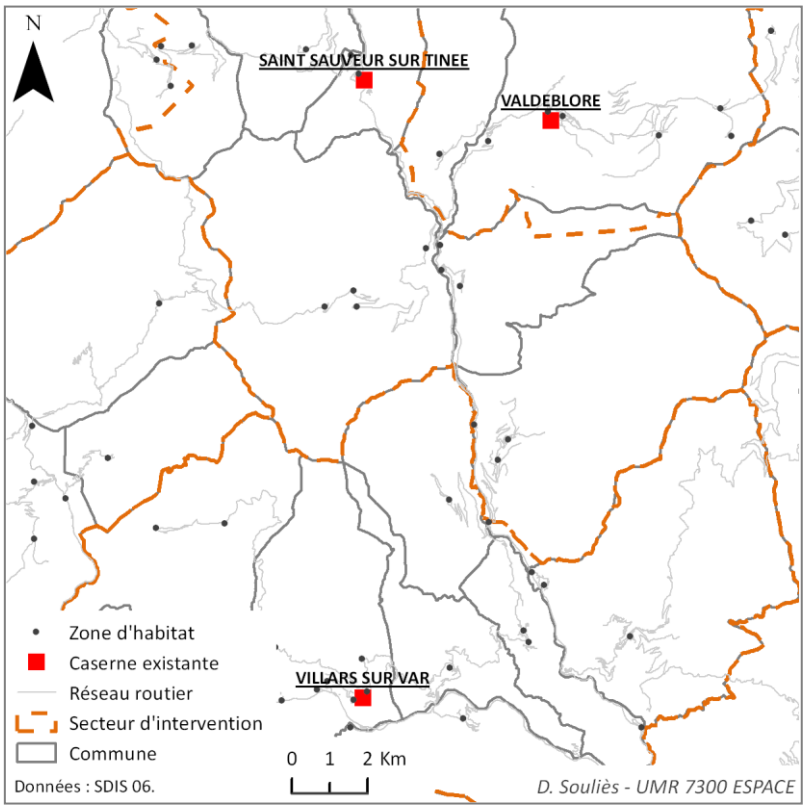


Figure 101 : Secteurs d'intervention des différentes casernes.

Les délais de route ne justifient cependant pas à eux seuls l'importance des délais d'interventions dans ces communes. Dans une moindre mesure, le temps que mettent les moyens à partir, une fois déclenchés, n'est pas négligeable. Il se situe entre 6 et 9 minutes, suivant les communes et les casernes qui les desservent, soit plus que la médiane des délais de départ des communes du même type qui s'élève à 4 minutes.

Cette situation s'explique en grande partie par le fait que les casernes du secteur fonctionnent, la majorité du temps, selon le mode des astreintes à domicile. Mais cela tient aussi en partie au fait que les caractéristiques du réseau routier évoquées précédemment rendent également particulièrement longs les délais de route que mettent les volontaires pour se rendre à la caserne depuis leur domicile, qui s'avère le plus souvent éloigné.

Afin d'y remédier, la solution préconisée, dans le cadre du scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*, consiste à délocaliser la caserne de Saint-Sauveur-sur-Tinée au niveau de la zone d'habitat de Bancairon (Figure 102). Une fois les résultats bruts raffinés (Figure 103), la caserne de Saint-Sauveur-sur-Tinée fait cependant partie de celles qui ont été jugées comme bien localisées, car un des points d'offre retenus par le modèle a été localisé à proximité. Saint-Sauveur-sur-Tinée est également le siège d'une caserne dans le scénario du *devrait être* raffiné (Figure 105), ce qui tend à confirmer l'utilité de localiser une caserne à cet endroit.

En dehors de la délocalisation de la caserne de Saint-Sauveur-sur-Tinée, trois solutions différentes sont proposées suivant les scénarios :

- Selon le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné (Figure 103), le modèle propose de localiser, en plus de la caserne de Saint-Sauveur-sur-Tinée, un point d'offre supplémentaire sur l'axe principal de la vallée, au niveau de la Condamine, sur la commune de la Tour.
- La deuxième solution consiste à localiser en plus du point d'offre de la Condamine, un point d'offre supplémentaire localisé selon le scénario du *devrait être* raffiné (Figure 105) ou du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants* (Figure 106), soit à Pierlas, soit à Irougne.
- Enfin, selon le scénario du *devrait être* (Figure 104), trois points d'offre sont nécessaires pour couvrir toute la demande en deçà des préconisations : un à Irougne également, un à Bancairon et un au lieu-dit la Courbaisse.

Afin de mieux connaître l'ordre d'apparition des différents points d'offre retenus nous avons relancé le modèle pour chaque scénario avec un nombre de points d'offre retenus différent. De toutes les simulations réalisées, il ressort que le point d'offre retenu en priorité est la Condamine (Figure 107), même dans le cas du scénario du *devrait être* (Figure 108 et Figure 109). Ce n'est qu'à partir de l'itération 123, et l'implantation d'un troisième point d'offre au niveau de la Courbaisse, que le point d'offre retenu de la Condamine bascule au niveau de Bancairon (Figure 104). Le deuxième point d'offre est soit Pierlas, soit Irougne (Figure 105, Figure 106). Le point d'offre localisé en dernier est celui de la Courbaisse, dans le cadre du scénario du *devrait être* avec les conséquences sur la localisation du point voisin que l'on vient de voir.

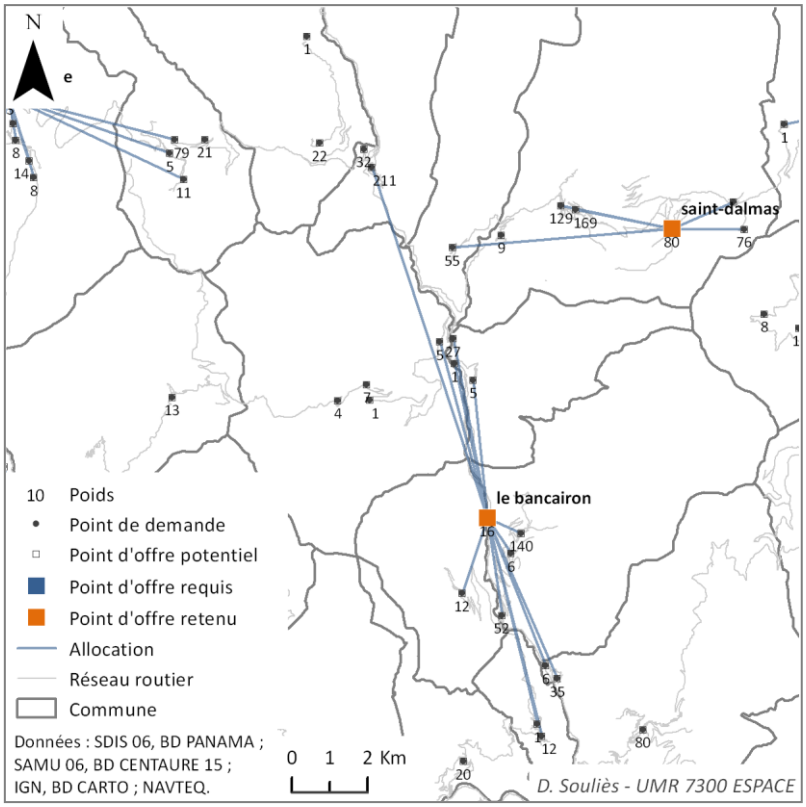


Figure 102 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

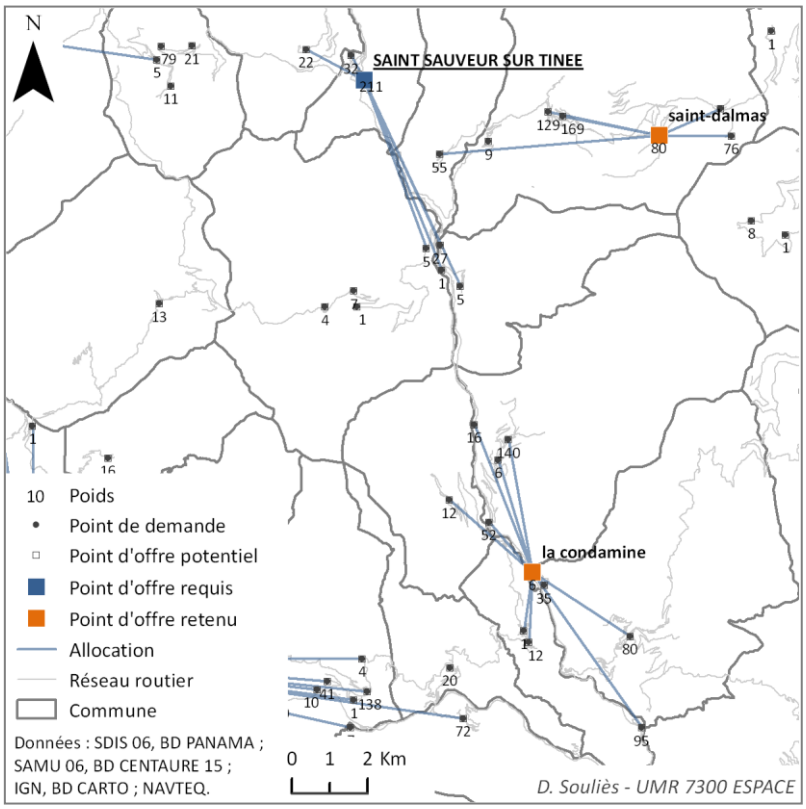


Figure 103 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné.

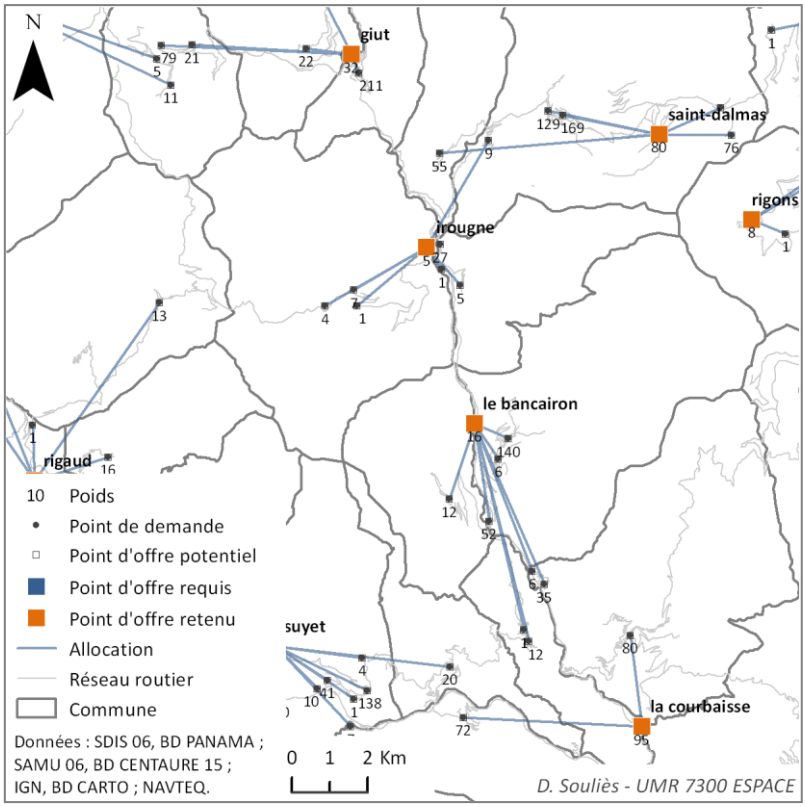


Figure 104 : Scénario du *devrait être*.

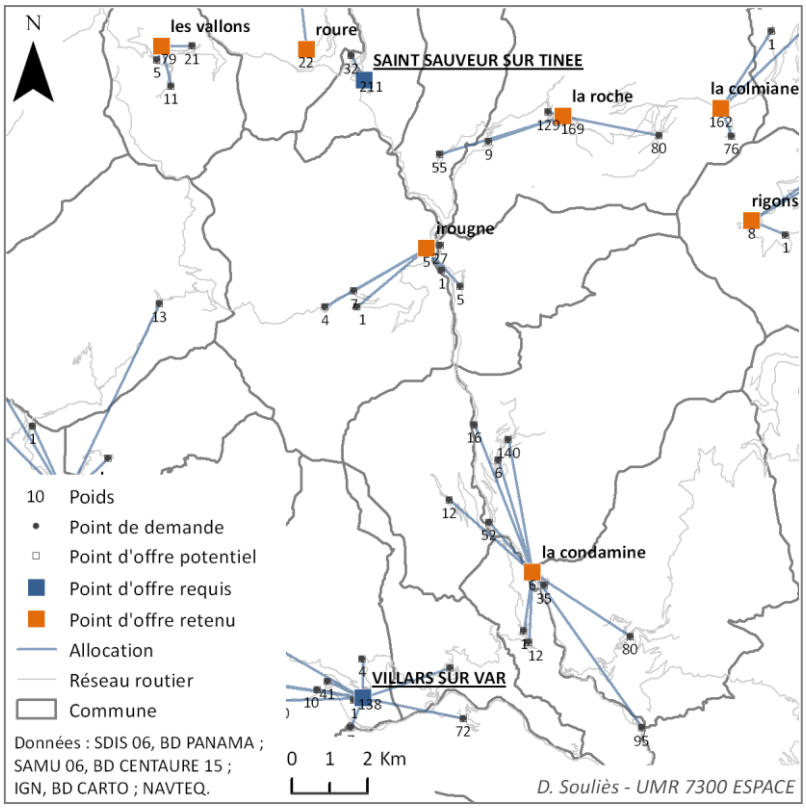


Figure 105 : Scénario du *devrait être raffiné*.

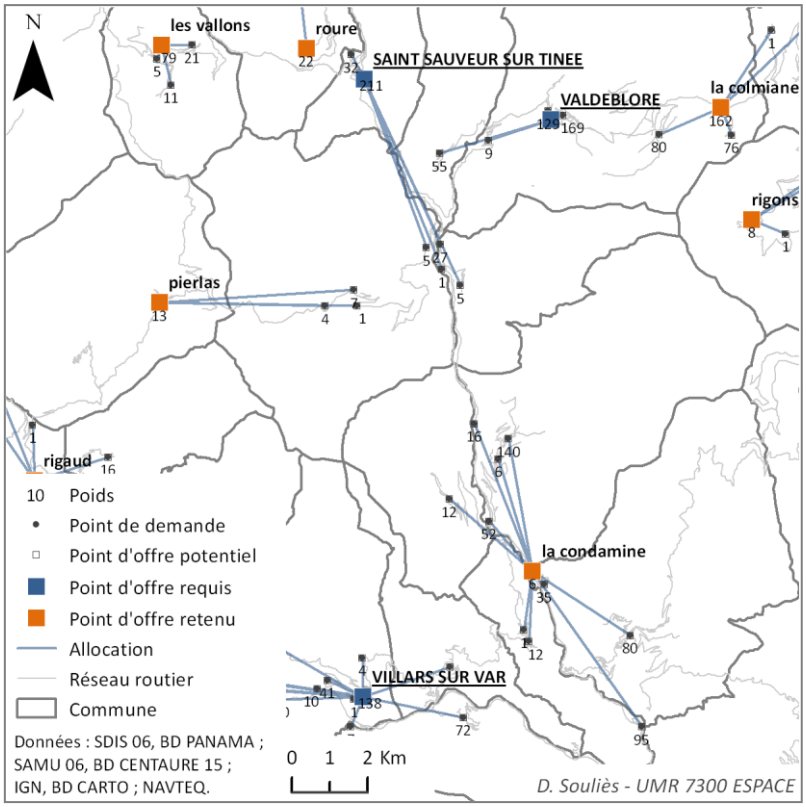


Figure 106 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*.

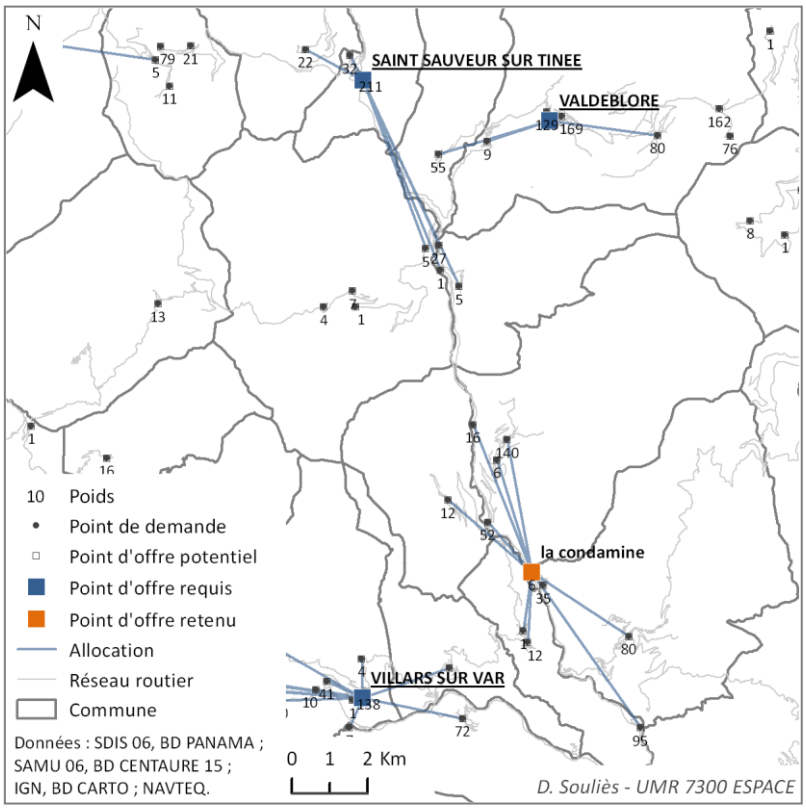


Figure 107 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, itération n° 15.

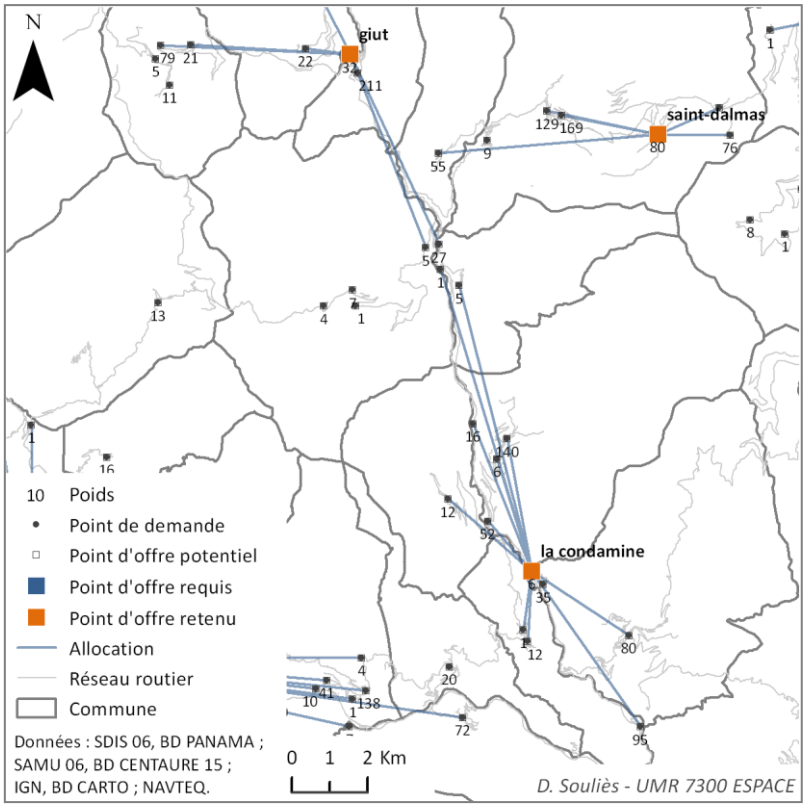


Figure 108 : Scénario du *devrait être*, itération n°70.

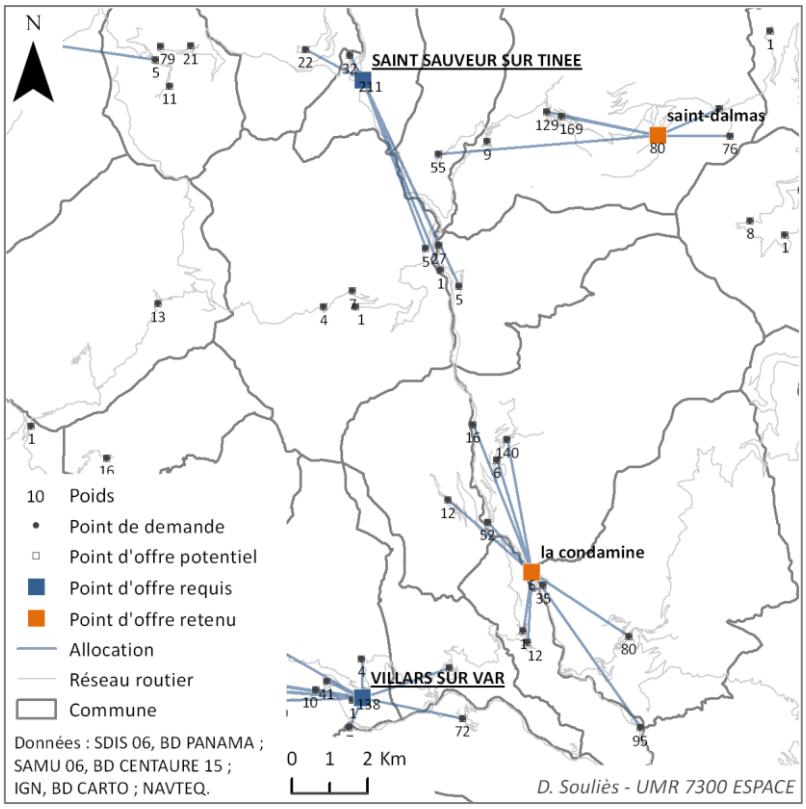


Figure 109 : Scénario du *devrait être* raffiné, itération n°43.

Trois principaux cas de figure peuvent donc être envisagés pour améliorer le degré de couverture du SAP dans le secteur :

- Délocaliser la caserne de Saint-Sauveur-sur-Tinée au niveau de la zone d'habitat de Bancairon permettrait d'augmenter la demande théorique couverte dans les délais de 464,8%, de faire baisser de 36,9% les délais d'interventions moyens dans le secteur et la distance pour desservir le point de demande le plus éloigné de 15,9% (Tableau 22). Sur la base des interventions réalisées sur la période 2005-2010, la caserne à cet endroit réaliserait, en théorie, une moyenne d'environ 113 interventions de type SAP uniquement, chaque année (Tableau 23). Ces résultats sont cependant à relativiser car ils ne tiennent pas compte des pertes en termes de couverture qu'engendrerait une telle décision sur le secteur qu'occupe actuellement la caserne de Saint-Sauveur-sur-Tinée. D'autre part, en milieu rural, et qui plus est dans le périmètre de la Loi *Montagne*, nous avons envisagé à chaque fois l'éventualité qu'il ne soit pas possible d'implanter une caserne dans les zones d'habitat retenues. En l'occurrence, s'il s'avérait que la caserne ne puisse pas être délocalisée précisément à Bancairon, la demande couverte dans les délais depuis n'importe quelles zones, plus au sud ou au nord, serait à peine meilleure, voire, moins importante, qu'actuellement. Le rapport entre le gain en matière de couverture et le coût d'une telle délocalisation ne serait alors plus autant en faveur de cette dernière.
- Localiser un point d'offre supplémentaire à la Condamine, sur la commune de la Tour, permettrait de faire passer le niveau de la demande théorique couverte de 464,8 à 613% (Tableau 22). La distance moyenne baisse de près 3 points supplémentaires et la distance maximale de 5 points environ. La caserne réaliserait à cet endroit environ 76 interventions de type SAP en moyenne par an (Tableau 23). De la même manière que précédemment, s'il s'avérait qu'il ne soit pas possible de construire une caserne au niveau de la Condamine, le site retenu tout de suite après par le modèle est Pont-de-Clans (cf. Figure 133, p. 284).
- Le troisième cas de figure est celui qui consiste à localiser un deuxième point d'offre à Pierlas ou Irougne pour desservir la commune d'Ilonse notamment. Si une caserne était effectivement construite à Irougne, pour prendre cet exemple, mais c'est valable pour Pierlas également, le gain en matière de couverture se ressentirait surtout sur les délais d'intervention moyens dans le secteur et les délais pour desservir les zones d'habitats les plus éloignées. La part d'intervention qu'elle permettrait de couvrir en plus n'est pas très importante (Tableau 22). Il faut dire que le niveau de la demande sur la commune d'Ilonse est très faible, moins de 9 interventions par an (Tableau 23). Ce n'est pas suffisant pour justifier l'implantation d'une caserne. Il y a donc très peu de chance que ce cas de figure soit retenu.

Nous n'avons pas calculé les indicateurs comparatifs pour le cas de figure qui prévoit l'implantation au total de trois points d'offre dans le secteur, car ils nous auraient amené exactement aux mêmes conclusions que le troisième cas de figure. Pour des communes particulièrement isolées comme Ilonse et Pierlas, le recours, aux hélicoptères médicalisés est heureusement possible et prend tout son sens. C'est le seul moyen à l'heure

d'aujourd'hui permettant de desservir en deçà des préconisations ces communes à moindre coût.

Cas de figure	Part théorique de demande couverte en deçà des préconisations en pourcentage	Moyenne théorique des distances séparant les points de demande des points d'offre retenus en minutes	Distance maximale entre un point de demande et un point d'offre retenu en minutes
Situation en 2015	54	17,7	25,1
Bancairon (Figure 102)	305 (+464,8%)	11,2 (-36,9%)	21,1 (-15,9%)
Saint-Sauveur-sur-Tinée + la Condamine (Figure 107)	385 (+613,0%)	11,7 (-33,9%)	22,4 (-11,0%)
Saint-Sauveur-sur-Tinée + la Condamine + Irougne (Figure 105)	397 (+635.2%)	8,6 (-51.4%)	13,4 (-46,6%)

Tableau 22 : Indicateurs comparatifs pour les communes d'Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour cumulés au regard des différents cas de figure.

Ce cas d'étude nous permet d'aborder une particularité de la localisation des moyens de secours, propre aux milieux ruraux et montagnards. Dans ces secteurs, le fonctionnement des casernes repose majoritairement sur le mode des astreintes à domicile tenues par les volontaires. Le trajet domicile-caserne compte donc beaucoup dans les délais de départ. Or, dans la majorité des solutions proposées par le modèle, les zones où résident et travaillent le plus les volontaires ne correspondent pas aux zones retenues par le modèle pour accueillir de nouvelles casernes. La question de localiser les deux lieux distinctement peut alors se poser. Cette question se pose d'autant plus lorsque l'intervention s'effectue dans la même zone que leur domicile ou lieu de travail – ce qui risque d'être fréquent car c'est généralement là que le niveau de la demande est le plus élevé. Cette situation les obligerait à se rendre à la caserne, afin de récupérer le véhicule et le matériel, puis à revenir sur leurs pas et se rendre sur le secteur de l'intervention, près du lieu d'où ils sont partis. Cet aller-retour aurait pour conséquence d'allonger les délais d'arrivée sur les lieux.

Cas de figure	Caserne	Nombre d'interventions théorique annuel moyen sur la période d'étude	Nombre de VSAV[1]
Bancairon (Figure 102)	Le Bancairon	112,5	1
Saint-Sauveur-sur-Tinée + la Condamine (Figure 107)	La Condamine	75,83	1
Saint-Sauveur-sur-Tinée + la Condamine + Irougne (Figure 105)	La Condamine	75,83	1
	Irougne	8,33	0

Tableau 23 : Nombre d'interventions <u>de type SAP uniquement</u> et nombre de VSAV correspondant aux propositions d'implantations.

Pour mieux prendre en compte cette situation particulière, deux pistes sont à explorer :

[1] Nombre de VSAV calculé d'après les ratios d'équipements édictés par l'ancienne DDSC (cf. Annexe 2, p. 227).

- Retenir le lieu où résident et travaillent le plus de volontaires pour localiser les points d'offre de secours et faire en sorte qu'ils soient localisés le plus possible à proximité l'un de l'autre. Cette solution correspondrait effectivement davantage à la réalité du mode d'organisation des secours dans ces secteurs, mais elle aurait pour conséquence directe de faire grimper le nombre de points d'offre nécessaires pour couvrir, dans les mêmes conditions, le secteur, et ce, pour les mêmes raisons qui font augmenter le nombre de points d'offre, lors de l'opération de raffinage des données (cf. section 7.1.1.2, p. 191).
- Augmenter la part de gardes postées à la caserne, par rapport aux astreintes tenues à domicile de façon à ce que la majorité des départs en intervention se fasse directement depuis la caserne. Cette solution est celle qui minimise le plus le nombre de nouveaux moyens à implanter, et donc l'investissement financier à fournir de la part du SDIS, mais nécessite en contrepartie un budget de fonctionnement plus important.

Explorer ces solutions nécessite de prendre en compte des considérations économiques et financières, dans une analyse multicritères, qui dépassent le sujet de cette recherche, c'est pourquoi nous sommes resté au stade des pistes de réflexions.

7.1.3.3. Secteur de la Roquette-sur-Siagne, Pégomas, Auribeau-sur-Siagne

Contrairement aux deux cas d'étude précédents, il est question, dans celui-ci, de réfléchir à la fusion de plusieurs casernes. C'est une situation concrète, à laquelle les décideurs peuvent être confrontés, que nous avons voulu aborder à travers cet exemple. La question est alors pour eux de savoir quelles casernes fusionner et surtout où :

- Au sein d'une caserne déjà existante, et dans l'affirmative, laquelle ?
- Au sein d'une nouvelle caserne, et dans ce cas-là, où la localiser ?

Répondre à ces questions s'avère aussi complexe que répondre à celles que soulève la décision d'implanter une nouvelle caserne.

Le cas d'étude concerne une commune de type A, La-Roquette-sur-Siagne, et deux de type B, Pégomas et Auribeau-sur-Siagne, situées à la frontière avec le département du Var, et à proximité immédiate des communes de Cannes et Mandelieu-la-Napoule (Figure 110 et Figure 111). Les délais d'interventions médians des trois communes sont en deçà des préconisations (Figure 112). Ils s'élèvent respectivement à : 7, 5 et 8 minutes.

Cette situation s'explique par le fait que chaque commune dispose de sa propre caserne. On compte ainsi pas moins de trois casernes dans un rayon d'environ 2 kilomètres à vol d'oiseau – environ 6 km par la route – ce qui a pour conséquence directe d'engendrer de très courts délais de route (cf. Figure 53 ; p. 148). La décision d'implanter ces casernes a été prise bien avant la création du SDIS 06. C'est le résultat du volontarisme des maires locaux de l'époque. Les délais de départ des moyens sont, quant à eux, dans la médiane des communes du même type, entre 2 et 3 minutes.

En plus de ces trois casernes, le secteur est bordé de 6 casernes : le Tignet, Peymeinade, Grasse, Mouans-Sartoux, Mougins Cabrière et Cannes la Bocca (Figure 114).

Figure 110 : Les communes de la Roquette-sur-Siagne, Pégomas et Auribeau-sur-Siagne.

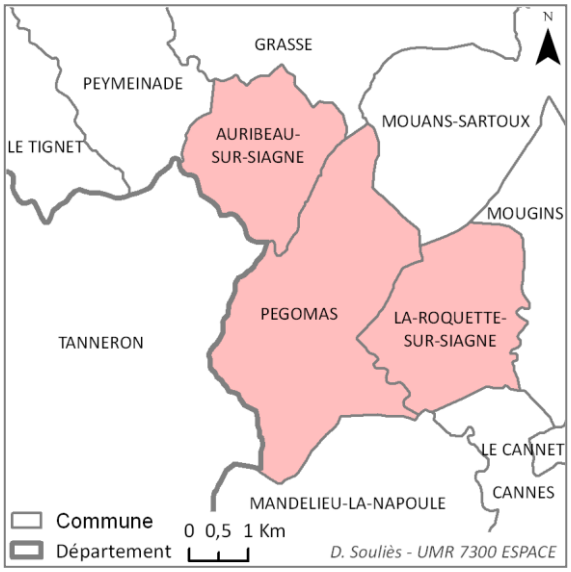


Figure 111 : La Roquette-sur-Siagne, Pégomas et Auribeau-sur-Siagne.

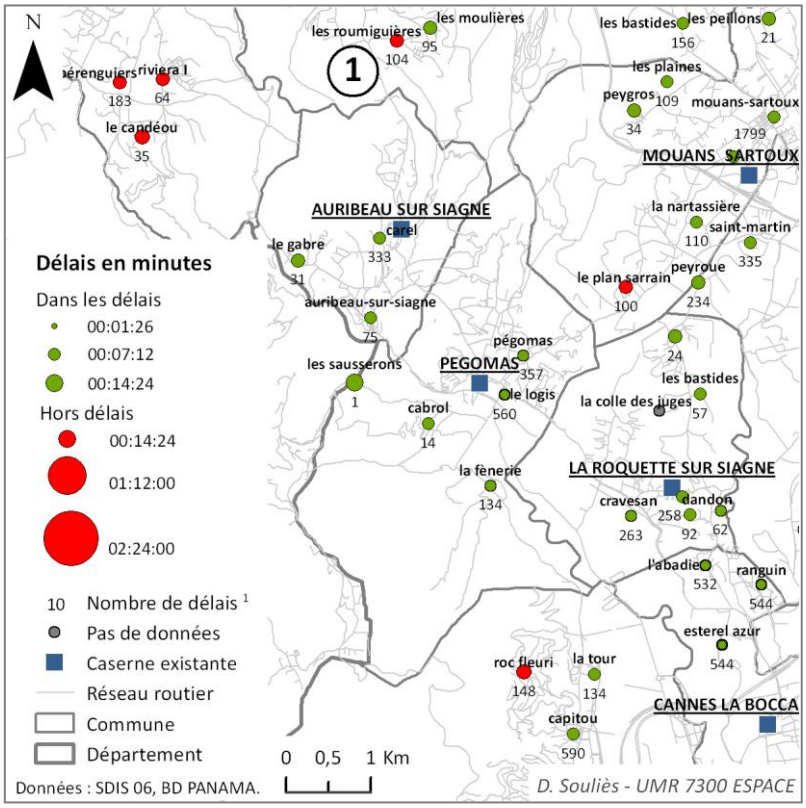


Figure 112 : Délais d'intervention médians par zones d'habitats et situation des communes au regard des préconisations du SDIS 06.

[1] Nombre total de délais disponibles à partir duquel a été calculée la médiane, sur la période 2005 à 2010.

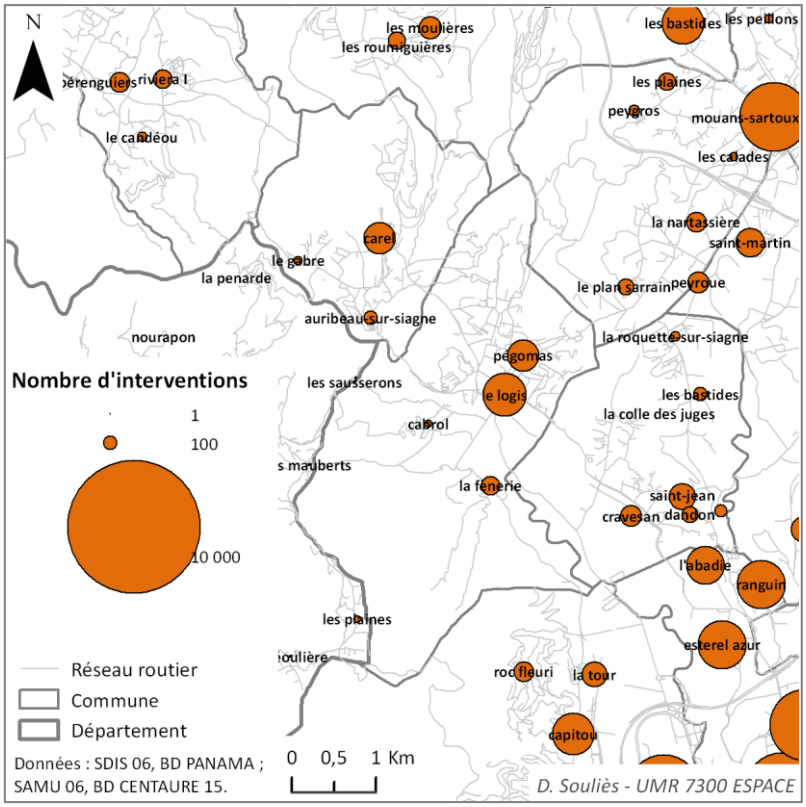


Figure 113 : Nombre d'interventions géocodées cumulé sur la période 2005 à 2010.

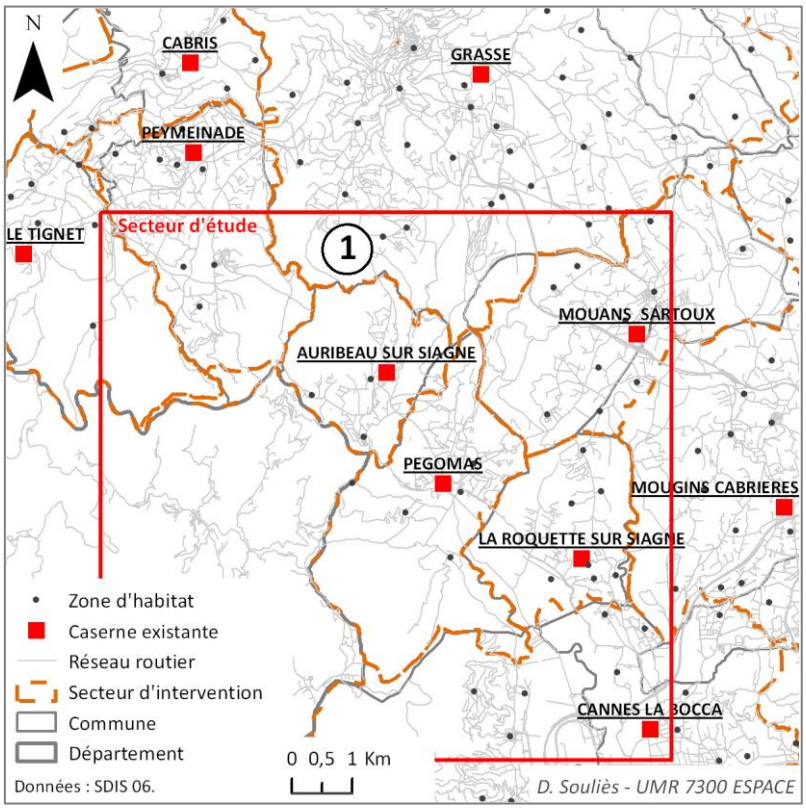


Figure 114 : Secteurs d'intervention des différentes casernes.

D'après les résultats des différents scénarios, le nombre de points d'offre pour desservir le secteur s'élève au maximum à 1 (excepté le cas du scénario du *devrait être* sur la base des moyens existant bien sûr, Figure 119). Cependant, la zone d'habitat retenue pour localiser le point d'offre varie suivant les scénarios :

- Dans le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* (Figure 115), la zone retenue est Saint-Jean sur la commune de la Roquette-sur-Siagne proche de la caserne existante, ce qui explique que dans la version raffinée la caserne de la Roquette-sur-Siagne n'ait pas été délocalisée (Figure 116). Elle permet de desservir non seulement les trois communes qui nous concernent mais également une partie des communes de Mougins, le Cannet et Cannes.
- Selon le scénario du *devrait être,* le point d'offre devrait être localisé plus à l'ouest, au niveau de la zone d'habitat la Fénerie (Figure 117), non loin de la caserne de Pégomas, qui fait partie d'ailleurs des points d'offre requis dans la version raffinée (Figure 118). À la différence du scénario précédent, les communes de Mougins, le Cannet et Cannes disposent de leurs propres points d'offre, et sont donc mieux desservies. Le point d'offre retenu n'a donc plus qu'à desservir les communes de La-Roquette-sur-Siagne, Pégomas et Auribeau-sur-Siagne. C'est depuis Pégomas qu'il minimise le plus la somme des distances pondérées. C'est pourquoi ce basculement a été opéré.

À noter que le choix d'implanter un point d'offre au niveau de la zone d'habitat de Mouans-Sartoux, où se trouve la caserne existante, est fait à deux reprises selon le scénario de l'*optimisation de la localisation des moyens existants* et selon le scénario du *devrait être* (Figure 115 et Figure 117). Cela tend à prouver la pertinence de sa localisation.

À la lecture de ces résultats, il semble que la caserne de Pégomas soit la mieux placée pour desservir l'ensemble du secteur, car, comme dans le scénario du *devrait être*, les communes de Mougins, le Cannet et Cannes sont bien desservies, en l'occurrence par les casernes de Cannes la Bocca et de Mougins. Toutefois, les résultats ne nous indiquent pas laquelle des casernes est la deuxième mieux placée après Pégomas. Les décideurs peuvent ne pas vouloir fusionner les trois casernes en une, mais seulement deux d'entre elles. Toute la question est de savoir lesquelles ? Nous avons dû, pour cela, réaliser des simulations complémentaires et procéder différemment que d'habitude, car les solutions intermédiaires recherchées correspondent cette fois-ci à des situations de surcapacité, c'est-à-dire où il y a d'avantage de ressources que de besoin.

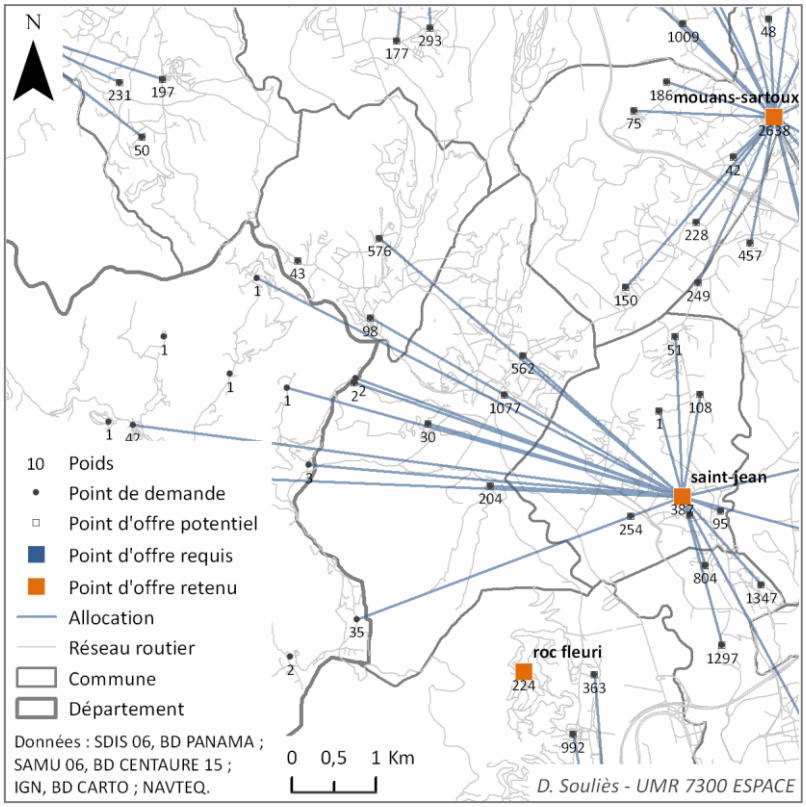


Figure 115 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

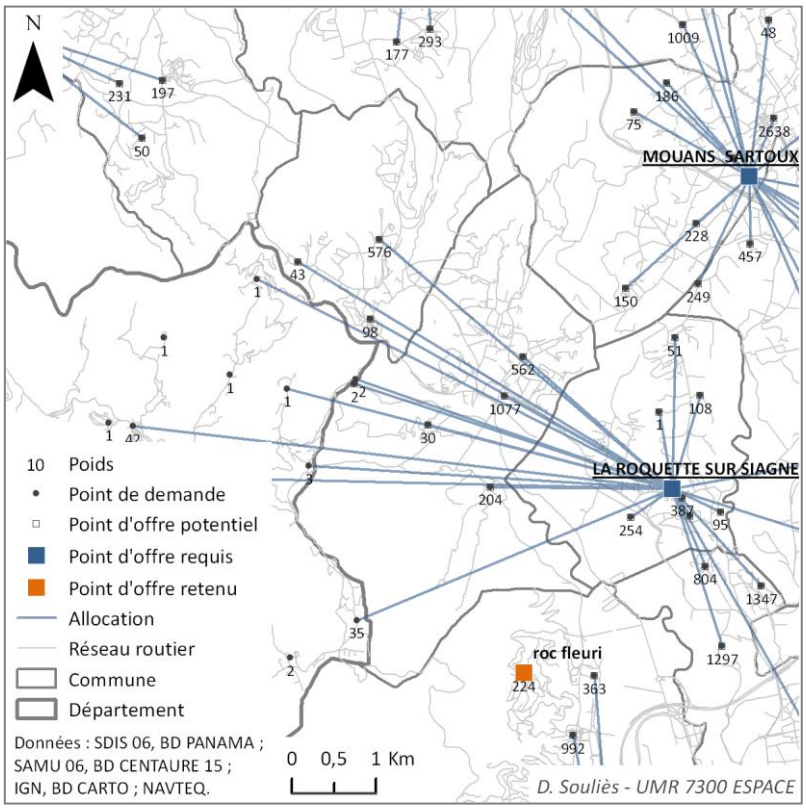


Figure 116 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné.

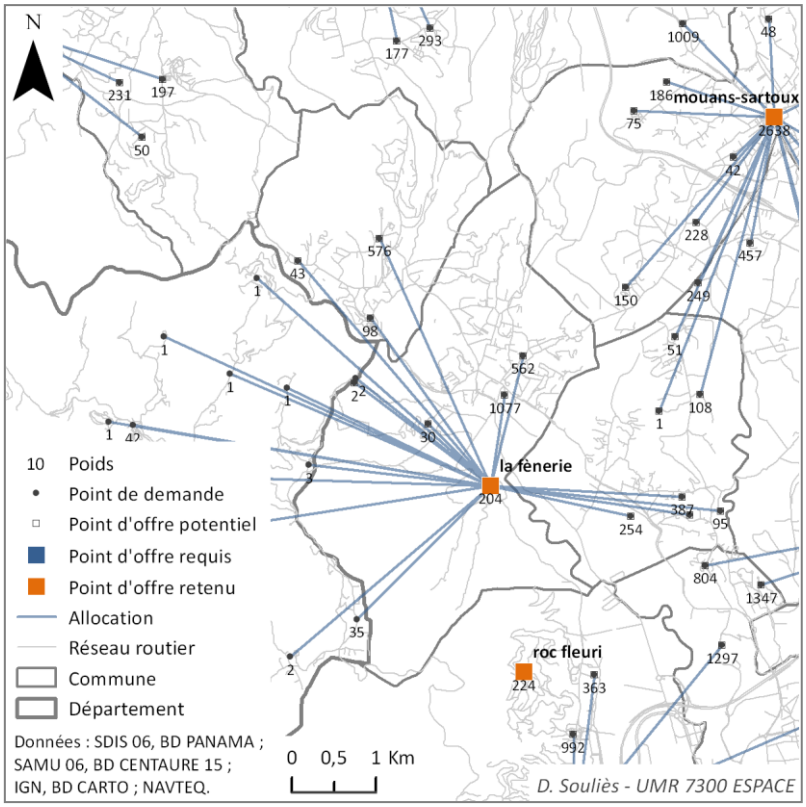


Figure 117 : Scénario du *devrait être*.

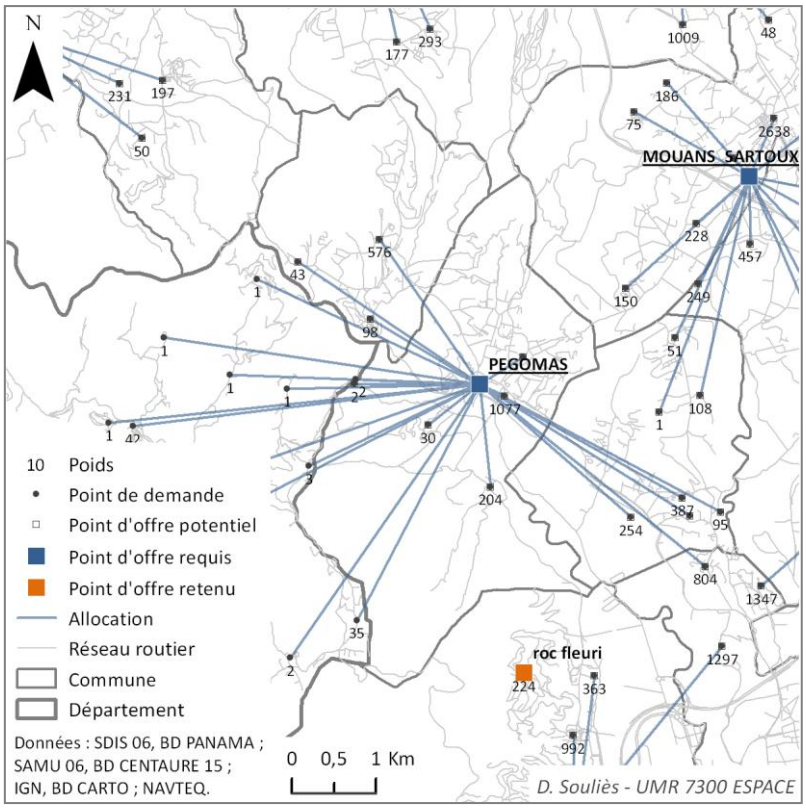


Figure 118 : Scénario du *devrait être* raffiné.

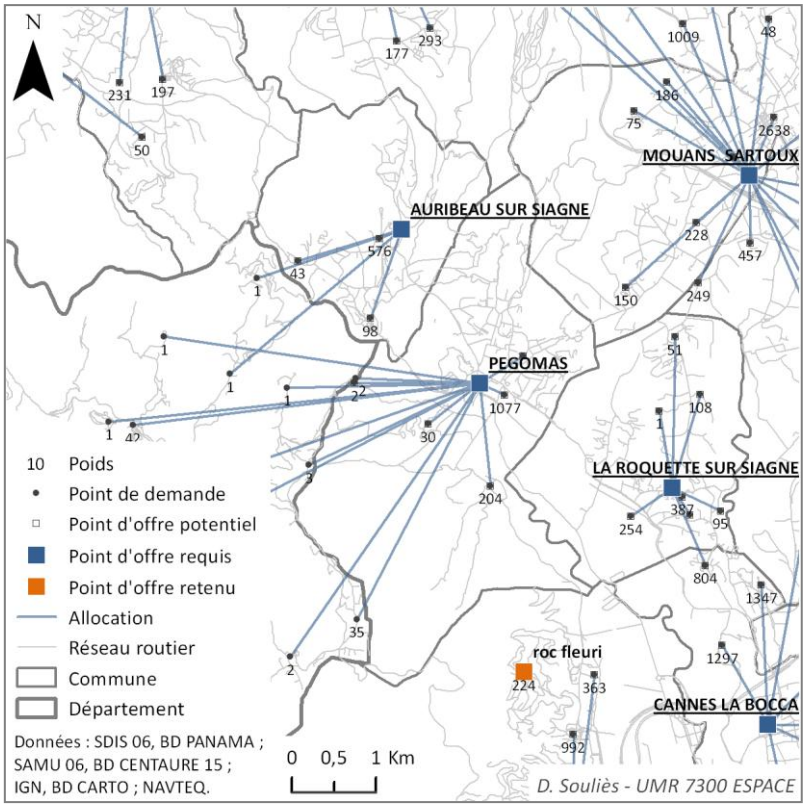


Figure 119 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*.

Le premier jeu de simulations correspond aux résultats obtenus à partir du scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* et du *devrait être*. Nous y avons contraint le modèle à localiser plus de points d'offre que nécessaire et ce, jusqu'à ce que l'on en compte deux dans le secteur de la Roquette-sur-Siagne, Pégomas, Auribeau-sur-Siagne. Le modèle hybride autorise justement cette opération. C'est même une des raisons pour lesquelles il a été créé (cf. section 6.2.2.1, p. 160). Les résultats obtenus sont identiques dans les deux cas (cf. p. 190). Nous n'avons pas jugé utile de raffiner les simulations étant donné que, dans ce cas d'étude, les résultats bruts et raffinés sont quasiment identiques.

C'est la zone d'habitat de l'Abadie, sur la commune de Cannes, proche de la caserne de la Roquette-sur-Siagne, qui est retenue en plus de la zone située sur la commune de Pégomas (Figure 120). Cela signifie que la caserne à supprimer en premier serait Auribeau-sur-Siagne. Ces résultats sont cohérents avec les résultats évoqués précédemment.

Le deuxième jeu de simulation correspond au scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*. Le nombre de ressources dans ce scénario est supérieur aux besoins. L'objectif est donc d'être un peu moins en surcapacité et d'identifier, dans ce contexte, laquelle des trois casernes il faudrait supprimer s'il ne devait en rester que deux. Le modèle ne permet pas de localiser un nombre de points d'offre inférieur au nombre de points d'offre requis. Pour contourner ce problème, nous avons fait en sorte

que les casernes de la Roquette-sur-Siagne, Pégomas et Auribeau-sur-Siagne ne soient plus considérées comme des points d'offre requis mais retenus. Ne suffisait plus alors qu'à chercher à localiser un nombre de points d'offre inférieur au nombre de casernes actuel. Ce procédé nous a permis d'apprendre que non seulement ce n'est pas la caserne d'Auribeau-sur-Siagne qui est la première supprimée (Figure 121), mais qu'en plus, c'est la dernière à être localisée dans le secteur, donc celle à partir de laquelle il faut réaliser la fusion (Figure 122). Ces résultats semblent en totale contradiction avec tous les résultats précédents.

L'explication est cependant simple. C'est la zone d'habitat des Roumiguières (cf. 1, Figure 112, p. 218) qui fait la différence. Dans tous les scénarios précédents, elle est allouée à un point d'offre voisin, et considérée comme couverte. Selon le deuxième jeu de simulation ce n'est pas le cas. La caserne la plus proche, Grasse (cf. Figure 114, p. 219), ne permet pas de la desservir dans les délais. Celle d'Auribeau-sur-Siagne est la seule qui le peut. Elle peut également desservir une grande partie des zones d'habitats du secteur, les autres étant desservies par les casernes voisines que sont Mouans-Sartoux et Cannes la Bocca. C'est pour ces raisons qu'elle est retenue en dernier par le modèle.

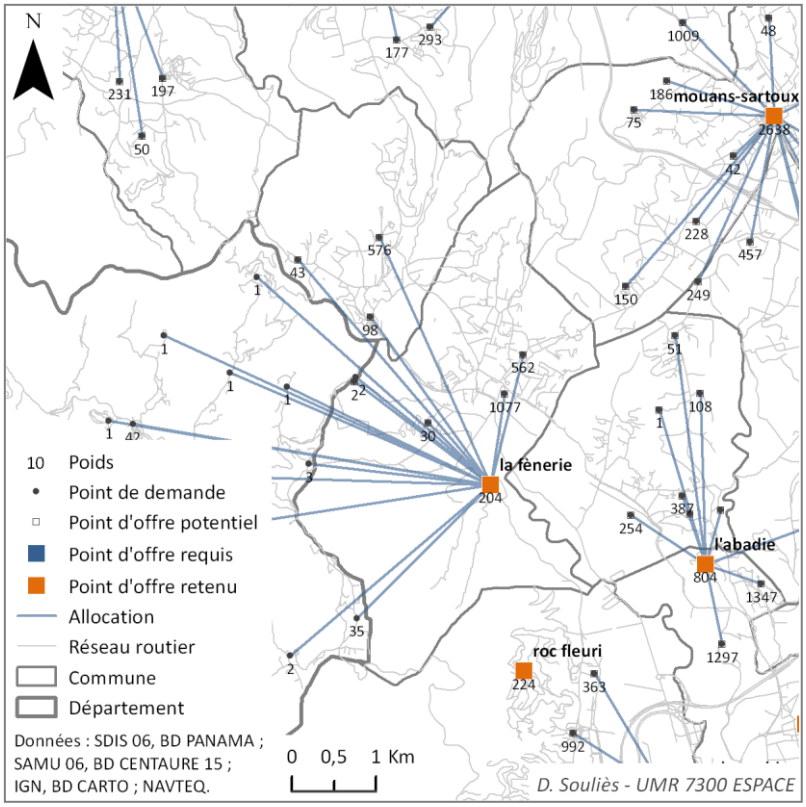


Figure 120 : Scénario du *devrait être*, itération n°217.

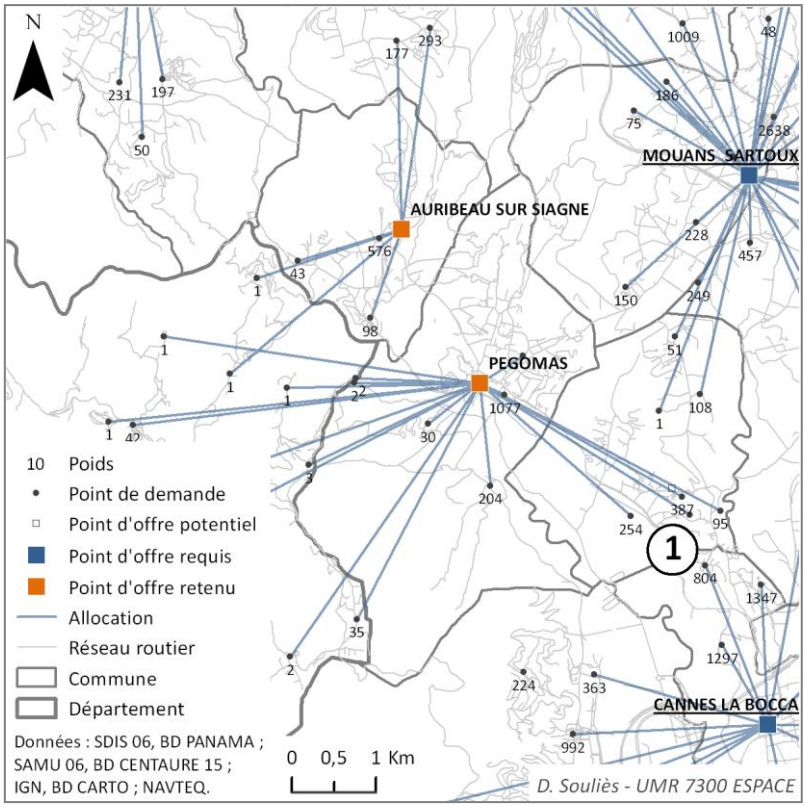


Figure 121 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, itération -1.

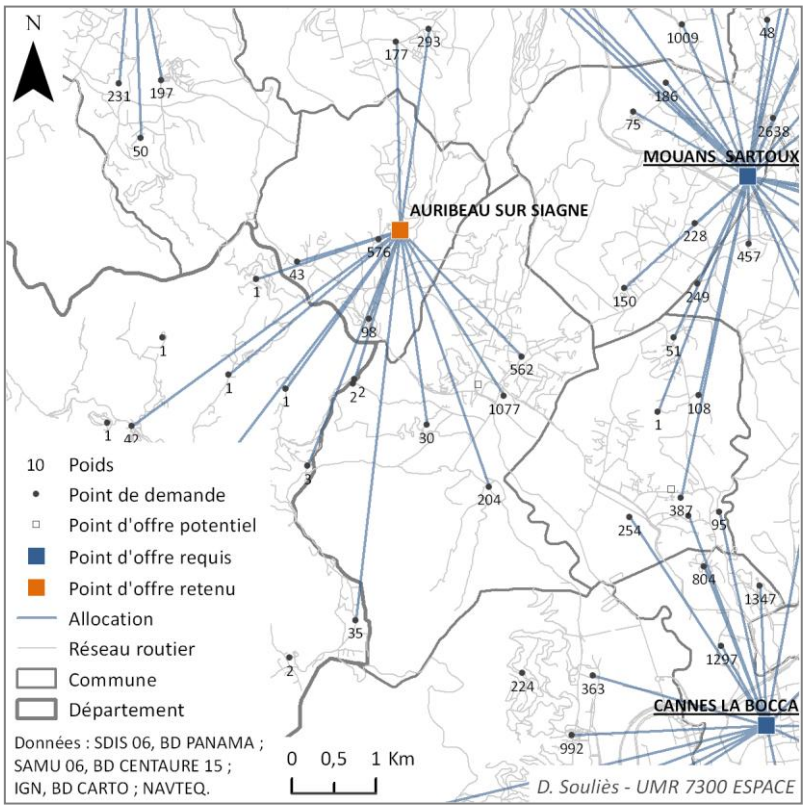


Figure 122 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, itération -2.

Nous avons tout de même tenu à vérifier le fait que la caserne d'Auribeau-sur-Siagne est la mieux placée par rapport à Grasse, pour desservir le quartier des Roumiguières dans les délais. En effet, si tel était le cas, pourquoi les délais d'intervention médians enregistrés dans la BD PANAMA sont tout juste égaux aux 10 minutes préconisées ? (cf. 1, Figure 112, p. 218) Après vérification, il s'avère que la caserne d'Auribeau-sur-Siagne est bien la mieux placée pour desservir ce quartier ; les 10 minutes correspondent en réalité au temps médian que mettent pour intervenir, non pas les pompiers d'Auribeau-sur-Siagne, mais ceux de Grasse. Les Roumiguières font en effet partie de leur secteur d'intervention (1, Figure 114, p. 219). Ces vérifications nous ont permis de nous assurer que le modèle était bien calibré, et par la même occasion, de suggérer aux décideurs de redécouper les secteurs d'intervention des casernes d'Auribeau-sur-Siagne et de Grasse, à cet endroit-là, afin de gagner quelques précieuses minutes sur les délais d'intervention.

Compte tenu des résultats obtenus, deux principaux cas de figure peuvent être envisagés. Le premier correspond à la situation en 2015, c'est-à-dire que la zone d'habitat des Roumiguières n'est couverte dans les délais par aucune autre caserne :

- S'il ne devait alors y avoir que deux casernes dans le secteur, il s'agirait des casernes de Pégomas et Auribeau-sur-Siagne. La part de la demande couverte dans les délais resterait identique (Tableau 24). Le délai théorique moyen de desserte des zones d'habitats des trois communes passerait quant à lui de 2,2 minutes à 3,5. Globalement, les conséquences ne devraient pas être trop importantes, néanmoins une telle suppression pourrait avoir pour effet d'allonger une partie des délais au-delà de la limite des 10 minutes préconisées au niveau des zones d'habitat de Saint Jean et Cravesan, notamment, au sud de la Roquette sur Siagne (1, Figure 121).
- S'il ne devait y avoir plus qu'une seule caserne, alors il s'agirait d'Auribeau-sur-Siagne. Ce cas de figure permettrait de desservir théoriquement également 100% des zones d'habitats en deçà des préconisations (Tableau 24). Cependant, les conséquences sur les distances moyenne et maximale à l'échelle des trois communes seraient plus importantes. Ce sont certainement aussi les zones d'habitats de Saint-Jean et Cravesan au sud de la Roquette sur Siagne qui verraient une partie de leurs délais d'intervention médians se rapprocher le plus, voire dépasser, les préconisations (1, Figure 121).

Le deuxième cas de figure correspond à celui où la zone d'habitat des Roumiguières serait préalablement couverte par une nouvelle caserne construite à l'ouest de la commune de Grasse, par exemple :

- Dans ce cas de figure, s'il ne fallait conserver que deux casernes dans le secteur d'étude, ce serait celles de Pégomas et de la Roquette-sur-Siagne. La part de la demande couverte dans les délais serait toujours identique. Les distances moyennes pour desservir l'ensemble des zones d'habitats seraient, quant à elles, plus importantes qu'actuellement et surtout un peu plus importantes que dans le cas de figure précédent, 3,49 minutes contre 3,96. La suppression de la caserne de la Roquette-sur-Siagne est en effet mieux compensée par la présence, à proximité, des casernes de Mouans-Sartoux et de Cannes la Bocca, que celle d'Auribeau-sur-Siagne.

– Si les trois casernes devaient être fusionnées au sein d'une seule, ce serait dans ce cas de figure, la plus centrale qu'il faudrait retenir, c'est-à-dire Pégomas.

Cas de figure	Part théorique de demande couverte en deçà des préconisations en pourcentage	Moyenne théorique des distances séparant les points de demande des points d'offre retenus en minutes	Distance maximale entre un point de demande et un point d'offre retenu en minutes
Situation en 2015	3633	2,19	6,85
Auribeau-sur-Siagne + Pegomas (Figure 121)	3633 (0,0%)	3,49 (+60,0%)	6,85 (0,0%)
Auribeau-sur-Siagne (Figure 122)	3633 (0,0%)	5,3 (+142,5%)	10,49 (+72,1%)
Pégomas + la Roquette-sur-Siagne (Figure 120)	3633 (0,0%)	3,96 (+80,8%)	6,85 (0,0%)
Pégomas (cf. Figure 118, p. 222)	3633 (0,0%)	4,24 (+93,6%)	6,85 (0,0%)

Tableau 24: Indicateurs comparatifs pour les communes de la Roquette-sur-Siagne, Pégomas et Auribeau-sur-Siagne cumulés au regard des différents cas de figure.

D'une manière générale, peu importe le cas de figure retenu, il est inévitable que ponctuellement, au niveau le plus fin de certaines adresses, les conséquences soient beaucoup plus importantes que la moyenne. Seule l'analyse des délais d'intervention totaux que mettent les moyens des casernes de Cannes la Bocca et Mouans-Sartoux, en deuxième appel, pour se rendre sur les trois communes en question, permettrait de préciser les conséquences des différents cas de figure proposés sur la couverture opérationnelle. D'autre part, ces scénarios ne sont valables que si les délais de départ des moyens se maintiennent dans la fourchette des 2 à 3 minutes.

Cas de figure	Caserne	Nombre d'interventions théorique annuel moyen sur la période d'étude	Nombre de VSAV[1]
Auribeau-sur-Siagne + Pegomas (Figure 121)	Auribeau sur Siagne	198,2	1
	Pégomas	474,2	1
Auribeau-sur-Siagne (Figure 122)	Auribeau sur Siagne	524,6	1
Pégomas + la Roquette-sur-Siagne (Figure 120)	Pégomas	447,5	1
	La Roquette-sur-Siagne	307,5	1
Pégomas (cf. Figure 118, p. 222)	Pégomas	728	2

Tableau 25 : Nombre d'interventions <u>de type SAP uniquement</u> et nombre de VSAV correspondant aux propositions d'implantations.

[1] Nombre de VSAV calculé d'après les ratios d'équipements édictés par l'ancienne DDSC (cf. Annexe 2, p. 227).

7.2. Moyens médicalisés

7.2.1. Mise en cohérence du SDACR et du SROS

Réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens du SSSM a été l'occasion de répondre au deuxième objectif de cette recherche (cf. Préambule, p. 11). En effet, les travaux réalisés sur l'optimisation de la localisation des moyens de type SAP du SDIS 06 devaient s'accompagner, plus largement, d'une réflexion sur la mise en cohérence du SDACR des Alpes-Maritimes et du SROS de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, les moyens de type SAP ne relèvent pas du même service. La question de leur localisation est donc abordée dans des documents différents, respectivement le SDACR et le SROS (cf. Chapitre 2, p. 45), qui plus est à des échelons territoriaux différents (le département pour le SDACR, la région pour le SROS), et selon un calendrier différent. Il est donc important de veiller à ce que les mesures prises au sujet de leur utilisation et de leur localisation ne soient pas trop redondantes. C'est tout l'objectif de la mise en cohérence du SDACR et du SROS.

Une circulaire[1] émanant conjointement du ministère de l'Intérieur, de l'Outre-mer et des collectivités territoriales et du ministère de la Santé, de la jeunesse et des sports, datée du 31 décembre 2007, a été spécifiquement élaborée pour rappeler la nécessité d'établir une telle mise en cohérence et en fixer les modalités de mise en œuvre pratique. Cette circulaire souligne, en introduction le contexte différent dans lequel les deux documents de planification sont élaborés, et précise que « pour autant une complémentarité dans leur analyse doit être recherchée » afin d'optimiser l'utilisation des différents moyens.

On y apprend que la mise en cohérence doit prendre la forme d'un document élaboré conjointement sous l'autorité du préfet de département et du directeur de l'ARS ; que « ce document se compose des éléments analytiques des SDACR et de la répartition des structures des urgences, des SAMU et des SMUR […] » ; et qu'il « peut prendre la forme d'une cartographie qui superpose les moyens des SDIS et les moyens des structures de médecine d'urgence ».

La question de la mise en cohérence des deux outils de planification se pose de manière beaucoup plus prégnante pour les moyens médicalisés entre eux, car ils remplissent en grande partie les mêmes missions, plutôt qu'entre les moyens médicalisés et les moyens non-médicalisés. Le recours à des modèles de localisation-allocation est encore la meilleure façon, selon nous, de garantir l'optimisation des localisations, puisque c'est précisément leur objectif. Ainsi, en plus d'optimiser la localisation des moyens du SSSM par rapport au niveau de la demande en SAP, nous avons optimisé leur localisation par rapport à celle des SMUR. La méthode est la même que précédemment. Seuls changent certaines données en entrée du modèle et le paramétrage de l'outil.

[1] Circulaire n° NOR INT/E/07/00129/C du 31 décembre 2007 relative à la nécessité d'établir une mise en cohérence des schémas départementaux d'analyse et de couverture des risques (SDACR) et des schémas régionaux d'organisation sanitaire (SROS).

7.2.1. Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*

Parmi les changements à apporter au modèle, s'est posée la question des valeurs d'impédance à retenir comme référence pour calibrer le nombre et la localisation des moyens médicalisés. Pour ce qui est des moyens non-médicalisés, elles correspondent, pour rappel, aux délais d'intervention préconisés moins le délai de traitement de l'appel et les délais de départ des moyens pour chaque type de commune. Cependant, aucun des documents faisant mention de ces délais ne précise s'ils s'appliquent également aux moyens médicalisés ou non. La seule indication dont on dispose provient de l'interprétation qui est faite de l'engagement qu'a pris le président de la République François Hollande durant sa campagne, (cf. Encadré 2, p. 53) qui est de garantir, à chaque français, un accès aux soins urgents en moins de 30 minutes, d'ici 2015. Ce délai semble s'imposer depuis comme référence en termes de délais d'intervention pour les moyens de secours, notamment des SMUR.

Cette valeur nous a semblé cependant beaucoup trop importante pour calibrer et localiser les moyens médicalisés en milieu urbain. Afin de le confirmer, nous avons décidé de ne localiser dans un premier temps que 5 points d'offre, correspondant aux 5 SMUR actuels, de façon à rechercher où le modèle les localiserait, sur la base de 27 minutes comme valeur d'impédance (30 minutes auxquelles nous avons retiré 1 minute correspondant au temps moyen pour traiter un appel, et 2 minutes correspondant au temps moyen que met le personnel lorsqu'il est de garde postée pour s'équiper, rejoindre le véhicule et partir[1], soit 27 minutes). Comme nous le pressentions, 3 points d'offre seulement sont localisés sur la bande littorale (Figure 123), 1 à Grasse, 1 à Vence et 1 à l'Ariane sur la commune de Nice, là où, en réalité, il y en a 5 (cf. Figure 50, p. 143). La valeur à utiliser pour calibrer et localiser les moyens des SMUR, au moins en zone urbaine, doit être beaucoup moins importante.

Nous avons donc décidé de baisser à 7 minutes cette dernière pour les communes de type A uniquement, comme pour les moyens non-médicalisés. Les points d'offre sont cette fois-ci tous localisés sur la bande littorale (Figure 124). Trois d'entre eux sont mêmes localisés non loin de la localisation actuelle des SMUR. Il s'agit des points le Hameau sur la commune de Menton, Saint Etienne sur la commune de Nice, et Font de Veyre sur la commune de Cannes. Quant à la commune de Grasse, elle n'est pas retenue pour accueillir un point d'offre au profit de la commune de Cagnes-sur-Mer.

Faute de mieux, nous avons donc retenu comme valeur d'impédance, pour le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*, mais également pour tous les autres, 7 minutes pour les communes de type A et 27 minutes pour les communes de type B et C.

[1] Calculé sur la base des données opérationnelles contenues dans la BD PANAMA sur la période 2005 à 2010.

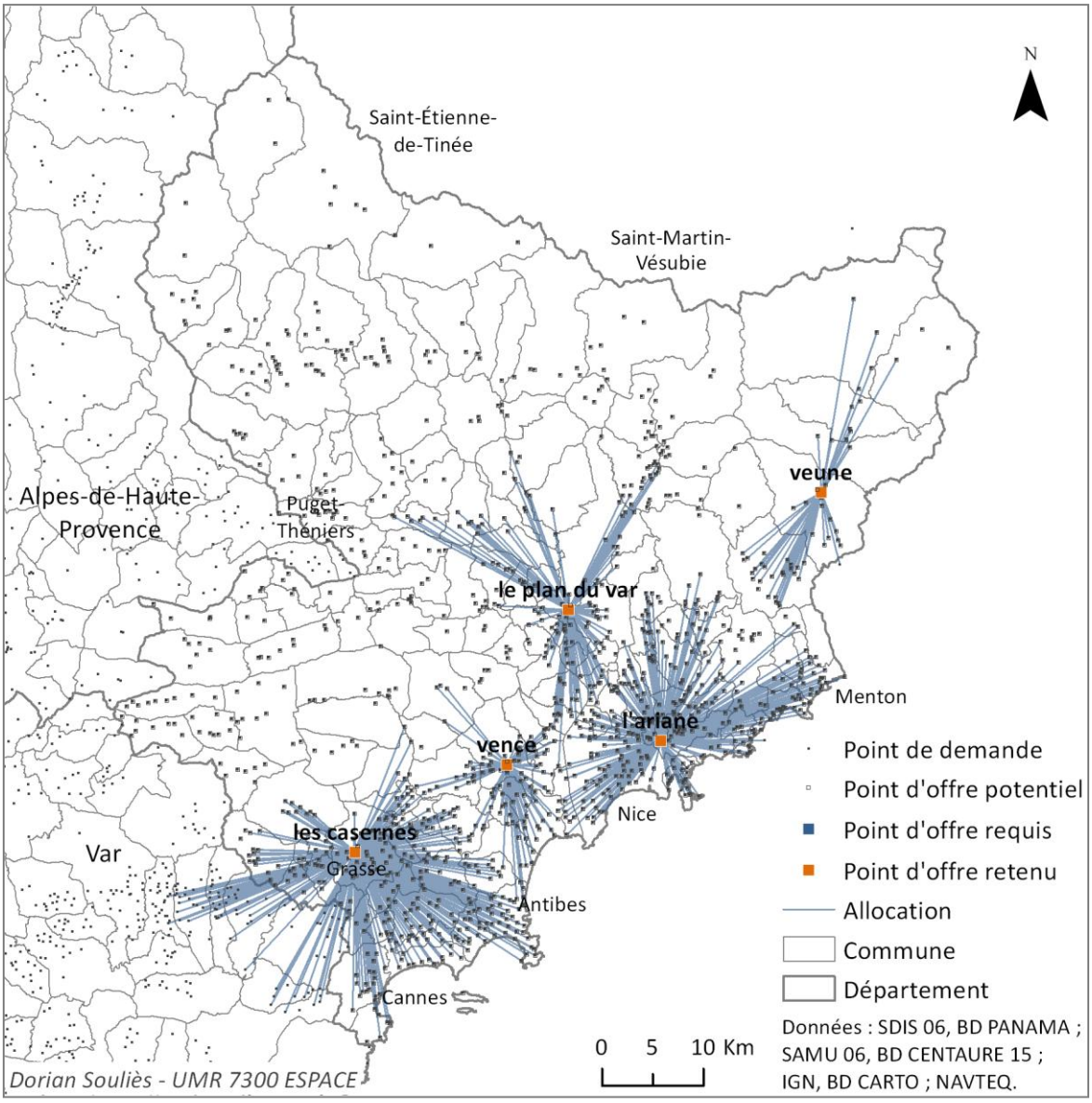


Figure 123 : Localisation de 5 points d'offre selon une valeur d'impédance de 30 minutes pour toutes les communes.

Concernant les autres données et paramètres utilisés pour ce scénario (Tableau 26) :

- Le poids affecté à chaque point de demande correspond au nombre total d'interventions de type SAP sur la période 2005 à 2010. Grâce à la fusion des données issues des bases PANAMA et CENTAURE 15, le niveau de la demande est bien représentatif de l'activité opérationnelle que réalise l'ensemble de ces moyens, mêmes celles que les SMUR réalisent seuls. Il est donc possible de réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens du SSSM et des SMUR simultanément. Pour les raisons évoquées précédemment, nous n'avons pas voulu tenir compte uniquement des interventions médicalisées qu'ils ont réalisées dans le passé, mais de l'ensemble (cf. section 6.3.2.2, p. 174).

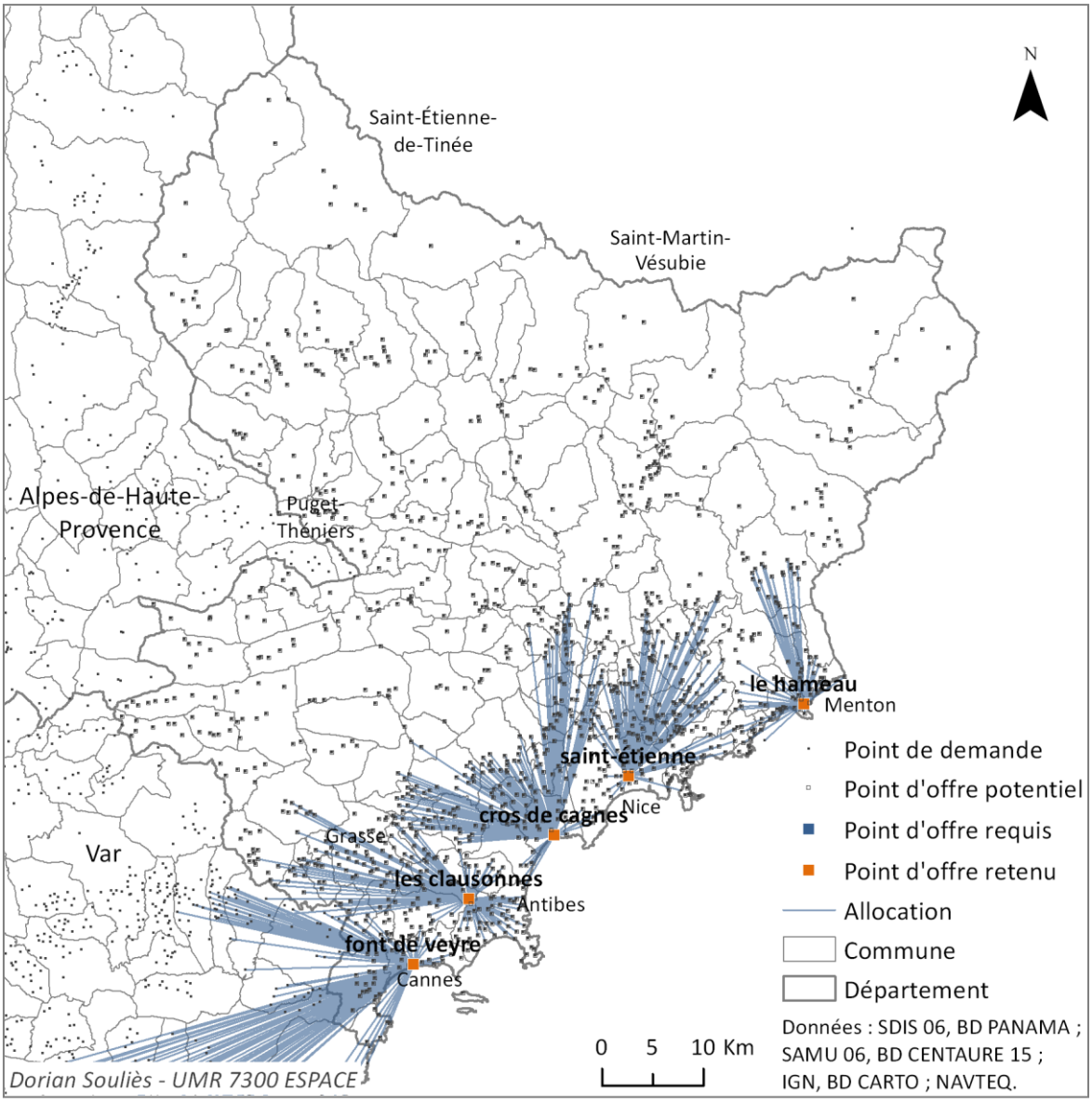


Figure 124 : Localisation de 5 points d'offre selon une impédance différenciée de 7 minutes pour les communes de type A et 27 minutes pour les communes de type B et C.

- Le nombre de points d'offre à localiser correspond au nombre de moyens que compte le SSSM au total, en l'occurrence 7 (cf. Figure 49, p. 143). Nous n'avons pas fait de distinction entre les VLM et les VLI car d'une part ce n'était pas possible. Pour rappel, certaines VLI sont transformées une partie du temps en VLM ; c'est le cas de la VLI Nord et de la VLI Antibes. D'autre part, parce que c'était la meilleure façon de refléter le mode d'engagement et donc d'implantation des VLI. Les VLI sont avant tout employées pour compenser le fait, que dans certains secteurs, les délais des moyens médicalisés sont particulièrement longs ou leur activité particulièrement chargée. Elles ne sont pas considérées à proprement parler comme complémentaires aux moyens médicalisés. Il aurait fallu dans ce cas-là procéder à leur localisation de façon distincte, dans un troisième temps. L'on trouverait alors des VLI partout où il y a des moyens médicalisés. Ce n'est pas le cas dans la réalité, et ce n'est pas ce qui est recherché.
- Le modèle utilisé pour cela est le modèle hybride.

- Enfin, 5 points d'offre correspondant aux 5 SMUR, sont requis, puisque l'objectif est d'optimiser la localisation des moyens du SSSM en fonction de ceux des SMUR.

DEMANDE		
	Points de demande (cf. p. 71)	2 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes et à la frontière avec Monaco et les départements du Var et des Alpes-de-Haute-Provence.
	Pondération (cf. p. 71)	Nombre total d'interventions de type SAP sur la période 2005 à 2010 (cf. section 5.2, p. 118).
	Impédance (cf. p. 76)	Différenciées : - commune de type A = 7 min ; - commune de type B = 30 min ; - commune de type C = 30 min.
OFFRE		
	Points d'offre potentiels (cf. p. 71)	1 261 zones d'habitats de la BD CARTO de l'IGN localisées dans les Alpes-Maritimes uniquement.
	Points d'offre requis (cf. p. 164)	5 SMUR
MODÈLE		
	Problème (cf. p. 160)	*Minimiser les ressources*
	Nombre de casernes à localiser	7

Tableau 26 : Récapitulatif du paramétrage de l'outil et des données d'entrée du modèle en vue de la réalisation du scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

L'ensemble des 7 points d'offre est localisé sur la bande littorale, aux côtés des SMUR, comme c'est le cas dans la réalité (Figure 125). Deux sont localisés à proximité immédiate de l'emplacement d'une VLM ou d'une VLI du SSSM.

- Il s'agit, premièrement, du point localisé au niveau de Cagnes-sur-Mer. Ce point permet d'améliorer la couverture du secteur situé entre le SMUR de Nice et le SMUR de Cannes. La simulation réalisée précédemment pour tester les valeurs d'impédance avait déjà mis en évidence l'importance de couvrir ce secteur, bien avant celui de Grasse.
- Le deuxième est celui situé au niveau de la zone d'habitat Font de Veyre sur la commune de Cannes. Ce point permet de couvrir une partie de la demande sur la commune de Cannes aux côtés du SMUR de Cannes, notamment en période estivale, lorsqu'elle augmente, et les communes à l'extrême ouest du département. Il permet également dans la limite des 30 minutes préconisées de desservir les communes de Fréjus et Saint-Raphaël dans le Var où les demandes de renforts médicalisés sont, comme on l'a vu, importantes (cf. section 5.3.1.1, p. 132).
-

Quatre points d'offre sont localisés non loin de moyens du SSSM existants :

- Deux d'entre eux sont localisés sur la commune de Nice non loin de la VLM Sud et de la VLI Hancy.
- Un, au niveau de la garde sur la commune de Saint Blaise, non loin de la VLM Nord
- Et enfin, un au niveau de la zone d'habitat les Clausonnes sur la commune de Valbonne, non loin de la VLM Antibes.

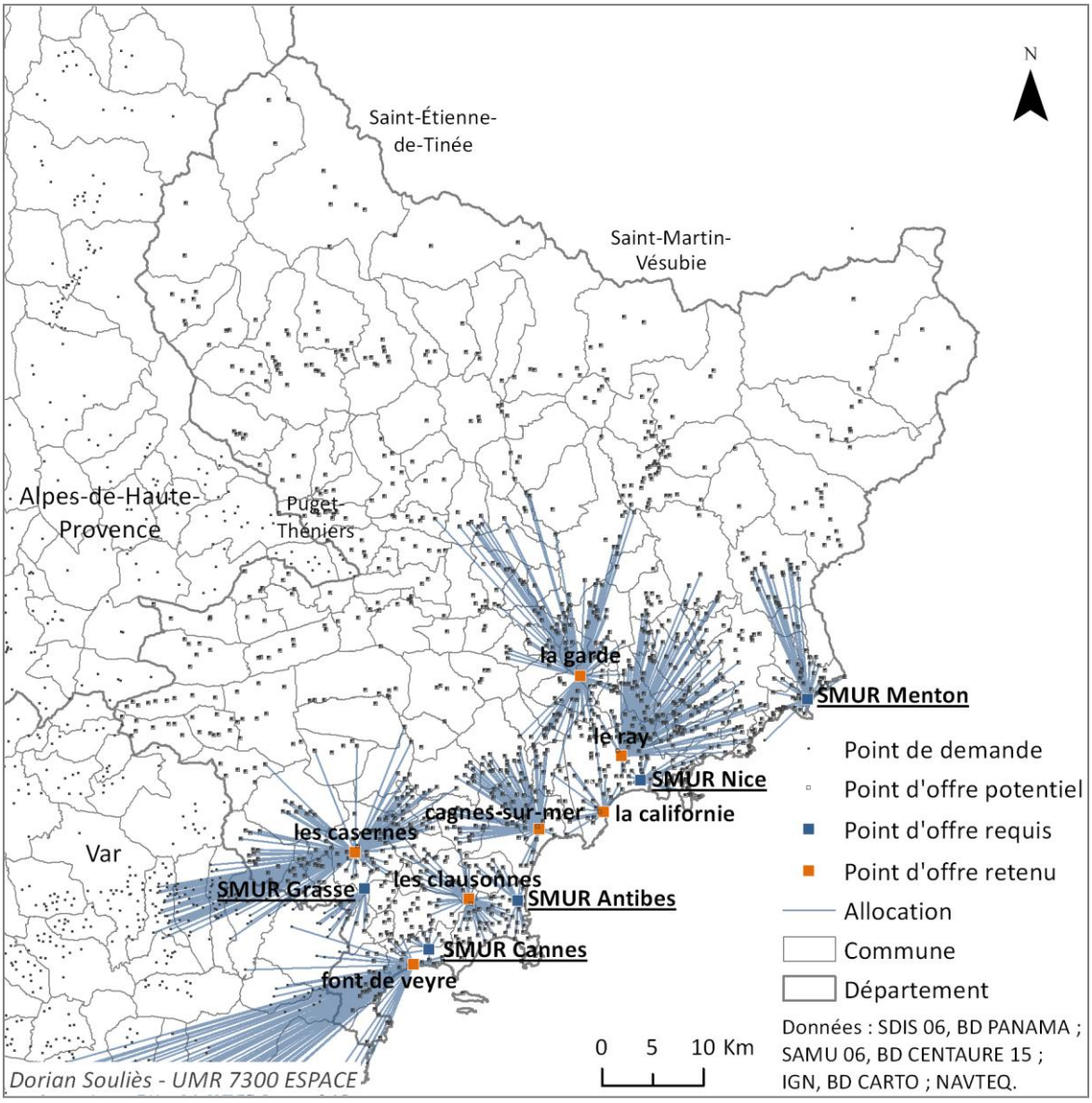


Figure 125 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*.

Il n'y a que le point d'offre localisé sur la commune de Grasse qui n'est pas localisé du tout au même endroit que la VLI Menton restante. Ce point a été localisé à cet endroit par le modèle, d'une part, pour compenser le fait que le SMUR Grasse est un peu excentré et qu'il ne peut pas couvrir en moins de 10 minutes toute la demande sur la commune, et d'autre part, parce qu'il a estimé que le secteur de Menton était déjà bien couvert par le SMUR Menton.

Le fait qu'il n'y ait pas de point d'offre localisé au même endroit que la VLI Menton est le résultat direct du fait que les VLI soient considérées par le modèle comme *équivalentes* aux moyens médicalisés. Le secteur de Menton étant déjà très bien couvert par le SMUR Menton, le modèle a préféré localiser le point d'offre correspondant à la VLI Menton, dans le centre de Grasse qui n'est pas totalement couvert dans les délais par le SMUR Grasse.

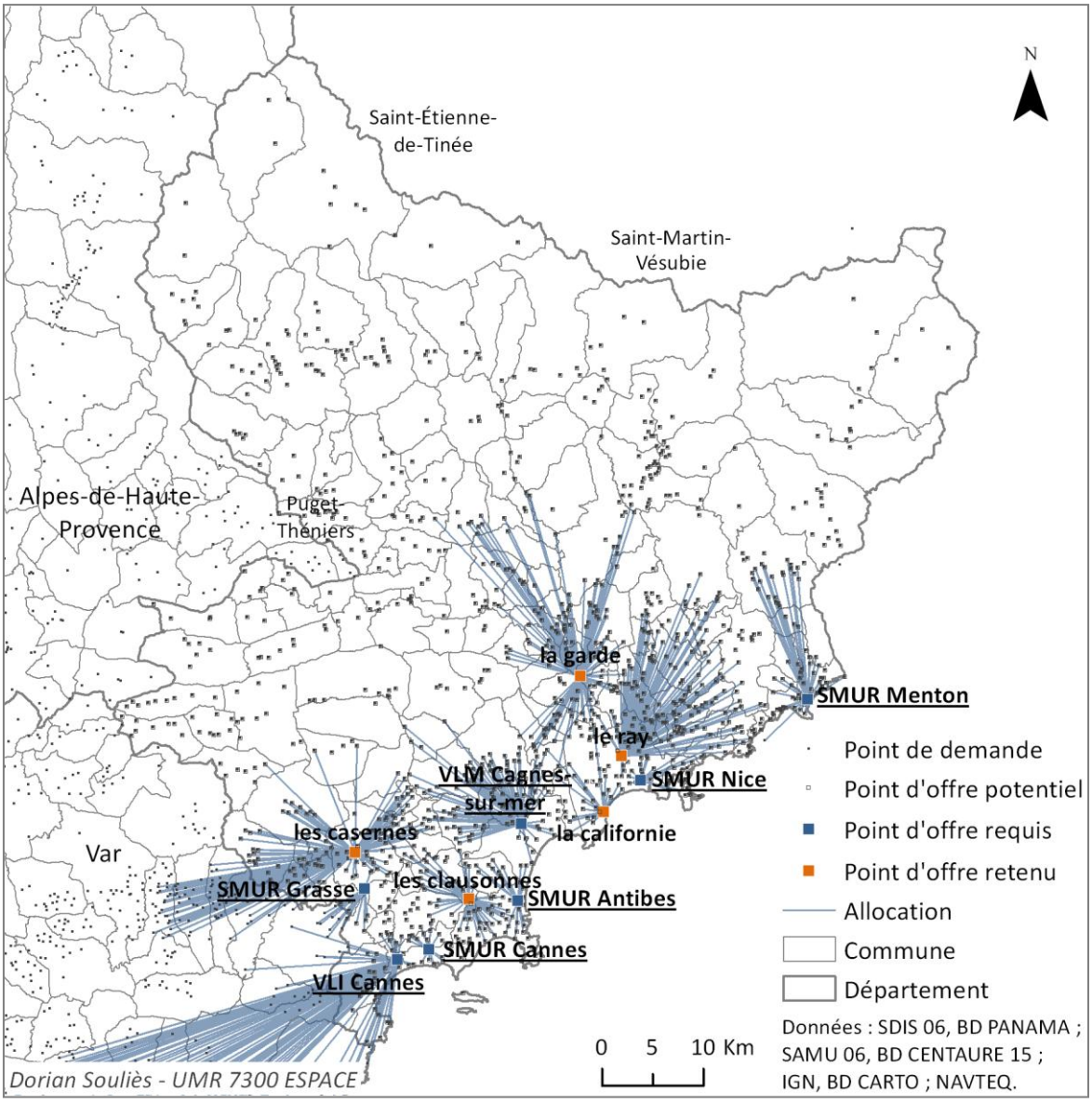


Figure 126 : Scénario d'optimisation de la localisation des moyens raffinés.

7.2.1. Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné.

Le scénario d'optimisation de la localisation des moyens existants raffiné ne fait que confirmer les résultats précédents (Figure 126). La VLI Cannes et la VLM Cagnes-sur-Mer sont localisées suffisamment près d'un des points d'offre retenus par le modèle pour estimer qu'il n'est pas nécessaire de les délocaliser. La localisation des autres points d'offre reste inchangée.

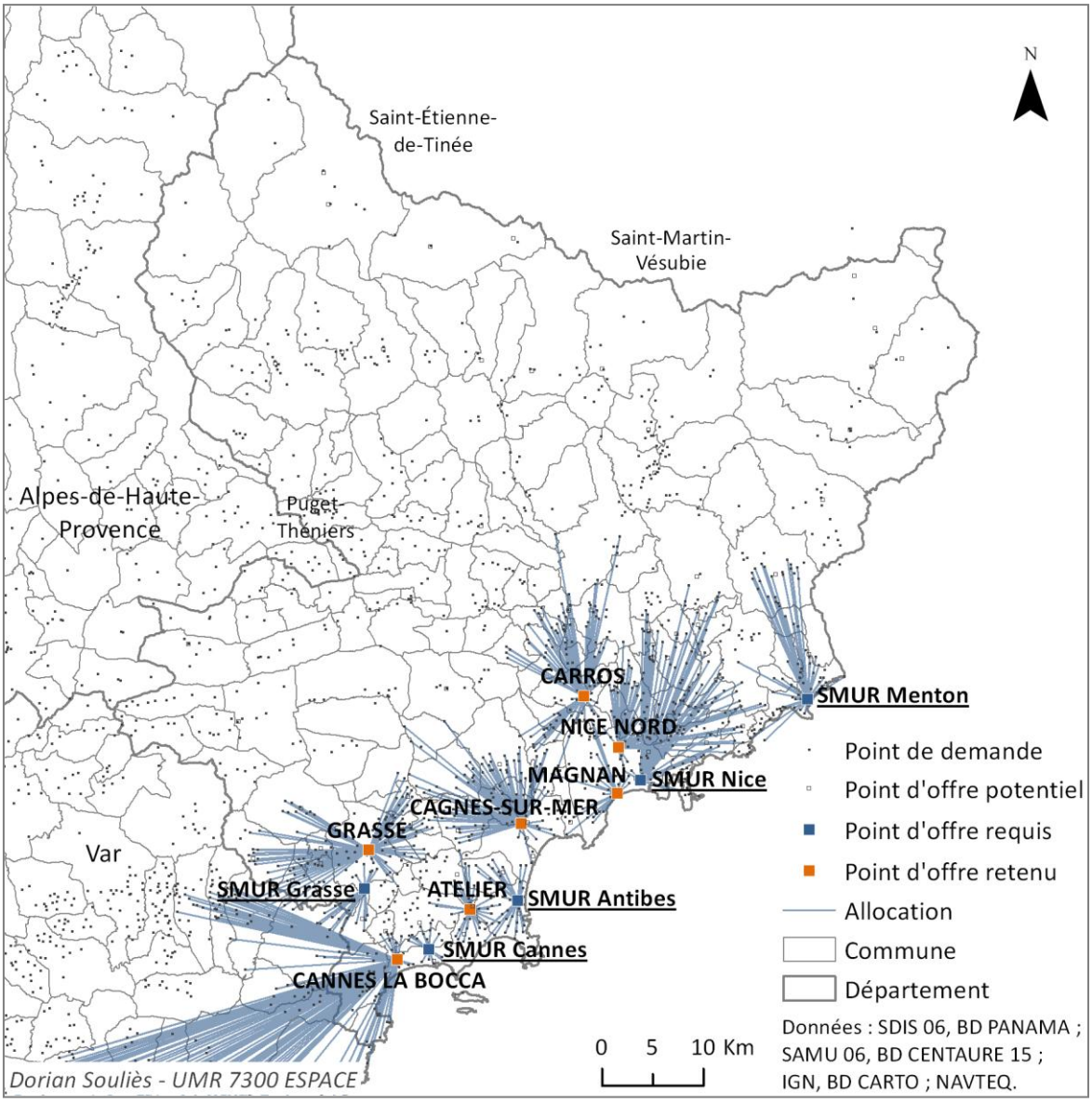


Figure 127 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* parmi les locaux dont dispose le SDIS 06 dans le département uniquement.

Afin de rendre ces scénarios encore plus opérationnels, nous avons cherché à localiser les moyens du SSSM uniquement parmi l'ensemble des locaux dont dispose le SDIS 06 dans le département. Il ne s'agit pas d'optimiser la localisation de ces locaux par rapport aux moyens médicalisés : comme nous l'avons déjà mentionné, ce n'est pas possible étant donné que le modèle ne permet pas de prendre en compte des moyens de type différent. En revanche, l'objectif est d'identifier les sites du SDIS 06 depuis lesquels les moyens SSSM couvrent un maximum de demande dans les délais, en complémentarité avec les SMUR.

Sans surprise, les casernes de Cannes la Bocca et de Cagnes-sur-Mer sont retenues pour accueillir une VLM ou une VLI (Figure 127). Les autres locaux retenus ensuite sont tous proches des zones d'habitats retenues précédemment par le modèle, soit Carros, Magnan, Nice Nord, Grasse et l'atelier départemental qui se trouve dans le secteur des Clausonnes.

7.2.2. Scénario du *devrait être*

D'après le scénario du *devrait être,* il faudrait 81 points d'offre médicalisés en plus des 5 SMUR déjà existants, pour couvrir l'ensemble de la demande en moins de 10 minutes, dans les communes de type A, et 30 dans les communes de type B et C (Figure 128). C'est 6 fois plus que le nombre de moyens médicalisés existant à l'heure actuelle. Comparativement au résultat obtenu pour les moyens non-médicalisés, c'est très élevé. D'après le même scénario, le nombre de points d'offre non-médicalisés nécessaire pour couvrir de façon optimale l'ensemble du département dans les délais préconisés n'était que 2 fois supérieur au nombre de moyens existants.

Cette situation est en partie le fruit des valeurs d'impédance retenues. De deux choses l'une : soit il faut augmenter la valeur d'impédance pour les communes de type A, soit il faut l'appliquer à un nombre de communes plus restreint. Cette décision ne nous appartient pas. Elle revient aux décideurs. En l'état actuel, nous ne pouvons pas tirer plus de conclusions sur la localisation des moyens du SSSM.

Cette situation met aussi en exergue les limites de l'outil, plus encore que dans le cas des moyens non-médicalisés. Les points d'offre retenus seraient certainement plus concentrés sur la bande littorale, malgré une valeur d'impédance aussi importante que 27 minutes pour toutes les communes, si le modèle permettait par exemple de localiser plusieurs points d'offre au même endroit ou que les zones de couverture pouvaient se chevaucher. Bien d'autres limites propres à l'outil ou à la méthode rendent les résultats issus des différents scénarios perfectibles. C'est ce qui sera examiné dans le dernier chapitre.

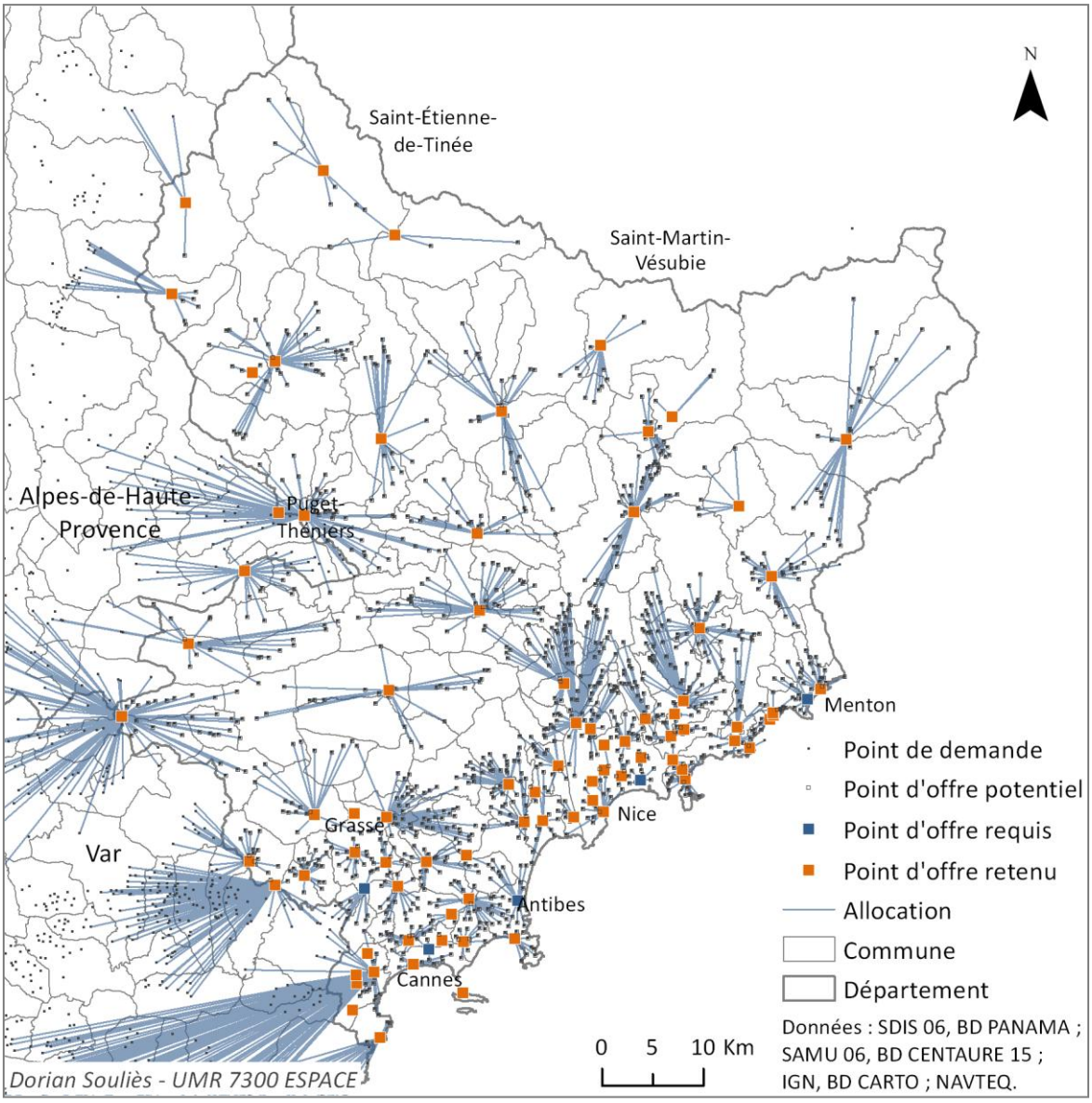


Figure 128 : Scénario du *devrait être*.

Conclusion Chapitre 7

L'outil d'aide à la décision que nous avons élaboré permet d'explorer différents scénarios et de répondre ainsi à différentes questions en matière d'optimisation de la localisation des moyens de SAP :

- Le premier est le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*. Comme son nom l'indique, il consiste à localiser les moyens existants de façon à couvrir un maximum de la demande en deçà des délais préconisés. Il contribue ainsi renseigner sur le degré global de couverture du SAP et permet de connaître les marges de progression. Ce scénario nous a permis de valider l'hypothèse selon laquelle l'optimisation de la localisation des moyens permettait d'améliorer les délais de route, et donc en conséquence, les délais d'intervention et le degré de couverture en matière de SAP.
- Le deuxième est le scénario du *devrait être*. C'est la stricte application des préconisations en matière de délais d'intervention. Il permet de connaître le nombre minimum de moyens nécessaires pour couvrir l'ensemble de la demande dans la limite des délais préconisés, et leurs localisations.
- Le troisième scénario est celui du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*. Il permet de connaître, cette fois, le nombre minimum de moyens supplémentaires nécessaires pour couvrir la demande qui n'est pas encore couverte dans les délais préconisés.

Les solutions résultant de ces différents scénarios sont généralement très éloignées de la réalité et notamment des moyens financiers dont disposent les services de secours. Afin de trouver des solutions plus opérationnelles, nous avons implémenté les deux derniers scénarios pour un nombre croissant de points d'offre à localiser. Nous disposons ainsi de l'ensemble des solutions sous-optimales possibles. Le corpus de solutions créé est un outil d'aide à la réflexion dans la mesure où il donne la possibilité de comprendre les différents mécanismes qui entrent localement en jeu dans la localisation des différents points d'offre, lorsqu'on ajoute, supprime ou délocalise un autre point d'offre. Il propose d'autres configurations possibles, à différents niveaux de couverture. Il permet, par ailleurs, de hiérarchiser les points d'offre retenus les uns par rapport aux autres, et donc de prioriser les éventuelles actions à réaliser. En matière d'optimisation des localisations il n'y a donc pas une seule et unique solution mais une infinité.

Compte tenu de la quantité d'informations que cela représente, l'analyse de l'ensemble de ces solutions ne peut se faire que localement, au cas par cas. Nous nous sommes concentré uniquement sur les secteurs identifiés à l'issue du diagnostic comme ayant la marge de progression la plus importante en terme de couverture du SAP.

L'objectif est de proposer pour chacun d'eux les différents cas de figure possibles. Afin que les décideurs disposent d'un maximum d'éléments pour prendre leur décision, des indicateurs comparatifs sont calculés en complément.

L'optimisation de la localisation des moyens de SAP médicalisés a été l'occasion pour nous d'aborder la question de la mise en cohérence du SDACR et du SROS. Nous avons pu montrer, au travers de l'exemple des moyens médicalisés, que les modèles de localisation-allocation se prêtent particulièrement bien à l'exercice, à condition, toutefois, de disposer de toutes les informations nécessaires, et notamment celles concernant les délais d'intervention. Cette étape nous a également permis de toucher du doigt plus concrètement les limites de l'outil et de la méthode.

Chapitre 8 - Limites, discussions et perspectives de recherche

8.1. Limites

L'ensemble des résultats obtenus dans cette thèse sont à mettre en perspective avec un certain nombre de limites, liées aux données et à la méthode. Pour une partie, elles ont déjà été évoquées et concernent les données.

8.1.1. Limites des données

Le fait d'avoir pu comparer les données opérationnelles issues de deux bases de données distinctes, PANAMA et CENTAURE 15, nous a permis d'apprécier plus précisément les limites de ces dernières et d'en corriger une partie. La différence observée entre les deux bases, pour ce qui concerne le nombre d'interventions total, est relativement faible, excepté pour les plus petites communes. En ce qui concerne les informations décrivant ces interventions, notamment celles concernant les adresses, les différences sont en revanche beaucoup plus importantes et mettent en évidence de nombreuses lacunes et anomalies dans la saisie des données. Cela n'a pas été sans poser quelques problèmes de doublons et de manques lors de l'opération de géocodage. Difficile cependant de mesurer les conséquences que cela a pu avoir, notamment sur la localisation des différents points d'offre.

8.1.2. Limites de l'outil

Les modèles proposés dans l'outil Network Analyst sont, pour rappel, le modèle LSCP et un modèle hybride résultant de la fusion du modèle p-médian et MCLP (cf. section 6.2.2, p. 160). Ces trois modèles font partie des modèles de localisation-allocation les plus simples. Toutefois, ils considèrent peu de paramètres.

La première limite des modèles utilisés est qu'ils ne permettent pas de prendre en compte des moyens de types différents. Cela aurait été pourtant particulièrement judicieux car l'organisation du SAP repose sur la complémentarité de nombreux moyens médicalisés et non-médicalisés (cf. section 1.1.2, p. 23), localisés pour une grande partie dans les mêmes locaux. Il aurait fallu, d'une part, que le modèle autorise la localisation de plusieurs points d'offre aux mêmes endroits et d'autre part, que l'on puisse saisir des paramètres différents pour chaque type de moyens : niveau de la demande, vitesses moyennes, nombre de moyens à localiser, points d'offre requis et notamment des valeurs d'impédance différentes (à condition, également, que l'on connaisse les délais dans

lesquels chacun doit intervenir, ce qui n'est pas le cas actuellement). Cette possibilité éviterait de travailler en deux temps (un temps pour les moyens non-médicalisés et un temps pour les moyens médicalisés), et devrait surtout permettre de réfléchir à des localisations optimales communes à tous les moyens. En l'état actuel, ce n'est pas le cas. Les points d'offre retenus pour les moyens non-médicalisés correspondent rarement à ceux des moyens médicalisés. La solution pour les faire converger est de localiser les moyens médicalisés uniquement au niveau des points d'offre retenus dans un premier temps pour les moyens non-médicalisés. Si elle a l'avantage d'être plus opérationnelle, elle n'est optimale que pour les moyens non-médicalisés et beaucoup moins pour les autres.

Le fait de pouvoir prendre en compte des moyens de types différents aurait permis également de réfléchir à la localisation de l'ensemble des moyens dont dispose les SDIS. En effet, les casernes n'accueillent pas uniquement des moyens de SAP mais également des moyens de lutte contre les feux urbains et les feux de forêt, pour réaliser des interventions diverses ou encore des secours routiers. Leurs localisations doivent être, autant que faire se peut, optimales, pour remplir l'ensemble de ces missions. Ce n'est possible qu'en réfléchissant à la localisation de l'ensemble des moyens de façon simultanée. Les paramètres à prendre en compte seraient alors beaucoup plus nombreux et très différents.

La deuxième limite réside dans le fait que les modèles que nous avons utilisés ne permettent pas d'intégrer la disponibilité des moyens. Tous ne sont pas prêts à partir 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Une partie plus ou moins importante du temps, ils sont déjà en intervention ou en maintenance. Dans ces cas-là, la demande n'est plus couverte. Certains points de demande sont bien desservis dans les délais par plusieurs points d'offre, mais ce n'est pas une règle. De même, les modèles de base ne permettent pas de tenir compte de la probabilité qu'a chaque ressource d'être indisponible, suivant l'endroit où elle est localisée. Pour compenser cette lacune, il est toujours possible, comme nous l'avons fait pour les cas d'étude, d'affecter *a posteriori* un nombre de moyens suffisant pour faire face à la simultanéité de la demande à chaque point d'offre, en fonction du secteur qu'ils ont à couvrir. C'est comme cela que procèdent les services de secours en situation réelle. Mais cette méthode ne donne pas des résultats optimaux. Le nombre et la localisation des moyens auraient certainement été différents s'il était possible de traiter de façon intégrée cette question.

La troisième limite imputable à l'outil est celle concernant la variabilité temporelle des délais que mettent les moyens pour se rendre sur les lieux d'une intervention. Dans les modèles de base, les délais de route sont déterministes. La demande est ainsi soit couverte en deçà des préconisations, soit non couverte. Il n'y a pas d'entre deux. Or, dans la réalité, pour différentes raisons (la congestion du trafic, la météo…), les délais peuvent varier du simple au double pour un même trajet. La question de la couverture de la demande ne devrait donc pas se poser de façon binaire, mais de façon probabiliste comme dans certains modèles plus évolués.

En résumé, les trois principales limites aux modèles que nous avons utilisés pour optimiser la localisation des moyens de SAP sont les suivantes. Les résultats auraient certainement été plus proches de la réalité opérationnelle du SAP, si nous avions pu

prendre en considération tous ces paramètres, et en ce sens plus justes. Ils auraient été en revanche conceptuellement et techniquement beaucoup plus compliqués à obtenir. À tel point que la question de savoir s'il faut vraiment intégrer tous ces paramètres, peut se poser. Il serait en effet intéressant de comparer, un peu à l'image de ce qu'ont fait Erhan Erkut et ses collaborateurs (Erkut et al., 2009), les gains qu'apportent ces paramètres complémentaires au regard de l'opérationnalité de l'outil, et de la méthode, en générale.

8.1.3. Limites de la méthode

Une des limites de la méthode est liée au choix de l'aire d'étude. Dans les modèles de localisation-allocation, mais cette question se pose également dans de nombreux autres cas, l'aire d'étude est généralement considérée comme un système fermé autour duquel il n'y a rien et donc aucun échange. Dans la réalité, ce n'est généralement pas le cas. Il y a d'autres casernes dans le voisinage et de nombreuses demandes de renfort extra-départementales, comme nous l'avons vu (cf. section 5.3.1.1, p. 132), susceptibles d'influencer le nombre et la localisation des points d'offre à la frontière de la zone d'étude. C'est ce qu'on appelle les *effets de bord*. Il n'y a que dans le cas où l'aire d'étude correspond à une île ou un secteur délimité par des obstacles naturels infranchissables que la question des *effets de bord* ne se pose pas.

En ce qui nous concerne, nous avons choisi la zone de prérogative du SDIS 06, c'est-à-dire le département des Alpes-Maritimes. Pour limiter au maximum les *effets de bord*, il aurait fallu que nous prenions également en compte, dans les zones frontalières, le niveau de la demande totale représenté à l'échelon des zones d'habitats et le nombre et la localisation des moyens existants. D'une part, cela n'aurait fait que repousser plus loin le problème des *effets de bord*, et d'autre part, nous ne disposions pas des données concernant l'activité opérationnelle des moyens SAP des départements du Var et des Alpes-de-Haute-Provence. Les récupérer aurait été trop long et compliqué. C'est pour cette même raison que nous n'avons pas autorisé le modèle à localiser des points d'offre dans les départements voisins. Ces derniers ne peuvent pas être localisés sur la seule base des interventions qu'y réalisent les moyens du SDIS 06.

En revanche, nous avons tenu à intégrer dans la modélisation les interventions qu'ont réalisées les moyens du SDIS 06 dans ces zones, et inversement les interventions que les moyens des départements voisins ont réalisées dans le département des Alpes-Maritimes (cf. section 5.3.1.1, p. 132). Ces données sont le reflet de l'activité opérationnelle dans ces secteurs, il nous semblait intéressant que les localisations proposées en tiennent compte. La condition *sine qua non* à cela est que nous ne pouvions pas incorporer la localisation des casernes limitrophes existantes. Le modèle les aurait considérées comme tout le temps disponibles (cf. limite de l'outil section précédente) et leur aurait alloué tous les points de demande à proximité, contrairement à l'effet désiré et à la réalité du terrain.

Ce choix a eu pour conséquence de rapprocher certains points d'offre de la frontière afin qu'ils puissent couvrir un maximum de demande dans de meilleurs délais. Suivant les scénarios, il a eu pour effet de surestimer le nombre de points d'offre nécessaires pour couvrir les zones limitrophes. Certains points d'offre se sont même vus alloués uniquement des points de demande extra-départementaux.

8.2. Discussion autour de certaines perspectives de recherche

Nous tenions à partager plus en détail dans cette section nos réflexions et solutions envisagées pour rendre la méthode proposée encore plus opérationnelle. Nous avons été amené à y réfléchir dans le cadre d'échanges informels avec d'autres chercheurs ou dans le cadre de groupes de travail auxquels nous avons participé. Ces solutions sont autant de pistes de réflexion pour la suite. La première, autour de laquelle il convient de porter la discussion, concerne le diagnostic sur le SAP.

8.2.1. Prospective

Une des évolutions à apporter à la méthode consisterait à optimiser la localisation des moyens de SAP, non plus sur la base de l'activité opérationnelle des années passées, mais sur la base de son évolution à court et moyen terme. Le risque de décalage entre les solutions proposées et la réalité de la situation au moment où elles sont appliquées est en effet à prendre en considération. Ce risque est d'autant plus grand qu'entre la phase d'études et d'analyses et la phase de construction ou de délocalisation effective d'une caserne il peut s'écouler plusieurs années, voire plusieurs décennies.

Les outils et méthodes de la géoprospective sont parfaitement adaptés pour cela, mais ne sont pas sans poser quelques difficultés, notamment à l'échelon infra-communal. La grande majorité des données à l'échelon des zones d'habitats sont en effet de petites, voire très petites, séries de données. Ces dernières contiennent en outre déjà un biais suite à l'opération de géocodage. Difficile dans ces conditions d'estimer de manière robuste les évolutions possibles de la demande.

8.2.1. Diagnostic sur le SAP

Afin de compléter les résultats obtenus dans le cadre du diagnostic sur le SAP, et de refléter encore mieux la diversité des situations rencontrées en matière de SAP sur le terrain, il serait intéressant de réaliser une étude poussée de l'accessibilité des moyens de SAP.

Cette étude s'intéresserait évidemment aux temps de trajets moyens et maximaux nécessaires aux secours pour couvrir tout ou partie de la demande et ce, pour chaque type de moyens : ambulances privées, VSAV, VLM, VLI, SMUR, y compris les hélicoptères médicalisés, et à différents pas de temps, afin de prendre en considération l'évolution du trafic. Ces informations permettraient d'avoir une bonne appréciation du niveau d'accessibilité des secours, mais il serait question d'aller encore plus loin et de chercher à connaître le niveau d'accessibilité le plus proche possible de la réalité, c'est-à-dire en incorporant dans l'analyse les délais de départ des moyens propres à chaque caserne.

Comme nous l'avons déjà évoqué, toutes les casernes ne fonctionnent pas sur le même mode de garde ; certaines alternent gardes postées avec astreintes à domicile. Les jours et les horaires des gardes postées varient d'une caserne à l'autre, d'une période à l'autre, mais également d'un type de moyens à l'autre. Tout cela a évidemment une incidence sur l'accessibilité globale des secours. Cela permettrait d'avoir une connaissance beaucoup plus fine à la fois spatialement et temporellement du niveau de l'offre et du degré de couverture, et de mieux les évaluer. Cela permettrait également de

mieux exploiter les résultats issus des modèles de localisation-allocation et de comprendre les liens entre le niveau d'accessibilité qu'offre le réseau, et les localisations qu'ils proposent.

8.2.2. Evaluation du degré de couverture

Parmi les pistes à explorer à l'issue de cette recherche, il y a celles concernant les solutions permettant d'améliorer la méthode d'évaluation du degré de couverture du SAP, car en l'état, les solutions existantes ne sont pas totalement opérationnelles.

Le degré de couverture du SAP, tel que nous l'avons défini dans le premier chapitre, est la synthèse de nombreux facteurs, tant quantitatifs que qualitatifs, concernant le niveau de la demande en secours, d'un côté, et le niveau de l'offre, de l'autre. Le nombre, la localisation et l'état des victimes, et le nombre, le type et les délais d'intervention des moyens de secours en font partie. Considérer tous ces facteurs n'est pas simple. Il faut d'abord définir un ou plusieurs indicateurs pour les représenter. Rassembler les données nécessaires pour calculer ces indicateurs, et ce, pour toutes les unités spatiales désirées. Et enfin, synthétiser l'ensemble des informations ainsi obtenues.

Une des solutions pouvant satisfaire ces attentes consiste à créer, à partir de l'ensemble de ces données, un indicateur synthétique. C'est la solution proposée par exemple, par Hideyuki, pour mesurer le niveau d'assistance médicale dans les zones peu peuplées (Hideyuki, 2004). L'auteur a créé un indicateur qui présente l'intérêt de pouvoir comparer de façon objective le niveau de service en matière d'assistance médicale, et pas seulement le niveau de prestation. Le nombre d'ambulances ou de secouristes pour 100 habitants ou 100 km² ne permet en effet pas d'apprécier réellement l'efficience d'un service de secours. C'est en partant de ce constat qu'il a souhaité créer ce nouvel indicateur. Ce dernier se décompose en deux parties :

- le temps de prise en charge pré-hospitalier. Cela comprend le temps que mettent les secours pour intervenir, conditionner la victime et l'évacuer vers l'hôpital. Il tient compte du fait que, suivant son état, la victime n'est pas évacuée vers le même hôpital.
- Son taux de survie. Le taux de survie varie suivant le type d'équipe qui prend en charge la victime avant son arrivée à l'hôpital. Suivant l'état de la victime, le lieu où elle se trouve et le jour de l'intervention, les équipes qui interviennent ne sont en effet pas les mêmes.

Nous avons également été amené à créer notre propre indicateur synthétique dans nos travaux de Master 1 pour mesurer la vulnérabilité des communes en matière d'assistance médicale d'urgence (Souliès, 2006). Il s'agissait dans notre cas de synthétiser une dizaine d'indicateurs concernant la demande et l'offre en secours médicalisé et d'obtenir au final un indice de vulnérabilité entre 1 et 6. L'indicateur a également été calculé pour différents pas de temps car certaines de ses composantes varient en fonction du temps : jour en semaine hors vacances et hors saison, nuit en semaine, hors vacances et hors saison, etc. C'est le cas de la demande en secours. La principale difficulté de cette solution réside dans la pondération des différents indicateurs entre eux. Cela revient à estimer la part que chacun joue dans le système. Une autre difficulté de ce type de méthode réside dans la validation de l'indicateur.

Une autre solution consiste à utiliser un système expert. Nous avons également pu la tester lors d'une formation sur les systèmes experts, dispensée par Nathalie Dubus à Grenoble dans le cadre de notre Master 2 Structures et dynamiques spatiales. Nous avons repris, pour cela, la même problématique et le même jeu de données que précédemment. Les systèmes experts sont des outils particulièrement adaptés pour structurer et synthétiser une masse d'informations importante grâce à deux grands types de formalisation : la formalisation par objets et la formalisation par règles de production (Guigo et al., 1995 ; Dubus, Chamussy, 2003). Toute la difficulté réside là aussi dans la pondération de certains indicateurs, la définition des seuils pour les variables quantitatives, et plus largement, dans la validation du système. Plus que ces questions, c'est une nouvelle fois le manque d'outils opérationnels qui limite l'utilisation des systèmes experts. Le générateur de systèmes experts Smart Elements, que nous avons utilisé, n'est, par exemple, pas interfacé avec un SGBD dans lequel seraient stockées toutes les données, et ne permet pas d'automatiser les calculs pour toutes les unités spatiales désirées. Ce travail doit être réalisé à la main, ce qui peut s'avérer long et fastidieux, en fonction du nombre de règles et d'unités pour lesquelles il faut estimer le degré de couverture du SAP.

8.2.3. Flexibilité de la localisation des moyens de secours

Une autre piste à explorer dans le futur est celle qui consisterait à prendre en compte la saisonnalité de l'activité opérationnelle afin d'adapter au mieux la localisation des moyens. Le niveau de la demande peut en effet varier dans des proportions importantes d'un mois à l'autre suivant les communes (cf. section 5.3.1.2, p. 138). Certains points d'offre s'avèrent donc localisés par le modèle à des endroits où le niveau de la demande est certes important, mais peut-être pas suffisamment longtemps pour justifier la présence d'une caserne ou son ouverture toute l'année. Dans la réalité, certaines casernes ne sont ouvertes que quelques mois. C'est le cas des APS. En jouant sur l'ouverture et la fermeture de certaines de ses casernes, le SDIS s'adapte à la variabilité temporelle de l'activité opérationnelle à coût constant.

En l'état actuel, le modèle ne permet pas de dissocier les points d'offre dont l'ouverture ne se justifie qu'une partie de l'année seulement, des autres. Pour tenter d'y remédier, nous avons cherché à localiser un nombre donné de points d'offre à différents pas de temps à l'échelle infra-annuelle afin d'identifier ceux dont la localisation est tout le temps la même, de ceux dont la localisation a varié. Les premiers, correspondant dans notre idée à des casernes permanentes, les deuxièmes à des APS.

Le nombre de points d'offre dont la localisation varie d'un pas de temps à l'autre s'est avéré beaucoup plus important que nous le pensions. Pour un certain nombre d'entre eux, nous avons raffiné les résultats car les localisations ne différaient que très peu.

Dans les faits, cette méthode permet bien de dissocier les points d'offre stables dans le temps, des autres, en revanche, il est impossible de faire correspondre le nombre total de points d'offre que l'on souhaite localiser et le nombre de points d'offre localisés au final. En effet, d'un pas de temps à l'autre, chaque point d'offre retenu à un endroit différent est considéré comme le site d'implantation potentiel d'une APS. À l'échelle de l'année, ces différents points s'additionnent. Leur nombre dépasse ainsi celui des points d'offre à

localiser. Il faudrait pour éviter cela qu'une optimisation entre les différents pas de temps soit possible. C'est en tout cas une piste d'évolution des modèles de localisation-allocation à explorer.

Cette question ne se pose plus lorsqu'il s'agit de localiser les véhicules de secours directement sur le terrain et non plus dans des casernes ou APS. Peu importe en effet le nombre de sites différents que les véhicules auront occupés à la fin d'une journée. Cela n'a aucune incidence sur le budget d'investissement du service. Le nombre de véhicules reste le même.

Comme nous l'avons déjà évoqué, de nombreux pays pré-positionnent directement sur le terrain leurs moyens pour être toujours au plus près de là où se trouve la demande en secours, au moins en journée, et dans les grandes agglomérations. Cette méthode permet d'une part, de couvrir un maximum de demande avec un minimum de moyens et d'autre part, de décupler le maillage territorial de l'offre, ce qui mécaniquement fait baisser les délais moyens et maximaux d'intervention. Le nombre et la localisation des sites depuis lesquels les moyens partent en intervention sont d'une manière générale dans ces pays, moins figés qu'en France.

Il serait intéressant d'explorer à l'avenir cette piste. Cela nécessite principalement de repenser les données d'entrée des modèles, car pré-positionner les moyens directement sur le terrain nécessite de connaître quasiment en temps réel l'évolution de la demande, et ce, à petite échelle spatiale et temporelle.

8.2.4. Communication des résultats

Cette thèse et le rapport que nous avons réalisé à l'attention du SDIS 06, présentent de nombreux résultats, dont une grande partie de cartes, répartis entre le diagnostic sur le SAP, d'une part, et les simulations et cas d'études, d'autre part. Il n'est pas toujours évident dans ces conditions de faire le lien entre tous, et ce malgré les nombreux renvois dans le texte. Ces liens participent cependant autant à leur bonne compréhension que les résultats eux-mêmes. Il serait intéressant selon nous d'accompagner ces deux rapports d'un atlas interactif numérique.

Les atlas interactifs sont des recueils de cartes commentées généralement accompagnées d'images géographiques, de graphiques, etc., qui ont la particularité, comme leur nom l'indique d'offrir en plus une dose d'interactivité. Le principe de l'interactivité est de donner, au récepteur d'une information la possibilité d'interagir directement avec le canal par lequel elle lui est communiquée. Il passe ainsi d'un rôle passif de lecteur à celui d'acteur ou d'utilisateur (Antoni et al., 2004).

Le niveau d'interactivité des atlas numériques est beaucoup plus important que celui des atlas papier. Voici une palette des fonctionnalités qu'ils proposent :

- fonctions de navigation au sein des cartes elles-mêmes et au sein des différentes informations qui lui sont rattachées via des hyperliens.
- fonctions de personnalisation de la carte (possibilité d'activer ou de désactiver des couches, choix d'une palette de couleur, etc.) ;

- fonctions d'exploration (modification du nombre de classes ou de la discrétisation, possibilité d'effectuer des requêtes spatiales et/ou thématiques, création, exportation, importation de données, etc.).

Les atlas interactifs permettent ainsi, via les hyperliens notamment, de rassembler tous les éléments nécessaires à la bonne compréhension d'un argumentaire au même endroit et dans l'ordre souhaité. Ils permettent, en plus, de formaliser le contenu, de façon différente et non linéaire. Plusieurs entrées sont possibles. Tous les lecteurs ne s'intéressent en effet pas aux mêmes informations en priorité. Cette liberté ne se fait pas au détriment du message que doit faire passer l'atlas, car tous les cheminements possibles sont organisés et construits pour répondre à une problématique bien précise.

Nous pensons que ces fonctionnalités sont particulièrement adaptées à une représentation des résultats d'une étude sur l'optimisation des localisations. Les études de cas et simulations engendrent rapidement beaucoup de résultats, dont la majorité sous forme de cartes, auxquels s'ajoutent ceux du diagnostic. Un atlas interactif permettrait :

- de mieux les agencer et les exploiter ;
- de mieux formaliser les liens entre tous les résultats et notamment entre les résultats du diagnostic et ceux des études de cas ;
- de permettre aux décideurs de prendre connaissance directement des résultats des études de cas sans pour autant que cela nuise à leur compréhension.

Ce type d'atlas pourrait être également utilisé pour présenter une partie des résultats contenus dans les SDACR et les SROS à destination du grand public. Ces documents sont en effet publics. Leur communication prend généralement la forme d'un document au format PDF[1] téléchargeable en ligne, ce qui n'est pas très convivial. Cela permettrait par la même occasion de réaliser le travail de synthèse et de vulgarisation indispensable à la bonne compréhension des non-spécialistes. D'autant que la question de la mise à jour de ces atlas interactifs ne se poserait pas. La question de la validité des données est en effet une des principales contraintes des atlas interactifs en ligne. Ils seraient établis en parallèle des documents de planification et auraient la même durée de validité.

Nous avons en partie mené cette réflexion dans le cadre d'un groupe de travail intersites de l'UMR ESPACE portant sur les enjeux des atlas interactifs pour communiquer sur le territoire et ses dynamiques. Tout ceci reste cependant encore à explorer et confirmer, comme de nombreuses autres pistes que nous allons à présent évoquer.

8.3. Autres perspectives de recherche

Outre les solutions évoquées précédemment, de nombreuses autres suites à donner à cette thèse sont possibles. Nous les avons séparées en deux catégories : celles concernant les modèles de localisation-allocation, et celles concernant plus largement la question de la couverture du SAP et de la localisation des moyens.

[1] *Portable Document Format*.

8.3.1. Perspectives de recherche concernant les modèles de localisation-allocation

À l'issue de cette thèse de nombreuses questions quant à l'utilisation des modèles de localisation-allocation restent en suspens, et, notamment, concernant la prise en compte de l'espace. Les conséquences des *effets de bord* sur les résultats obtenus aux limites de l'aire d'étude restent encore à étudier. De même pour les conséquences de l'échelon d'agrégation des données concernant la demande et l'offre, notamment dans les secteurs mixtes : urbain/rural. Les questions évoquées à ce sujet dans le cadre de l'état de l'art sur les modèles de localisation-allocation restent à explorer (cf. section 3.8, p. 97) : Quelles seraient les conséquences à utiliser le même échelon sur l'ensemble de l'aire d'étude ? Et à l'inverse, quelles seraient les conséquences à en utiliser des différents ? Dans cette éventualité se pose la question de la délimitation des sous-secteurs ? Où placer la limite entre espaces ruraux et espaces urbains ?

Il serait également intéressant de comparer les résultats obtenus avec des modèles de base, tels ceux que nous avons utilisés, et des modèles plus évolués sous l'angle de l'opérationnalité. Afin de représenter le plus fidèlement possible la réalité, les modèles sont toujours plus complexes. Ils prennent en compte toujours plus de paramètres, la tendance est maintenant aux modèles multi-objectifs, qui nécessitent par conséquent plus de données. Tous ces facteurs peuvent être des freins à leur opérationnalité. Il serait donc intéressant de s'interroger en tant que géographe sur les gains réels qu'apportent ces modèles par rapport aux modèles de base. Un élément qui n'a pas été abordé jusqu'à présent, et qui participe au fait qu'un logiciel soit utilisé ou non, est selon nous la question des dysfonctionnements informatiques liés à un défaut de conception, communément appelés *bugs*. La complexification de ces modèles ne se fait-elle pas au détriment de leur stabilité ? Toute fois, cette question nous conduit hors du champ de la géographie.

8.3.2. Perspectives de recherche concernant plus largement la question de la couverture du SAP et de la localisation des moyens de secours

Concernant la thématique de cette recherche, de nombreuses pistes restent également à explorer, notamment celle concernant les liens entre le niveau de la demande en secours et l'organisation de la PDS. Pour rappel, la PDS correspond à l'organisation de l'offre de soins permettant de maintenir la continuité et l'égalité de l'accès aux soins – sans caractère d'urgence – pour tous, notamment aux heures habituelles de fermeture des cabinets médicaux. Initialement le système reposait sur le principe de gardes obligatoires qu'assuraient les médecins généralistes à tour de rôle. Pour différentes raisons, ce système est progressivement passé à une obligation collective d'assurer les gardes, fondée sur le volontariat individuel. Ce changement a entraîné localement une désorganisation de la PDS susceptible d'expliquer une partie de l'augmentation du nombre d'interventions, surtout au début. Il serait intéressant de recouper spatialement et temporellement l'organisation des gardes et le nombre d'interventions réalisées par les secours, ces dernières années afin, d'une part, de confirmer ou d'infirmer le lien entre l'organisation de la PDS et l'augmentation de la demande en SAP et d'autre part, d'en mesurer les conséquences.

Plus largement, la demande va certainement continuer à augmenter, notamment à cause de la rurbanisation des territoires et du vieillissement de la population. Outre le fait que leur nombre va augmenter, les personnes âgées resteront plus longtemps à domicile grâce aux progrès technologiques et de la télémédecine, en particulier. La probabilité qu'il leur arrive un accident à domicile sera donc beaucoup plus importante qu'elle ne l'est aujourd'hui.

En parallèle, le niveau de l'offre en secours va certainement continuer de baisser, notamment dans les espaces périurbains et ruraux à cause de la baisse du volontariat. Les délais d'intervention dans les communes correspondantes, c'est-à-dire les communes de type C, sont en tout cas en augmentation en moyenne de 1,27% chaque année sur la période d'étude ; contre 0,23% pour les communes de type B. Les délais d'intervention enregistrés dans les communes de type A sont quant à eux stables, voire en baisse, -0,31% sur la même période. Les services de secours vont être amenés à relever un important défi pour limiter les tensions entre l'offre et la demande dans ces secteurs. Une des approches du problème explorée jusqu'à maintenant par les autorités au niveau national, est d'essayer d'enrayer la baisse du volontariat. De nombreux travaux ont été réalisés en ce sens, notamment par des sociologues (Chevrier, Dartiguenave, 2000 ; Chevrier, 2001 ; Chevrier et al., 2002 ; Chevrier, Dartiguenave, 2008 ; Vidal, 2009 ; Anon, 2009). Nous pensons que la solution est plus globale et doit prendre notamment en compte la localisation et la structuration des moyens.

Localement, différentes solutions sont envisagées comme : regrouper plusieurs casernes entre elles pour mutualiser les moyens financiers et humains (Langlais, 2007), ou articuler plusieurs casernes de niveaux différents entre elles. On compte trois catégories de casernes[1] ou centres :

- Les centres de secours principaux (CSP) sont les plus importants, on les trouve principalement dans les grandes villes. Ils doivent pouvoir assurer simultanément au moins un départ en intervention pour une mission de lutte contre l'incendie, deux départs en intervention pour une mission de secours à personne est un autre départ en intervention.
- Les centres de secours (CS) sont plus petits et composent la majorité des casernes que l'on trouve en France. Ils doivent pouvoir assurer simultanément au moins un départ pour une mission de lutte contre l'incendie ou un départ en intervention pour une mission de secours à personne et un autre départ en intervention.
- Enfin, les centres de première intervention (CPI) ne permettent d'assurer qu'un seul départ. C'est ceux que l'on trouve dans les zones les moins peuplées.

C'est l'articulation entre plusieurs CPI et un CS qui est recherchée. Leurs secteurs d'intervention dans ces cas-là sont communs. Les moyens du CS interviennent en complémentarité des moyens du CPI. Ils assurent généralement le transport vers l'hôpital qui est souvent long, et interviennent si nécessaire à la place des moyens du CPI (moyens déjà engagés, manque de personnels, etc.) Cela permet également de mutualiser un certain nombre de tâches administratives, de moyens, ou encore de formations, et notamment, aux volontaires des CPI, de prendre des gardes dans des casernes plus importantes que la leur, et de réaliser ainsi un plus grand nombre d'interventions. Ce qui

[1] Décret n°97-1225 du 26 décembre 1997.

est une bonne chose pour le maintien des acquis et de la motivation. Cela permet surtout, à la différence de la solution qui consiste à fusionner des casernes entre elles, de conserver un maillage du territoire important, et ainsi, de diminuer les délais d'intervention. Aucune étude scientifique n'a encore été réalisée à notre connaissance pour évaluer ces solutions ou en proposer d'autres.

Enfin, il serait intéressant de comparer l'accessibilité des moyens assurée par l'organisation des secours en France avec celle des pays appartenant à d'autres écoles d'organisation des secours. Comme nous l'avons déjà évoqué, l'organisation des secours ne repose pas sur les mêmes principes dans tous les pays. Une des principales différences tient au fait que la doctrine générale de prise en charge des victimes n'est pas la même : en France c'est l'hôpital qui va à la victime alors que dans les autres pays c'est l'inverse. Le temps de trajet pour se rendre jusqu'à l'hôpital est tout autant primordial dans ces pays que celui pour se rendre sur l'intervention en elle-même. Le type de moyens qui intervient n'est pas non plus le même. En outre, dans la plupart d'entre eux, le SAP est assuré par un service distinct de celui du service incendie, et le personnel n'est pas en majorité composé de volontaires. Il serait intéressant de connaître les conséquences, en termes de maillage du territoire et d'accessibilité, qu'induisent toutes ces différences.

Conclusion Chapitre 8

Les limites du travail réalisé dans le cadre de cette thèse sont en partie induites par les données. Les données opérationnelles contiennent en effet un certain nombre de lacunes et d'anomalies, concernant notamment les adresses. Cela s'est particulièrement ressenti lors de l'opération de géocodage. Ainsi en comparaison aux interventions contenues dans la BD SAP seulement 92% au total ont pu être appariées. Le nombre d'interventions à l'échelon des zones d'habitat est donc localement très certainement sous ou surestimé.

Les limites concernent ensuite l'outil retenu pour optimiser les localisations. La première concerne le fait que les modèles proposés dans Network Analyst ne permettent pas de prendre en compte des moyens de types différents. La deuxième réside dans le fait qu'ils ne permettent pas d'intégrer la disponibilité des moyens. Enfin la troisième limite imputable à l'outil relève de la non prise en compte de la variabilité temporelle des délais que mettent les moyens pour se rendre sur les lieux d'une intervention. Les résultats obtenus dans cette thèse pourraient être affinés intégrant ces trois éléments. Cependant, les modèles auraient alors été beaucoup plus compliqués à comprendre et à utiliser et les résultats sans doute moins rapides à produire. Cela reste toutefois à vérifier.

Les limites concernent enfin l'aire d'étude, et plus précisément les conséquences induites par les *effets de bords* sur les localisations aux limites de l'aire d'étude.

Nous avons ensuite tenu à présenter plus en détail cinq pistes de réflexion, dans l'optique de rendre la méthode encore plus opérationnelle. La première consiste à intégrer de la géoprospective territoriale à la démarche d'optimisation des localisations afin de limiter au maximum le décalage entre les solutions proposées et la réalité de la situation au moment où elles sont appliquées.

La deuxième concerne le diagnostic du SAP. Nous pensons qu'il serait opportun de réaliser une analyse poussée de l'accessibilité des moyens. Cela permettrait de compléter les résultats et de refléter encore mieux la diversité des situations rencontrées sur le terrain en matière de SAP.

La troisième piste à explorer concerne l'évaluation du degré de couverture. La création d'un indicateur synthétique ou l'utilisation d'un système expert permettraient, selon nous, de mieux l'évaluer, mais cela nécessite de surmonter encore plusieurs obstacles techniques et méthodologiques.

La quatrième, concerne la variabilité temporelle de la demande. Il semble indispensable de la prendre en compte afin que la localisation des moyens corresponde en toute période à la demande. C'est en tout cas le choix qu'on fait de nombreux pays. Cela nécessite cependant d'adapter les modèles de localisation-allocation à cette contrainte supplémentaire.

Enfin, la cinquième perspective de recherche concerne la communication des résultats. Nous pensons qu'un atlas interactif numérique serait un réel plus pour agencer les résultats et donc faciliter leur compréhension.

Le chapitre 8 se conclut par d'autres perspectives de recherche. Les premières concernent les modèles de localisation-allocation et plus particulièrement les questions en suspens relatives à l'intégration de l'espace dans les modèles de localisation-allocation, d'une part, et le rapport entre complexification et opérationnalité de ces derniers, d'autre part. Les autres perspectives concernent plus largement la question de la couverture du SAP. Les liens entre le niveau de la demande et la PDS restent en effet à explorer. De même, les enjeux auxquels vont être confrontés les décideurs dans un futur proche, notamment dans les espaces périurbains et ruraux, pour faire face à l'augmentation de la demande en SAP, d'un côté, et la baisse de l'offre, de l'autre, nécessitent que l'on s'intéresse de plus près aux solutions proposées localement, ainsi qu'à celles mise en œuvre à l'étranger.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La conclusion générale se décompose en quatre volets. Après un rapide rappel de la problématique, le premier volet reviendra sur les objectifs de cette recherche. Il sera en particulier question de savoir si le principal objectif est rempli ou non ? La discussion portera donc principalement autour de la question de l'opérationnalité de la méthode. Cette partie sera l'occasion de revenir sur les données, l'outil et plus largement la méthode retenus. Le deuxième volet sera consacré aux apports de cette thèse. Les deux derniers volets aborderont respectivement les limites et les suites à donner à cette recherche.

Problématique et objectifs

En matière de SAP, les services de secours sont confrontés localement à des situations tendues entre l'offre et la demande, notamment dans les espaces périurbains et ruraux. Pour remédier à ces situations, une des solutions réside dans l'optimisation de la localisation des moyens de secours. C'est en tout cas ce que les professionnels cherchent à faire. Cependant, les méthodes qu'ils utilisent ne sont pas suffisamment intégrées pour répondre à cet objectif. Elles ne permettent pas de prendre en compte de manière globale l'ensemble des paramètres entrant en jeu dans la localisation des moyens ainsi que les conséquences en chaîne que la localisation ou la délocalisation d'un point d'offre en secours peut entraîner sur les autres. Il existe pourtant des méthodes intégrées disponibles pour optimiser les localisations. Ces méthodes font appel aux modèles de localisation-allocation. Elles ne sont cependant pas utilisées par les professionnels alors qu'elles existent depuis de nombreuses années déjà et qu'elles ont fait leurs preuves. Le problème réside, selon nous, dans le manque d'opérationnalité de ces méthodes. Ces dernières ne sont en effet pas toujours adaptées aux contraintes des professionnels. L'objectif principal de cette thèse était donc de proposer une méthode d'optimisation des localisations qui soit réellement opérationnelle, et de l'appliquer au département des Alpes-Maritimes.

La méthode que nous avons développée se décompose en trois étapes. La première consiste à réaliser un diagnostic du territoire d'étude en matière de SAP. L'objectif de ce diagnostic est d'évaluer le degré de couverture du SAP afin d'identifier les secteurs où les tensions entre l'offre et la demande sont les plus importantes. Cela revient à évaluer, d'un côté, le niveau de la demande en secours, c'est-à-dire le nombre, l'état et la localisation des victimes et de l'autre, le niveau de l'offre, c'est-à-dire le nombre, le type et la localisation des moyens de secours.

Nous avons construit pour cela notre propre base de données sur l'activité opérationnelle des moyens, résultat de la fusion de la base PANAMA du SDIS 06 et de la base CENTAURE 15 du SAMU 06. Cette base de données couvre au total une période

s'étalant de 2005 à 2010 et recueille des informations sur 550 979 interventions et 509 811 victimes. Les critères utilisés pour extraire les données de la BD PANAMA, et leur combinaison avec celles extraites de la BD CENTAURE 15, ont permis d'obtenir 10% d'informations supplémentaires par rapport aux bases de données généralement utilisées pour un tel diagnostic. Les différentes analyses réalisées grâce à cette base nous ont permis d'identifier 66 communes des Alpes-Maritimes où la situation au regard des préconisations en matière de délais d'intervention peut être améliorée.

La deuxième étape consiste à choisir les données d'entrée du modèle de localisation et à le paramétrer. Nous avons retenu comme outil, le module complémentaire Network Analyst d'ArcGIS. C'est le logiciel contenant des modèles de localisation-allocation remplissant le plus de critères, en terme d'opérationnalité, parmi tous ceux disponibles. Il contient un modèle de localisation à recouvrement d'ensemble dont l'objectif est de minimiser les ressources nécessaires pour couvrir l'ensemble de la demande en secours, et un modèle hybride résultat de la fusion d'un modèle de localisation à couverture maximale et d'un modèle p-médian.

Les points de demande correspondent aux zones d'habitats issues de la BD CARTO de l'IGN. Afin de prendre en compte les interventions que réalisent les moyens des Alpes-Maritimes dans les départements voisins, une partie des zones d'habitats du Var et des secteurs des Alpes-de-Haute-Provence ont également été intégrés. À chaque point a été attribué un poids correspondant au nombre total d'interventions s'étant déroulées à proximité, sur la période d'étude. Cette opération a nécessité au préalable de géocoder les interventions. Les points susceptibles d'être retenus par le modèle pour accueillir des moyens de secours correspondent également aux zones d'habitats de la BD CARTO. Les distances temps sont quant à elles calculées à partir d'une base de données routière de la société NAVTEQ.

La troisième étape consiste enfin à réaliser les différents grands scénarios d'optimisation. On en compte trois principaux :

- Le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants*. Ce scénario permet de connaître, à assiette égale la localisation optimale des moyens pour couvrir un maximum de la demande.
- Le scénario du *devrait être*. Ce scénario permet de connaître le nombre et la localisation des moyens de secours dont il faudrait disposer au minimum pour couvrir la totalité de la demande.
- Enfin le scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*. Il permet de connaître le nombre et la localisation des moyens nécessaires en plus de ceux déjà existants pour couvrir la totalité de la demande.

C'est à partir de ces trois scénarios et de toutes les déclinaisons qu'il est possible de réaliser que sont élaborées les solutions pour améliorer le degré de couverture. Il n'existe pas de solution unique, mais plusieurs, plus ou moins optimales au regard de la fonction objectif du modèle de localisation-allocation, ou plus ou moins opérationnelles. Différents cas de figure ont ainsi été proposés pour améliorer la couverture dans les secteurs identifiés à l'issue du diagnostic.

Cette méthode constitue l'apport principal de cette recherche. Toute la question est de savoir si cette méthode est opérationnelle ou non. C'était en effet l'objectif et le parti de cette recherche. Pour répondre à cette question nous pouvons compter sur les nombreux échanges que nous avons eus avec les professionnels des secours. Une grande partie de ces échanges ont eu lieu dans le cadre du suivi de cette thèse avec les personnes en charge de l'encadrer, au sein du SDIS 06. De nombreuses réunions ont été organisées afin de faire le point sur l'avancée du travail. Ces derniers ont donc eu connaissance dans le détail de l'ensemble des éléments constitutifs de la méthode proposée.

En complément de tous ces échanges, et afin d'avoir un regard extérieur, nous avons tenu à interroger une personne du SDIS qui n'a pas participé au suivi de la thèse. Nous avons ainsi longuement interrogé un officier en lien direct avec le terrain, qui se pose justement des questions sur la localisation des moyens dans certains secteurs des Alpes-Maritimes, et qui a déjà entamé une réflexion sur les solutions à envisager pour améliorer la situation. Il était donc intéressant de confronter nos démarches et les résultats qu'elles ont permis d'obtenir autour d'un même cas d'étude, en l'occurrence le secteur Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour présenté dans le chapitre 7, p. 207.

Concernant l'outil, l'opérationnalité ne fait pas débat. Le logiciel retenu s'avère simple d'utilisation. La démonstration que nous avons faite de sa mise en œuvre pratique l'a démontré (cf. section 6.2.3, p. 164). Nos interlocuteurs ont en outre apprécié le fait qu'il s'agisse d'un logiciel *pris sur étagère*. C'est un atout indéniable selon eux pour la reproductibilité de la méthode. En effet, contrairement aux logiciels développés sur-mesure pour répondre à des besoins spécifiques, ce type d'outil est utilisé par un plus grand nombre d'utilisateurs. Les sociétés qui les développent sont généralement plus pérennes dans le temps. Il est donc plus facile de trouver une aide et une assistance technique sur le long terme.

Les résultats quant à eux ont été jugés suffisamment clairs et utiles, qu'ils s'agissent des résultats du diagnostic, des grands scénarios d'optimisation ou des différents cas d'étude. Même les résultats les plus théoriques sont utiles selon les personnes interrogées car ils participent à la compréhension globale des processus de localisation. Les résultats se sont avérés dans la majorité des cas cohérents avec la réalité et ont permis de corroborer *a posteriori* un certain nombre de décisions prises en matière de localisation.

La confrontation avec la réalité de terrain nous a permis d'identifier deux situations très particulières pour lesquelles les résultats n'étaient pas suffisamment adaptés. Il s'agit, d'une part, des zones urbaines denses. Il aurait fallu que les données soient agrégées à un échelon inférieur et que le modèle tienne compte des conditions de circulation pour que les résultats soient vraiment opérationnels. Il s'agit, d'autre part, des zones rurales où les pompiers fonctionnent selon un mode de volontariat traditionnel, c'est-à-dire la grande majorité du temps sous la forme d'astreintes et non de gardes postées en caserne. La disponibilité des moyens dans ces secteurs est beaucoup plus variable qu'ailleurs. Les résultats gagneraient en opérationnalité si le modèle prenait également en compte cette réalité. En outre, les secteurs retenus par le modèle pour accueillir les points d'offre ne correspondent pas toujours à ceux où résident en majorité les volontaires. Cela n'est pas sans conséquence sur la longueur des délais de départ des

moyens, car la majorité du temps les volontaires partent en intervention de leur domicile ou lieu de travail. Il faudrait pouvoir prendre en compte d'une manière ou d'une autre les lieux de résidence principaux des volontaires dans la réflexion sur les localisations pour que les résultats soient plus opérationnels.

Enfin, concernant la méthode en elle-même, il est ressorti des différents échanges que l'interprétation et la synthèse des résultats bruts issus des grands scénarios d'optimisation n'étaient pas toujours simples à réaliser. Il s'agit pourtant là d'un point essentiel pour l'appropriation de ce type de méthode.

Le deuxième objectif de cette recherche était d'examiner dans quelle mesure la méthode d'optimisation des localisations proposée permettait de répondre à l'exigence de mise en cohérence du SDACR des Alpes-Maritimes et du SROS de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Les modalités actuelles d'élaboration de ces deux documents nécessitent de s'assurer dans un deuxième temps que les décisions prises en matière d'utilisation et de localisation des moyens de SAP ne sont pas redondantes. La meilleure solution pour limiter au maximum tout risque de double emploi est selon nous de réfléchir à la localisation des moyens du SDIS et des SMUR de façon transversale et simultanée. C'est, entre autres, pour répondre à cette exigence qu'a été pensée et conçue la base de données interservices sur le SAP. Les modèles de localisation s'inscrivent parfaitement dans cette démarche puisqu'ils permettent de réfléchir de façon intégrée à la localisation des moyens du SDIS en fonction des moyens des SMUR, ou inversement.

Apports

Outre la méthode d'optimisation de la localisation des moyens de SAP, les apports de cette thèse sont nombreux.

Il y a, en premier lieu, tout le travail de conceptualisation réalisé autour du champ du SAP. Le SAP est une thématique qui n'avait encore jamais été investiguée. Il a donc fallu en délimiter les contours, définir les notions associées et constituer le corpus de données nécessaire pour l'objectiver.

Les résultats de l'enquête réalisée sur les méthodes utilisées par les professionnels des secours, en France et à l'étranger, pour optimiser la localisation des moyens de SAP constituent également un des apports de cette thèse. D'autant plus que ces méthodes n'avaient jamais fait l'objet de publications scientifiques jusque-là et que l'enquête porte autant sur les méthodes mises en œuvre par les SDIS que sur celles des ARS.

Un des apports de cette thèse réside aussi dans l'inventaire des références bibliographiques portant sur les méthodes spécifiquement développées pour optimiser la localisation de moyens de SAP, réalisé dans le chapitre 3, et tout le travail de présentation et de vulgarisation des modèles de localisation-allocation associé. Plusieurs références se sont déjà attelées à réaliser ce travail, mais encore jamais en français. Pour les professionnels des SDIS ou des ARS qui s'intéresseraient à ces méthodes et aux modèles de localisation-allocation, c'est un réel apport.

Enfin, cette recherche a été l'occasion d'investiguer dans le détail, les modèles de localisation-allocation présents dans l'outil Network Analyst d'ArcGIS et de les appliquer à

grande échelle. Cela constitue un apport important pour les professionnels et les chercheurs qui voudraient les utiliser.

Limites

Les limites de cette recherche se situent à trois niveaux. D'abord les limites concernant les données et notamment celles issues du géocodage des interventions de la BD SAP. Les lacunes et anomalies observées dans les champs correspondant à l'adresse des interventions ont irrémédiablement entraîné des doublons et des manques lors de l'opération de géocodage.

On trouve ensuite les limites concernant l'outil. Les modèles de localisation disponibles dans le module Network Analyst d'ArcGIS ne prennent pas en compte les moyens de types différents. Ils ne permettent pas non plus de tenir compte de l'indisponibilité des moyens, ni de la variabilité temporelle des délais que mettent les moyens pour se rendre sur les lieux d'une intervention.

On trouve enfin les limites concernant la méthode en elle-même. Une de ces limites est liée aux *effets de bord* inhérents au choix de l'aire d'étude. La localisation des moyens à la frontière de l'aire d'étude n'est pas vraiment optimale.

Perspectives

À l'issue de cette thèse, de nombreuses pistes restent à explorer afin de rendre encore plus opérationnelles les méthodes d'optimisation des localisations. Il y a d'abord toutes les pistes concernant la prise en compte de l'espace dans les modèles de localisation-allocation. Connaître dans le détail les conséquences qu'ont les *effets de bord* sur la localisation des moyens aux frontières de l'aire d'étude est important afin de cerner les limites des modèles de localisation-allocation. De même, concernant les choix en matière d'échelons d'agrégation des données dans les secteurs mixtes : urbain/rural. Il serait intéressant de réaliser une étude comparative pour connaître les conséquences, suivant que l'on utilise un même échelon pour les deux types de secteurs ou un échelon différent.

Par ailleurs, un certain nombre de pistes sont liées la méthode utilisée. Le fait d'inscrire cette méthode dans une démarche prospective apporterait une plus-value à la méthode. Le diagnostic sur le SAP serait plus complet et représentatif de la diversité des situations rencontrées sur le terrain s'il intégrait une analyse poussée de l'accessibilité des moyens. De même concernant le degré de couverture du SAP. Il serait encore plus proche de la réalité si la méthode utilisée pour l'évaluer permettait de synthétiser un plus grand nombre de facteurs. La méthode gagnerait enfin à prendre en compte la variabilité temporelle de la demande à l'échelle infra-annuelle.

De nombreuses pistes plus thématiques restent aussi à explorer. Personne ne s'est encore intéressé aux liens qu'il peut y avoir localement entre le niveau de la demande en secours et le fonctionnement de la PDS, ou plus largement, aux liens avec la santé des populations. Les enjeux auxquels vont être confrontés les décideurs dans un futur proche, notamment dans les espaces périurbains et ruraux, en matière de couverture du SAP nécessitent que l'on s'intéresse également aux solutions proposées, notamment à l'étranger.

En guise de mot de la fin, nous tenions à revenir sur la question de l'opérationnalité de la méthode et au fait qu'elle puisse être utilisée par les professionnels. Cela nous renvoie

à la conclusion que faisait Isabelle Thomas sous la forme d'un pari dans un de ses articles, et dans laquelle s'inscrit cette recherche : « Les modèles de localisation-affectation semblent techniquement mûrs, mais de nombreux problèmes généraux se posent quant à leur applicabilité - comme dans bien d'autres types de modèles économétriques ou démographiques. Gageons que le développement des systèmes experts et des systèmes d'information géographiques facilitera l'application et l'applicabilité des modèles, aidera les chercheurs à réfléchir sur les nombreux biais introduits et les aménageurs à faciliter leur mise en application. » (Thomas, 2003).

Cette thèse a effectivement permis de démontrer que les systèmes d'information géographique facilitent l'application et l'applicabilité des modèles de localisation-allocation. C'était une étape indispensable, ne serait-ce que pour investiguer et tester les modèles de localisation-allocation proposés dans un SIG, en l'occurrence ceux du module Network Analyst d'ArcGIS. Maintenant que les modèles de cet outil sont parfaitement connus, les chercheurs, et notamment les géographes, devraient pourvoir s'approprier sans trop de difficultés ces modèles de localisation-allocation et réfléchir aux nombreux biais introduits. C'est l'étape suivante.

Pour ce qui est des aménageurs, ou des professionnels des services de secours, il n'est pas certain que les SIG les aident à mettre en œuvre les modèles de localisation-allocation. Les échanges que nous avons eus avec certains d'entre eux nous ont laissé entrevoir d'autres freins. La mise en œuvre des modèles de localisation-allocation par les professionnels devra, par exemple, inévitablement s'accompagner de formations complémentaires et d'un travail de vulgarisation plus important encore. Le fait que les outils opérationnels réellement disponibles soient peu nombreux, et lorsque c'est le cas, que les modèles qu'ils proposent ne soient que des versions de base, ne contribue pas à leur démocratisation. Cependant, pour que les sociétés qui développent ces modèles intègrent des versions plus évoluées, encore faudrait-il qu'il y ait un marché. C'est un cercle vicieux. Un expert dans le domaine du géomarketing nous confiait que les transferts de connaissances et de technologies entre les chercheurs et les professionnels nécessitent toujours un *médiateur* pour faire le lien entre les deux et amorcer une dynamique. Pour l'heure, ce rôle n'est tenu par personne. En attendant, il n'est donc possible de compter que sur la bonne volonté des chercheurs et des professionnels pour travailler ensemble. À ce sujet, nous tenions à remercier le SDIS 06 pour l'intérêt qu'il a manifesté pour cette recherche, la confiance et l'ouverture d'esprit dont il a fait preuve à notre égard et pour avoir participé à son financement. C'est à notre connaissance la première fois qu'un SDIS accueillait en son sein un doctorant en géographie et s'impliquait autant dans une recherche doctorale.

Ce type de partenariat, et plus largement la collaboration entre les chercheurs et les professionnels, sont indispensables pour continuer à rendre les méthodes et outils encore plus opérationnels, nous en sommes convaincu, et souhaitons poursuivre dans cette direction.

Bibliographie

Aboueljinane L., Sahin E., Jemai Z. (2013). « A review on simulation models applied to emergency medical service operations ». *Computers & Industrial Engineering*, vol. 66, n° 4, p. 734‑750.

Alsalloum O.I., Rand G.K. (2003). *A goal-programming model applied to the EMS system at Riyadh City, Saudi Arabia*. 2003, 30 p.

Amponsah S.K., Amoaka G., Darkwah K.F., Agyeman E. (2011). « Location of ambulance emergency medical service in the kumasi metropolis, Ghana ». *African journal of Mathematics and Computer Science Research*, vol. 14, n° 1, p. 18‑26.

Andersson T., Varbrand P. (2006). « Decision support tools for ambulance dispatch and relocation ». *J Oper Res Soc*, vol. 58, n° 2, p. 195‑201.

Anon (2011a). « Guide méthodologique pour l'élaboration des SROS-PRS. Version 2.1 ».

Anon (2013). *La mutualisation des moyens départementaux de la sécurité civile*. Cours des comptes, septembre 2013, 78 p.

Anon (2008). *Organisation du secours à personne et de l'aide médicale urgente*. Référentiel commun, juin 2008, 63 p.

Anon (2009). *Rapport de la commission "ambition volontariat*. 15 septembre 2009, 62 p.

Anon (2011b). *Rapport public thématique : les services départementaux d'incendie et de secours*. Cours des comptes, novembre 2011, 354 p.

Antoni J.P., Klein O., Moisy S. (2004). « Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique ». *Cybergeo*, 17 p.

Apparicio P., Abdelmajid M., Riva M., Shearmur R. (2008). « Comparing alternative appraoches to measuring the geogrpahical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues ». *International Journal of Health Geographics*, 14 p.

Arnaldo Rabello de Aguiar Vallim F., Iara da Silva M. (2012). « Optimization models in the location of Healthcare facilities: a real case in Brazil ». *Journal of Applied Operational Research*, vol. 4, n° 1, p. 37‑50.

Atkinson J.B., Kovalenko I.N., Kuznetsov N., Mykhalevy K.V. (2006). « Heuristic methods for the analysis of a queuing system describing emergency medical service deployed along a highway ». *Cybernetics and Systems Analysis*, vol. 42, n° 3, p. 379‑391.

Badri M., Motargy A. (1998). « A multiobjective model for locating fire-stations ». *European Journal of Operational Research*, n° 110, p. 243 ‑ 260.

Baray J. (2010). *Géomarketing : Zone de chalandise et méthodes d'implantation*. EEEA, Paris, 167 p.

Baray J. (2002). *Localisation commerciale multiple : une application du traitement du signal et du modèle p-median au développement d'un réseau de magasins de produits biologiques*. Université de Rennes 1, Thèse de doctorat, 378 p.

Baray J. (2003). « Optimisation de la localisation commerciale : une application du traitement du signal et du modèle p-median ». *Recherche et applications en marketing*, vol. 18, n° 3, p. 31‑44.

Baray J., Cliquet G. (2010). « Optimisation de l'implantation des maternités en France : une application du modèle de couverture maximale ». Lille, 25 novembre 2010, 23 p.

Barlet M., Coldefy M., Collin C., Lucas-Gabrielli V. (2012). « L'accessibilité potentielle localisée (APL) : une nouvelle mesure de l'accessibilité aux médecins généralistes libéraux ». *Questions d'économie de la Santé*, n° 174, 8 p.

Batta R., Dolan J.M., Krishnamurthy N.N. (1989). « The Maximal Expected Covering Location Problem: Revisited ». *Transportation Science*, vol. 23, n° 4, p. 277‑287.

Bavoux J.J., Beaucire F., Chapelon L., Zembri P. (2005). *Géographie des transports*. Paris : A. Colin, coll. « U Géographie », 232 p.

Beguin H., Thomas I., Vandenbussche D. (1992). « Weight variations within a set of demand points and location-allocation issues : a case study of libraries ». *Environment and Planing A*, n° 24A, p. 1762‑1779.

Belhedi A. (2010). *Les modèles de localisation des activités économiques*. 203 p.

Bellet F. (1995). *L'accessibilité des services mobiles d'urgence et de réanimation aux accidentés de la route en Seine-Maritime*. Rouen : Département de géographie - Université de Rouen, Mémoire de recherche, 1995, 56 p.

Beraldi P., Bruni M.E. (2009). « A probabilistic model applied to emergency service vehicle location ». *European Journal of Operational Research*, vol. 196, n° 1, p. 323‑331.

Berlin G., Liebman J. (1974). « Mathematical analysis of emergency ambulance locations ». *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 8, 323 p.

Bonneu F. (2009). *Processus ponctuels spatiaux pour l'analyse du positionnement optimal et de la concentration*. Université de Toulouse, Thèse de doctorat en Mathématiques, 138 p.

Bosque S.J., Gómez Delgado M., Palm Rojas F. (2006). « Un nuevo modelo para localizar instalaciones no deseables: ventajas derivadas de la integración de modelos de localización-asignación y SIG ». *Cuadernos Geográficos*, vol. 2, n° 39, p. 53‑68.

Boyaci B., Geroliminis N. (2012). « Facility Location Problem for Emergency and On-Demand Transportation Systems ». Swiss Transport Research Conference : Suisse, janvier 2012, 15 p.

Branans C.C., MacKenzie E.J., ReVelle C.S. (2000). « A trauma resource Allocation Model for Ambulances and Hospitals ». *Health Services Research*, vol. 35, n° 2, p. 489‑507.

Branans C.C., ReVelle C.S. (2001). « An interactive switching heuristic to locate hospitals and helicopters ». *Socio-Economic Planing Sciences*, n° 35, p. 11‑30.

Branans C.C., ReVelle C.S., MacKenzie E.J. (2000). « To the Rescue: Optimally Locating Trauma Hospitals and Helicopters ». *Leonard Davis Institute of Health Economics*, vol. 6, n° 1, 4 p.

Brandeau M.L., Chiu S.S. (1989). « An overview of representative problems in location research ». *Management Science*, vol. 35, n° 6, p. 645‑674.

Brandeau M.L., Larson R.C. (1986). « Extending and applying the hypercube queueing model to deploy ambulances in Boston ». *Management Science and the Delivery of Urban Service, edited by E. Ignall and A.J. Swersey, TIMS Studies in the Management Sciences Series*, vol. 22, p. 121‑154.

Brotcorne L., Laporte G., Semet F. (2003). « Ambulance location and relocation models ». *European Journal of Operational Research*, vol. 147, n° 3, p. 451‑463.

Caccetta L., Dzator M. (2001). « Models for the Location of Emergency Facilities ». *Proceedings Modsim*, p. 2149‑2154.

Cara M., Lareng L., Gaston J.T. (1985). « The SAMU System of France ». *Prehospital and Disaster Medicine*, vol. 1, n° Supplement S1, p. 140‑142.

Carrega P. (2005). « Le risque d'incendie en forêt méditerranéenne semi-urbanisée : le feu de Cagnes-sur-Mer (31 août 2003) ». *L'Espace géographique*, vol. 4, p. 305‑314.

Carson Y.M., Batta R. (1990). « Locating an Ambulance on the Amherst Campus of the State University of New York at Buffalo ». *Interfaces*, vol. 20, n° 5, p. 43‑49.

Carter G., Chaiken J., Ignall E. (1974). *Simulation model of fire department operations: executive summary*. New York : The New York City RAND Institute, décembre 1974, 48 p.

Castelein C. (2006). *Création d'un réseau de médecine d'urgence dans les Alpes-Maritimes : les médecins correspondants du SAMU 06*. Université de Nice-Sophia-Antipolis, 124 p.

CERTU éd. (2003). *Le Schéma de cohérence territoriale (SCOT) : Contenu et méthodes*. Lyon, 110 p.

Chagué V. (2008). « La prise en charge des urgences médicales ». *Soins cadres de santé*, vol. 17, n° 66, p. 18‑20.

Chaiken J.M. (1977). « Implementation of emergency service deployment models in operating agencies ». In *Utility and Use of Large-Scale Mathematicla Models*, Washington : Saul I. Gass, p. 93‑106.

Chaiken J.M. (1978). « Transfer of Emergency Service Deployment Models to Operating Agencies ». *Management Science*, vol. 24, n° 7, p. 719‑731.

Chaiken J.M., Larson R.C. (1972). « Methods for Allocating Urban Emergency Units: A Survey ». *Management Science*, vol. 19, n° 4-part-2, p. 110‑130.

Chandrasekaran R., Daughety A. (1981). « Location on Tree Networks: p-centre and n-dispersion problems ». *Mathematics of Operations Research*, vol. 6, n° 1, p. 50‑57.

Chapelon L. (1997). *Offre de transport et aménagement du territoire: évaluation spatio-temporelle des projets de modification de l'offre par modélisation multi-échelles des systèmes de transport.* Centre d'Etudes Supérieures d'Aménagement (CESA) : Université François Rabelais, Thèse de doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, 558 p.

Charnes A., Storbeck J. (1980). « A goal programming model for the sitting of multilevel EMS systems ». *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 14, n° 4, p. 155‑161.

Chevalier P., Thomas I., Geraets D., Goetghebeur E., Janssens O., Peeters D., Plastria F. (2012). « Locating fire stations in Belgium : An integrated GIS approach ». *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 46, p. 173‑182.

Chevrier S. (2001). *Quels rôles peut-on attribuer aux centres de première intervention non intégrés ?*. Laboratoire de Recherche en sciences humaines et sociales, septembre 2001, 28 p.

Chevrier S., Dartiguenave J.Y. (2008). *Etude sur l'avenir du dispositif de volontariat chez les sapeurs-pompiers*. Bureau d'études et de conseil sociologiques MANA, Rapport d'étude, 27 décembre 2008, 76 p.

Chevrier S., Dartiguenave J.Y. (2000). *Les sapeurs-pompiers volontaires en France. La place et le rôle des sapeurs-pompiers volontaires dans l'encadrement des services départementaux d'incendie et de secours en France. Une approche sociologique.* Association rennaise d'études sociologiques, Rapport d'étude, mars 2000, 81 p.

Chevrier S., Dartiguenave J.Y., Peter Y. (2002). *Les sapeurs-pompiers volontaires en France. Les sapeurs pompiers volontaires de moins de 30 ans. vol. 3*. Association rennaise d'études sociologiques, Rapport d'étude, janvier 2002, 50 p.

Christaller W. (1933). *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Iéna, G. Fischer, Trad. anglaise : Central Places in Sourthen Germany. Englewood, Cliffs, Prentice Halls, 1966, 230 p.

Church R.L., ReVelle charles (1974). « The maximal covering location problem ». *Papaers of the Regional Science Association*, n° 32, p. 101‑118.

Church R.L., Sorensen P. (1994). *Integrating Normative Location Models into GIS: problems and prospects with the p-median model*. National Center for Geographic Information and Analysis, 1994, 16 p.

Coldefy M. (2010). *De l'asile à la ville : une géographie de la prise en charge de la maladie mentale en France*. Paris : Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, Thèse de doctorat en Géographie, 519 p.

Coldefy M., Lucas-Gabrielli V. (2012). « Le territoire, un outil d'organisation des soins et des politiques de santé ? Evolution de 2003 à 2011 ». *Questions d'économie de la Santé*, n° 175, 8 p.

Comber A., Brunsdon C., Hardy J., Radburn R. (2009). « Using a GIS - Based Network Analysis and Optimisation Routines to Evaluate Service Provision: A case study of the UK Post Office ». *Springer Science*, vol. 2, p. 47‑64.

Concina F., Delay M., Girardi C., Bounes V., Dumoulin F., Ducassé J.L. (2008). « En 2007, 14% de la population française n'ont pas accès à des secours médicalisés héliportés ». *Journal Européen des Urgences*, vol. 21, n° Supplement 1, p. A62.

Cornevin C. (2008). « Urgences : les pompiers cherchent à réduire les délais ». *Le Figaro.fr*, . http://www.lefigaro.fr/actualites/2008/05/19/01001-20080519ARTFIG00392-urgences-les-pompiers-cherchent-a-reduire-les-delais.php?IdTis=XTC-VTJ-MHZ0F-DD-5W2YJ-FU45 [Consulté le juin 9, 2008]

Daberkow S.G. (1977). « Location and Cost of Ambulances Serving a Rural Area ». *Health Services Research*, p. 299‑311.

Daskin M.S. (1987). « Location, Dispatching, and Routing Model for Emergency Services with Stochastic Travel Times ». In *Spatial Analysis and Location Allocation Models*, New York: Van Nostrang Reinhold Compagny : A. Ghosh and G. Rushton, p. 224‑265.

Daskin M.S. (1995). *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*. New York : John Wiley and Sons, 520 p.

Daskin M.S., Haghani A. (1984). « Multiple vehicle routing and dispatching to an emergency scene ». *Environment and Planning A*, vol. 16, n° 10, p. 1349‑1359.

Daskin M.S., Stern E.H. (1981). « A Hierarchical Objective Set Covering Model for Emergency Medical Service Vehicle Deployment ». *Transportation Science*, vol. 15, n° 2, p. 137‑152.

Dauphiné A. (2004). *Risques et catastrophes observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Armand Colin, Paris 288 p.

Dawei L. (2009). « Model and Algorithms for emergency Service Facility Location Probelm ». Services Science, Management and Engineering : 2009, p. 15‑18.

Dearing P.M., Francis R.L., Lowe T.J. (1976). « Convex Location Problems on Tree Network ». *Operations Research*, vol. 24, n° 4, p. 628‑642.

Decoupigny F., Perez S., Yordanova D. (2007). « Modélisation de l'accessibilité aux soins : application à l'espace transfrontalier des Alpes-du-Sud ». *Territoire en mouvement*, n° 4, p. 47‑59.

Dekeersmaecker M.L., Thomas I. (1982). « Un modèle de localisation des écoles primaires en milieu urbain : L'exemple d'Etterbeek (Belgique) ». *Recherches Economiques de Louvain*, vol. 48, n° 3, p. 283‑300.

Densham P.J., Rushton G. (1992). « A more efficient heuristic for solving large P-median problems ». *Papers in Regional Science*, vol. 71, n° 3, p. 307‑329.

D'Ercole R., Metzger P. (2009). « La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain ». *Cybergéo*, n° 447, 16 p.

Diederichs O., Paulot, J.M., Mauss H., Maymil V. (2006). *Secours à personne*. Inspection générale de l'administration, inspection générale des affaires sociales, Rapport de commission, juin 2006, 72 p.

Doerner K.F., Gutjahr W.J., Hartl R.F. (2005). « Heuristic solution of an extended double-coverage Ambulance Location Problem for Austria ». *Central European Journal of Operations Research manuscript No.*, 31 p.

Drezner Z., Hamacher H.W. (2001). *Facility location: applications and theory*. Springer Berlin Heildelberg, 330 p.

Drieu C., Mary J.F. (2003). « La valeur ajoutée des SIG dans l'urgence-santé à l'échelle régionale : l'expérience du Réseau régional de l'aide médicale urgente de Haute-Normandie ». Conférence francophone ESRI : Issy les Moulineaux, 1 octobre 2003, 18 p.

Drieu C., Mary J.F. (2005). « Territoires de Santé, application à l'Aide Médicale Urgente (Haute-Normandie) ». Conférence francophone ESRI : Issy les Moulineaux, 5 octobre 2005, 12 p.

Dubus N., Chamussy H. (2003). « Géographie et outils d'aide à la décision pour l'aménagement socio-environnemental ». « Actes du Colloque International Environnement et Aménagement : Réflexions et Méthodes, Géosphères, Annales de Géogaphie de l'Université de Beyrouth », Beyrouth, décembre 2003, p. 19‑40.

Duchateau F.X., Verronneau T., Chollet C., Ricard-Hibon A., Samain E., Marty J. (2004). « Evaluation des délais d'intervention du SMUR Beaujon - Hauts -de-Seine ». *Journal Européen des Urgences*, vol. 17, n° 1, p. 47‑48.

Eaton D.J., Hector M.L., Lantigua R., Morgan J. (1986). « Determining Ambulance Deployment in Santo Domingo, Dominican Republic ». *J Oper Res Soc*, vol. 37, n° 2, p. 113‑126.

Eaton D.J., Daskin M., Simmons D., Bulloch B., Jansma G. (1985). « Determining Emergency Medical Service Vehicle Deployment in Austin, Texas ». *Interfaces*, vol. 15, n° 1, p. 96‑108.

Eaton D.J., Church R., Bennett V., Hamon B., Lopez L. (1981). *On deployment of health resources in rural Valle del Cauca, Colombia*. Vol. 17, TIMS Studies in the Management Sciences, 331-359 p.

Eaton D.J., Daskin M.S. (1980). « A Multiple Model Approach to Planning emergency Medical Service Vehicle Deployement ». Systems Science in Health Care : « Pergamon Press », Montereal, 1980, p. 951‑959.

Erkut E., Ingolfsson A., Sim T., Erdogan G. (2009). « Computational Comparison of Five Maximal Covering Models for Locating Ambulances ». *Geographical Analysis*, vol. 41, p. 43‑65.

Erkut E., Ingolfsson A., Erdogan G. (2007). « Ambulance Location for Maximum Survival ». *Naval Research Logistics*, 32 p.

Farahani R.Z., Asgari N., Heidari N., Hosseeininia M., Goh M. (2012). « Covering problems in facility location: A review ». *Computers & Industrial Engineering*, n° 62, 40 p.

Fitzsimmons J.A. (1973). « A methodology for Emergency Ambulance Deployment ». *Management Science*, vol. 19, n° 6, p. 627‑636.

Fitzsimmons J.A. (1971). « An emergency medical system simulation model ». 5th conference on winter simulation : New York, 1971, p. 18‑25.

FNSPF (2007). *Sauver le secours à personnes*. 2007, 41 p.

Francis R.L., Lowe T., Rayco M.B., Tamir A. (2008). « Aggregation error for location models: survey and analysis ». *Springer Science*, 38 p.

Francis R.L., Lowe T.J., Ratliff H.D. (1978). « Distance constraints for tree network multifacility location problems ». *Operations Research*, vol. 26, n° 4, p. 570‑596.

Fujiwara O., Makjamroen T., Gupta K.K. (1987). « Ambulance deployment analysis: A case study of Bangkok ». *European Journal of Operational Research*, vol. 31, n° 1, p. 9‑18.

Furuta T., Tanaka K. ichi (2010). « A maximal Covering Model for Helicopter Emergency Medical systems ». International Symposium on Operations Research and Its Applications : Chine, 2010, p. 324‑331.

Fusco G., Scarella F. (2007). « La nature multiscalaire des dynamiques territoriales transfrontalières : une application aux mobilités dans l'espace franco-italo-monégasque ». XLIIIè colloque de l'ASRDLF : « Les dynamiques territoriales. Débats et enjeux entre les différentes approches disciplinaires », Grenoble - Chambéry, 11 juillet 2007, 22 p.

Gendreau M., Laporte G., Semet F. (2001). « A dynamic model and parallel Tabu search heuristic for a real-time ambulance relocation ». *Parallel Computing*, vol. 27, p. 1641‑1653.

Gendreau M., Laporte G., Semet F. (1997). « Solving an ambulance location model by tabu search ». *Location Science*, vol. 5, n° 2, p. 75‑88.

Gendreau M., Laporte G., Semet F. (2006). « The maximal expected coverage relocation problem for emergency vehicles ». *Journal of the Operational Research Society*, vol. 57, p. 22‑28.

Geroliminis N., Karlaftis M.G., Skabardonis A. (2009). « A spatial queuing model for the emergency vehicle districting and location problem ». *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 43, n° 7, p. 798‑811.

Ghosh A., Rushton G. (1987). *Spatial analysis and location-allocation models*. Van Nostrand Reinhold, 373 p. http://www.amazon.com/Spatial-analysis-location-allocation-models-Avijit/dp/0442228031 [Consulté le août 1, 2012]

Goldberg J., Dietrich R., Chen M, Mitwasi M., Valenzuela T., Criss E. (1990). « Validating and applying a model for locating emergency medical units in Tuscon, Arizona ». *European Journal of Operational Research*, vol. 72, p. 113‑126.

Goldberg J.B. (2004). « Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles ». *EMS Management Journal*, vol. 1, n° 1, p. 20‑39.

Goldberg J., Paz L. (1991). « Location emergency Vehicle Bases when Service Time Depends on Call Location ». *Transportation science*, n° 25, p. 264‑280.

Gordon G., Zelin K. (1970). « A simulation study of emergency ambulance service in New York City ». *Transactions of the New York Academy of Sciences*, vol. 32, n° 4 Series II, p. 414–427.

Griot C. (2007). « Vulnérabilité et transport de matières dangereuses : une méthode d'aide à la décision issue de l'expertise de la sécurité civile ». *Cybergeo*, n° 361, 32 p.

Guigo M., Davoine P.A., Dubus N., Guarniéri F. (1995). *Gestion de l'environnement et système expert*. Paris : Masson, 181 p.

Guigo M., Voiron-Canicio C., Olivier F., Graillot D. (2001). *Système d'aide à la décision pour la limitation des risques d'inondation dans les agglomérations urbaines méditerranéennes*. Programe RIO, 2001, GIP Hydrosystèmes, 98 p.

Guild R.D., Rollin J.E. (1972). « A Fire Station Placement Model ». *Fire technology*, vol. 8, n° 1, p. 33‑43.

Gumuchian H., Marois C., Fèvre V. (2000). *Initiation à la recherche en géographie. Aménagement, développement territorial, environnement*. PUM, 425 p.

Hakimi S.L. (1965). « Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems ». *Operations Research*, vol. 13, n° 3, p. 462‑475.

Halseth G., Rosenberg M.W. (1991). « Locating emergency medical services in small town and rural settings ». *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 25, p. 295‑304.

Hamacher H.W., Nickel S. (1998). « Classification of location models ». *Location Science*, n° 6, p. 229‑242.

Handler G.Y., Mirchandani P.B. (1979). *Locations on network : theory and algorithms*. Cambridges, Mass. : MIT Press, 233 p.

Hideyuki K. (2004). « An evaluation model of the level of emergency medical service in sparsely populated areas ». *IATSS Research*, vol. 28, n° 2, p. 13‑23.

Hilsman E.L. (1984). « The p-median structure as a unified linear model for location-allocation analysis ». *Environment and Planning A*, vol. 16, n° 3, p. 305‑318.

Hogan K., ReVelle C.S. (1986). « Concepts and applications of backup coverage ». *Management Science*, vol. 32 ou 34, p. 1434‑1444.

Hopquin B. (2014). « Les pompiers manquent à l'appel ». *M le magazine du Monde*, . www.lemonde.fr/m-actu/article/2014/10/17/les-pompiers-manquent-a-l-appel_4507249_4497186.html

Huriot J.M., Perreur J. (1994). « L'accessibilité ». In *Encyclopédie d'économie spatiale: concepts, comportements, organisations*, Paris : Economica, p. 55‑59.

Ingolfsson A., Budge S., Erkut E. (2008). « Optimal ambulance location with random delays and travel times ». *Springer Science*, n° 11, p. 262‑274.

De Jong T., Maritz J., Ritsema Van Eck J. (2001). « Using optimisation techniques for the comparison of the accessibility criteria of facility siting scenarios; a case study of siting police stations in South Africa's Bushbuckridge area ». AGILE 2001 : « GI in Europe: Integrative, Interoperable, Interactive », Masryk University, 2001, p. 177‑188.

Josselin D. (2008a). « Analyse exploratoire de l'influence des normes sur la localisation des centres dans un espace géométrique continu et isotrope ». SAGEO : Montpellier, 2008, 18 p.

Josselin D. (2008b). « Impact de la norme Lp sur la localisation du centre. Equité, égalité ou efficacité ? ». Géopoint : « Optimisation de l'espace géographique et satisfactions sociétales », Avignon, 2008, 23 p.

Josselin D. (2006). « Recherche du centre d'un ensemble de points. De la p-médiane à la localisation médienne ». SAGEO : Strasbourg, 11 septembre 2006, 16 p., CD ROM.

Josselin D. (2004). « Une piste pour la recherche de la « valeur centrale optimale ». Discussion autour de la robustesse et du comportement de la « médienne », combinaison de normes Lp ». *Cybergeo : European Journal of Geography*, n° 282, 22 p.

Jounot Y. (2007). « L'infirmier sapeur-pompier, le paramédical à la française ». *Soins*, vol. 52, n° 714, 37 p.

Kansky K.J. (1963). *Structure of transportation networks : relationships between network geometry and regional characteristics*. Chicago : Université de Chicago, département de géographie, 155 p.

De Keersmaecker M.L., Frankhauser P., Thomas I. (2004). « Dimensions fractales et réalités périurbaines. L'exemple du Sud de Bruxelles ». *L'Espace géographique*, vol. 3, n° 33, p. 219‑240.

Kolesar P., Walker W.E. (1974). « An algorithm for the dynamic relocation of fire companies ». *Operations Research*, vol. 22, p. 249‑274.

Lampin-Maillet C. (2009). *Caractérisation de la relation entre organisation spatiale d'un territoire et risque d'incendie : le cas des interfaces habitat-forêt du sud de la France*. Université d'Aix Marseille 1, Thèse de doctorat en Géographie, 390 p.

Langlais J.M. (2007). *Le regroupement de moyens : une solution pour optimiser la couverture opérationnelle sur un territoire commun à deux SDIS. Exemple d'application sur l'avant-pays savoyard*. Ecole nationale supérieure des officiers de sapeurs-pompiers, Rapport de formation d'adaptation à l'emploi de directeur départemental adjoint, 2007, 58 p.

Larson R.C. (1974). « A hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services ». *Computers & Operations Research*, vol. 1, p. 67‑95.

Larson R.C., Odini A.R. (1981). *Urban Operations Research*. Prentice-Hall, 573 p.

Laurelle D. (2010). *BD Adresse. Barre d'outils et scripts. Installation et utilisation.* Arcopole, 4 mars 2010, 14 p.

Laygues B. (2015). « Volontariat : le temps des comptes revient ». *Sapeurs-pompiers de France*, n° 1076, p. 6‑7.

Lévy J. (2003). « Accessibilité ». In *Dictionnaire de Géographie de l'espace et des sociétés*, Paris : Belin, 35 p.

Lorant V., Thomas I., Deliege D., Tonglet R. (2001). « Deprivation and Mortality : the implications of spatial autocorrelation for health ressources allocation ». *Social Sciences and Medicine*, n° 12, p. 1711‑1719.

Lösch A. (1940). *Die Raumliche Ordnung der Wirtschaft*. Iéna, G. Fisher, Trad. anglaise : Lösch A. (1954). The economies of location. New Haven, Yale University Press. 348 p.

Lösch A. (1938). « The nature of economic region ». *Southern Economic Journal*, vol. 5, p. 71‑78.

Maignant G. (2009). *Réflexion sur l'optimisation en géographie ou comment penser la « géographie du mieux ».* Nice Rapport d'habilitation à diriger des recherches, 2009, 149 p.

Marianov V., ReVelle C.S. (1995). « Siting emergency services ». In *Facility Location*, New York : Springer, p. 199‑223.

Mendonça F., Morabito R. (2001). « Analysing emergency medical service ambulance deployment on a Brazilian highway using the hypercube model ». *Journal of the Operational Research Society*, n° 52, p. 261‑271.

Mene F. (2002). *Le Schéma départemental d'analyse et de couverture des risques. Eléments de bilan national et réflexions prospectives. Tome 1.* Association national des directeur de service d'incendie et de secours, 2002, 58 p.

Mené F. (2002). *Les enquêtes de l'ANDSIS - le schéma départemental d'analyse et de couverture des risques - Elément de bilan national et réflexions prospectives*. 2002,

Neebe A.W. (1988). « A procedure for locating emergency-service facilities for all possible response distances ». *Journal of the Operational Research Society*, vol. 39, n° 8, p. 743‑748.

Owen S.H., Daskin M.S. (1998). « Strategic facility location : a review ». *European Journal of Operational Research*, n° 111, p. 423‑447.

Partoune C., Peeters D. (1980). « Un modèle de localisation des bureaux de poste: Une application à la Ville de Liège ». *Annals of Public and Cooperative Economics*, vol. 51, n° 1-2, p. 53‑68.

Peeters D. (2002). « Chapitre 3 Modèles opérationnels de localisation des équipements collectifs ». In *Stratégie de localisation des entreprises commerciales et industrielles. De nouvelles perspectives*, Bruxelles : De Boeck, p. 312. http://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=DBU_CLIQUE_2002_01_0069 [Consulté le septembre 10, 2013]

Peeters D., Thisse J.F., Thomas I. (1998). « Transportation Networks and the Location of Human activities: A numerical geography approach. ». *Géographical Analysis*, n° 30:4, p. 355‑371.

Peeters D., Thomas I. (1997). « Distance Lp et localisations optimales. Simulations sur un semis aléatoire de points. ». *Les cahiers scientifiques du transport*, n° 31, p. 55‑70.

Peeters D., Thomas I. (2001). « Localisation des services publics: de la théorie aux applications ». In *Les modèles en analyse spatiale*, Paris coll. « IGAT », p. 105‑127.

Peeters D., Thomas I. (2007). « Location of Public Services: From Theory to Application ». In *Models in Spatial Analysis*, Iste : Hermes Science and Lavoisier Company, p. 73‑96.

Peeters D., Thomas I. (1995). « The Effect of Spatial Structure on p-Median Results ». *Transportation Science*, vol. 29, n° 4, p. 366‑373.

Perez S., Balli A. (2010). « Accessibilité aux soins dans l'espace frontalier des Alpes-du-Sud ». In *Frontières et santé: Genèses et maillages des réseaux transfrontaliers*, L'Harmattan, coll. « Géographie et Cultures », p. 43‑67.

Perez S., Decoupigny F. (2009). « Proposition de note méthodologique DIACT 2 ».

Perrin J. (2015). « Triple paradoxe ». *Sapeurs-pompiers de France*, n° 1076, p. 6‑7.

Pigeon P. (2005). *Géographie des risques*. Anthropos, Paris : Economica, 217 p.

Pimor Y. (2006). « Positionnement optimisé d'un site : l'exemple de points de collecte pour les déchets ». *Association forêt cellulose*, vol. 4, n° 737, 6 p.

Querriau X., Kissiyar M., Peeters D., Thomas I. (2004). « La localisation optimale d'unités de soins dans un pays en voie de développement : analyse de sensibilité ». *Cybergeo*, 20 p.

Raze J.F. (2002). « Quartiers sensibles et localisation d'équipements publics : les enseignements de l'Analyse Economique Spatiale ». In *Politiques sociales et croissance économique*, L'Harmattan, p. 334‑345.

Repede J., Bernardo J. (1994). « Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky ». *European Journal of Operational Research*, vol. 75, n° 3, p. 567‑581.

Repede J., Jeffries C., Hubbard E. (1993). « ALIAS: A graphical user interface for ambulance location model ». *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 13, n° 12, p. 36‑46.

ReVelle C., Hogan K. (1989). « The Maximum Availability Location Problem ». *Transportation Science*, vol. 23, n° 3, p. 192‑200.

ReVelle C.S., Bigman D., Schilling D., Cohon J., Chruch R. (1977). « Facility Location: A Review of Context-free and EMS Models ». *Health Services Research*, p. 129‑146.

ReVelle C.S., Snyder S. (1995). « Integrated fire and ambulance sitting: A deterministic model ». *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 29, n° 4, p. 261‑271.

ReVelle C.S., Swain R. (1970). « Central Facilities Location ». *Geographical Analysis*, vol. 2, p. 30‑40.

Richard D., Beguin H., Peeters D. (1991). « Fire stations' location in a rural environment ». *Environment and Planning A*, n° 22, p. 39‑52.

Richard D., Beguin H., Peeters D. (1990). « The location of fire stations in a rural environment: a case study ». *Environment and Planning A*, vol. 22, n° 1, p. 39‑52.

Ricordi L. (2010). *Détermination de la population présentielle intra-urbaine : Modélisation heure par heure appliquée à la ville de Nice*. Nice : Master Structures et dynamiques spatiales, Mémoire de MASTER 1, juin 2010, 57 p. 1

Rider K.L. (1975). *A parametric model for the allocation of fire companies: executive summary*. New York : The New York City RAND Institute, août 1975, 30 p.

Robert J. (2012). *Pour une géographie de la gestion de crise : de l'accessibilité aux soins d'urgence à la vulnérabilité du territoire à Lima*. Grenoble : Université de Grenoble, Thèse de doctorat en Géographie, 555 p.

Sanli I., Al-Tamimi F. (1990). « The spatial Distribution and Resource Allocation of Fire Safety Service Systems ». *Architecture and Planning*, vol. 2, p. 23‑41.

Sauvagnargues-Lesage S., L'Héritier B., Boussardon T. (2001). « Implementation of GIS application for French fire-fighters in the Mediterranean area ». *Computers, Environment and urban Systems*, n° 25, p. 307‑318.

Savas E.S. (1969). « Simulation and cost-effectiveness analysis of New-York's emergency ambulance service ». *Management Science*, vol. 15, p. 608‑627.

Saydam C., McKnew M. (1985). « A separable Programming Approach to Expected Coverage: An Application to Ambulance Location ». *Decision Sciences*, vol. 16, p. 381‑398.

Schilling D., Elzinga J., Cohon J., Church R., ReVelle C. (1979). « The TEAM/FLEET models for simultaneous facility and equipment sitting. ». *Transportation science*, vol. 13, n° 2, p. 163‑175.

Schilling D.A., ReVelle C., Cohon J., Elzinga J. (1980). « Some models for fire protection locational decisions ». *European Journal of Operational Research*, vol. 5, p. 1‑7.

Schilling D.A., Jayaraman V., Barkhi R. (1993). « A review of covering problems in facility location ». *Location Science*, vol. 1, n° 1, p. 25‑55.

Schmauch J.F. (2007). *Identification et description des trois principales écoles d'organisation des services ayant en charge de répondre aux situations d'urgence*. Université d'Evry Val d'Essonne, Thèse de doctorat en science de gestion, 528 p.

Schreuder J.A.M. (1981). « Application of a location model to fire stations in Rotterdam ». *European Journal of Operational Research*, vol. 6, p. 212‑219.

Shariat-Mohaymany A., Babaei M., Moadi S., Amiripour S. (2012). « Linear upper-bound unavailability set covering models for locating ambulances: Application to Tehran rural roads ». *European Journal of Operational Research*, vol. 221, n° 1, p. 263‑272.

Silva F., Serra D. (2005). *Locating emergency Services With Priority Rules: The Priority Queuing Covering Location Problem*. 15 septembre 2005, 22 p.

Smith H.K., Laporte G., Harper P.R. (2009). « Location analysis : highlights of growth to maturity ». *Journal of the Operational Research Society*, vol. 60, p. 140‑148.

Snyder L.V. (2006). « Facility location Under Uncertainty: A review ». *IIE Transactions*, n° 38, p. 537‑554.

Souliès D. (2006). *Mesure de la vulnérabilité des communes de l'arrière pays des Alpes-Maritimes en matière d'assistance médicale d'urgence*. Nice : Université de Nice Sophia Antipolis, UFR Espaces et Cultures, Département de Géographie Aménagement et Environnement Durables, Mémoire de MASTER 1, 2006, 114 p.

Swersey A.J. (1994). « The Deployment of Police, Fire, and Emergency Medical Units ». In *Operations research and the public sector*, Amsterdam: North-Holland : A. Barnett, S.M. Pollock, and M.H. Rothkopf, p. 151‑200.

Swersey A.J., Goldring L., Geyer E.D. (1993). « Improving Fire Department Productivity: Merging Fire and Emergency Medical Units in New Haven ». *Interfaces*, vol. 23, n° 1, p. 109‑129.

Swoveland C., Uyeno D., Vertinsky I., Vickson R. (1973). « Ambulance location: A Probabilistic Enumeration Approach ». *Management Science*, vol. 20, n° 4, p. 686‑698.

Tamir A. (1996). « An $O(pn^2)$ algorithm for the p-median and related problems on tree graphs ». *Operations Research Letters*, n° 19, p. 59‑64.

Tamir A. (2000). *Facility location problems on tree graphs with different speeds for customers and servers : A study on covering problems defined by families of subtrees*. Rapport technique non publié, 2000, p. 28.

Tavakoli A., Lightner C. (2004). « Implementing a mathematical model for locating EMS Vehicles in Fayetteville, NC ». *Computers & Operations Research*, vol. 31, p. 1549‑1563.

Tazarourte K., Cornu J.F., Dahan B., Foudi H., Foudi L., Salem G., Rican S. (2012). « Accessibilité géographique de la population à la ressource de soins urgents en France ». Conférence francophone ESRI : Versailles, 3 octobre 2012,

Tazarourte K. (2012). *Espace francilien et organisation des urgences vitales préhospitalières : les traumatismes crâniens graves pris en charge par les SAMU*. Nanterre : Université Paris 10 - Nanterre, Thèse de doctorat en Géographie, 153 p.

Teitz M.B., Bart P. (1968). « Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph ». *Operations Research*, vol. 16, n° 5, p. 955‑961.

Terrier C. (2006). *Mobilité touristique et population présente. Les bases de l'économie présentielle des départements*. Paris : Direction du tourisme, 128 p.

Thomas I. (2003). « Analyse spatiale et modèles de localisation optimale. Outils opérationnels d'aide à la décision ». In *La démographie appliquée à la gestion publique et des entreprises*, Paris : DE BARTOLO G. et POULAIN M., p. 139‑153.

Thomas I. (1993a). « Appliquer un modèle de localisation-affectation à une situation concrète : une gageure ? ». *Revue d'Economie Régionale et Urbaine 2*, p. 201‑214.

Thomas I. (1986). *La localisation optimale des services publics : une méthode opérationnelle et son application au service postal*. Louvain la Neuve : CABAY, 269 p.

Thomas I. (2002a). « Optimal locations of health centres in Niger; rainy season versus dry season accessibility ». In *Transportation Networks and the Optimal Location of Human Activities. A Numerical Geography Approach*, Cheltenham : Edward Elgar Publishing ltd, p. 217‑234.

Thomas I. (1993b). « Sensibilité du découpage spatial optimal des services d'urgence à la définition de la demande. Quelques réflexions sur un exemple mésogéographique. ». *Espace Géographique*, vol. 22, n° 4, p. 318‑332.

Thomas I. (2000). *The shape of the transportation network and the optimal location human activities. A numerical geography approach*. thèse d'agrégation de l'Enseignement Supérieur, 320 p.

Thomas I. (1984). « Towards the Simplification of Location Models for Public Facilities: the case of the Postal Service. ». *Papers of the Regional Science Association*, n° 55, p. 47‑58.

Thomas I. (2002b). *Transportation Network and the Optimal Location of Human Activities. A numerical geography approach.* Cheltenham : Edward Elgar Publishing ltd, 293 p.

Thomas I. (2001). « Transportation Networks and the Location of Human activities: a numerical geography approach ». *Ve rencontre de Théo Quant*, 6 p.

Tokar Erdemir E., Batta R., Rogerson P., Blatt A., Flaningan M. (2010). « Joint Ground and Air Emergency Services Coverage Models: A greedy Heuristic Solution Approach ». *European Journal of Operational Research*, 29 p.

Tokar Erdemir E., Batta R., Spielman S., Rogerson R., Blatt A., Flaningan M. (2008). « Optimization of aeromedical base locations in New Mexico using a model that considers crash nodes and paths ». *European Journal of Operational Research*, n° 40, p. 1105‑1114.

Toregas C., Swain R., ReVelle C., Bergman L. (1971). « The location of emergency Service Facilities ». *Operations research*, vol. 19, n° 6, p. 1363‑1373.

Vandenbulcke G. (2007). *Accessibility indicators to places and transports. Final report*. Université Catholique de Louvain, Rapport de recherche, 2007, 353 p.

Vickerman R.W. (1974). « Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility ». *Environment and Planning A*, vol. 6, n° 6, p. 675‑691.

Vidal C. (2009). *Développer les hommes par les compétences pour développer le volontariat, vers de nouvelles limites du volontariat. Evaluation, prospective et avenir du volontariat ches les sapeurs-pompiers.* Toulouse : Université de Toulouse, Thèse de doctorat, 417 p.

Voiron-Canicio C., Olivier F. (2005a). « Anticiper à l'aide d'un SIG, les conséquences de la paralysie urbaine en temps de catastrophe : application à la ville de Nice ». In *Systèmes d'information géographique et gestion des risques*, ISTED, p. 55‑58.

Voiron-Canicio C., Olivier F. (2005b). « SIG, simulations et détection des espaces à enjeux ». SAGEO : 2005, 13 p.

Volz R.A. (1971). « Optimum ambulance location in semi-rural areas ». *Transportation science*, vol. 5, n° 2, 37 p.

Walker W.E. (1975). *Firehouse site evaluation model: executive summary*. New York : The New York City RAND Institute, juin 1975, 26 p.

Weber A. (1909). *Über den Standort der Industrien.* Tübingin, Trad. anglaise : (1929). Theory of the location of industries. Northeastern, Chicago, III., The University of Chicago Press 302 p.

Yang L., Jones B., Yang S. (2007). « A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire-stations locations through genetic algorithms ». *European Journal of Operational Research*, p. 903‑915.

Annexes

Annexe 1 - Grille d'entretien réalisée à l'occasion de l'enquête sur les méthodes de planification des moyens auprès des professionnels

UMR 6012
E.S.P.A.C.E.

ANRT
ASSOCIATION NATIONALE DE LA RECHERCHE TECHNIQUE

ALPES MARITIMES
SERVICE DEPARTEMENTAL D'INCENDIE ET DE SECOURS

Enquête sur les méthodes de planification des moyens auprès des professionnels

	Date de création : Date de mise à jour :

1. Ressource	
Entretien :	*Type :* *Contact :* *Fonction :*
Documentation :	
Autre :	

2. Le service de secours

2.1. Le territoire à défendre
Population :
Superficie :
Densité :
Détails :

2.2. Les missions
Type :
Nombre :
Détails :

2.3. Les moyens opérationnels
Type :
Nombre :
Détails :

3. Le service en charge de la planification des moyens

4. Démarche

4.1. Analyse

Elément analysé :
Type d'analyse :
Echelles : *Temporelle :*
Spatiale :
Données : *Echelle des données :*
Type :
Nature :
Source :
Outil :
Détails :

4.2. Evaluation

Elément évalué :
Méthode intégrée : ☐ OUI ☐NON
Géo-prospective : ☐ OUI ☐NON
Echelle : *Temporelle :*
Spatiale :
Données : *Echelle des données :*
Type :
Nature :
Source :
Outil :
Méthode :
Détails :

4.3. Optimisation

Optimisation : ☐ OUI ☐NON *Elément(s) optimisé (s) :*
Démarche :
Logique :
Méthode : *intégrée :* ☐ OUI ☐NON ☐ En partie
Modélisation : ☐ OUI ☐NON ☐ En partie
Simulation : ☐ OUI ☐NON
Géo-prospective : ☐ OUI ☐NON
Pris en compte : *Des moyens des autres institutions :* ☐ OUI ☐NON

Des moyens limitrophes : ☐ OUI ☐NON
De la chaîne de secours : ☐ OUI ☐NON
Des temporalités : ☐ OUI ☐NON

Leviers d'action :

Echelle : *Temporelle :*
Spatiale :

Données : Echelle des *données* :
Type :
Nature :
Source :

Outil :
Détail :

6. Synthèse

Analyse : ☐ OUI ☐NON *Elément(s) analysé (s) :*
Evaluation : ☐ OUI ☐NON *Elément(s) évalué (s) :*
Optimisation : ☐ OUI ☐NON *Elément(s) optimisé (s) :*
Démarche :
Logique :
Méthode : *intégrée :* ☐ OUI ☐NON ☐ En partie
Modélisation : ☐ OUI ☐NON ☐ En partie
Simulation : ☐ OUI ☐NON
Géo-prospective : ☐ OUI ☐NON

Pris en compte : *Des moyens des autres institutions :* ☐ OUI ☐NON
Des moyens limitrophes : ☐ OUI ☐NON
De la chaîne de secours : ☐ OUI ☐NON
Des temporalités : ☐ OUI ☐NON

Leviers d'action :

Echelle : *Temporelle :*
Spatiale :

Données : *Echelle des données :*
Type :
Nature :
Source :

Outil :

Annexe 2 - Ratios d'équipement préconisés par la Direction de la défense et de la sécurité civile de l'époque utilisés pour calculer le nombre de VSAV nécessaire pour chaque proposition de création de casernes

RATIOS D'EQUIPEMENT DDSC

Coefficient = nombre d'interventions par an / N
Base du calcul (N) = 365 *Tous les coefficients sont appliqués à cette valeur*
** = Equipement à envisager sur au moins 2 sites*

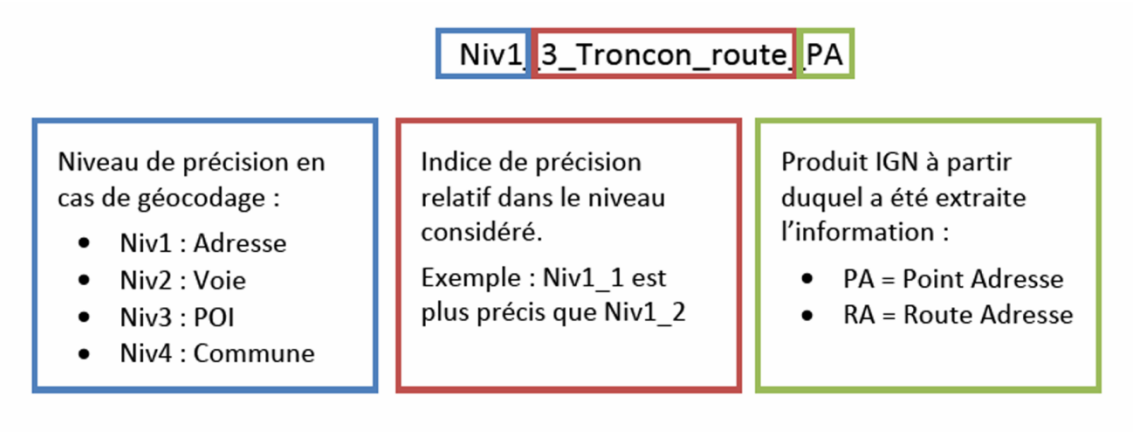
VSAV (3 hommes)		FPT (8 hommes)		FSR (3 hommes)		VTU (3 hommes)	
Coefficient	Armement	Coefficient	Armement	Coefficient	Armement	Coefficient	Armement
0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1
1	1	1	2	1	1	1	1
2	2	2	3	2	2	2	2
3	2	3	3	3	*	3	2
4	3	4	4	4	*	4	3
7	4	7	*	7	*	7	3
8	4	8	*	8	*	8	1 VTU / 1500
16	5	16	*	16	*	16	
32	6	32	*	32	*	32	

Les FPTL son considérés comme des FPT (équipage 6 hommes)
Les EPA sont considérées comme des VTU (équipage 3 hommes)
Les CCF sont considérés comme des FPT (équipage 4 hommes)
Les moyens nautiques sont considérés comme des VSAV (équipage 4 hommes)
Les autres moyens sont considérés comme des VTU (équipage 2 hommes)

Source : Commandant Brot SDIS 06.

Annexe 3 - Convention de nommage utilisée par le géocodeur développé par ESRI spécifiquement pour la BD Adresse de l'IGN

La convention suivante a été suivie pour nommer les différents échelons et niveaux de précision de géocodage possibles obtenus à partir du géocodeur développé spécifiquement par ESRI pour la BD Adresse de l'IGN (Laurelle, 2010) :



Annexe 4 - Cas d'étude : secteur de la Trinité, Drap, Cantaron

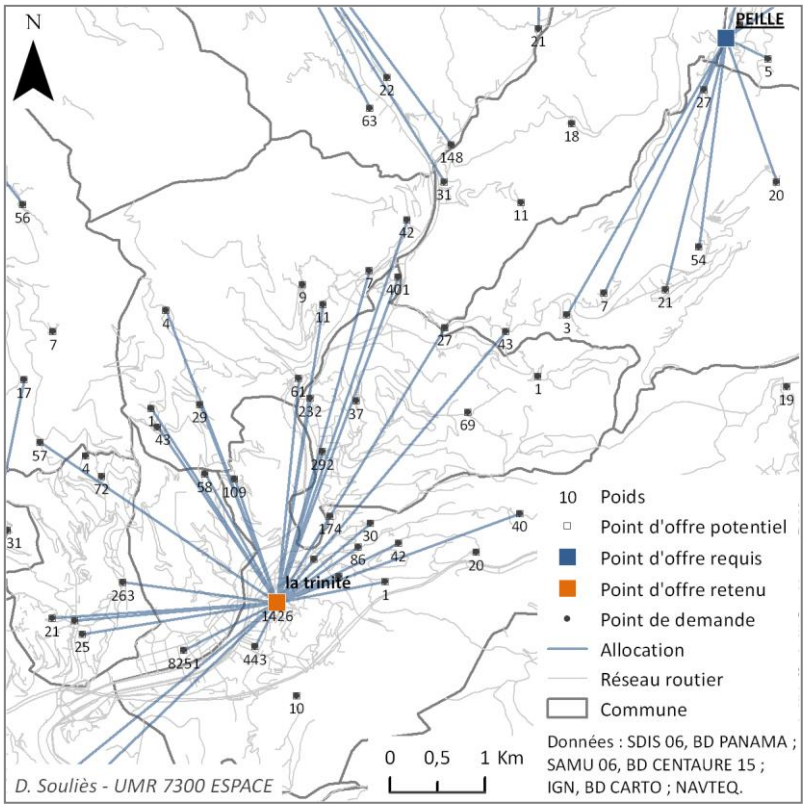


Figure 129 : Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné.

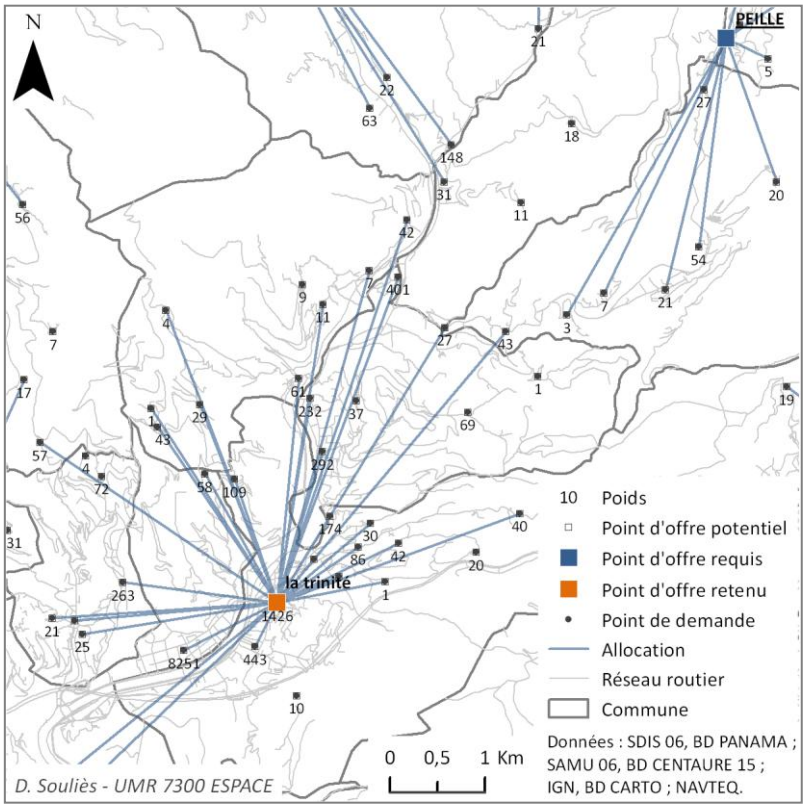


Figure 130 : Scénario du *devrait être* raffiné, itération n°23. 55

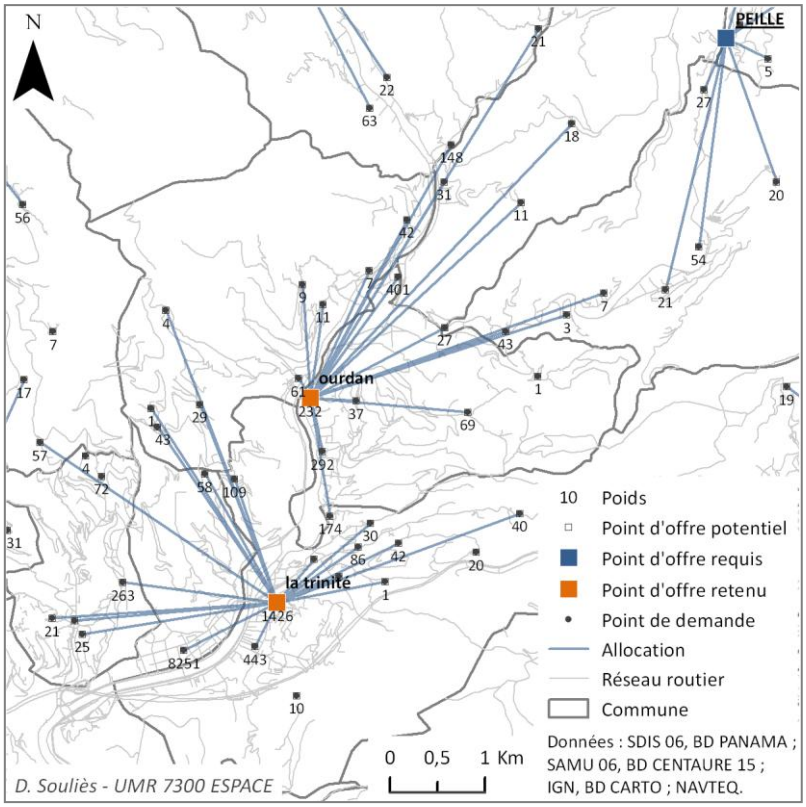


Figure 131 : Scénario du *devrait être* raffiné, itération n°63. 95

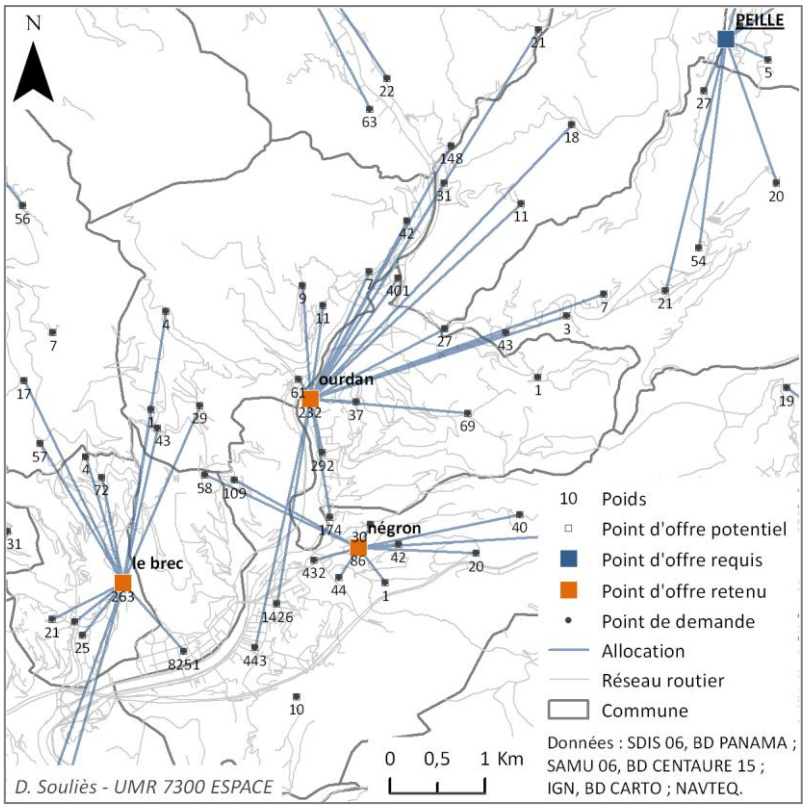


Figure 132 : Scénario du *devrait être* raffiné, itération n°73. 105

Annexe 5 - Cas d'étude : secteur d'Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour

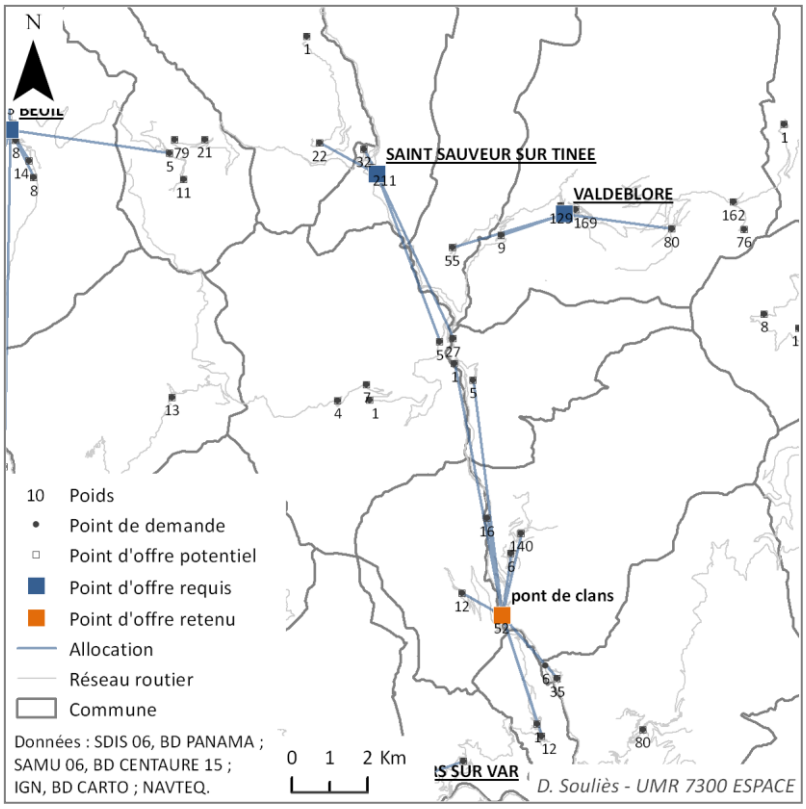


Figure 133 : Scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*, itération n°17, sans la possibilité d'implanter un point d'offre au niveau de la Condamine commune de la Tour.

Annexe 6 - Formule mathématique du modèle p-médian (Daskin, 1995)

Minimiser	$\sum_i \sum_j h_i \, d_{ij} Y_{ij}$		Minimise la somme des distances pondérées entre chaque ressource et les points de demande les plus proches ;	(1)
Avec :	$\sum_j Y_{ij} = 1$	$\forall i$	Assure que chaque point de demande *i* est alloué à une seule et unique ressource *j* ;	(2)
	$\sum_j X_j = P$		Défini le nombre *P* de ressources à localiser ;	(3)
	$Y_{ij} - X_j \leq 0$	$\forall i, j$	Affirme qu'un point de demande *i* ne peut être alloué à une ressource *j* que si une ressource est localisée au point d'offre potentiel *j* ;	(4)
	$X_j = 0{,}1$	$\forall i$	Nature binaire des variables X_j ;	(5)
	$Y_{ij} = 0{,}1$	$\forall i, j$	Nature binaire des variables Y_{ij}.	(6)

Où :

h_i = la demande au nœud *i* ;
$d_{i,j}$ = la distance entre le point de demande *i* et le point d'offre potentiel *j* ;
P = le nombre d'activités à localiser ;

Et :

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{Si } j \text{ est un point d'offre potentiel ;} \\ 0 & \text{Si non ;} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si le point de demande } i \text{ est alloué à une ressource } j \text{ ;} \\ 0 & \text{Si non.} \end{cases}$$

Annexe 7 - Formule mathématique du modèle de localisation à recouvrement d'ensemble (Daskin, 1995)

Minimiser	$\sum_j f_j X_j$		Minimise le nombre de ressources nécessaires pour couvrir l'ensemble des points de demande.	(1)
Avec :	$\sum_j a_{ij} X_j \geq 1$	$\forall i$	Stipule que chaque point de demande *i* doit être couvert par au moins une ressource.	(2)
	$X_j = 0,1$	$\forall j$	Nature binaire des variables X_j ;	(3)

Où :

f_j = le coût fixe à prendre en compte si on localise un service au nœud j ;

Et :

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{Si un service est créé au nœud au point d'offre potentiel } j \text{ ;} \\ 0 & \text{Si non.} \end{cases}$$

Annexe 8 - Formule mathématique du modèle de localisation à couverture maximale (Daskin, 1995)

Minimiser	$\sum_j h_i Z_i$		Maximiser le nombre de points de demande couverts.	(1)
Avec :	$Z_i \leq \sum_j a_{ij} X_j$	$\forall i$	Précise que la demande au point *i* ne peut être couverte que si au moins l'un des points d'offre qui couvre le point *i* est sélectionné ;	(2)
	$\sum_j X_j \leq P$		Stipule le nombre *P* de ressources à localiser au maximum ;	(3)
	$X_j = 0,1$	$\forall j$	Nature binaire des variables X_j ;	(4)
	$Z_i = 0,1$	$\forall i$	Nature binaire des variables Z_i.	(5)

Où :

h_i = la demande au nœud *i* ;

P = le nombre d'activités à localiser ;

Et :

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{Si le point de demande } i \text{ est alloué à une ressource } j\text{ ;} \\ 0 & \text{Si non.} \end{cases}$$

Annexe 9 Modèle conceptuel des données de la base de données sur le secours à personne

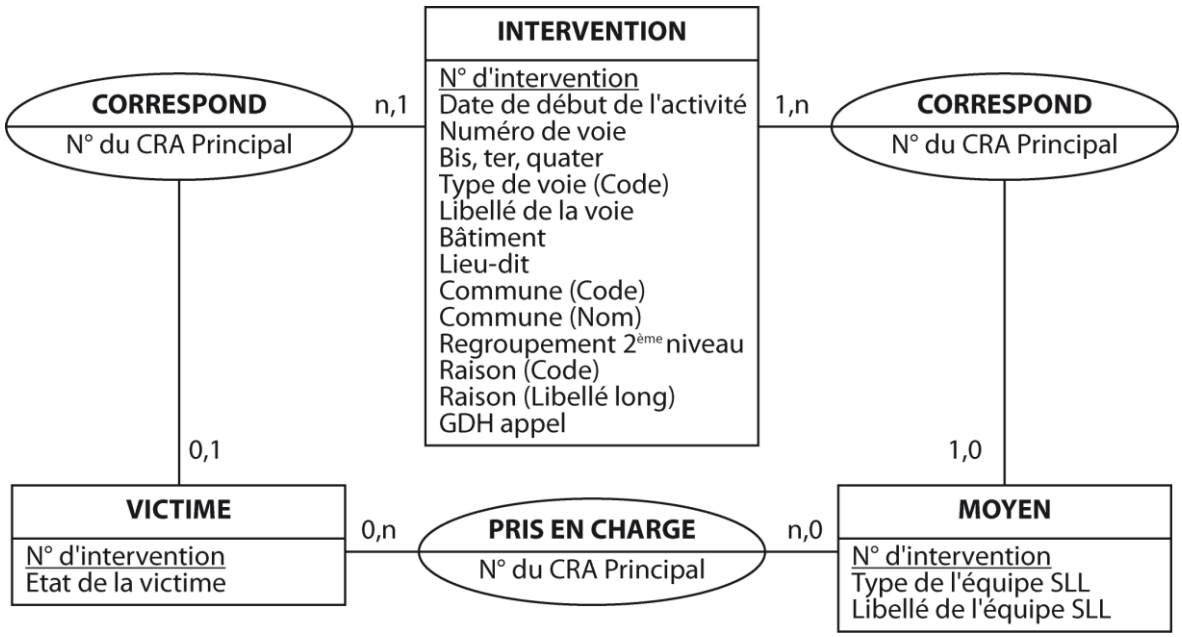


Table des tableaux

TABLEAU 1 : EFFECTIFS DES SERVICES D'INCENDIE ET DE SECOURS DE 18 PAYS AYANT TOUS FAIT LE CHOIX D'UNE ORGANISATION REPOSANT PRINCIPALEMENT SUR LE VOLONTARIAT ET/OU LE BENEVOLAT (DONNEES : SCHMAUCH, 2007). 36
TABLEAU 2 : LISTE NON-EXHAUSTIVE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES SUR L'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DE MOYENS DE SECOURS A PERSONNE A L'AIDE DE MODELE DE LOCALISATION-ALLOCATION OU DE METHODES VOISINES, POUR LES PLUS ANCIENNES. 69
TABLEAU 3 : TABLE D'ELOIGNEMENT RELATIVE A L'EXEMPLE FIGURE 9. 73
TABLEAU 4 : TABLE DES DISTANCES PONDEREES RELATIVE A L'EXEMPLE FIGURE 9. 75
TABLEAU 5 : DISTANCE MAXIMALE ENTRE LES DIFFERENTS POINTS D'OFFRE POTENTIELS DE L'EXEMPLE FIGURE 9 (P. 72) ET LES POINTS DE DEMANDE RESPECTIVEMENT LES PLUS ELOIGNES. 76
TABLEAU 6 : NIVEAU DE LA DEMANDE, PONDEREE ET NON PONDEREE, DES POINTS D'OFFRE POTENTIELS DE L'EXEMPLE THEORIQUE FIGURE 9, PAGE 72, POUR UNE IMPEDANCE EGALE A 6. 80
TABLEAU 7 : MODELE CONCEPTUEL DES DONNEES DE LA BASE DE DONNEES CENTAURE 15 OBTENUE A PARTIR DES DONNEES RECUPEREES AUPRES DU SAMU 06. 122
TABLEAU 8 : MODELE CONCEPTUEL DES DONNEES DE LA BASE DE DONNEES PANAMA OBTENUE A PARTIR DES DONNEES RECUPEREES AUPRES DU SDIS 06. 125
TABLEAU 9 : COMPARAISON DE DIFFERENTES VARIABLES ENTRE LES SOUS-ENSEMBLES B ET C DES BASES DE DONNEES PANAMA ET CENTAURE 15. 129
TABLEAU 10 : COMPARAISON DU NOMBRE D'INTERVENTIONS MEDICALISEES REALISEES PAR AU MOINS UN MOYEN DU SSSM, ENTRE LES BASES OMEGA ET PANAMA. 131
TABLEAU 11 : NOMBRE DE CASERNES PAR TYPE DE COMMUNE (DONNEES : SDIS 06). 143
TABLEAU 12 : DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS EN MINUTES PAR TYPE DE COMMUNE EN MINUTES SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA). 145
TABLEAU 13 : DELAIS DE PROJECTION DES MOYENS MEDIANS EN MINUTES EN FONCTION DU TYPE DE COMMUNE EN MINUTES SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA). 147
TABLEAU 14 : PART D'INTERVENTIONS EN FONCTION DE L'ECHELON ET DU NIVEAU DE PRECISION AUXQUELS ELLES SONT GEOCODEES. 178
TABLEAU 15 : RECAPITULATIF DU PARAMETRAGE DE L'OUTIL ET DES DONNEES D'ENTREE DU MODELE EN VUE DE LA REALISATION DU SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 185
TABLEAU 16 : NOMBRE DE CASERNES PAR TYPE DE COMMUNE EN 2015 ET D'APRES LE SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 186
TABLEAU 17 : INDICATEURS DE COMPARAISON CALCULES POUR LA SITUATION EN 2015, LA SITUATION SELON LE SCENARIO D'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS ET LA SITUATION SELON LE MEME SCENARIO MAIS RAFFINE. 187
TABLEAU 18 : RECAPITULATIF DU PARAMETRAGE DE L'OUTIL ET DES DONNEES D'ENTREE DU MODELE EN VUE DE LA REALISATION DU SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*. 190
TABLEAU 19 : RECAPITULATIF DU PARAMETRAGE DE L'OUTIL ET DES DONNEES D'ENTREE DU MODELE EN VUE DE LA REALISATION DU SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*. 194
TABLEAU 20: INDICATEURS COMPARATIFS POUR LES COMMUNES DE LA TRINITE, DRAP ET CANTARON CUMULES AU REGARD DES DIFFERENTS CAS DE FIGURE. 207
TABLEAU 21 : NOMBRE D'INTERVENTIONS DE TYPE SAP UNIQUEMENT ET NOMBRE DE VSAV CORRESPONDANT AUX PROPOSITIONS D'IMPLANTATIONS. 207
TABLEAU 22 : INDICATEURS COMPARATIFS POUR LES COMMUNES D'ILONSE, MARIE, CLANS, BAIROLS ET LA TOUR CUMULES AU REGARD DES DIFFERENTS CAS DE FIGURE. 216
TABLEAU 23 : NOMBRE D'INTERVENTIONS DE TYPE SAP UNIQUEMENT ET NOMBRE DE VSAV CORRESPONDANT AUX PROPOSITIONS D'IMPLANTATIONS. 216

TABLEAU 24: INDICATEURS COMPARATIFS POUR LES COMMUNES DE LA ROQUETTE-SUR-SIAGNE, PEGOMAS ET AURIBEAU-SUR-SIAGNE CUMULES AU REGARD DES DIFFERENTS CAS DE FIGURE. 227
TABLEAU 25 : NOMBRE D'INTERVENTIONS DE TYPE SAP UNIQUEMENT ET NOMBRE DE VSAV CORRESPONDANT AUX PROPOSITIONS D'IMPLANTATIONS. 227
TABLEAU 26 : RECAPITULATIF DU PARAMETRAGE DE L'OUTIL ET DES DONNEES D'ENTREE DU MODELE EN VUE DE LA REALISATION DU SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 232

Table des figures

Figure 1 : Évolution du nombre d'interventions de type secours a personne realisees par l'ensemble des sapeurs-pompiers en France (donnees : Les statistiques des services d'incendie et de secours [http://www.interieur.gouv.fr]). 34
Figure 2 : Diagramme sagittal du secours a personne. 44
Figure 3 : Exemple de carte de zones de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR (source : SDIS de l'Allier). 54
Figure 4 : Exemple d'indicateur que l'on peut trouver dans les SDACR pour prendre en compte le niveau de la demande en secours a personne (source : SDIS des Alpes-Maritimes). 54
Figure 5 : Exemple de cartes d'evaluation du degre de couverture utilisant des donnees operationnelles, ici, des moyens de secours medicalises, que l'on peut trouver dans les SDACR (Source : SDIS de l'Isere). 56
Figure 6 : Exemple de cartes d'evaluation du degre de couverture utilisant des zones de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR (Source : SDIS de l'Ain). 57
Figure 7 : Exemple de carte d'evaluation du degre de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR utilisant deux parametres evalues (Source : SDIS des Alpes-Maritimes). 58
Figure 8 : Exemple d'indicateur utilise en introduction d'un SDACR pour apprecier le degre de couverture operationnelle. Ici la part de la population couverte en fonction des delais d'intervention (source : SDIS du Pas-de-Calais). 62
Figure 9 : Exemple theorique d'un graphe routier et des elements constitutifs d'un modele de localisation-allocation. 72
Figure 10 : Exemples de points de demande (ronds bleus) alloues (traits bleus) a des points d'offre (carres blancs sur fond bleu) (source : http://resources.arcgis.com). 74
Figure 11 : Localisation d'une ressource selon le modele p-median non-pondere. 75
Figure 12 : Localisation d'une ressource selon le modele p-median pondere. 75
Figure 13 : Localisation d'une ressource selon le modele p-centre. 77
Figure 14 : Principe d'une zone de couverture applique a un cas theorique simple. 77
Figure 15 : Localisation de ressources selon le modele de localisation a recouvrement d'ensemble pour une valeur d'impedance egale a 6. 78
Figure 16 : Localisation d'une ressource selon le modele de localisation a couverture maximale non-pondere. 79
Figure 17 : Localisation d'une ressource selon le modele de localisation a couverture maximale pondere. 79
Figure 18 : Impact de la prise en compte de l'incertitude quant a la disponibilite des moyens sur leur localisation (d'apres Ekut et al., 2009). 86
Figure 19 : Architecture du projet mis en œuvre pour repondre a l'appel public du ministere de l'Interieur de Belgique (source : Chevalier et al., 2012). 93
Figure 20 : Le departement des Alpes-Maritimes par rapport au reste de la France. 108
Figure 21 : Relief des Alpes-Maritimes. 108
Figure 22 : Reseau hydrographique principal des Alpes-Maritimes. 109
Figure 23 : Reseau routier principal des Alpes-Maritimes. 109
Figure 24 : Densite de population des Alpes-Maritimes. 110
Figure 25 : Nombre d'habitants par commune des Alpes-Maritimes. 110
Figure 26 : Nombre moyen de touristes par jour dans le departement des Alpes-Maritimes sur la periode 2010 a 2012 (source : Observatoire du tourisme de la Cote-d'Azur). 110
Figure 27 : Carte touristique de presentation des stations de ski des Alpes-Maritimes (source : www.cotedazur-neige.com). 111
Figure 28 : Groupements territoriaux SDIS 06. 113
Figure 29 : Arrondissements departementaux des Alpes-Maritimes. 113

FIGURE 30 : SOUS-ENSEMBLES DE DONNEES COMMUNS ET PROPRES A LA BASE PANAMA ET CENTAURE 15.....128
FIGURE 31 : COMPARAISON DU NOMBRE TOTAL D'INTERVENTIONS A L'ECHELON COMMUNAL DES SOUS-ENSEMBLES B ET C DE LA BASE CENTAURE 15 PAR RAPPORT A CEUX DE LA BD PANAMA. 129
FIGURE 32 : COMPOSITION DE LA BD SAP. 131
FIGURE 33 : NOMBRE D'INTERVENTIONS EXTRA-DEPARTEMENTALES REALISEES PAR DES MOYENS INTRA-DEPARTEMENTAUX ET NOMBRE D'INTERVENTIONS INTRA-DEPARTEMENTALES REALISEES PAR DES EXTRA-DEPARTEMENTAUX CONTENUES DANS LA BD SAP SUR LA PERIODE 2005 A 2010.....133
FIGURE 34 : ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INTERVENTIONS DE TYPE SECOURS A PERSONNE CONTENUES DANS LA BD SAP SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15). 134
FIGURE 35 : PART EN POURCENTAGE DES VICTIMES PAR ETAT (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).....135
FIGURE 36 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE VICTIMES CONTENU DANS LA BD SAP, PAR ETAT, SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15). 135
FIGURE 37 : EVOLUTION DU NOMBRE D'INTERVENTIONS MEDICALISEES CONTENUES DANS LA BD SAP SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).....135
FIGURE 38 : PART DES INTERVENTIONS DE LA BD SAP AUQUEL PARTICIPE CHACUN DES SERVICES SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15). 135
FIGURE 39 : NOMBRE MOYEN D'INTERVENTIONS DE TYPE SAP DANS LES ALPES-MARITIMES, PAR AN, SUR LA PERIODE 2005 A 2010. 136
FIGURE 40 : REGRESSION LINEAIRE ENTRE LE LOGARITHME DE LA POPULATION MUNICIPALE EN 2011 ET LE LOGARITHME DU NOMBRE MOYEN D'INTERVENTIONS SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15 ; INSEE, POPULATION LEGALE 2011).....137
FIGURE 41 : RESIDUS DE LA REGRESSION LINEAIRE ENTRE LE LOGARITHME DE LA POPULATION MUNICIPALE EN 2011 ET LE LOGARITHME DU NOMBRE MOYEN D'INTERVENTIONS SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15 ; INSEE, POPULATION LEGALE 2011). 137
FIGURE 42 : CARTOGRAPHIE DES RESIDUS DE LA REGRESSION LINEAIRE ENTRE LE LOGARITHME DU NOMBRE D'HABITANTS PAR COMMUNE EN 2011 ET CELUI DU NOMBRE D'INTERVENTIONS SUR LA PERIODE 2005 A 2010. 137
FIGURE 43 : NOMBRE D'INTERVENTIONS PAR MOIS SUR LA PERIODE 2005 A 2010 ET TENDANCE GENERALE DE LA CHRONIQUE (SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15). 139
FIGURE 44 : ECART MENSUEL MOYEN DU NOMBRE D'INTERVENTIONS A LA TENDANCE (SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15).....139
FIGURE 45 : ARBORESCENCE RESULTANT DE LA CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE.....139
FIGURE 46 : REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES RESULTATS DE LA CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE DES COMMUNES DES ALPES-MARITIMES EN FONCTION DE LA PART D'INTERVENTIONS PAR MOIS SUR LA PERIODE 2005 A 2010. 141
FIGURE 47 : PART MOYENNE D'INTERVENTIONS PAR MOIS ET PAR CLASSE SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA ; SAMU 06, BD CENTAURE 15). 141
FIGURE 48 : LOCALISATION DES CASERNES DU SDIS 06 EQUIPEES DE MOYENS DE SAP NON MEDICALISES. 142
FIGURE 49 : LOCALISATION DES VLM ET VLI DU SSSM DES ALPES-MARITIMES.....143
FIGURE 50 : LOCALISATION DES SMUR DES ALPES-MARITIMES.....143
FIGURE 51 : DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS PAR COMMUNE ET SITUATION DES COMMUNES AU REGARD DES PRECONISATIONS DU SDIS 06 SUR LA PERIODE 2005 A 2010.....146
FIGURE 52 : PART QUE REPRESENTE CHACUN DES DELAIS PAR RAPPORT AU TOTAL CALCULEE SUR LA BASE DES MEDIANES SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA). 147
FIGURE 53 : DELAIS DE PROJECTION MEDIANS DES MOYENS PAR COMMUNE SUR LA PERIODE 2005 A 2010. 148
FIGURE 54 : ÉVOLUTION DES DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS TOTAUX PAR MOIS SUR LA COMMUNE DE SAINT-LAURENT-DU-VAR SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA).....149
FIGURE 55 : ÉVOLUTION DES DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS TOTAUX PAR MOIS SUR LA COMMUNE D'ISOLA SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA). 149
FIGURE 56 : DEGRE DE COUVERTURE EN FONCTION DU NIVEAU DE LA DEMANDE ET DE L'OFFRE EN SECOURS. 150
FIGURE 57 : PART DES INTERVENTIONS DE TYPE SAP REALISEES PAR LES MOYENS DU SDIS 06 EN FONCTION DES DELAIS D'INTERVENTION SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA). 151
FIGURE 58 : ÉVOLUTION DU NOMBRE MOYEN D'INTERVENTIONS ET DES DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS TOTAUX PAR MOIS SUR LA COMMUNE DE SAINT-LAURENT-DU-VAR SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA). 151
FIGURE 59 : ÉVOLUTION DU NOMBRE MOYEN D'INTERVENTIONS ET DES DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS TOTAUX PAR MOIS SUR LA COMMUNE D'ISOLA SUR LA PERIODE 2005 A 2010 (DONNEES : SDIS 06, BD PANAMA).....151

FIGURE 60 : BARRE D'OUTIL NETWORK ANALYST D'ARCGIS FOR DESKTOP. 158
FIGURE 61 : FENÊTRE NETWORK ANALYST D'ARCGIS FOR DESKTOP. 159
FIGURE 62 : PROPRIETE DE LA COUCHE D'ANALYSE EMPLACEMENT-ALLOCATION, ONGLET PARAMETRES AVANCES, NETWORK ANALYST D'ARCGIS FOR DESKTOP. 160
FIGURE 63 : AJOUT DE POINTS DE DEMANDE A PARTIR DE LA FENETRE NETWORK ANALYST (SOURCE : ARCGIS FOR DESKTOP). 165
FIGURE 64 : BOITE DE DIALOGUE POUR CHARGER LES POINTS DE DEMANDE (SOURCE : ARCGIS FOR DESKTOP). 165
FIGURE 65 : BOITE DE DIALOGUE POUR CHARGER LES POINTS D'OFFRE (SOURCE : ARCGIS FOR DESKTOP). 166
FIGURE 66 : PROPRIETES DE LA COUCHE D'ANALYSE D'EMPLACEMENT-ALLOCATION, ONGLET *PARAMETRES D'ANALYSE* (SOURCE : ARCGIS FOR DESKTOP). 166
FIGURE 67 : PROPRIETES DE LA COUCHE D'ANALYSE D'EMPLACEMENT-ALLOCATION, ONGLET *PARAMETRES AVANCES* (SOURCE : ARCGIS FOR DESKTOP). 167
FIGURE 68 : ITINERAIRES RETENUS POUR LA VALIDATION DU JEU DE DONNEES RESEAU. 171
FIGURE 69 : CORRELATION ENTRE LES DELAIS MEDIANS CALCULES A PARTIR DES DONNEES DE LA BD PANAMA ET DES RESULTATS OBTENUS A PARTIR DU JEU DE DONNEES RESEAU CONSTRUIT A PARTIR DES DONNEES ROUTIERES NAVTEQ. 171
FIGURE 70 : PART D'INTERVENTIONS GEOCODEES ISSUES DE LA BD SAP. 176
FIGURE 71 : PART D'INTERVENTIONS GEOCODEES ISSUES DE LA BD CENTAURE 15. 176
FIGURE 72 : PART D'INTERVENTIONS GEOCODEES A L'ECHELON COMMUNAL AU REGARD DES INTERVENTIONS CONTENUES DANS LA BD SAP. 177
FIGURE 73 : POLYGONES CORRESPONDANT AUX ZONES D'HABITATS. 179
FIGURE 74 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 186
FIGURE 75 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS* RAFFINE. 188
FIGURE 76 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*. 191
FIGURE 77 : EVOLUTION DE LA PART THEORIQUE DE DEMANDE COUVERTE EN DEÇA DES PRECONISATIONS EMISES PAR LE SDIS 06 EN FONCTION DU NOMBRE DE POINTS D'OFFRE RETENUS. 192
FIGURE 78 : EVOLUTION DE LA DISTANCE THEORIQUE MOYENNE SEPARANT LES POINTS DE DEMANDE DES POINTS D'OFFRE EN FONCTION DU NOMBRE DE POINTS D'OFFRE RETENUS. 192
FIGURE 79 : EVOLUTION DE LA DISTANCE THEORIQUE MAXIMALE ENTRE UN POINT DE DEMANDE ET UN POINT D'OFFRE EN FONCTION DU NOMBRE DE POINTS D'OFFRE RETENUS. 192
FIGURE 80 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE* RAFFINE. 193
FIGURE 81 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 195
FIGURE 82 : LA COMMUNE DE DRAP DANS LES ALPES-MARITIMES. 197
FIGURE 83 : LA TRINITE, DRAP, CANTARON. 197
FIGURE 84 : DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS PAR ZONES D'HABITATS ET SITUATION DES COMMUNES AU REGARD DES PRECONISATIONS DU SDIS 06. 198
FIGURE 85 : NOMBRE D'INTERVENTIONS GEOCODEES CUMULE SUR LA PERIODE 2005 A 2010. 198
FIGURE 86 : SECTEURS D'INTERVENTION DES DIFFERENTES CASERNES. 199
FIGURE 87 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 200
FIGURE 88 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*. 201
FIGURE 89 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE* RAFFINE. 201
FIGURE 90 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 202
FIGURE 91 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*, ITERATION N°30. 204
FIGURE 92 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*, ITERATION N°10. 204
FIGURE 93 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*, ITERATION N°79. 205
FIGURE 94 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*, ITERATION N°33. 205
FIGURE 95 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*, ITERATION N°85. 206
FIGURE 96 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*, ITERATION N°83. 206
FIGURE 97 : LES COMMUNES D'ILONSE, MARIE, CLANS, BAIROLS ET LA TOUR DANS LES ALPES-MARITIMES. 208
FIGURE 98 : ILONSE, MARIE, CLANS, BAIROLS ET LA TOUR. 208
FIGURE 99 : DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS PAR ZONES D'HABITATS ET SITUATION DES COMMUNES AU REGARD DES PRECONISATIONS DU SDIS 06. 208
FIGURE 100 : NOMBRE D'INTERVENTIONS GEOCODEES CUMULE SUR LA PERIODE 2005 A 2010. 209
FIGURE 101 : SECTEURS D'INTERVENTION DES DIFFERENTES CASERNES. 209
FIGURE 102 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 211
FIGURE 103 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS* RAFFINE. 211
FIGURE 104 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*. 212
FIGURE 105 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE RAFFINE*. 212

FIGURE 106 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 213
FIGURE 107 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*, ITERATION N° 15. 213
FIGURE 108 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*, ITERATION N°70. 214
FIGURE 109 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE* RAFFINE, ITERATION N°43. 214
FIGURE 110 : LES COMMUNES DE LA ROQUETTE-SUR-SIAGNE, PEGOMAS ET AURIBEAU-SUR-SIAGNE. 218
FIGURE 111 : LA ROQUETTE-SUR-SIAGNE, PEGOMAS ET AURIBEAU-SUR-SIAGNE. 218
FIGURE 112 : DELAIS D'INTERVENTION MEDIANS PAR ZONES D'HABITATS ET SITUATION DES COMMUNES AU REGARD DES PRECONISATIONS DU SDIS 06. 218
FIGURE 113 : NOMBRE D'INTERVENTIONS GEOCODEES CUMULE SUR LA PERIODE 2005 A 2010. 219
FIGURE 114 : SECTEURS D'INTERVENTION DES DIFFERENTES CASERNES. 219
FIGURE 115 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 221
FIGURE 116 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS* RAFFINE. 221
FIGURE 117 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*. 222
FIGURE 118 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE* RAFFINE. 222
FIGURE 119 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 223
FIGURE 120 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*, ITERATION N°217. 224
FIGURE 121 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*, ITERATION -1. 225
FIGURE 122 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*, ITERATION -2. 225
FIGURE 123 : LOCALISATION DE 5 POINTS D'OFFRE SELON UNE VALEUR D'IMPEDANCE DE 30 MINUTES POUR TOUTES LES COMMUNES. 230
FIGURE 124 : LOCALISATION DE 5 POINTS D'OFFRE SELON UNE IMPEDANCE DIFFERENCIEE DE 7 MINUTES POUR LES COMMUNES DE TYPE A ET 27 MINUTES POUR LES COMMUNES DE TYPE B ET C. 231
FIGURE 125 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*. 233
FIGURE 126 : SCENARIO D'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS RAFFINES. 234
FIGURE 127 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS* PARMI LES LOCAUX DONT DISPOSE LE SDIS 06 DANS LE DEPARTEMENT UNIQUEMENT. 235
FIGURE 128 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE*. 237
FIGURE 129 : SCENARIO D'*OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS* RAFFINE. 282
FIGURE 130 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE* RAFFINE, ITERATION N°23. 55 282
FIGURE 131 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE* RAFFINE, ITERATION N°63. 95 283
FIGURE 132 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE* RAFFINE, ITERATION N°73. 105 283
FIGURE 133 : SCENARIO DU *DEVRAIT ETRE SUR LA BASE DE LA LOCALISATION DES MOYENS EXISTANTS*, ITERATION N°17, SANS LA POSSIBILITE D'IMPLANTER UN POINT D'OFFRE AU NIVEAU DE LA CONDAMINE COMMUNE DE LA TOUR. 284

Table des sigles et acronymes

ADAM : *Apparatus Deployment Analysis Module* (p. 156).
AGILE : *Association of Geographic information laboratories in* Europe.
ALIAS : *Ambulance Location Identification and Analysis System* (p. 156).
AMEXCLP : *Adjusted Maximal EXpected Covering Location Problem* (p. 88).
AMU : aide médicale urgente (p. 28).
ANDSIS : Association nationale des directeurs et directeurs adjoints des services d'incendie et de secours (p. 50).
ANRT : Association nationale de la recherche et de la technologie (p. 4).
APL : accessibilité potentielle localisée.
APS : antenne de premier secours (p. 58).
ARS : Agence régionale de santé (p. 46).
ATER : attaché temporaire d'enseignement et de recherche (p. 4).
BACOP : *BAckup COverage Problem* (p. 87).
BASIC : *Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code* (p. 156).
BD : base de données (p. 119).
CAD : *Computer Aided Dispatch* (p. 156).
CARTO : acronyme de cartographie (p. 168).
CCF : camion citerne feu de forêt (p. 280).
CCMU : classification clinique des malades des urgences (p. 50).
CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques.
CESA : Centre d'études supérieures d'aménagement.
CGCT : Code général des collectivités territoriales (p. 22).
CID : camion d'interventions diverses (p. 126).
CIFRE : convention industrielle de formation par la recherche (p. 11).
CIS : centre d'incendie et de secours (p. **Erreur ! Signet non défini.**).
CNRS : Centre nationale de la recherche scientifique (p. 1).
CPI : centre de première intervention (p. 37).
CPLEX : acronyme faisant référence au langage C et à l'algorithme du simplexe (p. 95).
CRA : compte rendu d'activité (p. 119).
CRRA : centre de réception et de régulation des appels (p. 22).
CRSS : compte-rendu de sortie de secours (p. 119).
CS : centre de secours (p. 250).
CSAT : centre satellite (p. **Erreur ! Signet non défini.**).
CSP : centre de secours principal (p. 250).
CSP : Code de la santé publique (p. 22).
CTA : centre de traitement de l'alerte (p. 24).
DBMS : *Data Base Management Systems* (p. 94).

DDSC : Direction de la défense et de la sécurité civile (p. 280).
DDSMt : *Dynamic Double Standard Model at time t* (p. 91).
DFCI : défense de la forêt contre les incendies (p. 168).
DIACT : Délégation interministérielle à l'aménagement et à la compétitivité des territoires.
DSC : Direction de la sécurité civile (p. 50).
e.r. : en retraire (p. 35).
EEEA : école européenne d'études avancées.
EM : équipe médicale (p. 124).
EM-Consulte : Elsevier Masson – Consult (p. 65).
EMS : *Emergency Medical Service* (p. 22).
EPA : échelle pivotante automatique (p. 280).
ESPACE : étude des structures, des processus d'adaptation et des changements de l'espace (p. 248).
ESRI : *Environmental Systems Research Institute.*
FAST : *Fire and Ambulance Service Technique* (p. 85).
FHSEM : *Firehouse Site Evaluation Mode* (p. 155).
FIRESIM : Simulation Model of Fire Department Operations (p. 155).
FLEET : *Facility-Location, Equipment-Emplacement Technique* (p. 84).
FNSPF : Fédération nationale des sapeurs-pompiers de France (p. 134).
FPT : fourgon pompe tonne (p. 280).
FPTL : fourgon pompe tonne léger (p. 280).
GDH : groupe horaire (p. **Erreur ! Signet non défini.**).
GI : *Geographic Information*.
GIP : groupement d'intérêt public.
GIS : *Geographic information system*.
GPS : *Global Positioning System* (p. 91).
GRASP : *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (p. 162).
HA : autre hélicoptère (p. 124).
HAL : hyper articles en ligne (p. 65).
HG : hélicoptère de la gendarmerie (p. 124).
HS : hélicoptère de la sécurité civile (p. 124).
HU : hélicoptère du SAMU (p. 124).
IATSS : *International Association of Traffic and Safety Sciences*.
IBM : *International Business Machines* (p. 95).
IGA : Inspection générale de l'administration (p.)
IGAS : Inspection générale des affaires sociales (p.),
IGN : Institut national de l'information géographique et forestière (p. 168).
IIE : *Institute of Industrial Engineers*.
ILOG : acronyme venant de l'abréviation du terme *intelligence logicielle* (p. 95).
INIST : Institut de l'information scientifique et technique (p. 65).
INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques (p. 137).
INTER : acronyme d'intervention (p. 122).
IRIS : îlots regroupés pour l'information statistique (p. 173).
ISP : infirmier sapeur-pompier (p. 24).
ISTED : Institut des sciences et des techniques de l'équipement et de l'environnement pour le développement.

LAM : *Location Allocation Model* (p. 92).
LAVUE : Laboratoire architecture ville urbanisme environnement.
LOLA : *Library Of Location Algorithms* (p. 95).
LSCP : *Location Set Covering Model* (p. 77).
MALP : *Maximum Availability Location Problem* (p. 88).
MANA : manufacture anthropologique.
MCLP : *Maximal Covering Location Problem* (p. 77).
MCLP + PR : *Maximal Covering Location Problem + Probalistic Response* (p. 89).
MCS : médecin correspondant de SAMU (p. 26).
MED : acronyme de médical (p. 124).
méth. discr. : methode de discrétisation (p. 110).
MEXCLP : *Maximal EXpected Covering Location Problem* (p. 87).
MOTEAM : *MultiObjective Tandem Equipment Allocation Model* (p. 84).
MSP : médecin sapeur-pompier (p. 25).
NC : *North Carolina*.
ndr : note du rédacteur (p. 29).
NHS : *National Healt Service* (p. 22).
ORU : Observatoire régional des urgences (p. 50).
PA : point adresse, nom d'une composante de la BD Adresse de l'IGN (p. 178).
PAM : *Parametric Allocation Model* (p. 155).
PDF : *Portable Document Format* (p. 248).
PDS : Permanence des soins (p. 35).
P-MP : *P-Median Problem* (p. 73).
PRS : projet régional de santé (p. 46).
PUM : Presses universitaires du Mirail.
RA : route adresse, nom d'une composante de la BD Adresse de l'IGN (p. 178).
RAND : *Research and Development* (p. 70).
s. d. : sans date.
SAGEO : *Spatial Analysis and GEOmatics*.
SAMU : Service d'aide médicale urgente (p. 22).
SAP : Secours à personne (p. 28).
SCLM : *Set Covering Location Model* (p. 77).
SCoT : schéma de cohérence territoriale.
SDACR : schéma départemental d'analyse et de couverture des risques (p. 41, 46).
SDIS : Service départemental d'incendie et de secours (p. 22).
SDSS : *Spatial Decision Support System* (p. 94).
SGBD : système de gestion de base de données (p. 246).
SIG : système d'information géographique (p. 49).
SIS : Service d'incendie et de secours (p. 29).
SLL : sur les lieux (p. **Erreur ! Signet non défini.**).
SMUR : Structure mobile d'urgence et de réanimation (p. 23).
SP : sapeur-pompier (p. 36).
SPP : sapeur-pompier professionnel (p. 112).
SPV : sapeur-pompier volontaire (p. 112).
SROS : schéma régional d'organisation des soins (p. 41, 45).
SSBP : *Station-Specific Busy Probabilities* (p. 90).
SSSM : Service de santé et de secours médical (p. 23).

SUAP : secours d'urgence aux personnes (p. 32).
TEAM : *Tandem Equipment Allocation Model* (p. 84).
TIMEXCLP : *Time Maximal EXpected Covering Location Problem* (p. 89).
TOPO : acronyme de topographie (p. 168).
UFR : unité de formation et de recherche.
UMH : unité mobile hospitalière (p. 27).
UMR : unité mixte de recherche (p. 248).
VL : véhicule de liaison (p. 25).
VLI : véhicule de liaison infirmier (p. 25).
VLM : véhicule de liaison médicalisé (p. 27).
VRM : véhicule radio médicalisé (p. 27).
VSAV : véhicule de secours et d'assistance aux victimes (p. 24).
VSM : véhicule de secours médicalisé (p. 27).
VTT : vélo tout terrain (p. 110).
VTU : véhicule tout usage (p. 126).

Table des matières

Remerciements 3
Résumé 8
Abstract 9
Sommaire 10

PRÉAMBULE 11

INTRODUCTION GÉNÉRALE 13

PARTIE 1 - DU SECOURS À PERSONNE AU PROBLÈME D'OPÉRATIONNALITÉ DES MÉTHODES ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION DISPONIBLES POUR L'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS 19

CHAPITRE 1 - CONTEXTE 21

1.1. Le secours à personne comme champ d'étude thématique 21
1.1.1. Le modèle d'organisation des secours français 22
1.1.2. La chaîne de secours française 23
1.1.3. Définition du champ d'étude et des notions et concepts associés 27
1.2. Problématique de la couverture opérationnelle du secours à personne 33
1.2.1. Demande de secours en augmentation et irrégulièrement répartie dans le temps et dans l'espace 34
1.2.2. Offre de secours en baisse et irrégulièrement répartie dans le temps et dans l'espace 35
1.3. Hypothèses et questionnements de départ 38
1.3.1. Hypothèse de l'apport de l'optimisation spatiale et temporelle des moyens existants pour l'amélioration de la couverture opérationnelle 39
1.3.2. Question des méthodes utilisées pour réfléchir à l'optimisation de la localisation des moyens de secours 41
Conclusion du chapitre 1 42

CHAPITRE 2 - ÉTAT DES LIEUX DES METHODES DE LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS A PERSONNE UTILISEES DANS LE MONDE PROFESSIONNEL 45

2.1. Présentation des deux principaux documents d'organisation et de planification des moyens et contexte d'élaboration 45
2.1.1. Le schéma régional d'organisation des soins 45
2.1.2. Le schéma départemental d'analyse et de couverture des risques 46
2.2. Présentation de l'enquête sur les méthodes de localisation des moyens de secours à personne utilisées dans le monde professionnel 47
2.2.1. Ressources 47
2.2.2. Objectif et périmètre de l'enquête 48
2.3. Résultats de l'enquête 49
2.3.1. Agences régionales de soins 49
2.3.2. Services départementaux d'incendie et de secours 50
2.3.2.1. Analyse des données 51
2.3.2.2. Évaluation 51

2.3.2.3. Localisation des moyens 57
2.3.3. Services de secours étrangers 59
2.4. Limites et discussion autour des méthodes utilisées par les professionnels 61
Conclusion du chapitre 2 63

CHAPITRE 3 - ÉTAT DE L'ART DES METHODES DE LA LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS A PERSONNE UTILISEES DANS LE MONDE SCIENTIFIQUE 65

3.1. L'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne : une question ancienne et surtout traitée dans la littérature scientifique étrangère 65
3.1.1. La question des méthodes d'optimisation de la localisation des moyens de secours en France 65
3.1.2. La question des méthodes d'optimisation de la localisation des moyens de secours à l'étranger 68
3.2. Les modèles de localisation-allocation 70
3.2.1. Les trois principaux types de modèles de localisation-allocation utilisés pour localiser des moyens de secours 73
3.2.1.1. Le modèle p-médian ou P-MP 73
3.2.1.2. Le modèle p-centre ou minimax 76
3.2.1.1. Les modèles de couverture 76
3.2.2. Heuristiques et méta-heuristiques 80
3.2.3. Les différentes logiques d'implantation : égalitaire, équitable, efficace 81
3.2.4. Les modèles de couverture appliqués au cas de la localisation de moyens de secours à personne 82
3.3. Etat de l'art des modèles de couverture appliqués au problème de la localisation de moyens de secours à personne 84
3.3.1. Modèles qui tiennent compte des moyens de types différents 84
3.3.2. Modèles qui tiennent compte de l'incertitude quant à la disponibilité des moyens 85
3.3.2.1. Modèles déterministes 86
3.3.2.2. Modèles probabilistes 87
3.3.3. Modèles qui tiennent compte de l'incertitude quant à la durée des délais d'intervention des moyens . 89
3.3.4. Modèles dynamiques 90
3.4. Etat de l'art des méthodes d'optimisation de la localisation de moyens de secours à personne ... 92
3.5. Autres recherches sur les modèles de localisation-allocation 94
3.6. Outils utilisés pour résoudre les problèmes de localisation-allocation 95
3.7. Optimisation des localisations : intérêts des modèles de localisation-allocation 96
3.8. Limites et discussions autour des méthodes utilisées par les scientifiques 97
Conclusion du chapitre 3 100

CHAPITRE 4 - PROBLEMATIQUE DE L'OPERATIONNALITE DES METHODES ET OUTILS DISPONIBLES POUR OPTIMISER LA LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS A PERSONNE 103

4.1. Problématique des méthodes et outils d'aide à la décision disponibles pour l'optimisation de la localisation des moyens de SAP 103
4.2. Hypothèse et questionnement 106
4.3. Objectifs et parti de recherche 106
4.4. Le département des Alpes-Maritimes comme aire d'étude 107
4.4.1. Description géographique du département 108
4.4.2. Le Service départemental d'incendie et de secours des Alpes-Maritimes 111
4.4.1. Le Service d'aide médicale urgente des Alpes-Maritimes 112
Conclusion du chapitre 4 114

PARTIE 2 – MÉTHODE ET OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION PROPOSÉS POUR L'OPTIMISATION DE LA LOCALISATION DES MOYENS DE SECOURS À PERSONNE : APPLICATION AU CAS DES ALPES-MARITIMES 115

CHAPITRE 5 - SPATIALISER : DIAGNOSTIC DU SECOURS A PERSONNE 117

5.1. Objectif du diagnostic sur le secours à personne 117
5.2. Constitution de la Base de données sur le secours à personne 118
5.2.1. Nature des données 118
5.2.2. Sources des données 119
5.2.3. Extraction des données 121

5.2.3.1. BD CENTAURE 15 122
5.2.3.2. BD PANAMA 123
5.2.4. Etude comparative des sous-ensembles communs aux deux bases 127
5.2.4.1. Les quatre sous-ensembles 127
5.2.4.2. Comparaison des sous-ensembles communs 128
5.2.5. Composition de la BD SAP 131
5.3. Éléments du diagnostic du secours à personne 132
5.3.1. Analyse de la demande en secours 132
5.3.1.1. Les différents types de demande 132
5.3.1.2. Nombre, type et localisation de la demande 134
5.3.1.1. Relation entre le nombre d'interventions et le nombre d'habitants par commune 136
5.3.1.2. Variabilité spatio-temporelle de la demande 138
5.3.2. Analyse de l'offre en secours 140
5.3.2.1. Nombre, type et localisation des moyens 140
5.3.2.2. Délais d'intervention 144
5.3.3. Degré de couverture du SAP 150
Conclusion du chapitre 5 153

CHAPITRE 6 - MODELISER : OUTIL ET DONNEES 155

6.1. Choix de l'outil 155
6.1.1. Inventaire des outils disponibles 155
6.1.2. Justification du choix de l'outil 157
6.2. Présentation de l'extension Network Analyst d'ArcGIS for Desktop 158
6.2.1. Analyse d'emplacement-allocation 159
6.2.2. Identification et validation des modèles de localisation-allocation associés aux problèmes d'emplacement-allocation proposés dans Network Analyst appliqués à l'optimisation de la localisation de moyens de SAP 160
6.2.2.1. Trois problèmes, trois modèles 160
6.2.2.2. Trois problèmes, deux modèles 161
6.2.2.3. Algorithmique 162
6.2.2.4. Validation 163
6.2.3. Mise en œuvre pratique 164
6.3. Données 167
6.3.1. Données concernant le réseau routier 167
6.3.1.1. Construction du jeu de données réseau 167
6.3.1.2. Validation du jeu de données réseau 169
6.3.2. Données concernant la demande 172
6.3.2.1. Échelon des données 172
6.3.2.2. Pondération des points de demande 174
6.3.2.3. Géocodage des interventions 174
6.3.2.4. Agrégation des interventions à l'échelle des zones d'habitats 178
6.3.3. Données concernant l'offre 179
Conclusion du chapitre 6 181

CHAPITRE 7 - OUTIL D'AIDE A LA DECISION : SIMULATIONS ET ETUDES DE CAS 183

7.1. Moyens non-médicalisés 183
7.1.1. Les scénarios 183
7.1.1.1. Le scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* 183
7.1.1.2. Le scénario du *devrait être* 189
7.1.1.3. Le scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants* 193
7.1.2. Déclinaison des différents scénarios pour un nombre de points d'offre croissant 195
7.1.3. Cas d'étude 196
7.1.3.1. Secteur la Trinité, Drap, Cantaron 197
7.1.3.2. Secteur, Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour 207
7.1.3.3. Secteur de la Roquette-sur-Siagne, Pégomas, Auribeau-sur-Siagne 217
7.2. Moyens médicalisés 228
7.2.1. Mise en cohérence du SDACR et du SROS 228
7.2.1. Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* 229
7.2.1. Scénario d'*optimisation de la localisation des moyens existants* raffiné 234
7.2.2. Scénario du *devrait être* 236
Conclusion Chapitre 7 238

CHAPITRE 8 - LIMITES, DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE 241

8.1. Limites.....241
8.1.1. Limites des données 241
8.1.2. Limites de l'outil 241
8.1.3. Limites de la méthode 243
8.2. Discussion autour de certaines perspectives de recherche.....244
8.2.1. Prospective 244
8.2.1. Diagnostic sur le SAP 244
8.2.2. Evaluation du degré de couverture 245
8.2.3. Flexibilité de la localisation des moyens de secours..... 246
8.2.4. Communication des résultats..... 247
8.3. Autres perspectives de recherche 248
8.3.1. Perspectives de recherche concernant les modèles de localisation-allocation..... 249
8.3.2. Perspectives de recherche concernant plus largement la question de la couverture du SAP et de la localisation des moyens de secours 249
Conclusion Chapitre 8 252

CONCLUSION GÉNÉRALE.....255

Bibliographie 261
Annexes..... 276
Annexe 1 - Grille d'entretien réalisée à l'occasion de l'enquête sur les méthodes de planification des moyens auprès des professionnels 277
Annexe 2 - Ratios d'équipement préconisés par la Direction de la défense et de la sécurité civile de l'époque utilisés pour calculer le nombre de VSAV nécessaire pour chaque proposition de création de casernes..... 280
Annexe 3 - Convention de nommage utilisée par le géocodeur développé par ESRI spécifiquement pour la BD Adresse de l'IGN 281
Annexe 4 - Cas d'étude : secteur de la Trinité, Drap, Cantaron 282
Annexe 5 - Cas d'étude : secteur d'Ilonse, Marie, Clans, Bairols et la Tour 284
Annexe 6 - Formule mathématique du modèle p-médian (Daskin, 1995)..... 285
Annexe 7 - Formule mathématique du modèle de localisation à recouvrement d'ensemble (Daskin, 1995)..... 286
Annexe 8 - Formule mathématique du modèle de localisation à couverture maximale (Daskin, 1995) 287
Annexe 9 Modèle conceptuel des données de la base de données sur le secours à personne..... 288
Table des tableaux..... 289
Table des figures..... 291
Table des sigles et acronymes 295
Table des matières..... 299