

# Positionnement et questions de recherche

Ce chapitre a pour objectif de formuler et justifier la problématique de recherche adressée dans ce manuscrit. À la lumière de l'étude bibliographique et de la description des activités métiers effectuées précédemment, nous précisons ici le positionnement de notre sujet ainsi que les questions de recherches abordées.

## 2.1 Un besoin métier à traiter

L'objectif du rapport de la Mission de Modernisation de l'Accessibilité et de la Réception des Communications d'Urgence pour la Sécurité, la Santé et les Secours (MARCUS) est de faire une analyse qualitative et quantitative des centres d'appels d'urgences français (Moutard et al., 2019). À la lumière de ces analyses et observations, il s'agit de proposer des scénarios de réforme de l'organisation de la prise en charge des communications d'urgences. 35 recommandations ont été faites pour améliorer l'état des services d'urgences français (ces recommandations sont disponibles en annexe A). Nous proposons d'utiliser ce rapport comme base pour analyser les recommandations que nous traitons ou sur lesquelles nous estimons avoir une incidence avec nos travaux.

Les recommandations de ce rapport sont classées selon les sept catégories suivantes :

1. **L'accessibilité des centres d'appels** : le constat est que la volumétrie des appels d'urgence est encore difficile à objectiver aujourd'hui. Il est nécessaire d'harmoniser le vocabulaire ainsi que les méthodes de récupération des données. Une harmonisation à ce niveau permettra d'avoir une vision et une évaluation précise de l'accessibilité des centres d'appels.
2. **L'amélioration de l'activité opérationnelle** : Face à l'hétérogénéité des SAMU, il est nécessaire de revoir la manière dont la prise en charge des appels se déroule. Il faut définir un cadre de travail qui permette un meilleur suivi, une meilleure évaluation de l'activité afin d'être en mesure de proposer des solutions adaptées à la prévision de l'activité opérationnelle.

3. **La formation des opérateurs des centres d'appels** : Aujourd'hui, la formation des acteurs des centres d'appels d'urgence est insuffisante et hétérogène. Il est nécessaire de repenser la formation et de définir des objectifs pédagogiques clairs afin que le personnel des centres d'appels puissent bénéficier d'une formation de qualité, leur permettant de répondre aux besoins métiers.
4. **La mise en place d'une démarche qualité** : Il y a un besoin de structurer l'organisation du travail afin d'améliorer la qualité du service rendu aux patients mais aussi pour améliorer la qualité de vie au travail des agents.
5. **L'interopérabilité des services d'urgence** : Afin d'améliorer la gestion des appels d'urgence, il est crucial de mettre en place des outils et des systèmes d'information qui puissent faciliter et fluidifier la communication entre les acteurs de la chaîne des urgences.
6. **L'éducation de la population à l'utilisation des numéros d'urgence** : Il y a un besoin d'harmoniser et de repenser la communication autour des numéros d'appels d'urgence, qui en France sont nombreux, afin d'ancrer durablement le bon usage des numéros d'urgence auprès de la population.
7. **Envisager de nouveaux modèles organisationnels** : Afin d'améliorer le traitement des communications d'urgence, il est nécessaire de revoir la manière dont les appels sont traités. Il faut aussi revoir la manière dont les territoires collaborent pour gérer les communications d'urgence.

Dans chaque catégorie on retrouve plusieurs points d'intérêts et recommandations qui devront être traités dans les années à venir. Nos travaux visent principalement à contribuer aux points 2 et 7 de cette liste. Les catégories concernant l'accessibilité, l'amélioration de l'activité opérationnelle, l'interopérabilité des services d'urgence ainsi que la réflexion sur les nouveaux modèles organisationnels nous ont aussi interpellés. Parmi ces recommandations certaines ont particulièrement attiré notre attention :

- Diffuser et généraliser l'emploi d'une sémantique homogène du traitement de l'appel d'urgence entre les métiers, afin d'harmoniser la description opérationnelle.
- Fixer un seuil d'abandon des appels à 10 secondes.
- Définir des indicateurs clefs de performance de l'activité opérationnelle.
- Historiser les données en perspective de la réalisation de modélisations d'activité.
- Harmoniser les axes organisationnels principaux des centres d'appels d'urgence.
- Adapter le dimensionnement des centres d'appels d'urgence pour optimiser le traitement des appels et répondre aux objectifs de performance établis.
- Renforcer les stratégies d'articulation et d'entraide entre les centres d'appels d'urgence pour gérer les pics d'appels.
- Faire évoluer les modalités de distribution des flux téléphoniques grâce à la virtualisation pour permettre l'interconnexion des centres d'appels d'urgence.
- Structurer les processus et les outils de pilotage opérationnel des centres d'appels d'urgence afin de suivre l'activité en temps réel aux niveaux local et national.

- Encourager le développement et l'utilisation des nouvelles technologies afin d'améliorer le traitement des appels d'urgence.
- Associer un flux urgent et un flux non urgent répondant à des demandes spécifiques.
- Mettre en place un premier niveau de décroché assurant les fonctions de filtrage et/ou d'orientation des appels d'urgence.
- Confirmer la nécessité de prioriser les appels d'urgence lors d'un triage rapide de premier niveau (appelé « N1 »), selon un référentiel co-construit par les différents services métiers.
- Placer les fonctions de filtrage et/ou d'orientation de l'appel d'urgence (N1) à un niveau supra-départemental couvrant un bassin populationnel de 3 à 6 millions d'habitants et recevant entre 10 à 18 000 appels/jour (hors territoires ultramarins).

Considérant ces différentes recommandations adressées à l'échelle nationale, il y a un besoin métier assez net qui se dessine :

- Il est nécessaire d'objectiver et de cadrer la manière de fonctionner des centres d'appels.
- Il est nécessaire d'évaluer la performance des centres d'appels qui se basent sur des données collectées sur le terrain et ceci dans le but d'optimiser l'activité.
- On note enfin une volonté forte des SAMU de se moderniser et d'utiliser tout le potentiel que les nouveaux outils numériques offrent pour améliorer la gestion des centres d'appels.

Il y a en France, une diversité avérée des fonctionnements des centres d'appels. Les outils de gestion du système informatique varient, la gestion des horaires des agents dépend de chaque centre d'appels, etc. Il est difficile de trouver des recommandations officielles pour le management et l'organisation interne des centres d'appels. On trouve aussi en France une grande diversité démographique des territoires. Nos observations régionales menées sur les trois SAMU des départements de la Haute-Garonne, du Tarn et de l'Aveyron en sont une parfaite illustration. En effet, l'Aveyron est un département majoritairement rural avec une faible densité de population. Son terrain montagneux rend certaines zones difficiles d'accès. Le Tarn est une zone semi-rurale avec une densité de population concentrée autour de la région d'Albi et de Castres. La Haute-Garonne est un territoire très étendu du nord au sud avec la majorité de sa population concentrée dans la zone toulousaine qui est très urbaine. Les offres de soins entre les différents territoires sont également très différentes en termes de volumétrie des appels reçus et de l'hétérogénéité des organisations. Ainsi, il y a sans doute un lien entre les caractéristiques d'un département, son offre de soins et la manière dont son SAMU est géré.

Ce que nous pouvons retenir de nos observations sur trois SAMU régionaux est que ce sont des systèmes organisationnels très hétérogènes qui présentent, tous, des marges de progrès en matière de performance opérationnelle. Ce

constat a été également confirmé par les gestionnaires des SAMU que nous avons pu interroger pour ces travaux de recherche.

Nous l'avons vu, le volume d'activité des centres d'appels d'urgence en régime standard augmente et va continuer à augmenter (Penverne et al., 2009). Lors du confinement engendré par la pandémie de Covid-19, les téléconsultations se sont largement généralisées, et il ne serait pas surprenant que les pratiques évoluent dans ce sens à l'avenir.

La demande de soins et le nombre d'appels devant être traités par les centres d'appels d'urgences augmentent tous les ans et vont continuer durant les prochaines années. Les SAMU ont donc besoin de s'organiser pour absorber dans de bonnes conditions cette augmentation.

La crise sanitaire de 2009 à propos de la grippe H1N1 a révélé l'importance des centres d'appels dans la gestion d'une crise. Cela a conduit à la création du projet SI-SAMU afin d'unifier les outils utilisés et de standardiser les processus de gestion des appels au sein du territoire. Aujourd'hui, ce besoin est encore plus fort alors que nous traversons la pandémie de COVID-19. Certains départements déclarent avoir vu une augmentation du nombre d'appels de 100%<sup>1</sup>. Des cellules de crise ont été ouvertes pour gérer cet afflux exceptionnel d'appels. Du personnel médical s'est spontanément présenté afin d'aider pour le décroché des appels. Dans ce contexte, le besoin d'améliorer la performance du fonctionnement du SAMU est encore plus présent. Pour ce faire, il est nécessaire de savoir comment les centres d'appels d'urgences peuvent réagir à la crise. Quelles sont les actions qui peuvent être mises en place rapidement afin de traiter une augmentation aussi soudaine de la charge de travail ? Ces informations vont permettre de se préparer à ce genre d'événements, en créant, par exemple, des procédures de gestion de crise.

Les périodes de crises sanitaires mettent en avant les difficultés du système de santé ainsi que leurs fragilités. Il y a donc un besoin criant de disposer d'outils de diagnostic organisationnel et de préconisations organisationnelles afin d'améliorer la performance future des SAMU en période de crise ainsi qu'en période normale.

## 2.2 Les SAMU : un objet d'étude très hétérogène à l'échelle nationale

Afin d'illustrer et d'objectiver l'hétérogénéité des SAMU, nous avons collecté des données sur les SAMU à l'échelle nationale. Au travers de cette étude, nous faisons l'hypothèse que les SAMU peuvent être regroupés suivant des critères structurels.

---

1. [https://www.francetvinfo.fr/sante/maladie/coronavirus/samu-le-nombre-d-appels-explose\\_3864987.html](https://www.francetvinfo.fr/sante/maladie/coronavirus/samu-le-nombre-d-appels-explose_3864987.html)

Pour ce travail, nous n'avons pas inclus les SAMU des DOM-TOM français par manque de données les concernant. Ainsi notre étude ne sera valable que pour les départements de métropole ainsi que la Corse. Dans cette section, nous explorons les données de ces 93 SAMU afin de proposer une classification.

## 2.2.1 Les données brutes agrégées sur l'année 2018

Pour faire cette analyse, nous nous appuyons sur les données nationales pour chaque département français. La figure 2.1 présente les données utilisées classées en trois catégories différentes. Les données démographiques des départements sont issues du site de l'INSEE, les données sur les informations structurelles et les performances des SAMU proviennent de la SAE.<sup>2</sup> Il est important de noter que la SAE est une base de donnée déclarative réalisée à partir de la remontée d'informations fournie par les SAMU issu de systèmes d'informations non harmonisés et non centralisés. Nous détaillons ci-dessous la liste des données et leur signification. Ces critères peuvent être répartis suivant plusieurs catégories : des critères démographiques qui traitent des caractéristiques géographiques du département, des critères structurels sur la composition du SAMU et comment il est équipé, cela correspond aux moyens de l'urgence, et des critères sur les caractéristiques de la demande de soin urgent.

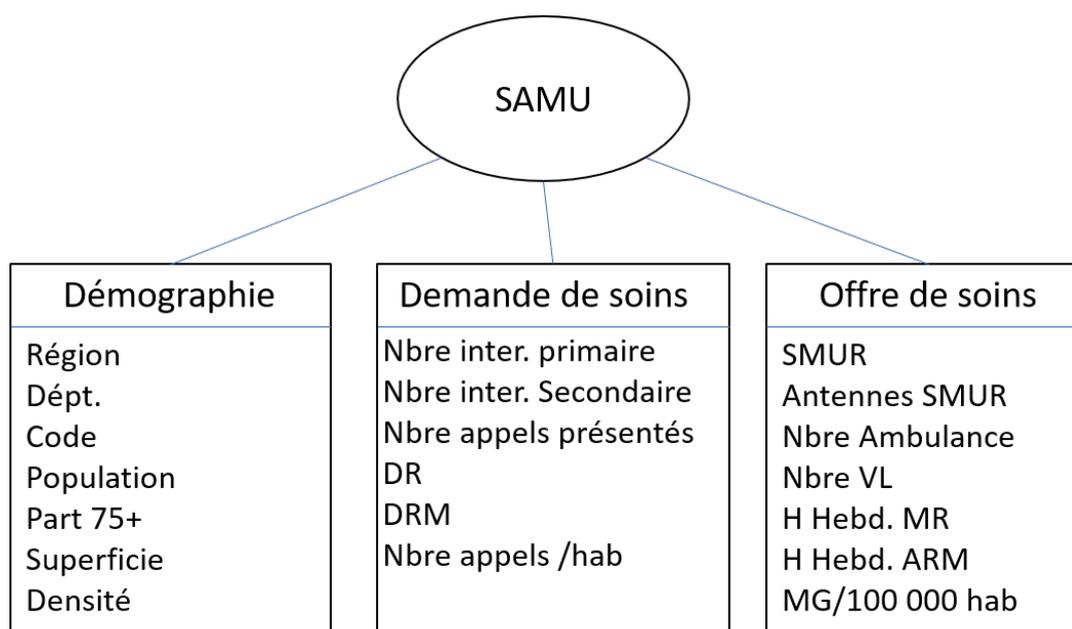


Figure 2.1 – Présentation des données nationales

### Les critères démographiques

Les critères démographiques permettent de renseigner sur les grandeurs du périmètre géographique d'interventions ainsi que sur les caractéristiques de la population.

2. <https://www.sae-diffusion.sante.gouv.fr/sae-diffusion/recherche.htm>

- *Région* : Ce champ correspond à la région administrative à laquelle le département est relié, cet item ne nous sert pas pour la classification à proprement parlé, mais nous permet de situer le département à l'échelle régionale.
- *Dept.* : Ce champ correspond au nom du département.
- *Code* : Ce champ correspond au code de numérotation du département.
- *Population* : Ce champ renseigne le nombre d'habitants dans le département en 2018.
- *75ans et +* : Ce champ renseigne le pourcentage d'habitants de plus de 75 ans sur le territoire.
- *Superficie* : Superficie du territoire exprimé en  $km^2$ .
- *Densité* : Densité de la population du territoire en habitants /  $km^2$ .

### **Les critères structurels sur la composition du SAMU : L'offre de soins**

L'offre de soin permet de caractériser les moyens disponibles au niveau du département pour répondre aux situations d'urgences. Nous qualifions l'offre de soin par les ressources existantes et non pas les ressources engagées dans les interventions

- SMUR général correspond au nombre de bases SMUR sur le département.
- Antenne SMUR correspond à des bases SMUR ouvertes de manière ponctuelle (selon l'affluence touristique saisonnière par exemple).
- Ambulance : le nombre d'UMR à disposition du SAMU.
- Véhicule léger : le nombre de VL à disposition du SAMU.
- Heures moyennes hebdomadaires des MR.
- Heures moyennes hebdomadaires des ARM.
- Moyens aériens : le nombre de moyens aériens de type hélicoptère.
- Moyens maritimes : Pour les SAMU côtiers qui disposent d'un accès maritime.
- Le nombre de Médecins Généralistes (MG).
- Le nombre de MG pour 100 000 habitants.

### **Les caractéristiques de la réponse de soin d'urgence : La demande de soins**

Cette catégorie permet de renseigner les caractéristiques du besoin de la population en terme de services d'urgence.

- Sorties terrestres primaires.
- Sorties terrestres secondaires.
- Sorties terrestres dans le cadre de transports infirmiers inter- hospitalier.
- Appels présentés.
- Dossiers de Régulation.
- Dossiers de Régulation Médicale.
- Le nombre d'appels par habitant.

Le territoire Français est varié, on y trouve des zones très urbanisées ainsi que des territoires plus ruraux. Le relief est tout aussi varié avec des zones montagneuses, des littoraux, des zones qui combinent les deux, des plaines et des vallées. Notre territoire est riche et d'une grande diversité. Cette diversité pourrait avoir un impact sur la

manière dont on consomme et dispense le soin d'urgence. Ainsi, nous souhaitons vérifier s'il existe des types de SAMU qui dépendent de cette diversité. La figure 2.2 présente un extrait de cette base de données ainsi constituée et des données présentées précédemment que nous avons utilisées.

Une première manière de découvrir ces données est d'utiliser une approche de type statistique descriptive afin de voir ce que l'on peut obtenir pour chacune des catégories. Le tableau 2.1 présente les statistiques obtenues sur ces critères tels que la moyenne, la déviation standard, les valeurs minimums et maximums ainsi que les différents quartiles.

## 2.2.2 Définir des groupes de SAMU sur la base des données nationales

### Application du clustering hiérarchique agglomérant

Afin d'aller plus loin dans la découverte de nos données que l'étude des statistiques descriptives, nous nous sommes penchés sur l'apprentissage automatique, plus connu sous le nom de *Machine Learning* (Mitchell, 1999). Le Machine Learning peut se définir comme un champ d'études de l'intelligence artificielle qui se fonde sur des approches mathématiques et statistiques pour donner aux ordinateurs la capacité d'« apprendre » à partir de données. Avec cette technique on distingue deux approches principales : l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non supervisé (Kaufman et al., 2009). Dans chacune des catégories, on retrouve plusieurs outils, plusieurs algorithmes permettant de traiter des données. L'apprentissage supervisé est intéressant lorsqu'on connaît déjà les catégories formées par nos données. L'apprentissage non supervisé est utilisé pour des données qui ne sont pas classées suivant des catégories. De ce fait, on ne dispose que des individus formés par les données et ces derniers ne sont pas regroupés suivant leur similitude. Les algorithmes d'apprentissage non supervisés ont pour objectif de former des groupes homogènes d'individus selon leurs attributs. Une fonction de distance sera utilisée pour calculer la distance entre des paires d'exemples. Une fois ces groupes formés, c'est à l'humain de donner du sens au résultat obtenu et d'identifier les motifs récurrents dans les groupes, ce qui les rassemble et ce qui les différencie.

Dans notre cas, l'apprentissage non supervisé semble tout à fait adapté puisque nous avons plusieurs individus (les SAMU) avec des caractéristiques, et nous cherchons à les regrouper suivant des groupes homogènes pour voir quels sont les critères qui permettent de les rassembler. On parle alors de méthode de regroupement (*clustering*) (Kaufman et al., 2009). Plusieurs algorithmes sont courants au sein du clustering. Lorsqu'on connaît le nombre de groupes, on peut utiliser l'algorithme du *k-mean*. Or, ici nous ne savons pas a priori combien de groupes de SAMU nous allons obtenir, ainsi nous avons plutôt opté pour *une approche hiérarchique* qui a l'avantage de laisser le choix sur le nombre de groupes à former.

Nous avons utilisé un algorithme de clustering hiérarchique agglomérant (*hierarchical agglomerative clustering*) (Müllner, 2011). Les systèmes de clustering agglomératif

Région	SAMU	Code	SMUR général	Antenne SMUR	Population	Part des 75ans et plus	Superficie	Densité	Ambulance	Véhicule légers	Moyens aériens	Sorties terrestres primaires	Sorties terrestres secondaires	Appels présentés	DR	DRM	MR Heure hebdo moy	ARM Heure hebdo moy	MG	Appels/hab	MG pour 100000 hab
Auvergne-Rhône-Alpes	Ain	1	4	0	631 877	8,0	5 762	109,66	4	4	0	3 230	407	254 017	141 331	136 986	404	622	388	0,40	61,09
Hauts-de-France	Aisne	2	6	1	538 659	9,0	7 369	73,10	6	8	1	4 908	976	330 637	98 734	90 219	248	360	351	0,61	65,16
Auvergne-Rhône-Alpes	Allier	3	3	0	341 613	13,0	7 340	46,54	5	6	0	3 940	902	234 242	125 574	97 346	272	660	243	0,69	71,13
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Alpes-de-Haute-Provence	4	3	0	161 799	12,5	6 925	23,36	1	5	0	1 140	198	77 626	40 730	31 821	283	188	159	0,48	98,27
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Hautes-Alpes	5	2	0	140 916	11,1	5 549	25,39	0	3	1	1 038	344	107 210	82 172	34 746	276	252	157	0,76	111,41
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Alpes-Maritimes	6	5	2	1 082 440	12,2	4 299	251,79	6	7	1	7 452	3 600	392 776	246 269	201 352	603	1 008	1 144	0,36	105,69
Auvergne-Rhône-Alpes	Ardèche	7	3	0	324 209	11,3	5 529	58,64	0	1	0	1 814	105	127 428	92 450	76 241	848	304	248	0,39	76,49
Grand Est	Ardennes	8	4	1	277 752	9,8	5 229	53,12	5	5	0	4 023	611	111 250	71 482	52 272	168	266	229	0,40	82,45
Occitanie	Ariège	9	2	0	152 499	12,5	4 890	31,19	2	3	0	1 350	561	134 950	35 112	25 911	195	216	142	0,88	93,12
Grand Est	Aube	10	2	1	309 056	10,1	6 004	51,48	2	4	0	2 449	468	141 208	97 490	59 303	216	371	206	0,46	66,65
Occitanie	Aude	11	2	2	366 957	11,9	6 139	59,77	2	5	2	3 791	670	118 624	92 932	71 714	225	552	322	0,32	87,75
Occitanie	Aveyron	12	5	0	279 169	13,7	8 735	31,96	3	5	2	2 243	249	103 148	54 065	50 429	268	302	221	0,37	79,16

Figure 2.2 – Extrait de la base de données

Tableau 2.1 – Statistiques descriptives sur les départements pour chacun des critères

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
Code	96	47,33	28,07	1,00	23,75	47,50	71,25	95,00
SMURgeneral	96	3,84	1,70	1,00	2,75	4,00	5,00	8,00
Population	96	669800,22	511265,55	76309,00	302609,50	537809,00	843113,00	2605238,00
Partdes75ansetplus	96	10,42	2,12	5,12	8,95	10,52	11,99	14,99
Superficie	96	5673,85	1942,30	105,00	5147,00	5947,00	6775,00	10725,00
Densite	96	564,51	2458,75	14,77	50,15	82,66	161,14	21014,17
Ambulance	96	4,97	3,80	0,00	2,00	4,00	6,25	22,00
Vehiculelegers	96	6,98	3,81	1,00	4,75	6,00	9,00	25,00
Moyensaeriens	96	0,74	0,91	0,00	0,00	1,00	1,00	5,00
Moyensmaritimes	96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sortiesterrestresprimaires	96	5757,64	4585,81	723,00	2749,75	4167,50	7712,50	27080,00
Sortiesterrestressecondaires	96	1450,45	1243,04	55,00	621,00	978,50	1939,50	6996,00
Appelspresentes	96	296664,42	219427,66	0,00	140041,75	250273,50	402146,75	1141250,00
DR	96	159537,61	111394,50	0,00	91209,00	128381,50	203449,75	540796,00
DRM	96	124066,74	78411,49	0,00	70196,25	110923,50	170224,25	343051,00
MRHeurehebdomoy	96	378,81	240,88	0,00	219,00	294,50	475,00	1347,00
ARMHeurehebdomoy	96	625,22	377,16	0,00	360,00	529,00	848,75	1680,00
Plateformecommune	96	0,19	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
MG	96	536,25	441,04	58,00	215,00	400,50	700,75	2315,00
Appels/hab	96	0,50	0,45	0,00	0,38	0,42	0,50	4,22
MGpour100000hab	96	79,75	13,35	53,75	68,58	80,50	87,10	111,41

partent de la partition de l'ensemble de données en nœuds simples. Puis ces données sont fusionnées avec les données les plus proches les unes des autres afin de former un nouveau nœud. Le processus est répété jusqu'à ce qu'il n'y ait qu'un seul nœud qui comprend l'ensemble des observations.

La représentation en sortie de l'algorithme est un dendrogramme par étape dont voici la définition (Müllner, 2011) :

**Définition.** Soit un ensemble fini  $S_0$  de cardinalité  $N = \|S_0\|$ , un dendrogramme par étape est une liste de  $N - 1$  triplet  $(a_i, b_i, \delta_i)$  ( $i = 0, \dots, N - 2$ ) tel que  $\delta_i \in [0, \infty)$  et  $a_i, b_i \in S_i$ , où  $S_i + 1$  est récursivement défini comme  $S_i \setminus a_i, b_i, \cup n_i$  et  $n_i \notin S \setminus a_i, b_i$ , un repère pour un nouveau nœud.

Détaillons cette définition, l'ensemble  $S_0$  correspond à l'ensemble des points étudiés (dans notre cas, les 96 départements français métropolitains). À chaque étape,  $n_i$  correspondant au nouveau nœud formé par le regroupement des nœuds  $a_i$  et  $b_i$  espacé de la distance  $\delta_i$ . Cela revient à dire que deux départements sont proches, car la distance entre leurs vecteurs de composantes est proche. L'algorithme contient  $N - 1$  étapes, car lors de la dernière étape on obtient un nœud qui regroupe les  $N$  nœuds initiaux (les 96 départements).

Pour expliquer le fonctionnement du clustering hiérarchique, nous proposons un exemple abstrait présenté dans la figure 2.3. Afin d'être capable de représenter la distance graphiquement entre les individus, cet exemple n'utilise que deux critères. Nous avons 8 individus définis par ces deux critères, ce qui nous permet de faire une représentation graphique comme sur la partie gauche de la figure. La première étape de l'algorithme considère chaque individu comme un groupe. La deuxième étape va chercher le plus proche voisin de chaque point, de manière à regrouper les points deux à deux en minimisant leur distance euclidienne. On obtient alors trois doublets (4, 5), (1, 2), (6, 8) et deux monoïdes (3) et (7). La troisième étape va essayer de rassembler ces groupes deux à deux, toujours en cherchant à minimiser leur distance. On obtient alors 3 groupes qui rassemblent les doublets précédents avec le monoïde le plus proche [7, (6, 8), (3, (4, 5), (1, 2))]. L'étape suivante rassemble ces trois groupes de manière à obtenir deux groupes formés du doublet (1, 2) d'un côté et [(7, (6, 8)), (3, (4, 5))] de l'autre. Enfin la dernière étape forme un seul groupe contenant tous les individus. Si on présente les résultats sous la forme d'un dendrogramme comme sur la partie droite de la figure 2.3 on obtient un arbre avec quatre niveaux. Chaque niveau présente un nombre de groupes différents qui contient plus ou moins d'individus. C'est donc au décideur de choisir le nombre de groupes le plus pertinent dans son cas d'étude en fonction des critères étudiés.

Le dendrogramme de représentation des SAMU met en évidence des clusters sur plusieurs niveaux. Ainsi c'est à la personne qui lit le graphique de décider où couper dans l'arbre afin de former ces groupes. Les couleurs correspondent à la valeur de la composante. Toutes les composantes ont été normalisées en réduisant la valeur par la moyenne et en la divisant par la déviation standard afin de s'assurer, pour chaque composante, une moyenne de 0 et une variance de 1.

Le dendrogramme ainsi obtenu est présenté dans la figure 2.5. Une première observation est le fait que Paris n'appartient à aucun groupe, il forme un singleton. Sa

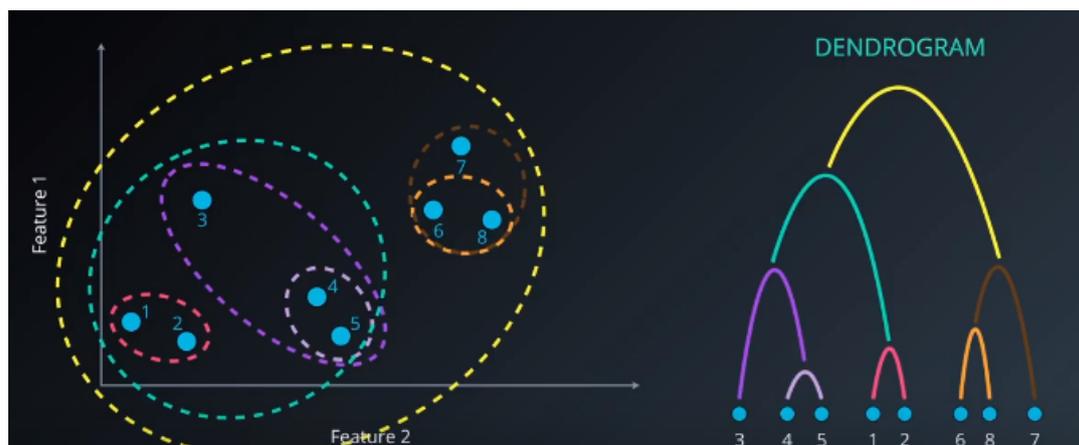


Figure 2.3 – Exemple de clustering hiérarchique sur deux critères avec une distance simple.

Clustering proposé selon la démographie, l'offre et la demande de soin des départements français

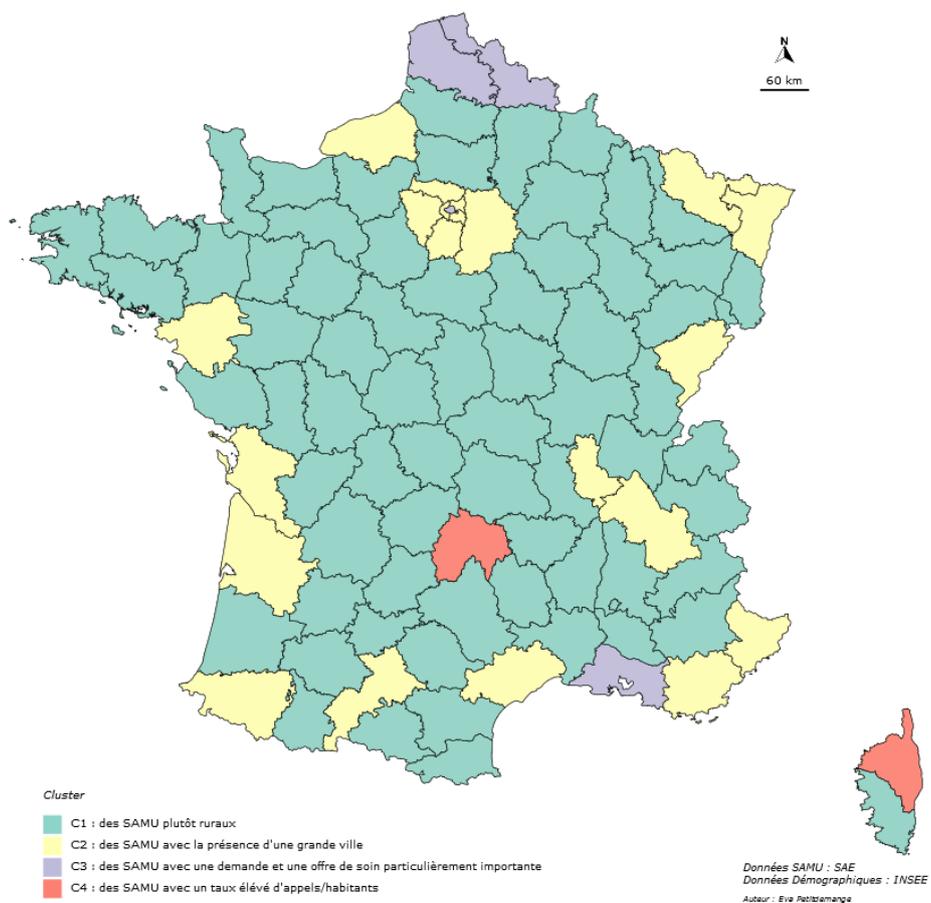


Figure 2.4 – Clustering proposé des départements français

caractéristique principale, qui le différencie des autres, est sa forte densité qui dénote beaucoup avec les autres départements (21014 habitants par km<sup>2</sup>, pour une densité médiane de 89 habitants par km<sup>2</sup> à l'échelle nationale). Un autre cas à la marge est la Corse-du-Sud dont le nombre d'appels par habitant est bien plus élevé que sur le reste du territoire. On est à 4,22 appels par habitant, alors que la moyenne nationale est de 0,53 appel par habitant.

La Corse-du-Sud correspond aussi à un cas particulier dû à son nombre d'appels par habitant qui sort de l'ordinaire. Une piste d'explication serait la saisonnalité touristique. La Corse voit sa population augmenter fortement durant la période estivale. Ce qui doit avoir un impact non négligeable sur le nombre d'appels d'urgence. En 2015 l'INSEE<sup>3</sup> mesure une augmentation de la population en Corse pouvant aller jusqu'à 4 fois sa population habituelle. Il serait alors intéressant de rajouter cette variation touristique de la population dans les données. Malheureusement nous n'avons pas trouvé de source nous permettant de récupérer ces données pour tous les départements.

Ensuite on distingue un groupe contenant les départements du Nord, des Bouches-du-Rhône et du Pas-de-Calais. Le tableau 2.2 regroupe les caractéristiques de ces départements par rapport à la moyenne nationale. Ce groupe se caractérise par une quantité plus élevée d'ambulances (de 2 à 4 fois supérieur à la moyenne nationale), de véhicules légers (VL) et de ressources humaines. On a donc une offre de soins qui est plus importante que pour les autres départements. Toutefois, cela est à mettre en regard avec la demande de soins. On constate aussi un volume d'appels présentés, de dossiers de régulation médicale (DRM) et de sorties terrestres primaires plus élevés, ce qui explique en partie les moyens plus importants. On peut se demander d'où vient cette différence. Pour les Bouches-du-Rhône comme pour la Corse précédemment, cela pourrait être dû à la saisonnalité touristique et à l'augmentation de population qu'il peut y avoir durant les congés estivaux. Mais cela n'est qu'une hypothèse qu'il faudrait vérifier avec des données plus précises à une échelle moins macroscopique que celle de l'année. Pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais, on constate un nombre d'appels par habitant légèrement plus important pour le Pas-de-Calais, 0,60 appel par habitant pour une moyenne nationale à 0,50. Il serait intéressant de regarder l'évolution du nombre d'interventions primaires par rapport au nombre de ressources disponibles. Cela pourrait être juste dû au fait que si un SAMU dispose de plus de matériel, de plus d'équipes de soins, il est plus facile d'envoyer des moyens auprès du patient, alors que les SAMU disposant de moins de moyens envoient moins facilement des moyens internes et font plus appel aux ambulances privées ainsi qu'aux pompiers. Pour tester cette hypothèse, nous avons tracé les graphiques pour les nombres de sorties primaires et secondaires en fonction du nombre d'ambulances et de VL. Les résultats sont présentés dans la figure 2.6, la taille des cercles pour chaque département correspond au nombre d'appels présentés, plus le cercle est gros et plus le nombre d'appels reçus est important. On constate que les trois départements susnommés dénotent effectivement avec les autres départements avec un nombre particulièrement important de sorties et de moyens. Cela vient corroborer notre hypothèse que plus on a de moyens, plus on a tendance à les utiliser facilement, alors

---

3. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1894595>

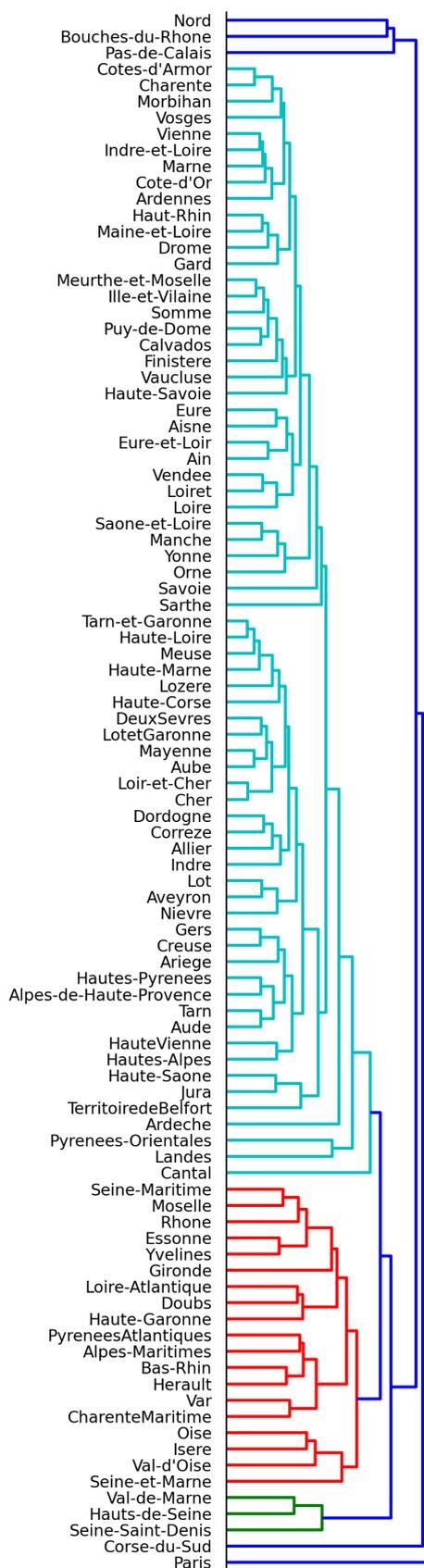


Figure 2.5 – Dendrogramme des départements français

que dans le cas inverse, les SAMU tendent à gérer a priori une pénurie potentielle et donc être plus prudent sur les engagements de moyens. Néanmoins, sans informations contextuelles supplémentaires et détaillées à propos de l'activité du soin d'urgences dans ces départements, il est difficile de conclure sur la cause de ces différences.

Le groupe suivant contient la Seine-Saint-Denis, les Hauts-de-Seine et le Val-de-Marne, qui sont tout les trois des départements d'Île-de-France et se caractérisent par leur forte densité et leur population plutôt jeune.

Enfin, on distingue au cinquième niveau deux groupes. Le premier comporte 18 départements : Seine-et-Marne, Val-d'Oise, Isère, Oise, Charente-Maritime, Var, Hérault, Bas-Rhin, Alpes-Maritimes, Pyrénées Atlantique, Haute-Garonne, Doubs, Loire-Atlantique, Gironde, Yvelines, Essonne, Rhône, Moselle et Seine-Maritime. Ces départements soit se situent en Île de France, soit on constate la présence d'une grande ville dans le département (Nantes, La Rochelle, Bordeaux, Toulouse, Montpellier, Nice, Toulon, Grenoble, Lyon, Besançon, Strasbourg, Metz, Le Havre). Ce groupe est représenté en jaune comme le cluster C2 sur la carte de la figure 2.4. Tous les autres départements sont représentés en vert par le cluster C1. Ils correspondent à des départements qui pourraient être qualifiés de plus ruraux.

En conclusion, on constate en France trois grands types de SAMU : les SAMU plutôt ruraux, les SAMU avec la présence d'une grande ville et les SAMU d'Île-de-France. On note aussi quelques cas particuliers comme Le Nord, Le Pas-de-Calais, les Bouches-du-Rhône et la Corse-du-Sud. Ces différences s'expliquent notamment, mais pas seulement, par des volumétries d'appels par habitants très disparates impliquant une hétérogénéité des pratiques.

## 2.3 Les verrous scientifiques

L'état de l'art réalisé dans la section 1 démontre que l'emphase a été principalement mise sur la partie aval de l'organisation alors même que des problèmes critiques ont été démontrés sur la partie amont. Il y a donc un manque évident dans la littérature de solutions concrètes permettant d'adresser la problématique métier discutée précédemment.

Des verrous scientifiques doivent donc être levés pour être en mesure d'évaluer l'impact des types d'organisation sur les performances des centres d'appels. Il n'est pas encore aisé aujourd'hui de statuer de manière objective sur la prédominance d'un modèle par rapport à un autre. Il est donc nécessaire d'apporter des éclairages sur l'effet des organisations sur les indicateurs de performance des centres d'appels.

Afin d'être en mesure d'évaluer ces organisations sur la base de faits objectivés, il est nécessaire d'aborder prioritairement la question de l'accessibilité des données ; ce qui, aujourd'hui dans le domaine de la santé, n'est pas évident. En effet, les systèmes d'information en santé sont souvent limités et pas toujours à jour. Cela rend l'accès à la donnée complexe. Avec la modernisation récente des systèmes de santé et l'accès

Nombre de sorties terrestres primaires et secondaires en fonction du nombre d'ambulances et de véhicules légers

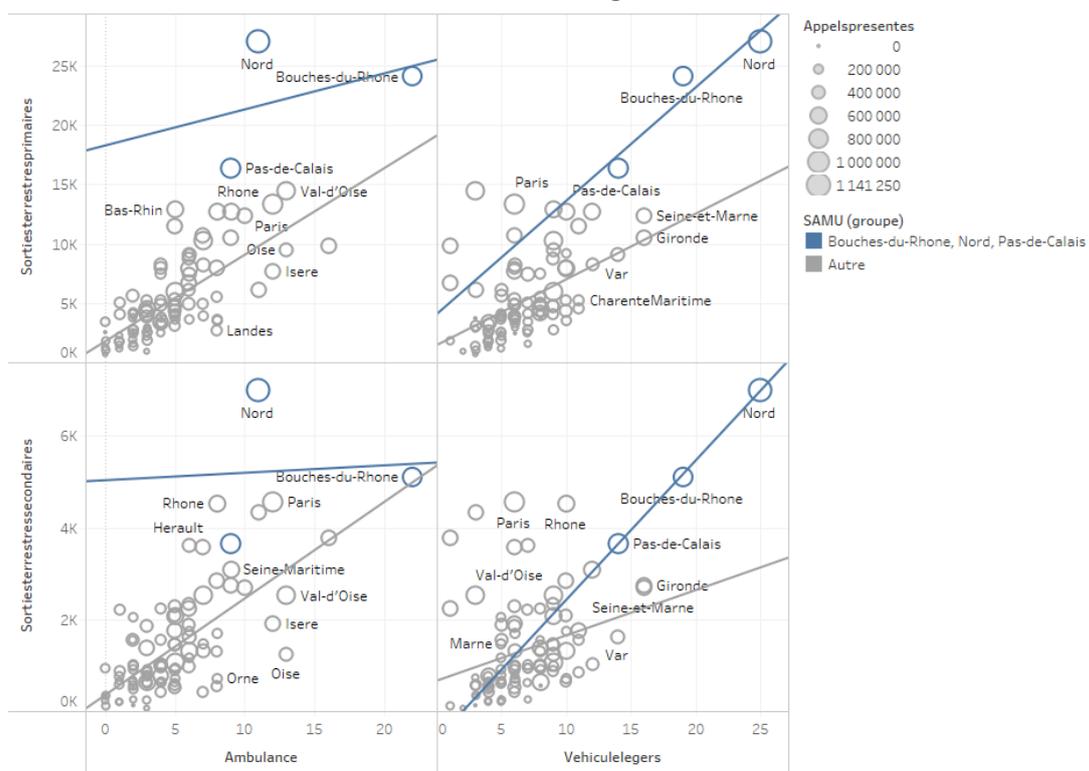


Figure 2.6 – Nombre d'interventions en fonction du nombre de moyens

**Tableau 2.2** – Tableau récapitulatif des données pour les Bouches-du-Rhône, le Nord et le Pas-de-Calais comparé à la moyenne nationale

	<b>Bouche du Rhône</b>	<b>Nord</b>	<b>Pas-de-Calais</b>	<i><b>Moyenne nationale</b></i>
SMUR général	6	1	7	<b>4</b>
Antenne SMUR	7	-	-	<b>1</b>
Population	2 000 000	2 600 000	1 470 000	<b>669 800</b>
Part des 75ans	10 %	7 %	8 %	<b>10 %</b>
Superficie	5 087	5 743	6 671	<b>5 674</b>
Densité	396	454	221	<b>565</b>
Ambulance	22	11	9	<b>5</b>
Véhicule léger	19	25	14	<b>7</b>
Sorties terrestres primaires	24 124	27 080	16 397	<b>5 758</b>
Appelsprésentes	786 191	1 141 250	907 616	<b>296 664</b>
DR	540 796	449 947	386 661	<b>159 538</b>
DRM	343 051	342 475	209 709	<b>124 067</b>
MR heures hebdo moy	504	861	1 347	<b>379</b>
ARM heures hebdo moy	1 176	1 653	1 623	<b>625</b>
MG	2 160	2 315	1 191	<b>536</b>
Appels/hab	0,39	0,44	0,62	<b>0,50</b>
MGpour100000hab	107	89	81	<b>80</b>

aux données qui l’accompagne, de nouvelles opportunités apparaissent. L’analyse des données doit permettre de mieux comprendre le fonctionnement des organisations de santé d’une part, et les résultats de ces analyses doivent permettre de créer de la connaissance, de modéliser les systèmes de santé pour les challenger, les éprouver et enfin les améliorer d’autre part.

Le fait d’être capable de reproduire le comportement des centres d’appels à l’aide de doubles numériques par exemple devrait permettre de faciliter de telles démarches de progrès permanent. Ce genre d’environnement virtuel est en effet un atout majeur dans le développement de nouvelles manières de fonctionner car il ne présente aucun risque pour les usagers, au contraire d’une expérimentation terrain.

La littérature met par ailleurs en évidence que le niveau de détail dans la modélisation des centres d’appels d’urgence se limite le plus souvent à la prise en compte des appels entrants uniquement. Les appels sortants ou les appels internes ne sont que rarement pris en compte, ce qui peut influencer sur la précision des modèles par rapport au monde réel.

L’intégration de nouveaux outils d’analyse, d’optimisation et de pilotage des organisations des systèmes de gestion des appels d’urgence apparaît donc comme une évidence qu’il convient d’accompagner. Le présent travail de recherche ambitionne d’apporter sa contribution à cet objectif.

## 2.4 Formulation de la question de recherche

Aussi, sur la base des éléments précédents, il est possible de formuler la question de recherche générale de nos travaux de thèse comme suit :

Comment structurer et outiller une démarche de progrès permanent des centres d'appels d'urgence ?

Cette question de recherche peut se décomposer en 3 sous-questions correspondants aux 3 contributions qui seront développées dans la suite de ce manuscrit :

Quelle méthodologie et quels outils peut-on proposer pour diagnostiquer et améliorer le fonctionnement d'un centre d'appels d'urgence ?

Un premier constat lors de l'étude des modèles de centres d'appels et de gestion de l'urgence à travers le monde est qu'ils sont fortement hétérogènes. Les études qui visent à objectiver leur fonctionnement en vue d'améliorer leurs performances sont bien souvent applicables à un seul type de centre d'appels. En effet, les données utilisées pour la modélisation proviennent bien souvent d'un seul et unique site. De ce fait, les analyses et propositions sont difficilement généralisables. Toutefois, même si les différences sont nombreuses, il est possible d'identifier des caractéristiques qui légitiment la tentative d'un classement des modèles organisationnels de gestion de l'urgence.

En considérant la diversité de fonctionnement des SAMU, ainsi que leur besoin d'avoir une analyse fine et objective de leur activité, nous proposons donc dans la suite un cadre méthodologique outillé pour l'analyse, le diagnostic et l'amélioration des centres d'appels. L'intérêt de ce cadre est qu'il suggère de partir des données terrains afin de créer un double numérique le plus fidèle possible à la réalité. Ce cadre comprend une démarche complète allant de la récupération des données, leur nettoyage, jusqu'au test de nouvelles organisations en passant par la création et la validation du modèle. Un bénéfice majeur, et nous y reviendrons plus tard en détail, est qu'il permet de prendre en compte tous les appels pris en charge par les centres d'appels (et pas seulement ceux entrants) et donc de refléter au mieux les contraintes du monde réel.

Quelle influence ont les organisations en place dans les centres d'appels d'urgence vis-à-vis de leur niveau de performance ?

Une contribution scientifique du présent travail de recherche concerne l'analyse des données de téléphonie des centres d'appels. En effet, la compréhension des registres de données de téléphonie ainsi que l'identification des différentes activités est fondamentale pour les gestionnaires des centres d'appels. Le traitement de ces données est un atout essentiel qui permet de comprendre objectivement quelles sont les étapes qui conduisent à de potentiels dysfonctionnements. L'utilisation d'outils

issus du *Data-Mining* et du *Process Mining* permet ainsi de fournir une image objective des processus de l'organisation. Cela permet également de faire une analyse objective des performances du centre d'appels sur la période étudiée. L'avantage par rapport à une étude de données agrégées telle qu'existant classiquement dans la littérature est qu'il est possible d'extraire les indicateurs de performances sur des créneaux de la longueur que l'on souhaite afin d'augmenter le niveau de précision de l'étude. Cela permet notamment d'étudier les relations existantes entre le nombre d'appels, la qualité de service et le taux d'occupation des agents sur des fenêtres de temps plus étroites que celles de la journée entière. L'étude des données de téléphonie rend possible l'extraction du profil des appels, de la durée de session de ceux-ci ainsi que des répartitions des types d'appels au sein d'une journée. Toutes ces informations sont aussi utilisées pour paramétrer le double numérique du SAMU et contribuent à le rendre le plus fidèle possible.

Quels schémas organisationnels préconiser pour des centres d'appels d'urgence en situation nominale et en situation de crise ?

Une fois le double numérique paramétré nous proposons de l'utiliser pour répondre à la question « comment améliorer les performances des SAMU en régime nominal ainsi qu'en réponse à une augmentation significative des appels lors d'une crise sanitaire ? » Des préconisations originales de gestion des files d'attente constituent une contribution essentielle de ce travail de recherche. Nous proposons également de tester l'impact de l'ajout d'un système de triage des appels comme on peut le trouver dans les accueils des urgences physiques des hôpitaux.