



**HAL**  
open science

# **SDACR : vers des méthodes de dimensionnement de la couverture opérationnelle des moyens intégrés**

Dorian Souliès

► **To cite this version:**

Dorian Souliès. SDACR : vers des méthodes de dimensionnement de la couverture opérationnelle des moyens intégrés. Perspectives. Les cahiers scientifiques de l'ENSOSP, 2016, 16. hal-01523013

**HAL Id: hal-01523013**

**<https://hal.science/hal-01523013>**

Submitted on 15 May 2017

**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.

# SDACR : vers des méthodes de dimensionnement de la couverture opérationnelle des moyens intégrés



**Par Dorian Souliès**

Docteur en géographie, chercheur associé UMR ESPACE 7300

Ces derniers mois la presse se fait écho de nombreux projets de restructuration, fermeture, regroupement de casernes, dont certains particulièrement importants. Derrière chacun de ces projets se pose la question complexe de l'adéquation qu'il faut trouver entre le niveau de risque et celui de la couverture opérationnelle des moyens pour y faire face. Cette question est généralement au cœur des débats.

Les schémas départementaux d'analyse et de couverture des risques (SDACR) ont pour principal objectif de répondre à cette question. Ils s'appuient pour cela sur l'analyse de nombreuses données opérationnelles, indicateurs, graphiques et cartes.

Même si nous sommes bien conscients que toutes les décisions prises dans les SDACR ne dépendent pas uniquement de ces analyses et de leurs résultats, il nous semblait important de nous y intéresser car ces dernières ne sont jamais évoquées dans les débats, alors qu'elles permettent pourtant de les objectiver. De plus, ces analyses ont pour principale limite de ne pas être intégrées. En effet, elles ne permettent pas de prendre en compte, de façon simultanée, tous les paramètres qui entrent en considération dans le dimensionnement de la couverture opérationnelle (économiques, spatiaux, etc.) et de prendre en compte l'impact que peut avoir le choix de localisation ou délocalisation d'une caserne sur les casernes environnantes et inversement. Il existe pourtant de nombreuses méthodes intégrées dans le monde académique.

C'est pour ces deux raisons que nous avons voulu nous intéresser, d'une part, aux méthodes utilisées dans les SDACR pour dimensionner la couverture opérationnelle des moyens et, d'autre part, aux méthodes intégrées disponibles dans le monde scientifique. Quelles sont ces méthodes ? Sur quel principe reposent-elles ? Quelles données utilisent-elles ? À quelles échelles spatiales et temporelles ? Quelles sont leurs limites ?

# 1. ÉTAT DES LIEUX DES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DE LA COUVERTURE OPÉRATIONNELLE UTILISÉES DANS LES SDACR

Les informations sur les méthodes de dimensionnement de la couverture opérationnelle utilisées dans les SDACR ont été obtenues grâce à l'audition de 5 personnes ayant participé directement à l'élaboration d'un SDACR, ainsi qu'à l'analyse de 16 SDACR, dont 2 synthèses. À cela s'ajoute notre participation à plusieurs réunions du *comité SDACR* mis en œuvre à l'occasion de la révision de celui des Alpes-Maritimes.

## Analyse des données

Il ressort de cette enquête que la majorité des Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) s'attache d'abord à analyser les données opérationnelles réelles. La totalité des SDACR que nous avons consultés traite au moins les données concernant la demande, c'est à dire le nombre d'interventions, le type, la commune où elles ont eu lieu, le nombre de victimes et leur état, etc.

La méthode utilisée est celle de la statistique descriptive à différentes échelles spatiales et temporelles, généralement le département et la commune et une année ou un groupe d'année. Les données 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, c'est à dire les informations concernant le nombre et la nature des moyens intervenus, les délais de route, les délais d'intervention, etc. Lorsque c'est le cas, la démarche consiste à calculer une moyenne des différents délais 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.

## Évaluation

Une grande partie des SDIS s'attache, en complément ou à la place des analyses descriptives précédentes, à évaluer un certain nombre de paramètres pour lesquels ils ne disposent 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.

C'est le cas notamment, en ce qui concerne le niveau d'offre, pour le calcul des zones de couverture ou des isochrones par exemple. Cette technique repose sur la modélisation du réseau routier. La Figure 1 présente par exemple le résultat de la couverture des moyens en 20 minutes au départ des différentes casernes du département de l'Allier.

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'esti-

mer le niveau de risque par commune en matière de secours à personne. Le niveau de risque est ainsi vu comme la combinaison de cinq classes de niveau d'aléa avec cinq classes de niveau d'enjeu (Figure 2).

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 in fine le degré de couverture du risque par les moyens dans leur département, et réfléchir, au besoin, à des ajustements. Cette question n'est pas simple. Il n'existe pas de données brutes pour quantifier le degré de couverture. C'est forcément une synthèse de plusieurs facteurs, modélisés ou non, concernant le niveau de la demande et celui de l'offre en secours.

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.

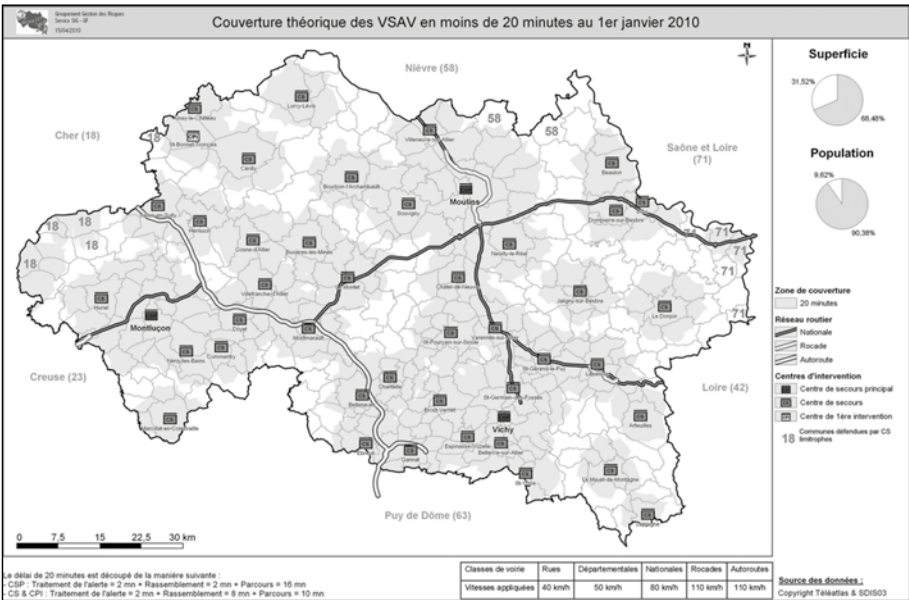


Figure 1 : Exemple de carte de zones de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR (source : SDIS de l'Allier).

Niveau de Risque (par commune)		Niveau d'Aléa				
		Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Niveau d'enjeu	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 2 : 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 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 3). 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.

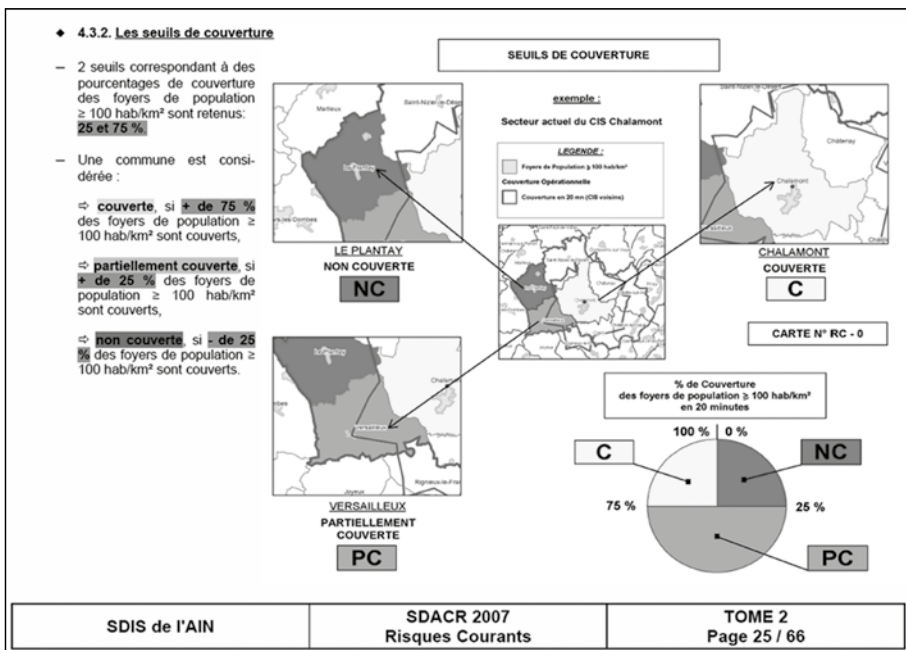


Figure 3 : Exemple de cartes d'évaluation du degré de couverture utilisant des zones de couverture que l'on peut trouver dans les SDACR (Source : SDIS de l'Ain).

## Localisation des moyens

Une fois les zones les plus ou moins bien couvertes identifiées, se pose alors la question des solutions à proposer pour rendre encore plus efficient la couverture opérationnelle. Dans les cas les plus simples certains SDIS préconisent l'attribution aux casernes concernées de véhicules plus récents et plus puissants, donc plus rapides, lors du renouvellement programmé du matériel, ou l'ajustement des secteurs d'intervention au profit des casernes plus rapides pour intervenir.

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 peuvent être proposées, comme la création d'antenne de premier secours ou encore la création, suppression, relocalisation ou fusion de casernes.

Les choix de restructuration de la localisation des casernes se font en fonction des moyens financiers dont dispose le service et en priorité dans les secteurs où la couverture opérationnelle est jugée comme étant la moins bonne. Concrètement, les choix sont fait de façon séquentielle et au cas par cas. Là se trouve la principale limite de cette méthode.

La réflexion n'est en effet pas menée de façon intégrée, c'est à dire en prenant en compte simultanément l'ensemble des paramètres entrant en ligne de compte dans le dimensionnement de la couverture opérationnelle (économiques, spatiaux, etc.) Cela ne permet pas d'avoir une vision globale et systémique de ce que devrait être la couverture opérationnelle, au vu de tous ces paramètres. De plus, cette méthode ne permet pas de prendre en compte l'impact du choix d'une localisation, suppression, relocalisation ou fusion sur les casernes alentours et réciproquement.

Des méthodes intégrées existent pourtant bien dans le monde scientifique. C'est ce que nous allons voir dans la partie suivante.

## **2. ETAT DES LIEUX DES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DE LA COUVERTURE OPÉRATIONNELLE UTILISÉES DANS LE MONDE SCIENTIFIQUE**

De nombreux scientifiques à travers le monde travaillent à l'élaboration de méthodes permettant de dimensionner spécifiquement la couverture opérationnelle de moyens de secours. Les méthodes qu'ils mettent en œuvre s'appuient majoritairement sur des modèles de localisation-allocation.

Les modèles de localisation-allocation sont des algorithmes mathématiques dont l'objectif est de localiser des points d'offre, de façon optimale. Dans le cas d'un service de secours, les points d'offre correspondent généralement aux casernes depuis lesquelles partent les secours. La recherche de localisation optimale se fait à partir d'un certain nombre de données, critères et contraintes que l'on peut résumer en 5 points (Baray, 2002) :

- Les points d'offre potentiels : Les points d'offre potentiels correspondent aux secteurs susceptibles d'accueillir un point d'offre. Il peut s'agir suivant l'échelon spatial retenu, d'un pâté de maison, d'un quartier, d'un arrondissement etc.
- Les points de demande : La demande en secours est, de la même manière, centralisée au niveau de certains points dont on connaît la localisation exacte. À chacun de ces points est attribué un poids représentant

le niveau de la demande. Ce poids correspond généralement au nombre d'interventions total ou moyen qu'il y a eu sur la période d'étude dans chaque secteur correspondant à chaque point de demande.

- La matrice d'éloignement : Pour localiser les points d'offre de façon optimale les algorithmes de localisation-allocation ont également besoin de connaître le temps qu'il faut pour relier chaque paire de points d'offre et de demande par la route dans les conditions les plus proches de la réalité. Toutes ces valeurs sont répertoriées dans un tableau qui constitue la matrice d'éloignement.
- La fonction objectif : La fonction objectif précise sous forme d'algorithmes mathématiques les critères à respecter pour localiser les points d'offre. Elle prend en compte pour cela la distance évoquée précédemment mais peut, de plus, fixer le nombre de points d'offre à localiser, ou encore le fait qu'un seul point d'offre puisse être localisé sur un point d'offre potentiel.
- La règle d'allocation : Une fois tous les points d'offre localisés, La règle d'allocation permet de savoir à quel point d'offre rattacher chaque point de demande. Les points de demande sont généralement alloués à la ressource la plus proche géographiquement. Les secteurs d'intervention de chaque caserne localisées sont ainsi dessinés automatiquement.

## 2.1 Les trois principaux types de modèles de localisation-allocation utilisés pour localiser des moyens de secours

Il existe de nombreux modèles de localisation-allocation. Les plus utilisés dans le domaine de la localisation de moyens de secours sont tous dérivés de trois principaux modèles.

### Le modèle p-médian

Il y a tout d'abord le modèle p-médian. C'est le tout premier à avoir été créé. Il a été développé dès 1909 par Weber pour chercher à localiser une usine de fabrication d'acier, mais se transpose parfaitement à la problématique de la localisation de casernes de pompier. Peu importe la formalisation que pouvait prendre le problème à l'origine, l'objectif du modèle p-médian est de **localiser un nombre donné de point d'offre de façon à ce que la somme des distances pondérées séparant chaque point de demande avec le point d'offre qui lui est assignée, soit minimale.**

La logique d'implantation des points d'offre du modèle p-médian est dite efficace. Avec ce modèle, les points d'offre sont prioritairement localisés là où la densité de points de demande est la plus forte, car c'est généralement là où la somme des distances pondérées est la plus faible. Le modèle p-médian est donc naturellement utilisé pour réfléchir à la localisation de points d'offre de type commercial. Mais il est aussi employé pour localiser des services publics, comme les services de secours, où c'est pourtant l'équité ou l'égalité qui devrait être recherchée. Ce choix peut s'expliquer par le fait qu'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.

Les deux autres types de modèles de localisation-allocation utilisés pour localiser des moyens de secours appartiennent à la famille des modèles dit de couverture. Ces modèles intègrent en effet un paramètre supplémentaire : la zone de couverture. Il s'agit de la zone telle que l'on peut l'entendre au sein des services de secours, c'est à dire la zone accessible par le réseau routier dans un certain délai autour de chaque caserne, dans toutes les directions possibles (cf. Figure 3). Grâce à cette particularité ces modèles sont particulièrement adaptés à la localisation de moyens de secours. On en distingue deux.

### **Le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble**

Le modèle de localisation à recouvrement d'ensemble est le premier des deux. Il a été introduit par Toregas, Swain, ReVelle et Bergman en 1971. Son principe est de **déterminer et localiser le nombre minimal de points d'offre nécessaires pour couvrir l'ensemble des points de demande de manière à ce qu'ils se situent tous, quoi qu'il arrive, en deçà des délais préconisés.**

Le modèle se charge donc non seulement de localiser de manière optimale les points d'offre, 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 points d'offre nécessaire pour couvrir de manière optimale l'ensemble des points de demande sur un territoire donné en deçà d'un certain délai. Ce nombre est souvent considéré comme utopique car trop élevé et difficilement atteignable compte tenu des contraintes, notamment budgétaires, auxquelles sont soumis les services de secours. C'est pourtant le résultat de ce que pourrait, ou devrait être, l'organisation des points d'offre. Cette particularité n'est pas sans rappeler le scénario du devrait être qu'utilisent certains services de secours dans le monde pour dimensionner la couverture opérationnelle de leurs moyens, en comparaison de l'organisation réelle des points d'offre – le est – pour proposer des améliorations (Anon, 1989 et 1990 ; Schmauch, 2007, p. 67 et 203). Ce modèle rend donc possible cette comparaison. Cependant, dans la pratique, les décideurs préfèrent connaître la localisation d'un nombre contraint de points d'offre, plus en rapport avec leurs capacités opérationnelle et financière réelles.

Le fait que ce modèle ne permette pas de choisir un nombre déterminé de points d'offre à localiser peut donc être 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**

À l'inverse du modèle précédent, le modèle de localisation à couverture maximale permet à l'utilisateur de renseigner le nombre de points d'offre précis qu'il cherche à localiser (Church et ReVelle, 1974). Quant à son principe, il diffère un peu également. Si pour le précédent, la zone de couverture permettait juste de calculer le nombre minimal de points d'offre à localiser, pour ce dernier, elle est optimisée de manière à maximiser la demande totale couverte. Son objectif est de **localiser un nombre donné de points d'offre de**



**manière à ce que le niveau de la demande couverte en deçà des délais fixés soit maximal.**

## **2.2 Grands scénarios d'optimisation**

La combinaison des trois modèles de localisation-allocation – le modèle p-médian, et les deux modèles de couverture – permettent de répondre à 3 questions concrètes qui se posent lors de l'élaboration d'un SDACR.

- La première est la suivante : Quelle devrait être la localisation des casernes dont dispose le SDIS pour couvrir un maximum de la demande en secours dans les délais préconisés ? Cette question correspond au scénario *d'optimisation de la localisation des moyens existants*. Il permet par comparaison avec la localisation réelle des casernes de réfléchir à des pistes d'amélioration à budget constant.
- Quel est le nombre minimum de casernes nécessaire pour couvrir la totalité de la demande dans les délais préconisés et où doivent-ils être localisés est la deuxième. C'est le scénario du *devrait être* auquel il est fait référence plus haut. 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.
- La troisième et dernière question est la suivante : Combien de casernes supplémentaires, au minimum, faut-il pour couvrir la demande de façon optimale en plus des casernes déjà existantes et où faut-il les localiser ? Elle correspond au scénario du *devrait être sur la base de la localisation des moyens existants*.

L'articulation de ces 3 scénarios et leur déclinaison localement permettent de proposer ponctuellement des solutions concrètes de localisation, relocalisation, fusion, suppression de casernes pour rendre la couverture opérationnelle des moyens plus efficiente.

Le processus permettant d'aboutir à ces solutions à comme principal avantage d'être intégré, c'est à dire, de prendre en compte tous les paramètres nécessaires à la quantification et à la localisation des casernes de façon simultanée et de prendre en compte les effets dominos que peut avoir le choix de localisation d'une caserne sur les casernes environnantes et inversement.

Les modèles de localisation-allocation ont en outre l'avantage de permettre de réfléchir à la localisation d'un nombre très important de casernes en même temps et de dessiner automatiquement le secteur d'intervention opérationnel de chacune.

Cependant, ces modèles sont encore trop souvent réservés à un usage scientifique. Il manque en effet d'opérationnalité pour être mis en œuvre facilement et rapidement par les professionnels des services de secours. Il faudrait pour cela que les logiciels sur lesquels sont développés les algorithmes soient plus

conviviaux et qu'ils proposent une aide et une assistance efficace. Il faudrait également qu'un travail de vulgarisation plus important soit réalisé pour comprendre leur mode de fonctionnement. Il faudrait enfin plus de références scientifiques appliquées au cas des services de secours français pour servir d'exemples à ceux qui voudraient reproduire ces méthodes.

## CONCLUSION

La mise en œuvre des modèles de localisation-allocation telle qu'elle est réalisée dans les références scientifiques que nous avons consulté est rarement accompagnée d'une analyse préalable très poussée des risques et de leur couverture à la manière de ce qu'il se fait dans les SDACR. La complémentarité entre les deux est pourtant intéressante à rechercher. Outre le fait d'identifier les marges de progression en matière de couverture, les conclusions de l'analyse des risques et de leur couverture permettent de mieux interpréter les résultats issus des modèles de localisation-allocation et de mieux cibler les différentes simulations, notamment lors des études de cas plus précis.

C'est en tout cas la conclusion que nous avons pu tirer à l'issue de notre recherche doctorale sur le sujet. Cet article est en effet tiré d'une thèse de doctorat de géographie réalisée sur la question de l'optimisation de la localisation des moyens de SAP dans les Alpes-Maritimes (Souliès, 2015). Elle a été réalisée en partenariat avec le SDIS 06. L'objectif de cette thèse était de proposer une méthode d'optimisation de la localisation de moyens de SAP basée sur des modèles de localisation-allocation qui soit opérationnelle, en réponse aux limites évoquées précédemment. Cela a été l'occasion d'intégrer à part entière dans une démarche d'optimisation de localisations, aux côtés d'un modèle de localisation-allocation, les analyses que l'on retrouve habituellement dans les SDACR.

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 importants de méthodes et 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 secours.

## BIBLIOGRAPHIE

Anon (1989). *Rapport annuel de la brigade d'incendie de Essen*. Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie en Allemagne.

Anon (1990). *Rapport annuel de la brigade d'incendie de Remscheid*. Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie en Allemagne.

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 en sciences de gestion, 378 p.

- Brotcorne L., Laporte G., Semet F. (2003). « Ambulance location and relocation models ». *European Journal of Operational Research*, vol. 147, n° 3, p. 451-463.
- 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.
- Church R.L., ReVelle Charles (1974). « The maximal covering location problem ». *Papers of the Regional Science Association*, n° 32, p. 101-118.
- Daskin M.S. (1995). *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*. New York : John Wiley and Sons, 520 p.
- Drezner Z., Hamacher H.W. (2001). *Facility location: applications and theory*. Springer Berlin Heidelberg, 330 p.
- Goldberg J.B. (2004). « Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles ». *EMS Management Journal*, vol. 1, n° 1, p. 20-39.
- 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 sciences de gestion, 528 p.
- Souliès D. (2015). *Le secours à personne : spatialiser, modéliser, outil d'aide à la décision. Méthode d'optimisation de la localisation des moyens de secours à personne dans le cadre de la réalisation de documents de planification : application au département des Alpes-Maritimes*. Université Nice Sophia Antipolis, Thèse de doctorat en géographie, 302 p.
- Toregas C., Swain R., ReVelle C., Bergman L. (1971). « The location of emergency Service Facilities ». *Operations research*, vol. 19, n° 6, p. 1363-1373.
- Weber A. (1909). *Über den Standort der Industrien*. Tübingen, Trad. anglaise : (1929). *Theory of the location of industries*. Northeastern, Chicago, III., The University of Chicago Press 302 p.