



**THESE DE DOCTORAT
DE L'UNIVERSITE DE PARIS X NANTERRE**

Présentée par

Monsieur Karim TAZAROURTE

Pour obtenir le grade de

**Docteur en géographie de la santé de l'Université Paris Ouest-
Nanterre La Défense**

Sujet de la thèse :

**Espace francilien et organisation des urgences vitales
préhospitalières : les traumatismes crâniens graves pris en charge par
les SAMU**

Thèse présentée et soutenue publiquement à Nanterre le 19 Décembre 2012 devant le jury
composé de :

Bruno RIOU	Professeur des Universités Paris 5	Président
Gérard SALEM	Professeur des Universités Paris 10	Directeur de Thèse
Jeanne-Marie AMAT-ROSE	Professeur des Universités Paris 12	Rapporteur
Jacques DURANTEAU	Professeur des Universités Paris 11	Rapporteur
Yves AUROY	Professeur Agrégé Val de Grâce	Examineur
Stéphane RICAN	Maître de conférences Paris 10	Examineur

Laboratoire Espace Santé & Territoire
Ecole Doctorale Milieux, Cultures et Sociétés du Passé et du Présent
Université Paris X Nanterre
200, Avenue de la République, 92001 NANTERRE Cedex

Résumé (Français)

La prise en charge des urgences vitales préhospitalières en France, est du ressort des SMUR sous l'autorité des SAMU, seuls responsables de l'organisation des soins, du lieu de survenue jusqu'à l'hôpital. L'accessibilité de la population aux équipes médicales des SMUR n'avait jamais été évaluée. Au travers de l'analyse prospective d'une cohorte de 500 patients traumatisés crâniens graves, pris en charge par les SAMU/SMUR en Ile de France, l'apport d'outils SIG a permis d'identifier les caractéristiques d'accessibilité et de disponibilité de l'organisation territoriale des SMUR franciliens. Des territoires ont été identifiés potentiellement à risque, en raison d'une accessibilité des moyens SMUR supérieure à 30 minutes. Cependant, le critère d'accessibilité pris isolément, masque de fortes inégalités dans l'organisation territoriale des SMUR. La disponibilité d'un SMUR est un critère essentiel, rarement évalué. La prise en charge du traumatisme crânien grave illustre parfaitement la situation. La réflexion géographique et l'utilisation des outils SIG permettent de pouvoir évaluer et visualiser objectivement les atouts et faiblesses de l'organisation territoriale d'un système de santé et de proposer des modèles d'organisation pertinents.

Titre en Anglais

Access to prehospital mobile medical team in Paris area.

Abstract

In France, the prehospital life threatening emergency are managed by mobile medical team (MMT) and an medical dispatcher service called SAMU. Access to medical mobile team, is a strong criterion but never has been estimated. Throughout a Paris regional study, who concerned five hundred severe traumatic head injury managed during two years by MMT, we perform, with tools GIS , an assessment of accessibility and availability to MMT in Paris area. We concluded that the SAMU organization made strong disparity in the area coverage.

Mots clés

SAMU-Ile de France-Accessibilité-disponibilité-traumatisme crânien grave-préhospitalier

Key words

Mobile medical team, Paris area, Access to, disponibility, traumatic brain injury-prehospital

Remerciements

Je remercie G Salem qui a bien voulu diriger ce travail, avec une infinie patience. Merci aussi de m'avoir accepté dans votre équipe. Stéphane, tu as toujours été disponible et à l'écoute, je t'en remercie.

A Bruno Riou, pour avoir accepté de présider ce jury. Merci de ton soutien.

A Jacques Duranteau, pour notre amitié. Merci d'avoir été présent pour cette thèse.

Au Pr Amat-Rose, pour votre bienveillance et vos encouragements. Merci d'avoir accepté d'être présente pour cette thèse

Yves... sans toi, je n'en serais pas là. Le DEA et maintenant la thèse et tout ce que tu m'as appris durant nos séances de travail. J'ai une profonde affection et admiration pour toi. Et ne rougis pas !

Mon hémisphère cérébral gauche pour la géographie: Jean François Cornu... Un mentor, un sparring-partner, un ami.....mon futur thésard. Ce travail te doit énormément. Merci JF.. et merci Yaréli et Emilien de votre patience.

Et l'autre hémisphère c'est Bernard Vigué. AVK, Géo, TCG,... l'amitié depuis plus de 15 ans.

Je dois tout à ce que j'ai de plus précieux : ma famille. Ma femme Véronique, qui depuis trois années, a été partie prenante de cette thèse, lectrice exigeante. Promis ma chérie je ne prends plus l'ordinateur en vacances, enfin un peu quand même, non ? Matthieu, Amélie, Agathe, Philippine et Charline. Je suis fier de vous et je vous aime. Mes parents..Merci.! Ma petite sœur, qui le restera pour l'éternité et mamie qui vient toujours me voir quand il le faut.

Le SAMU 77... C'est aussi leur thèse. Laurent Goix, Eric Césaréo, Berto et Stéphanie, et Gab qui ont relu avec pertinence, Thibaut, et la Tomate, Gonzagues et Valérie Briffaud.. Et toute l'équipe qui a accepté mes absences. Merci aussi Mehran et David dit tripate. Et mes secrétaires ...Nathalie, Isabelle et Audrey. C'est grâce à vous tous que j'ai pu me consacrer à cette thèse. Merci du fond du cœur, je suis très très fier de vous tous. Merci Benoit V d'avoir relu à la dernière minute la thèse.

Bicêtre : ma deuxième maison. PEL, Gâelle, Christian, Catherine, ça fait tellement longtemps..Sammy et Anatole ! merci du soutien moral et technique. Merci Dan de m'avoir toujours encouragé. Merci Paul Z pour nos discussions. Percy est ma troisième maison...

Olivier Kleitz, c'est toi un jour qui m'a dit... va voir la géo de la santé.. c'est porteur.. merci mon pote. Merci Idir pour ta disponibilité constante et amicale dès que j'avais un problème de stats.. Fred Lapostolle et Fred Adnet, notre amitié m'est précieuse. Merci de votre soutien.

Enfin je dois à l'IGN d'avoir pu bénéficier d'une licence de recherche

Table des matières

Remerciements	3
Table des matières	4
Glossaire.....	8
1 Introduction	10
2 L'organisation de la prise en charge des urgences vitales	15
2.1 Les traumatismes graves : implications historiques et socio-économiques.....	15
2.2 Le modèle anglo-saxon.....	18
2.2.1 Traumatisme pénétrant : réalité ou mythe ?.....	18
2.2.2 La «golden hour» : accès à l'hôpital ou accès aux soins en moins d'une heure ?.....	19
2.2.3 Les «paramedics» : limites et difficultés de leur action en préhospitalier.....	20
2.2.4 La difficulté de l'accès aux soins urgents en zone rurale	20
2.2.5 Les hôpitaux en réseau : la problématique d'accès aux soins urgents ?.....	21
2.2.6 Les «trauma centers».....	21
2.2.7 Le «trauma system» : un réseau intégré ?.....	23
2.2.8 Les limites du «trauma system» aux Etats-Unis.....	23
2.2.9 Hôpital d'accueil : l'orientation initiale détermine le pronostic	23
2.2.10 Le triage préhospitalier et les erreurs d'orientation : les «paramedics» en cause ?	24
2.3 Le modèle français.....	25
2.3.1 Le système préhospitalier français.....	26
2.3.1.1 La régulation médicale du SAMU	27
2.3.1.2 Le SAMU : une organisation départementale	28
2.3.1.3 Le SMUR : les équipes médicales préhospitalières ou UMH	29
2.3.1.4 SAMU et SMUR : une autorité fonctionnelle mais pas administrative.....	29
2.3.1.5 Les SMUR : une sectorisation administrative imposée et jamais évaluée	30
2.3.2 Le système hospitalier français	30
2.3.2.1 Le SAMU comme porte d'entrée du système hospitalier : filières plutôt que réseaux.....	31
2.4 Les particularités de Ile de France : une offre de soins abondante, une organisation laborieuse	31
2.4.1 La région ile de France : territoire et organisation.....	32
2.4.1.1 L'occupation du sol.....	32
2.4.1.1.1 Définition des zones urbaines et rurales	32
2.4.1.2 Le réseau routier	34
2.4.1.3 Le trafic routier.....	34
2.4.1.4 Le territoire et sa population.....	35
2.4.1.4.1 La répartition des seniors au sein de la région	37
2.4.1.5 Evolution dynamique des habitants à l'échelle d'une commune.....	37
2.4.1.5.1 Projections de la population francilienne à l'horizon 2030	38
2.4.2 Les 8 SAMU de la région : une organisation en cours d'évolution.....	39
2.4.2.1 Des outils d'aide à la recherche d'un accueil hospitalier	39
2.4.3 Les SMUR de la région Ile de France	40
2.4.3.1 Des secteurs SMUR très hétérogènes en superficie et population	40
2.4.3.2 Des moyens médicaux différents selon les SMUR.....	42
2.4.3.3 Le cas particulier des ambulances de réanimation de la brigade des pompiers de Paris	44
2.4.3.4 Une délimitation des secteurs entre SMUR et ambulance de réanimation des sapeurs pompiers inexistante à Paris.....	44

2.4.4	Un réseau hospitalier spécialisé centralisé	44
2.4.4.1	Les hôpitaux impliqués dans la prise en charge des urgences vitales	45
2.4.4.2	Les "trauma center" à la française	45
2.4.4.3	La neurochirurgie en Ile de France : le principe de la grande garde	47
2.5	Les données d'activité des SAMU-SMUR franciliens	47
2.5.1	SAMU et activité.....	47
2.5.2	SMUR et activité.....	48
3	Le traumatisme crânien grave : marqueur de qualité d'un système de soins	51
3.1	Epidémiologie	51
3.2	Une morbi-mortalité importante, des études méthodologiquement imparfaites.....	52
3.3	Des recommandations de prise en charge à haut niveau de preuve	53
3.3.1	L'importance de la réanimation préhospitalière.....	53
3.3.2	Le pronostic dépend de l'accueil en centre spécialisé	54
3.4	Des recommandations peu ou pas assez suivies	55
3.5	L'absence d'études prospectives sur un large territoire	56
3.6	Données thématiques du PHRC Ile de France	56
3.6.1	Contexte et description.....	56
3.6.2	Description des variables	58
3.6.2.1	Variables géographiques	58
2.1.1.1	Variables temporelles.....	58
3.6.2.2	Variables organisationnelles.....	58
3.6.2.3	Variables de prise en charge médicale préhospitalière.....	59
3.6.2.4	Variables pronostic.....	59
3.7	Résultats du PHRC : la géographie de la prise en charge des TCG	59
3.7.1	Variables étudiées et méthodes d'analyse	59
3.7.2	Résultats généraux et pronostic.....	61
3.7.3	Géographie de la survenue des TCG	61
3.7.4	Géographie de la prise charge des TCG.....	63
3.7.4.1	La prise en charge médicale sur le terrain.....	64
3.7.4.2	Les délais	65
3.7.4.3	Les trajectoires des TCG dans la filière de soins aigus.....	66
3.7.5	Discussion des résultats et mise en perspective des aspects géographiques.....	66
4	Accessibilité de la population francilienne à la ressource des SMUR	68
4.1	Accessibilité : Définition et concepts.....	68
4.1.1	L'accessibilité géographique («accessibility»).....	68
4.1.2	La disponibilité («availability»).....	69
4.1.3	L'abordabilité financière («affordability»)	69
4.1.4	La commodité («accomodation»)	69
4.1.5	L'acceptabilité («acceptability») ai-je envie d'y aller ?	70
4.1.6	La problématique de l'urgence vitale.....	70
4.2	Comment évaluer l'accessibilité ? Etat de l'art	70
4.2.1	Représentation des unités	71
4.2.1.1	La nécessaire prise en compte des biais.....	72
4.2.1.2	Centroïde géographique ou centroïde pondéré ?	72
4.2.2	Unités de mesure de l'accessibilité spatiale.....	74
4.2.2.1	Les distances.....	74
4.2.2.1.1	Distance euclidienne.....	74
4.2.2.1.2	Distance Manahattan	74

4.2.2.1.3	Distance Minkowski	75
4.2.2.1.4	Distance réseau	75
4.2.2.1.4.1	Base de données BD Route 500	75
4.2.2.1.4.2	Base de données BD TOPO	76
4.2.2.2	Le temps de trajet plutôt que des distances : «la vraie vie» !	76
4.2.2.2.1	Comment estimer les vitesses ?	77
4.2.2.2.2	Vitesses estimées par les usagers ou «décrétées» par les investigateurs ?	77
4.2.2.3	Comment évaluer les vitesses des ambulances ?	78
4.3	Accessibilité géographique des SMUR en Ile de France	79
4.3.1	Evaluation du temps de trajet : les vitesses estimées par des ambulanciers SMUR	79
4.3.1.1	Résultats et comparaison des vitesses estimées	80
4.3.2	Méthodes utilisées pour le calcul de l'accessibilité géographique	83
4.3.3	Evaluation de corrélation de notre modèle théorique avec les délais observés de la cohorte régionale de TCG	84
4.3.4	Accessibilité géographique théorique en fonction de la sectorisation administrative des SMUR : résultats	84
4.3.4.1	Accessibilité du SMUR de secteur de Jour avec trafic routier dense (rush)	85
4.3.4.2	Accessibilité du SMUR de secteur en scénario de Jour et scénario Nuit	90
4.4	Discussion	91
4.4.1	Estimation des vitesses par les ambulanciers : limites et intérêts	91
4.4.2	Corrélation avec les délais observés : validité de notre modèle ?	92
4.4.3	Accessibilité et méthode choisie : limites et intérêts	93
4.4.4	Territoires, population et accessibilité aux SMUR	94
4.5	Conclusion	95
5	Disponibilité des SMUR : Etude et résultats en Ile de France	96
5.1	La surcharge d'activité : une cause majeure d'indisponibilité et un risque de perte de chance pour le patient	97
5.2	La description de l'activité des SMUR ne se résume pas à un nombre brut d'interventions	98
5.2.1	Le ratio activité primaire/100000 habitants pour chaque secteur SMUR	98
5.2.2	Ratio activité par UMH pour chaque secteur SMUR	101
5.2.3	Ratio proxy d'activité par UMH pour chaque secteur SMUR	102
5.2.3.1	Le ratio population par nombre d'UMH	102
5.2.3.2	Le ratio population de plus de 65 ans par nombre d'UMH	104
5.2.3.3	Le ratio superficie par nombre d'UMH	105
5.2.3.4	Le ratio kilomètres de route par nombre d'UMH	106
5.2.4	Modélisation et prédiction de l'activité des secteurs SMUR (par an)	107
5.2.5	Taux d'occupation par secteur SMUR : les contraintes de temps liées à l'activité	109
5.2.5.1	Accessibilité géographique moyenne par secteur SMUR	109
5.2.5.2	Nombre de sorties maximal et théorique (en 24 h) par secteur SMUR	110
5.2.5.3	Taux d'occupation des UMH par 24 h et par secteur SMUR	111
5.3	Impact de L'activité sur la disponibilité des SMUR	112
5.3.1	Indicateurs d'indisponibilité d'un SMUR : validation sur la cohorte des TCG	112
5.3.2	Le taux d'occupation prédit mal l'indisponibilité ?	115
5.3.3	Le ratio population/UMH prédit le risque d'indisponibilité	115
5.4	Discussion	115
5.4.1	L'activité des SMUR : un indicateur de charge de travail	115
5.4.2	Le nombre d'intervention SMUR pour 100000 habitants est un marqueur organisationnel probable	117

5.4.3	Prédire l'activité est un enjeu majeur pour organiser un système	118
5.4.4	Le taux d'occupation d'une UMH, un indicateur d'avenir	118
5.4.5	Le ratio population/UMH est pertinent pour estimer la disponibilité d'un SMUR	119
5.5	Conclusion	120
6	Optimiser l'organisation territoriale des SMUR	122
6.1	Optimiser l'organisation des soins urgents : une réflexion nécessaire	122
6.1.1	Les indicateurs de l'organisation actuelle des secteurs SMUR : l'accessibilité moyenne et les ratios	123
6.2	Scénarios de simulation pour optimiser l'organisation des secteurs SMUR	124
6.2.1	Optimisation par l'accessibilité : le temps de trajet le plus court	124
6.2.2	Optimisation par la disponibilité : le ratio population/UMH	127
6.2.3	Optimisation mixte par accessibilité et disponibilité	130
6.2.4	Comparaison des simulations d'optimisation par accessibilité et disponibilité avec le modèle administratif.....	131
6.3	Discussion	132
7	Conclusion	135
	Table des annexes.....	136
	Table des figures	137
	Liste des tableaux.....	138
	Table des cartes	139
	Bibliographie	140

Glossaire

Accessibilité géographique : Définit l'éloignement d'une structure d'offre à une demande

Accessibilité spatiale : accessibilité géographique et disponibilité : Association de l'accessibilité géographique à la disponibilité d'une structure d'offre

AIS : Abbreviated Injury Scale

ALS : Advanced Life Support

APHP : Assistance Publique des Hôpitaux de Paris

ARM : Assistant de Régulation Médicale au SAMU

ARS : Agence Régionale d'Hospitalisation

ATLS : Advanced Trauma Life Support

AVP : Accident de la Voie Publique

BSPP : Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris

CRAMIF : Caisse Régionale d'Assurance Maladie

ETCO₂ : End Tidal CO₂ = fraction expirée de gaz carbonique

Fibrinolyse préhospitalière : injection d'un produit lysant le caillot qui a occlus une artère coronaire responsable d'un infarctus du myocarde.

GCS (Glasgow Coma Score) : Echelle d'évaluation neurologique de l'état de conscience cotée de 3 à 15 avec trois scores de réponse, verbal, oculaire et motrice.

GOSE (Glasgow Outcome Scale Extended) : Echelle de devenir neurologique

Hémostase : se dit d'une action chirurgicale, radiologique ou secouriste visant à arrêter le saignement d'une lésion d'un organe ou tissu.

IGN : Institut Géographique National

ISS : Injury Severity Scale

Mydriase : pupille dilatée

PaO₂ : Pression artérielle en oxygène

Paramedics : professionnels des secours préhospitaliers des systèmes non médicalisés sans grades équivalents en France

PHRC : Projet Hospitalier de Recherche Clinique

SCA ST + : Syndrome Coronarien Aigu avec élévation du segment ST

SCA : Syndrome Coronarien Aigu

Score de Marshall : score de classification des lésions intracrâniennes observées par scanner

SIG : Système d'Information Géographique

SMUR : Structure Mobile d'Urgence et de Réanimation.

SpO2 : Saturation percutanée en oxygène

SU : Structure d'Urgence

Trauma center : Nom anglo-saxon attribué aux hôpitaux habilités à recevoir des patients victimes de traumatismes

Trauma system : organisation en réseau des «trauma center»

UMH : Unité Mobile Hospitalière composé réglementairement d'un médecin spécialisé en médecine d'urgence, d'un personnel infirmier et d'un conducteur ambulancier

1 Introduction

Les traumatismes graves représentent, avec les maladies cardio et cérébro-vasculaires, les principales causes de décès dans les pays développés. Les projections épidémiologiques pour 2020 de la Harvard School of Public Health (Etats-Unis), basées sur des modèles prenant en compte le vieillissement de la population et l'accès à de nouvelles ressources économiques pour les pays émergents, prévoient une augmentation significative de la mortalité due à ces pathologies¹.

Les traumatismes graves sont, depuis 20 ans, un enjeu de santé publique dans les pays industrialisés, où ils représentent la première cause de décès des moins de 30 ans et une des principales causes de handicap coûtant cher à la société². Les accidents de la voie publique (AVP) et les homicides sont les causes les plus fréquemment incriminées chez les jeunes. Depuis une décennie, les traumatismes graves concernent également de plus en plus les personnes âgées victimes le plus souvent de chutes de leur hauteur. Un traumatisme est qualifié de grave lorsqu'il existe au moins une atteinte d'une zone corporelle pouvant mettre en jeu le pronostic vital ou fonctionnel. Plus des ¾ des traumatismes graves impliquent un traumatisme crânien qualifié de grave (TCG) lorsque le score de Glasgow est inférieur à 9^{3,4,5}.

Dans le registre national américain (National Trauma Data Bank), incluant 68000 patients victimes d'un traumatisme grave, dont 85% de traumatismes fermés, 60% des décès étaient liés à un TCG et survenaient dans les 24 premières heures suivant le traumatisme. Dans ce registre le nombre de TCG, particulièrement chez les sujets âgés, avait triplé en l'espace de 10 ans. Les TCG sont, de fait, un problème de santé publique majeur, tant par la fréquence de survenue et la gravité des conséquences, que par les coûts induits qu'ils entraînent. Les séquelles cognitives lourdes et peu apparentes font évoquer le terme «d'épidémie silencieuse», en raison du poids financier et humain qu'elles infligent à la société⁶. En effet, si les TCG sont une des premières causes de décès précoces, ils sont également responsables d'un pronostic fonctionnel très lourd à prendre en charge pour la société et souvent dramatique au plan personnel.

Depuis une vingtaine d'année, des recommandations professionnelles internationales pour la prise en charge des TCG sont proposées et actualisées⁷. L'édition française de ces recommandations date de 1999⁸. Il a été démontré que leur application réduisait la mortalité. Dans l'étude de Fakhry et al., l'analyse de la mortalité avant (1995-1996) puis après (1998-2000) l'implantation des recommandations en préhospitalier, montrait, avec un taux de respect des recommandations de 88%, une baisse de la mortalité non significative de 20% (17,8 vs 13,8% ns) mais une amélioration du pronostic neurologique (40 vs 50% de «bon» devenir $p < 0,01$)⁹. Ces recommandations sont simples et précises. Elles préconisent des critères stricts de prise en charge médicale préhospitalière, une admission directe en centre spécialisé disposant de ressources neurochirurgicales et une prise en charge

intra-hospitalière codifiée. De fait, les principes de prise en charge des TCG résument la problématique d'un système de soins : rapidité d'accès aux soins pré et intra-hospitalier, organisation de trajectoires directes et performance des équipes de soins évaluée sur un référentiel.

Il existe des études épidémiologiques issues de registres régionaux ou nationaux, voire de simples cohortes observationnelles. Ces études sont anglo-saxonnes pour leur majorité. Une méta-analyse exhaustive avait recensé en 2010 la totalité des études indexées entre 1975 et 2009 dans les bases de données Pubmed et Medline et ayant inclus chacune au moins 70 TCG. Selon ces critères, les auteurs avaient retenu 70 études des Etats-Unis, 65 des pays occidentaux incluant le Canada et l'Australie (une seule française) et 19 des pays dits émergents¹⁰. Moins d'une dizaine d'études concernaient un système préhospitalier où des médecins pouvaient intervenir. La totalité des études était observationnelle et rarement issues de registres. Il existait quelques registres concernant une ou plusieurs régions. Par exemple le registre des TCG de l'Etat de New York avait inclus 3125 TCG en 9 ans (2000-2009) et avait étudié la mortalité avec toutefois des résultats difficiles à transposer en France car l'échelon préhospitalier du système de soins urgent est trop différent¹¹. Souvent dans ces études les patients les plus graves et/ou décédés en cours de transport n'étaient pas pris en compte. Très peu de ces registres ont analysé les lieux de survenue des TCG ou les différences géographiques de prise en charge. Dans l'étude de Rochette et al. qui analysait l'ensemble des TCG secondaires à un accident de la voie publique dans l'Ohio, les différents mécanismes lésionnels (piétons, cyclistes, passagers..) étaient notés mais pas la localisation précise des lieux de survenue en dehors d'une segmentation non explicite entre ville et milieu rural¹².

Il n'y a que très peu d'études épidémiologiques descriptives françaises. La seule étude épidémiologique à l'échelle d'une région concernant les TC a été réalisée en Aquitaine il y a 30 ans, et le lieu de survenue, ainsi que l'organisation spatiale de la prise en charge des TC, n'étaient pas pris en compte dans l'analyse. Deux études monocentriques, (banlieue parisienne et Pays de Loire), avaient évalué en 1998 et 2004 la prise en charge des TCG par les SMUR^{13,14}. Il en ressortait que les recommandations n'étaient pas respectées et qu'un quart des TCG n'était pas admis en centres spécialisés. Toutefois, aucune de ces études ne permettait d'appréhender la réalité spatiale de survenue et de prise en charge des TCG. Un Projet Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC) portant sur la description d'une cohorte prospective de TCG en Ile de France pour laquelle l'auteur de la thèse a été responsable du volet préhospitalier, a été réalisé entre 2005 et 2007. Le but de ce PHRC était, entre autres, d'évaluer l'épidémiologie et la prise en charge médicale des TCG. Toutefois, ce PHRC ne s'intéressait qu'aux déterminants épidémiologiques classiques des TCG sans intégrer les réalités géographique et spatiale de l'épidémiologie et de l'organisation de la prise en charge du TCG.

La capacité d'un système de soins à prendre en charge les complications aiguës des pathologies médicales ou traumatiques est un enjeu essentiel de santé publique. Cette capacité dépend d'un certain nombre de critères géographiques et spatiaux. Il est démontré que les délais d'accès aux soins sont un facteur pronostic majeur. Dans une étude Nord-Américaine incluant pendant 6 ans (2002-2008), plus de 5000 patients victimes d'un syndrome coronarien aigu, la mortalité à 1 an était respectivement de 15,4%, 23,3%, 28,1% et 30,8 % selon que ceux-ci bénéficiaient d'une désobstruction coronaire dans les 60 minutes, 120 minutes, 180 minutes ou 360 minutes suivant l'appel du patient aux services de secours¹⁵. La mise en place d'un système de soins préhospitalier capable, soit d'administrer sur les lieux un traitement salvateur, soit de réaliser un diagnostic permettant d'orienter rapidement le patient vers l'hôpital le plus adapté à son état, est un élément crucial du gain pronostic¹⁶. L'importance d'un système de soins capable de prendre en charge, dès la phase préhospitalière, les patients en situation de détresse vitale a également été démontré pour les pathologies respiratoires, les accidents vasculaires cérébraux, les arrêts cardiaques et les traumatismes graves^{17,18,19,20}.

Le délai d'accès aux soins pour une détresse vitale conditionne l'organisation des systèmes de soins dans le monde. Il faut comprendre par délai d'accès aux soins, le délai pour lequel le patient reçoit un traitement adapté, et curatif, de sa pathologie. Dans le cadre de l'urgence vitale, il faut considérer le délai entre le moment de l'alerte à la délivrance des soins conservatoires et/ou salvateurs que ceux-ci puissent être réalisés en pré et/ou en intrahospitalier. Il existe deux grands types de système de soins pour l'urgence vitale dans le monde. Le système dit «anglo-saxon» où la prise en charge préhospitalière est assurée par des secouristes («paramedics») avec pour unique objectif l'évacuation du patient le plus rapidement possible vers l'hôpital le plus proche. Les gestes de réanimation seront le plus souvent réalisés à l'hôpital. Le système dit «français» repose sur l'envoi d'équipes médicales (Unité Mobile Hospitalière – UMH) en préhospitalier pour évaluer la gravité, poser un diagnostic, entreprendre les gestes de réanimation et les thérapeutiques nécessaires et acheminer le patient vers un hôpital adapté et disponible qui ne sera pas forcément le plus proche. On peut de manière simplifiée, en excluant les hémorragies massives, résumer l'accès aux soins initiaux pour une urgence vitale, au délai d'arrivée à l'hôpital compétent dans le système «anglo-saxon» et au délai d'arrivée d'une UMH auprès du patient dans le système «français». Nous reviendrons en chapitre 2 sur les caractéristiques des deux systèmes.

L'accessibilité aux soins urgents est un enjeu de santé publique mais aucune base de données existante - y compris aux Etats-Unis - n'est suffisamment exhaustive pour permettre une approche territoriale précise de cette problématique. La nécessité de créer des modèles théoriques a été et reste la seule possibilité pour permettre une approche systémique du sujet. Des travaux Nord-Américains, dans le cadre d'un système de soins préhospitalier non médicalisé, ont cherché à estimer le délai d'accès théorique aux services d'urgence ou aux centres traumatologiques spécialisés les plus proches^{21,22,23}. Ces études ont

utilisé des outils de cartographie et de modélisation de vitesses de trajet pour évaluer des temps d'accès théoriques. L'étude de Carr et al. réalisée en 2008 aux Etats-Unis était consacrée aux délais d'accès théoriques de tout patient vers le service des urgences (SU) le plus proche de son domicile²¹. Les résultats montraient qu'un SU était à moins de 30 minutes et à moins de 60 minutes pour respectivement 71% et 98% de la population américaine, et qu'un SU universitaire de référence était à moins de 1 heure pour 44% de la population. Toutefois il existait des variations régionales très importantes avec dans certains Etats moins du tiers de la population à moins de 30 minutes d'un SU, 70% à moins de 60 minutes et un accès au SU universitaire à plus d'une heure pour l'ensemble de la population. La population des Etats ruraux était particulièrement concernée²¹. Branas et al. avaient réalisé en 2005 le même type d'étude consacrée cette fois à l'accessibilité aux centres traumatologiques spécialisés («trauma center») : 84% des Américains pouvaient être acheminés en moins d'une heure dans un «trauma center» mais, pour 16% d'entre eux, soit 46,7 millions d'individus, le «trauma center» le plus proche se trouvait à plus d'une heure de trajet. La possibilité d'un transport par hélicoptère concernait moins de 22% des patients²². Une étude canadienne similaire réalisée en 2010 montrait que 77% des canadiens étaient à moins de 60 minutes d'un «trauma center», le reste de la population demeurant à largement plus d'une heure de distance²³. Les populations des Etats ruraux étaient désignées comme à risque de perte de chance car éloignée de l'accès à la ressource de soins urgents. Cette perte de chance a été démontrée²⁴. Il a été également démontré que la proximité d'une ressource de soins induit son usage, y compris pour des soins spécialisés. Hsia et al. ont comparé, entre 1996 et 2010, l'admission en «trauma center» niveau 1 des patients dans l'Etat de Californie. Les patients, pris en charge par des paramedics, avaient plus de chance de bénéficier d'une hospitalisation en «trauma center» niveau 1 si celui-ci était localisé dans leur comté, et à moins de 16 kms du lieu de prise en charge²⁵. Dans cette étude, les patients situés à plus de 80 kms d'un «trauma center» avaient dix fois moins de chance d'y être admis. Ces travaux ont été pris en compte pour l'évaluation de l'organisation des soins aux Etats-Unis, et essayer de limiter l'impact des délais d'accès aux hôpitaux. En 2010, certains Etats ruraux ont décidé de pré-positionner des ambulances dans des zones d'habitations éloignées de l'hôpital, ou à risques particuliers. Cette organisation avait permis de réduire le temps d'arrivée de l'ambulance auprès du patient de 10,7 à 8,6 minutes, ce qui est peu significatif cliniquement et n'avait pas résolu l'absence de réalisation de gestes de réanimation sur le terrain et la difficulté d'acheminement à l'hôpital le mieux adapté²⁶.

En France, les UMH sont localisées au sein de Structures Mobile d'Urgence et de Réanimation (SMUR), elles mêmes basées au sein d'hôpitaux publics. Chaque SMUR est responsable de la couverture opérationnelle d'un certain nombre de communes et d'habitants. Cependant, la répartition des secteurs de SMUR a toujours été le fait d'une segmentation administrative jamais fondée sur une analyse précise des délais d'accès aux soins pour la population, encore moins de charge de travail attendue ou constatée. A titre d'exemple, en Seine et Marne, malgré une croissance démographique dans certaines communes de +10% en 10 ans, la sectorisation et les moyens alloués à chaque SMUR en

nombre d'UMH n'ont jamais été réévalués (données personnelles). Une seule étude française publiée s'était intéressée aux délais d'interventions d'un SMUR francilien sur son secteur pendant deux mois, en 2001, et objectivait, sur un collectif de 352 interventions, une hétérogénéité des délais sur certaines communes du secteur posant ainsi la question d'un redécoupage éventuel du secteur²⁷. Dans cette étude, toutefois les délais d'intervention du SMUR (arrivée auprès du patient) variaient de 5 minutes pour les communes jouxtant l'hôpital siège de SMUR à 10 minutes pour les communes plus excentrées. Il s'agissait d'un SMUR urbain des Hauts de Seine pour lequel le secteur était peu étendu. Les délais d'intervention des SMUR voisins sur le secteur n'étaient pas évalués. Il n'était pas possible de faire une estimation de l'allongement des délais d'intervention en cas d'indisponibilité du SMUR de secteur. En 2009-2010, la même équipe a évalué les délais de 2600 interventions du SMUR, et montrait que les délais d'intervention pour certaines communes de leur secteur étaient le triple de ceux des autres communes (6 vs 18 minutes)²⁸.

En France, il n'existe aucune étude disponible à ce jour pour évaluer, à l'image des travaux anglo-saxons, l'accessibilité théorique de la population à la ressource médicale d'un SMUR. Il n'existe pas, non plus, de travaux évaluant la logique opérationnelle de l'organisation des secteurs SMUR. L'auteur de cette thèse a entrepris, au sein du laboratoire Espace Santé et Territoires (LEST) de Paris X sous la direction de G Salem, un travail de description de l'accessibilité aux soins urgents en Ile de France et en France. Le travail de cette thèse est axé sur la région Ile de France, et des travaux complémentaires en relation avec l'accessibilité aux structures d'urgence, aux centres de brulés et à la ressource d'un hélicoptère sanitaire en France, ont fait l'objet de soutenance de Master de recherche encadrés par l'auteur de cette thèse

A l'interface de la médecine et de la géographie, cette thèse vise à évaluer les conséquences de la territorialité et de l'organisation spatiale du système des SAMU-SMUR pour la prise en charge des urgences vitales préhospitalières, et plus spécifiquement la prise en charge des TCG en Ile de France. Après une présentation détaillée du contexte de l'étude (région et pathologie étudiées), l'organisation pour la prise en charge de la traumatologie grave francilienne sera décrite et comparée avec le modèle anglo-saxon. Ensuite, la question de la territorialité et de l'organisation géographique des SAMU-SMUR franciliens sera évaluée, suivant le cadre conceptuel préconisé par Penchansky et Thomas²⁹. L'accessibilité, puis la disponibilité, régionale du système préhospitalier francilien seront estimées à l'aide d'outils développés sous système d'information géographique (SIG). Une mise en perspective avec les résultats de la première grande étude francilienne portant sur les TCG permettra de valider, ajuster et proposer des pistes d'amélioration et d'optimisation de l'organisation actuelle.

2 L'organisation de la prise en charge des urgences vitales

2.1 Les traumatismes graves : implications historiques et socio-économiques

Les traumatismes graves ont été historiquement une des causes de la création de systèmes pré et intrahospitaliers intégrés pour limiter les effets du risque de «décès évitables»³⁰. Les premiers travaux à ce sujet ont été liés aux blessés de guerre d'Algérie, de Corée et du Vietnam où la nature des blessures, le plus souvent pénétrantes et hémorragiques, imposaient un accès rapide et direct des victimes au bloc opératoire : seuls les chirurgiens étaient en mesure de traiter tout ou partie de ces lésions. De nos jours, quelque soit le pays du lieu de vie, la majorité des traumatismes graves est due aux AVP et aux chutes et entraineront un traumatisme crânien plus ou moins grave. Il s'agit alors de traumatismes dits «fermés» dont la prise en charge diagnostique et thérapeutique est complexe et coûteuse en moyens techniques et humains.

Le nombre de décès annuel par traumatisme grave, au début du XXI^{ème} siècle, était évalué à 5 millions d'individus de moins de 30 ans, dont 90% vivaient dans des pays à faible niveau socio-économique³¹. L'estimation pour 2020 est de 9 millions de décès/an¹. Cette augmentation du nombre de décès devrait concerner principalement les pays à forte croissance économique (Chine, Inde, Brésil) du fait de l'accès à l'automobile ou encore les populations socio-économiquement défavorisés des pays développés. En Chine, le nombre de décès par accidents de la route est passé de 60000 à 100000/an, soit 55% d'augmentation entre 1995 et 2003³². Il faut également prendre en compte les blessés : 14948 TCG ont été recensés pendant cette période dans 77 hôpitaux de l'Est de la Chine³². Dans le registre de l'Etat du Maryland aux Etats-Unis (6 millions d'habitants), entre 1990 et 2003, 7000 blessés/an, la moitié d'entre eux présentant des blessures sérieuses, étaient admis dans les hôpitaux de l'Etat à la suite d'un traumatisme². Le coût financier est très lourd. Une étude européenne qui avait réalisé en l'an 2000 un suivi à 5 ans de 63 patients victimes d'un traumatisme grave évaluait à 100000 dollars US/patient le coût des soins aigus, 89000 dollars US/patient les soins de suite et respectivement 358000 et 600000 dollars US/patient les années de travail perdues (perte de production pour la société) et les années de vie avec un handicap plus ou moins lourd³³.

Les comportements à risques, en particulier la consommation d'alcool ou de substances illicites, majorent la fréquence de survenue et la gravité des traumatismes, qu'ils soient accidentels ou par homicide. Une étude incluant la totalité de la population japonaise en 2007, retrouvait une imprégnation alcoolique significative chez 71% des décès par suicide, et évaluait à 3000/an le nombre de décès par traumatisme grave secondaire à une imprégnation éthylique³⁴. Parmi les 68000 patients inclus pour traumatismes entre 1996 et

2008 dans la National Trauma Data Bank Nord-Américaine, la moitié présentait une imprégnation éthylique significative². Les patients alcoolisés présentaient des lésions plus graves, requéraient plus de gestes invasifs (OR : 4,16 ; 95% CI : 3.56–4.85) et avaient une durée de séjour en réanimation plus longue (OR : 1,82 ; 95% CI : 1.71–1.94) pour un coût de soins global plus élevé d'au moins 2000 dollars/patient³⁵. Une imprégnation à la cocaïne était détectée chez 20% des 4846 traumatisés inclus entre 2000 et 2005 dans un hôpital spécialisé à Los Angeles. Les patients ayant un test positif à la cocaïne avaient deux fois plus de risque de faire une infection pulmonaire au décours de leur hospitalisation³⁶. Certaines populations sont à hauts risques : aux Etats-Unis l'incidence de survenue d'un traumatisme grave est multipliée par 10, selon que l'on soit blanc non hispanique ou Afro-Américain³⁷ : les conditions socio-économiques défavorables étaient identifiées comme le facteur de risque majeur. Enfin le vieillissement de la population des pays «riches» est un enjeu pronostic majeur. En Europe, les chutes de leur hauteur sont la cause principale de TCG des sujets âgés de plus de 70 ans³⁸.

Lorsqu'il y a un décès par traumatisme, quelque soit les pays concernés, celui-ci surviendra dans plus de la moitié des cas immédiatement sur les lieux, 25-30% se produiront dans les 6 heures et moins de 20% des décès seront tardifs, au-delà du 7^{ème} jour suivant le traumatisme^{2,39}. De facto, il est considéré que les décès immédiats sont du ressort de la prévention et que la qualité d'un système de soins sera jugée au travers des patients qui survivent immédiatement après le traumatisme.

La prévention est essentielle et dépend, certes, de la volonté des autorités politiques mais tout autant du niveau socio-culturel et de bien-être de la population, et de la possibilité d'avoir accès à des soins primaires pour les pathologies médicales. La prévention joue un rôle essentiel pour prévenir les traumatismes. L'exemple le plus flagrant concerne la sécurité routière : Le port d'une ceinture de sécurité, d'un casque pour les motocyclistes et l'adoption de limitations de vitesse ont permis de réduire l'incidence des traumatismes corporels graves dans les pays suffisamment développés pour susciter une politique de santé publique. Aux Etats-Unis, l'adoption dans 29 Etats, de mesures limitant la vitesse des véhicules à 65 miles/heure (104 kms/h) aurait permis de sauver 3000 vies/an et de réduire le coût des soins d'au moins 2 milliards de dollars/an⁴⁰. Dans cette étude, il était intéressant de noter que le coût global des soins pour la prise en charge des traumatismes liés aux accidents de trafic, en 2000 aux Etats-Unis, était estimé à 231 milliards de dollars. Il ne s'agissait là que de l'estimation des coûts directs n'incluant pas la prise en charge à long terme d'éventuels handicaps, ou du nombre d'années de vie «productives pour la société» perdues. Une méta-analyse de la Cochrane, publiée en 2006, analysant 36 études consacrées aux effets de la mise en place d'une réduction de vitesse, confirmait une baisse de 14 à 72% des accidents, de 8 à 46% des blessures et de 45% des lésions sévères et décès⁴¹. La prévention passe également par les conseils donnés par le médecin traitant. Aux Etats-Unis, la délivrance par le médecin traitant à son patient, du conseil de ne plus conduire en raison d'un état de santé altéré, a permis de réduire de 45%, le nombre d'accidents corporels⁴².

Toutefois, si les patients avaient écouté le conseil, ils avaient également décidé de changer de médecin pour le tiers d'entre eux, et étaient plus souvent dépressif que ceux qui n'avaient pas «bénéficié» de conseil.

En Région Aquitaine, l'incidence des TCG a diminué de 30% en 10 ans (24/100000 h en 1986 vs 17/100000 h en 1996), grâce aux mesures de sécurité routière⁴³. L'économie humaine et financière est considérable. En comparaison, l'incidence des TCG était évaluée à 60/100000 h en Chine en 2003 où aucune politique préventive n'existait³². L'efficacité et la rentabilité d'une politique de prévention routière sont avérées.

La prévention des récurrences de chute, chez les patients âgés, est également un enjeu important. L'âge est un facteur de risque d'exposition à la survenue d'un traumatisme grave, et plus particulièrement d'un traumatisme crânien (TC)⁴⁴. L'incidence annuelle du TC, dans la population générale, est en moyenne de 90/100000 habitants. Elle augmente à 104/100000 chez les 64-74 ans et à 287/100000 chez les plus de 75 ans (données Nord-Américaines)⁴⁵. Les chutes sont la principale cause de TC du sujet âgé : il est estimé qu'une personne sur deux, âgé de plus de 75 ans, sera victime d'une chute dans l'année⁴⁶. Celles-ci sont pourtant évitables. Dans une étude incluant en 1998, 184 patients victimes d'un TC par chute, la recherche du mécanisme causal permettait de dépister, chez 47% d'entre eux, une affection cardio-vasculaire relativement bénigne (hypotension orthostatique ou un trouble de conduction/rythme cardiaque) ou une neuropathie périphérique. Les 2/3 des patients avaient un trouble de la vision invalidant, non ou mal corrigé par le port de lunettes. Seulement 16% des patients ne nécessitaient pas d'action correctrice thérapeutique. Outre un traitement médical adapté de la vision et d'éventuels problèmes cardiaques, un technicien se rendait au domicile du patient pour corriger, avec l'accord de ce dernier, tout facteur environnemental de risque potentiel de chute : mise en place d'une rampe, retrait d'un tapis... Les résultats à un an montraient l'efficacité d'une telle prévention puisque le risque de chute était réduit de 60 % (OR : 0,39 ; 95% CI : 0,23-0,66)⁴⁷.

Il existe une relation démontrée entre le développement économique d'un pays, l'investissement dans le système de soins et la mortalité. A gravité de traumatisme identique, la mortalité était de 35% à Seattle (Etats-Unis), 55% à Mexico (Mexique) et 63% au Ghana⁴⁸. Dans une étude épidémiologique comparative, les auteurs estimaient que plus du tiers des décès pouvait être évités en réorganisant le système de soins. Ce constat est d'autant plus frappant qu'il concerne la survie potentielle d'hommes jeunes. Deux grands types d'organisation des soins pour l'urgence vitale existent dans le monde. On oppose volontiers le modèle dit «anglo-saxon» où la prise en charge préhospitalière est du ressort exclusif d'intervenants non médicaux («les paramedics») au modèle dit «français» où la prise en charge sera initiée par des secouristes puis par des médecins sur les lieux de survenue de la détresse vitale. L'organisation hospitalière des deux systèmes diffère aussi et découle des différences de la gestion des patients en préhospitalier. De manière ironique, les expressions

«scoop and run» et «stay and play» sont parfois utilisées par les anglo-saxons pour désigner respectivement les deux systèmes.

2.2 Le modèle anglo-saxon

L'organisation anglo-saxonne, fruit de l'expérience des guerres, a été historiquement implantée aux Etats-Unis par les chirurgiens américains revenant de la guerre de Corée (1953)⁴⁹. L'idée force était que tout patient victime d'une détresse vitale puisse bénéficier de soins dans l'heure. Les chirurgiens américains considéraient que le seul traitement possible était hospitalier. Dès lors rien ne devait ralentir l'évacuation des patients vers l'hôpital forcément le plus proche car le seul critère de qualité était le temps d'arrivée à l'hôpital. La qualité des intervenants n'avait pas d'importance, les gestes réalisés sur le terrain devaient être réduits à leur plus simple expression. Les équipages des ambulances, appelés «paramedics», étaient secouristes de formation, et les procédures imposaient de ne pas dépasser 10 minutes de temps de prise en charge du patient sur les lieux et 20 minutes de temps de transport à l'hôpital⁴⁹. L'hôpital d'accueil n'avait pas le droit de refuser le patient, quelque soit sa capacité à pouvoir lui prodiguer des soins définitifs. Si le plateau technique d'accueil s'avérait insuffisant, il était alors nécessaire de réaliser un transfert du patient vers un hôpital spécialisé qui s'effectuera alors avec une équipe médicale hélicoptérée ou des secouristes⁵⁰. De nos jours l'organisation a un peu évoluée et les «paramedics», sous couvert d'algorithme de triage, sont en mesure d'acheminer le patient vers l'endroit le plus adapté mais le temps d'acheminement reste prioritaire (cf infra).

2.2.1 Traumatisme pénétrant : réalité ou mythe ?

Dans les années 60, le concept de «décès évitable» était exclusivement lié au délai d'acheminement à l'hôpital : la «golden hour». Le concept de la «golden hour» signifie que l'arrivée en moins d'une heure à l'hôpital serait le seul garant du pronostic⁵¹. L'expérience des conflits du XX^{ème} siècle avait conduit à transposer au monde civil l'expérience des chirurgiens de guerre, en particulier américains, et à faire du délai d'arrivée à l'hôpital l'élément prioritaire, voire exclusif, de la prise en charge préhospitalière. Le caractère pénétrant du traumatisme, y compris dans la pratique civile, est effectivement très défavorable. Certaines lésions seront d'emblée au-delà de toutes ressources thérapeutiques et le décès immédiat : c'est souvent le cas des homicides ou suicides par arme à feu avec un impact craniocérébral ou du torse. Dans une étude Nord Américaine incluant en 5 ans (2000-2005) 180 patients victimes d'un ou plusieurs traumatismes pénétrants du tronc, la mortalité globale était de 85%, et de 95% si le temps de prise en charge sur les lieux dépassait 20 minutes. Dans cette étude la survie était corrélée à la capacité d'adresser le patient dans les 20 minutes suivant le traumatisme auprès d'un centre spécialisé capable de réaliser une intervention chirurgicale de sauvetage⁵².

De nos jours, les lésions par armes à feu ou blanches responsables de traumatismes pénétrants ne concernent que 16 à 20% des traumatismes graves rencontrés aux Etats-Unis, et 25 à 30% des traumatismes graves au Brésil^{2,31}. La principale circonstance de survenue d'un traumatisme pénétrant reste le suicide³⁷. En Europe, l'incidence des traumatismes pénétrants est faible. Une des rares études épidémiologiques disponibles à ce sujet, réalisée au Danemark, incluait 442 patients sur une période de 7 ans (2002-2009)⁵³. En France la principale étude descriptive consacrée à la prise en charge des traumatismes graves (n=2703 patients pendant deux années consécutives 2006-2008) n'avait pas inclus de traumatismes pénétrants⁵⁴.

2.2.2 La «golden hour» : accès à l'hôpital ou accès aux soins en moins d'une heure ?

Il a été démontré, pour un collectif de plus de 3000 patients victimes de traumatismes fermés aux Etats-Unis, que la mortalité n'était pas liée au délai d'arrivée des patients à l'hôpital, au-delà ou en-deçà d'une heure⁵⁵. Dans cette étude, la majorité des patients arrivait toutefois en moins de 60 minutes. Dans l'étude de Mc Dermott et al. consacrée aux décès évitables, l'admission directe en centres hospitaliers spécialisés réduisait de 25% le risque de décès indus alors que 55% des patients arrivaient à l'hôpital au-delà de 60 minutes après le traumatisme⁵⁶. L'étude FIRST, a analysé en France le devenir à 30 jours de 2513 traumatisés pris en charge par les équipes médicales des SMUR. La mortalité des patients admis à l'hôpital en moins d'une heure, entre 1 et 3 heures et au delà de 3 heures était respectivement de 15% et 17% au-delà d'une heure (ns)⁵⁴. Dans cette étude l'intensité de soins thérapeutiques en préhospitalier était importante : la totalité des patients pris en charge bénéficiait de la pose d'abord veineux et une anesthésie générale avec ventilation mécanique était réalisée chez plus de la moitié des patients inclus. S'il est raisonnable d'admettre qu'un patient nécessitant une hémostase chirurgicale soit admis à l'hôpital le plus vite possible, un TCG a souvent moins besoin d'un chirurgien que d'une équipe capable d'entreprendre rapidement des gestes de réanimation. Les études sur la prise en charge des TCG ont montré que le temps d'arrivée à l'hôpital était moins important que la qualité de la réanimation préhospitalière⁵⁷. Ainsi la «golden hour» peut être interprétée en fonction du type de traumatisme : arrivée à l'hôpital le plus vite possible pour des lésions hémorragiques sévères relevant d'un plateau technique lourd ou bien arrivée d'une équipe de réanimation préhospitalière le plus vite possible.

Dans l'étude First, la comparaison des 2513 traumatisés graves pris en charge par les équipes médicales des SMUR et des 190 traumatisés graves adressés à l'hôpital par de simples secouristes montrait une réduction significative de mortalité en faveur des patients pris en charge par une équipe médicale sur le terrain (OR : 0,55 ; 95% IC: 0,32–0,94) alors que les délais d'acheminement du patient à l'hôpital étaient plus courts avec les secouristes (58 min [IQR 38-92] vs 100 min [IQR 65-147] avec le SMUR p< 0,001)⁵⁴. Ceci est particulièrement démontré pour la prise en charge des TCG^{58,59}.

2.2.3 Les «paramedics» : limites et difficultés de leur action en préhospitalier

Au fil des années, les «paramedics» vont développer des compétences telles que la gestion des voies aériennes ou la pose de voies veineuses. Ces techniques ont donné lieu à une mise à niveau appelée ALS «Advanced Life Support» déclinée également en ATLS «Advanced Trauma Life Support», mais restent controversées et strictement contingentées par le délai d'arrivée à l'hôpital⁶⁰. Il s'agit moins pour les chirurgiens ou urgentistes américains de critiquer la nécessité de réaliser des gestes de réanimation salvateurs sur le terrain, que de considérer les «paramedics» insuffisamment compétents pour les réaliser efficacement⁶¹. En réponse à un questionnaire, 182 médecins américains spécialisés en traumatologie grave, chirurgiens et universitaires pour la majorité, estimaient nécessaire une intubation trachéale et la pose d'abord intravasculaires pour les patients dont l'état le nécessitait, et qui se trouvaient à plus de 20 minutes de l'hôpital spécialisé le plus proche⁶². Le niveau d'expertise des «paramedics» est, en effet, très variable mais toujours très inférieur à celui de médecins spécialisés. L'analyse de l'activité des «paramedics» dans plus de 15 régions des Etats-Unis, incluant 3357 patients toutes pathologies confondues, montrait que la pratique des gestes de réanimation était très aléatoire selon les régions : la fréquence de pose de voie d'accès veineux ou d'intubation trachéale variait respectivement de 22 à 95% et de 5 à 48%⁶³. La réussite des gestes entrepris sur le terrain variait de 33 à 100%. Par souci de diplomatie, les données géographiques étaient anonymisées, mais il était évident que les patients n'étaient pas pris en charge de façon identique selon les régions. Ce qui pose de vrais problèmes concernant l'égalité d'accès aux soins urgents. Dans l'étude de Nichol et al. qui incluait, pendant une année (Mai 2006-Avril 2007), l'ensemble des arrêts cardiaques (AC) survenus en préhospitalier, dans 10 régions Nord-Américaines (8 aux Etats-Unis et 2 au Canada), la survie des 20522 patients différait selon les régions. Le taux de survie était respectivement dans deux régions rurales de 1,1% (Alabama) et 6,1% (Iowa) et dans deux régions très urbanisées de 3,2% (Toronto) et 8,1% (Seattle)⁶⁴. Ces différences étaient expliquées, pour partie, par les variations de prise en charge et de compétences des structures préhospitalières impliquées. Le caractère rural de l'Iowa n'empêchait pas une prise en charge préhospitalière optimisée pour les patients en AC. Il faut rappeler que c'est la capacité à délivrer précocement un choc électrique externe à un patient en AC qui est l'élément pronostic le plus important. C'est un geste simple, réalisé par le biais de dispositifs automatisés, qui ne nécessite pas de compétences élaborées. En revanche, la prise en charge des traumatisés graves semble poser plus de problèmes, en zone rurale notamment.

2.2.4 La difficulté de l'accès aux soins urgents en zone rurale

Gomez et al. comparant dans la province de l'Ontario, en 2002-2003, la mortalité des patients en zone rurale et en zone urbaine, retrouvaient un risque de décès deux fois plus élevé en zone rurale²⁴. Ce risque de décès était rapporté aux limites des capacités des «paramedics» et à des hôpitaux souvent éloignés, en particulier les hôpitaux spécialisés. Ces résultats ont été confirmés par une cohorte prospective pendant 5 ans (2001-2006) réalisée

en Colombie Britannique, zone rurale par excellence avec une densité de 1 hab/km², où pour les 2318 traumatisés graves pris en charge, 48% d'entre eux avaient eu un temps d'accès à l'hôpital (pas forcément spécialisés d'ailleurs) supérieur à 1 heure, 21% > 2 heures et 13% > 3 heures. Parmi ces patients 725/2138 (31%) avaient du être transférés secondairement vers un hôpital de référence. Le temps médian d'accès aux centres spécialisés était de 13 heures⁶⁵. De fait dans cette étude la majorité des décès (82%) survenait avant l'arrivée à l'hôpital.

2.2.5 *Les hôpitaux en réseau : la problématique d'accès aux soins urgents ?*

Une des caractéristiques du système anglo-saxon, a été la création d'un fonctionnement en réseau, pour certains hôpitaux spécialisés ou certaines zones rurales. L'appellation «réseau» implique un certain nombre de critères : une entité légale et dûment identifiée qui le dirige, des processus d'élaboration de procédures et d'accréditations des hôpitaux validés par les sociétés médicales savantes, un partage des tâches et des obligations précis, une aire géographique identifiée, un registre exhaustif de l'activité et un contrôle qualité⁴⁹. Des protocoles communs, de prise en charge thérapeutique des patients, et une procédure écrite de transfert de patient entre les hôpitaux, sont obligatoires. Un des points important, réside dans le fait que les acteurs du réseau doivent tous être volontaires pour y participer. En 1997 le programme de santé «Medicare Rural Hospitality Flexity Program» s'était consacré à la création d'hôpitaux spécialisés dans les soins de proximité et de première urgence, implantés dans des zones isolées du territoire américain pour tenter d'apporter une réponse aux difficultés d'accès aux soins⁶⁶. Dans ce cadre, il avait été décidé de créer 1268 hôpitaux dénommés «critical access hospitals» qu'on peut traduire en hôpitaux de premiers recours. Ceux ci étaient limités à moins de 25 lits de soins aigus et situés en moyenne à plus de 56 kms du centre hospitalier le plus proche⁶⁶. Leur mission principale est d'assurer les soins urgents face à des pathologies médicales aiguës puis d'assurer un transfert du patient. L'idée est séduisante, le constat mitigé. Les patients pris en charge en 2008-2009 dans ces hôpitaux de premier recours pour un syndrome coronarien aigu (n= 10703), une insuffisance respiratoire aiguë (n= 52927) et une infection pulmonaire (n=86359) avaient une mortalité supérieure (RR : 1,28 ; 95% IC : 1,23-1,32) aux patients de gravité identique pris en charge dans des hôpitaux non ruraux⁶⁶. Une des causes incriminées était le plus faible nombre de spécialistes et de lits de soins aigus dans ces hôpitaux. Les difficultés pour réaliser le transfert et l'absence de capacité à diriger ces patients dans des centres spécialisés dès la phase préhospitalière étaient également remarquées.

2.2.6 *Les «trauma centers»*

Le dogme du délai d'arrivée à l'hôpital en moins d'une heure ne repose pas sur des preuves scientifiques. En revanche il existe un lien direct entre la mortalité, la qualité de la prise en charge préhospitalière, et l'admission directe en hôpital spécialisé⁶⁷. L'exemple de la traumatologie aux Etats-Unis est caractéristique. En 1976 le collège des chirurgiens

traumatologues américains avait élaboré et fait accepter par les tutelles le principe d'accréditation d'hôpitaux spécialisés pour les traumatisés : le terme de «trauma center» était né⁶⁸. Ces hôpitaux sont catégorisés par niveau de compétence en niveau 1, 2, 3 et 4. Les «trauma center» niveau 1 sont des hôpitaux universitaires ayant une obligation d'enseignement et de recherche, avec un plateau technique capable de prendre en charge tous les types de traumatismes nuit et jour, 7jours/7. Ils ont l'obligation de réaliser un volume annuel d'activité d'au moins 1200 admissions/an⁶³. Les «trauma center» niveau 2 ont un plateau technique sensiblement équivalent mais n'ont pas d'obligations universitaires ni de volume d'activité à respecter : ils n'ont pas non plus l'obligation d'avoir des chirurgiens de garde sur place, ceux-ci pouvant être d'astreinte à leur domicile. Les «trauma center» niveau 3 sont des hôpitaux de proximité avec un chirurgien généraliste disponible, dont la mission est de stabiliser les lésions, au besoin en opérant, avant transfert obligatoire en niveau 1 ou 2. Enfin les «trauma center» de niveau 4 sont des dispensaires dépourvus de plateau technique et de chirurgiens, où officie un médecin urgentiste dont le rôle est de réaliser les gestes de réanimation en attente de transfert du patient. Chacun des «trauma center» doit respecter un cahier des charges contraignant et subir un processus continu d'évaluation de son activité. L'implantation des «trauma center» a été réalisée en fonction de critères démographiques et géographiques. Une spécialisation de même type existe au Canada avec une dénomination inverse : les «trauma center» sont classés de 1 (soins de base) à 3 (l'équivalent du niveau 1 américain)⁶⁹. Aux Etats-Unis en 2002, il existait 190 «trauma center» niveau 1, 263 «trauma center» niveau 2, 236 «trauma center» niveau 3 et 450 «trauma center» niveau 4⁶⁸. Leur répartition, sur le territoire américain, est hétérogène: le ratio de «trauma center» niveau 1 et 2 par millions d'habitants variait de 0,9 à 7,8 selon les Etats. Les Etats ruraux étaient mal lotis avec, pour certains, un seul «trauma center» niveau 1 pour 1600000 habitants et des distances très conséquentes (Alaska, Wyoming...) et pour les autres l'équivalent de un «trauma center» niveau 1 et 2 pour 6 à 8 millions d'habitants⁶⁸. Il a été démontré que l'admission en «trauma center» niveau 1 réduisait la mortalité des traumatisés les plus graves⁷⁰. Dans l'étude de Mc Kenzie et al. qui avait inclus 5587 patients traumatisés pris en charge dans 18 «trauma center» niveau 1 et 51 hôpitaux non spécialisés répartis dans 14 Etats des Etats-Unis, la mortalité à 30 jours et à 1 an était respectivement de 7,5% vs 9,5% en hôpitaux non spécialisé (RR : 0,80 ; 95 IC : 0,66-0,98) et 10,4% vs 13,8% (RR : 0,75 ; 95 IC : 0,60-0,95) à 1 an⁷⁰. La réduction de mortalité bénéficiait aux patients les plus graves (score AIS 4 et 5) et les plus jeunes (< 55 ans). Ce bénéfice sur la mortalité est dépendant du volume d'activité de chaque centre. La comparaison de 31 «trauma center» niveau 1 et 2 en 1998, selon que le volume de traumatisés graves admis soit < 650/an (bas volume d'activité) ou > 650/an (haut volume d'activité), objectivait une baisse significative de la mortalité et de la durée d'hospitalisation dans les centres à haut volume d'activité, pour les patients les plus graves (coma ou état de choc)⁷¹.

2.2.7 Le «trauma system» : un réseau intégré ?

Les «trauma center» sont organisés en réseau appelé «trauma system». La doctrine officielle est que tout patient victime d'un traumatisme devrait être admis dans le «trauma center» le plus proche, à condition de ne pas dépasser une heure de temps de prise en charge préhospitalière⁴⁹. L'évaluation clinique du patient sur les lieux, à l'aide d'algorithmes décisionnels simples d'usage, doit permettre aux «paramedics» d'orienter le traumatisé vers le «trauma center» d'un niveau d'habilitation adapté à la gravité. Nonobstant la difficulté à conjuguer proximité et plateau technique, ce système est en théorie très cohérent et obéit à des règles strictes d'évaluation et de fonctionnement⁴⁹. L'efficacité d'un tel système est toutefois difficile à démontrer. Plusieurs études ont apporté des résultats contradictoires en terme de gain de survie. Pour Nathens et al. qui ont analysé pendant 15 ans (1975-1990) l'impact sur la mortalité de patients victimes de traumatismes routiers, l'implantation d'un «trauma system» aurait permis la réduction du risque de décès de 8% (95% IC : 3-12%)⁷². Tallon et al. entre 1995 et 1998 n'observaient pas de réduction significative de mortalité après l'implantation d'un «trauma system» au Canada ; en revanche les traumatisés graves étaient plus fréquemment directement admis en «trauma center» niveau 1⁷³. Dans toutes ces études le processus avait mis au moins 5 ans avant de pouvoir être fonctionnel. En 2003 un tiers des Etats américains n'avaient pas lancé de formalisation d'un «trauma system»⁶⁸.

2.2.8 Les limites du «trauma system» aux Etats-Unis

Dans la réalité, nombre de patients traumatisés graves sont acheminés vers l'hôpital le plus proche, qui peut être non spécialisé, si l'accès géographique à un «trauma center» est trop distant. En 2003, dans 18 Etats des Etats-Unis, le suivi hospitalier de 523000 patients victimes de traumatismes divers montrait que les «trauma center» niveau 1 (n= 119) et niveau 2 (n=167) avaient admis 43 % des patients. Parmi ces patients, 46000 étaient réellement des traumatisés graves. Parmi les 298000 patients admis dans les 2031 hôpitaux non spécialisés, 20000 d'entre eux étaient des traumatisés graves. Ainsi en 2003, 36% des traumatisés graves avaient été admis en centres non spécialisés et non habilités à les recevoir⁷⁴. Que ces patients soient hospitalisés dans l'hôpital initial ou transférés le plus vite possible vers un «trauma center» niveau 1, ils se trouvaient en situation de perte de chance. Par ailleurs les «trauma center» niveau 1 et 2 étaient confrontés à une surcharge d'activité avec des patients qui n'avaient pas besoin d'y être.

2.2.9 Hôpital d'accueil : l'orientation initiale détermine le pronostic

Outre la nécessité d'une hospitalisation en «trauma center» niveau 1, l'admission directe est un facteur prédictif de survie. Parmi 1112 traumatisés graves admis directement (n=794) ou après transfert par un hôpital non «trauma center» (n=318), le risque de mortalité à 14 jours était multiplié par 4 (RR : 3,8 ; 95% IC : 1,6-9) pour les patients admis après transfert⁷⁵. Cette perte de chance se constatait également entre une admission directe en «trauma center» niveau 1 ou une admission après transfert à partir d'un «trauma center»

niveau 3 ou 4⁷⁶. Le risque de mortalité à 14 jours était également multiplié par 3 (RR : 2,7 ; 95% IC : 1,31-5,6) pour les 600 traumatisés graves admis en «trauma center» niveau 1 après transfert d'un autre «trauma center» de niveau moindre⁷⁶. Les patients ayant subi un transfert étaient initialement plus éloignés du «trauma center» niveau 1 (124±70 kms vs 43±59 kms pour les patients admis directement) et avaient moins souvent été pris en charge par des «paramedics» compétents en ALS, 39% vs 95% pour les patients admis directement⁷⁶. Dans cette étude, aucune stratégie de transport hélicoptère n'était évoquée. En 2010, une analyse rétrospective incluant 11398 traumatisés dans la province canadienne de l'Ontario, montrait que 30% d'entre eux arrivaient en centres spécialisés après un transfert d'un autre hôpital et que pour ces patients le risque de décès était multiplié par 1,5 (OR : 1,24 ; 95 % IC : 1,10-1,40)⁷⁷. Ces résultats montrent que de la théorie du «trauma system» à la pratique il existe de nombreux écueils, dont celui d'harmoniser les procédures de prise en charge entre hôpitaux, et de favoriser une admission directe en centre spécialisé, à chaque fois que nécessaire selon l'état du patient.

2.2.10 Le triage préhospitalier et les erreurs d'orientation : les «paramedics» en cause ?

La qualité du triage réalisé par les «paramedics» est probablement une cause d'erreur d'orientation. L'analyse de l'orientation de 396 patients montrait que le risque d'erreur pour évaluer la gravité était multiplié par 9 pour les TC initialement conscients, par 14 pour les fractures graves du bassin et par 3 lorsque l'intervention se déroulait la nuit⁷⁸. Une étude Australienne (région de Melbourne), comparant deux périodes avant (1997-98) et après (2002-04) la création d'un «trauma system» identique dans son concept à ceux des Etats-Unis, a montré une réduction significative des décès évitables. Une autopsie pratiquée pour les 245 (1997-98) et 193 (2002-04) décès survenus au décours d'un traumatisme, AVP pour la majorité, avait permis d'établir les causes lésionnelles précises du décès. Un comité indépendant d'experts avait pour tâche de déterminer si le décès aurait pu être évité en calculant la probabilité individuelle de survie. Une probabilité de survie individuelle > 75% ou comprise entre 50 et 75% déterminait le qualificatif de décès évitable ou potentiellement évitable. Dans cette étude la mortalité préhospitalière et hospitalière, comparées entre 1997-98 et 2002-04, étaient respectivement de 12% vs 13% (ns) et 38% vs 32% (ns). En revanche 31% des décès en 1997-98 étaient estimés évitables ou potentiellement évitables vs 22% après l'implantation du «trauma system» ($p < 0,05$)⁵⁶. Le bénéfice de gain pour réduire les décès indus, était rapporté à la plus grande fréquence de prise en charge sur le terrain par des «paramedics» compétents en gestes de réanimation (70% vs 88% en 2002-04, $p < 0,04$) et à une admission plus fréquemment directe en «trauma center» niveau 1 (34% vs 62% en 2002-04, $p < 0,05$). Les décès évitables étaient pour la plupart estimés être en relation avec un défaut de qualité de réanimation initiale et un défaut d'orientation : les chocs hémorragiques et les TCG formaient la majorité des décès estimés évitables⁵⁶.

2.3 Le modèle français

Historiquement ce sont également les guerres et l'expérience de la médecine militaire qui ont généré les premières organisations de prise en charge des blessés. Durant les guerres napoléoniennes, les chirurgiens Larrey et Percy sauvaient les «grognards» sur le terrain, en pratiquant des trous de trépan dans la boîte crânienne et des amputations de sauvetage face à des plaies artérielles de membre qu'ils ne savaient pas réparer⁷⁹. Les expériences, des deux guerres mondiales et des guerres de décolonisation, ont petit à petit éloigné le médecin des premières lignes et le relevage des blessés a été confié à des brancardiers-secouristes. La divergence fondamentale avec les anglo-saxons surviendra dans les années 1950, lorsque le ministre de la santé français aide à l'impulsion d'une organisation centrée sur les médecins (réanimateurs puis anesthésistes/réanimateurs) pour faire face à une dramatique épidémie de poliomyélite⁴⁹. Il s'agissait, à cette époque, d'aller chercher les patients victimes d'insuffisance respiratoire aiguë dans de petits hôpitaux incapables de les traiter, de mettre en œuvre, sur place, une ventilation artificielle de suppléance et de les acheminer, une fois stabilisés, vers des services de réanimation adaptés. Le concept d'envoi au lit du patient de médecins qualifiés pour réaliser des gestes de réanimation, permettant de stabiliser l'état du patient et son transfert dans de bonnes conditions vers un hôpital spécialisé, était né. Les premières équipes médicales, artisanales tant dans l'équipement médical que dans les moyens de transport, allaient se professionnaliser et développer des stratégies de prise en charge des patients en fonction de leur pathologie. En 1956, les services mobiles d'urgence et de réanimation (SMUR) étaient créés par le ministère de la santé. Toutefois, à cette époque leur rôle n'était pas celui d'aujourd'hui. Les médecins se déplaçaient dans d'autres hôpitaux mais n'allaient pas au domicile des patients ou sur la route. Les équipes médicales des SMUR étaient rattachées à des hôpitaux universitaires et ne se déplaçaient qu'après un appel de collègues médecins hospitaliers. Il n'existait pas de numéro d'appel unique ni de régulation médicale. C'est le médecin recevant les l'appel, qui partait auprès du patient et qui décidait de l'hôpital d'accueil : le plus souvent l'hôpital d'accueil était l'hôpital universitaire siège du SMUR. L'hécatombe, liée à l'accidentologie routière, conduit, dans les années 1970, à renforcer l'implication des SMUR et nécessite la mise en place d'un maillage territorial et de procédures, d'alerte en autres, plus élaborées. Les SMUR vont intervenir, dès lors, directement sur les lieux de l'accident mais le déclenchement de l'alerte relève toujours, à cette époque, des policiers ou des pompiers. Un maillage territorial des SMUR s'organise en fonction des hôpitaux volontaires, le plus souvent universitaires, et les SMUR vont s'étoffer, pour certains, de plusieurs équipes médicales (UMH). L'extension progressive du nombre de SMUR est réalisée durant les périodes 1975-1995. L'activité croissante des SMUR conduit à dissocier l'activité de soins auprès du patient, de l'activité de régulation médicale. Les SAMU (Service d'Aide Médicale Urgente) sont créés en 1960 avec pour rôle de recevoir les appels, de pouvoir engager les UMH des SMUR et, après réception d'un bilan médical par le médecin de l'UMH auprès du patient, de rechercher un accueil hospitalier le plus adapté, qui ne sera plus toujours l'hôpital siège du SMUR. Le début des années 1980 coïncide avec

l'augmentation d'incidence des maladies cardio-vasculaires et plus particulièrement des syndromes coronariens aigus et la capacité de pourvoir traiter à leur chevet une partie de ces patients, une fois le diagnostic médical établi, en injectant un médicament capable de rouvrir une artère coronaire occluse⁸⁰. Le facteur temps pour cette pathologie est déterminant, et la capacité d'une UMH à réduire la mortalité des patients pris en charge les deux premières heures suivant le début de la douleur thoracique a été démontré^{16,81}. Le besoin pour la population d'avoir accès à un numéro pour appeler directement le SAMU en cas d'urgence, douleur thoracique par exemple, entraîne en 1985 la création du numéro unique 15, d'où parfois l'appellation de SAMU-centre 15. Celui-ci se dote officiellement d'un centre de réception et de régulation des appels qui deviendra une plate forme d'appels professionnelle. Les missions du SAMU sont dès lors constamment renforcées et valorisées. De nouveaux métiers et de nouvelles fonctions apparaissent, en particuliers celle d'assistant de régulation médicale, tenus par des personnels non soignants mais formés spécifiquement et dont le rôle est de détecter dès l'appel les critères de gravité et de s'assurer de l'engagement des moyens décidés par le médecin régulateur. Les médecins des SAMU sont devenus en 20 ans des médecins spécialisés en médecine d'urgence, dont la reconnaissance statutaire et universitaire a été consacrée au cours des années 2000. Les SMUR se sont développés au point d'être présent dans la majorité des hôpitaux du territoire métropolitain. Des filières de prise en charge du domicile (ou de la route) au traitement définitif à l'hôpital se sont imposées. Les syndromes coronariens aigus, les accidents vasculaires cérébraux et les traumatismes graves en sont un exemple⁸². Paradoxalement les hôpitaux français n'ont pas, ou rarement, évolué sur un modèle d'organisation formalisé en réseaux. Dans un système anglo-saxon où les hôpitaux reçoivent en première ligne les patients adressés par les «paramedics», la nécessité de pouvoir formaliser les transferts de patients a créé le besoin de réseaux. En France le triage médical préhospitalier et la régulation médicale permettant d'emblée de choisir l'hôpital adapté et disponible, les hôpitaux se sont appuyés sur le SAMU plutôt que de s'organiser entre eux.

2.3.1 Le système préhospitalier français

Le système préhospitalier français pour la prise en charge des urgences vitales est basé sur l'emploi de deux composantes complémentaires, les secouristes sapeurs-pompiers et le SAMU-SMUR, avec deux principes intangibles : la médicalisation préhospitalière par l'envoi d'une UMH d'un SMUR pour tout patient en détresse vitale supposée ou avérée et la régulation médicale par le SAMU⁸³. En France les secours de premiers secours sont assurés par les sapeurs-pompiers (SP). Le maillage des centres d'intervention SP sur le territoire permet d'avoir des temps d'intervention d'un équipage secouriste SP qui varient de moins de 6 minutes à Paris vs 10-15 minutes dans les zones rurales^{54,84}. Ces équipages secouristes SP sont déclenchés par un appel direct du requérant au 18 (numéro d'appel unique pour les SP) ou par le SAMU. Tout engagement de SP pour une action secouriste est notifié au SAMU qui peut décider d'engager une UMH d'emblée ou d'attendre le bilan secouriste des SP. Les SP ont également l'obligation de transmettre au SAMU un bilan secouriste en cours

d'intervention. C'est le médecin régulateur du SAMU qui jugera de l'opportunité d'engager un renfort médical ou de prendre une décision concernant le patient pris en charge par les SP (laissé sur place ou évacué vers l'hôpital de proximité). Dans l'étude française FIRST qui avait inclus pendant deux ans (2006-2008) 2703 traumatisés graves admis dans les 72 heures suivant un traumatisme dans 14 centres de réanimation universitaires répartis sur tout le territoire, 93% des patients avaient été pris en charge par une équipe médicale du SMUR à la phase initiale. Les 7% (n=190) des traumatisés in fine grave et non pris en charge initialement par un SMUR avaient tous bénéficié d'une régulation médicale qui n'avait pas détecté de critères de gravité chez ces patients au moment de la transmission du bilan par les secouristes.

2.3.1.1 La régulation médicale du SAMU

Le SAMU est réglementairement responsable de toutes les urgences médicales ou traumatiques préhospitalières sur son territoire, 7 jours/7 et H24. Les missions du SAMU sont listées par décrets et peuvent se résumer en cinq grands points : 1) déterminer et déclencher, dans le délai le plus rapide, la réponse la mieux adaptée à la nature de l'appel, 2) s'assurer de la disponibilité des moyens d'hospitalisation publics ou privés adaptés à l'état du patient, et de faire préparer son arrivée, 3) organiser, le cas échéant, le transport dans l'établissement public ou privé en faisant appel à un service public ou à une entreprise privée de transport sanitaire, 4) veiller à l'admission du patient, ce qui implique un relai entre les soins prodigués sur place par l'équipe SMUR et le service d'accueil hospitalier 5) apporter une aide à la recherche de plateau technique spécialisé pour les hôpitaux qui en font la demande.

L'accueil hospitalier du patient est toujours préalable à un accord après contact téléphonique entre le médecin régulateur et le médecin responsable de l'accueil, le plus souvent un réanimateur dans le cadre d'une urgence vitale. La régulation médicale ne se résume pas à l'écoute des appels et à l'envoi de moyens. Il a été démontré que la capacité à faire réaliser par téléphone un massage cardiaque ou une manœuvre de libération des voies aériennes à des témoins d'un patient en AC permettait de sauver des vies⁸⁵. Il existe 105 SAMU en France, incluant les départements et territoire Outre-mer, basés normalement dans un hôpital, le plus souvent celui de la ville préfectorale du département.

Chaque SAMU s'articule autour d'un Centre de réception et de régulation des appels constitué d'outils de téléphonie avancée et de systèmes d'information multiples (géolocalisation, dossier informatisé, répertoire opérationnel des ressources...). Les personnels présents au SAMU sont médicaux, médecins régulateurs urgentistes ou généralistes, et non médicaux, les assistants de régulation médicale. Chaque appel à caractère santé du département doit être traité par le SAMU. Les appels sont reçus directement par le numéro unique 15 ou après interconnexion par le 18 (SP) ou le 17 (Police). Les centres de réception des appels des SP ou de la police ont réglementairement l'obligation de transférer au SAMU tous les appels à caractère santé qu'ils pourraient

recevoir sans préjuger de leurs décisions d'engager ou non des moyens propres. L'assistant de régulation médicale est la première personne qui va décrocher le téléphone lors d'un appel au SAMU. Outre son rôle de prise de coordonnées précises de l'appelant, il (elle) doit évaluer la gravité de l'appel et le cas échéant transmettre immédiatement l'appel au médecin régulateur urgentiste, non sans avoir parfois prodigué des conseils de gestes de sauvetage. C'est le médecin régulateur qui va affiner la recherche d'éléments potentiels de gravité dès l'appel et décider du type de réponse. Dans le cadre d'une urgence vitale la réponse est systématiquement l'engagement d'une ou plusieurs, selon le nombre de victimes, UMH d'un ou plusieurs SMUR.

2.3.1.2 Le SAMU : une organisation départementale

La sectorisation des SAMU est départementale pour des raisons liées à l'architecture administrative de notre pays. En effet le préfet de département est responsable de l'organisation des plans de secours et l'agence régionale de santé (ARS) a également décliné dans chaque département un délégué territorial responsable des actions sanitaires. Il apparaît plus simple de respecter les découpages administratifs de responsabilité en situation de crise. Toutefois cette sectorisation départementale n'est pas toujours la plus logique en termes de continuité territoriale. Chaque SAMU va être responsable des SMUR de son département. Une articulation de fonctionnement entre les SAMU d'une même région a été instaurée depuis les attentats massifs de 2003 à Madrid et 2005 à Londres : il a été entre autres décidé de mutualiser les UMH des SMUR franciliens au profit d'un SAMU qui subirait sur son territoire un attentat multiple et massif. Toutefois cette coopération est réservée aux situations de crise et il n'existe pas de coopération réglementaire entre plusieurs régions voisines. Il existe bien sur des exceptions à cette règle : les SAMU transfrontaliers ont des échanges constants avec les pays voisins. Toutefois en règle générale, la coopération des SAMU départementaux pour l'activité quotidienne n'est pas formalisée. Elle existe mais ne repose que sur des rapports de bon voisinage. Chaque SAMU a défini pour chaque secteur SMUR, une procédure dégradée pour engager les UMH d'un SMUR dit de «deuxième intention» si le SMUR du secteur est indisponible. Il est rare qu'un SAMU définisse comme intervenant «en deuxième intention» un SMUR qui n'est pas de son département. Enfin la connaissance des secteurs d'intervention des SMUR de chaque SAMU n'est pas centralisé auprès de l'ARS correspondante ni au ministère de la santé ou de l'intérieur. Pour être plus précis, hormis les responsables du département (préfet, délégué territorial ARS et chef de service du SAMU), aucune autorité centrale de santé ou sociétés professionnelles (SAMU-Urgence de France ou la Société Française de Médecine d'Urgence) ne connaît les secteurs SMUR du territoire. Il est de fait impossible d'avoir une vision d'ensemble de la sectorisation des SMUR en France.

En Ile de France, région qui concentre le plus grand nombre de SAMU (n=8) et SMUR (n=36), il a fallu que l'auteur de la thèse fasse une démarche personnelle auprès des chefs de

service des SAMU pour pouvoir disposer de la totalité des découpages administratifs des secteurs SMUR.

2.3.1.3 Le SMUR : les équipes médicales préhospitalières ou UMH

Les SMUR sont obligatoirement rattachés à un hôpital dont ils sont un service à part entière. Chaque SMUR dispose de moyens techniques propres (ambulance lourde ou véhicule léger, moyens de radio-communications) et d'une ou plusieurs équipes médicales (ou unités mobiles hospitalière-UMH). Chacune des UMH est constituée au moins d'un médecin spécialiste en médecine d'urgence, d'un (e) infirmière et d'un ambulancier. Un certain nombre de stagiaires médicaux ou non peuvent s'y intégrer. Les moyens médicaux mis à disposition permettent de faire des diagnostics (électrocardiogramme, échographe, biologie embarquée) et de réaliser tous les gestes de réanimation classique (anesthésie générale, intubation trachéale, ventilation invasive et non invasive, drainage thoracique..). La pharmacie embarquée dans chaque véhicule est celle, en plus réduite, d'un service de réanimation. La mission d'une UMH est dès l'alerte par le SAMU, de s'acheminer le plus vite possible sur les lieux de l'intervention, de réaliser un diagnostic médical, de définir une stratégie thérapeutique adaptée et de transmettre un bilan médical au médecin régulateur (par téléphone ou radio) le plus vite possible pour permettre la préparation de l'accueil hospitalier et une éventuelle recherche de plateau technique spécialisé éloigné. Réglementairement les SMUR ont pour mission de prendre en charge les urgences vitales préhospitalières, dites «primaires», où il faut aller «au chevet» de la victime mais aussi intrahospitalières en renfort d'un hôpital dont le plateau technique est incapable de prendre en charge un patient déjà admis, il s'agit alors d'interventions dites «secondaires». «Primaire» ou «secondaire» ne signifie pas une catégorisation de gravité mais simplement le fait d'un transport d'un lieu à un hôpital ou d'un hôpital à un autre hôpital. Certaines interventions dites «secondaires» sont très urgentes et plus graves que des interventions «primaires». Comme tout service hospitalier les SMUR ont une obligation de qualité des soins et de respect des bonnes pratiques. Les types de véhicules utilisés sont soit des véhicules légers (VL) capable de transporter une équipe médicale et son matériel sur les lieux de la détresse mais pas de transporter le patient, soit une ambulance lourde de réanimation (AR) qui peut transporter le patient une fois celui-ci conditionné. Si un VL est engagé il faudra alors engager un moyen de transport sanitaire pour permettre à l'équipe médicale de transporter le patient vers l'hôpital de destination. La majorité des SMUR qui défendent un secteur étendu ou à connotation rurale disposent de VL pour pouvoir réduire les délais d'intervention. Les SMUR urbains ne disposent le plus souvent que d'ambulance lourde de réanimation.

2.3.1.4 SAMU et SMUR : une autorité fonctionnelle mais pas administrative

Les SMUR sont sous l'autorité fonctionnelle du SAMU départemental mais dépendent financièrement et administrativement de leur hôpital d'origine. Une UMH d'un SMUR ne

peut être engagée sur une intervention sans l'alerte et l'accord du SAMU. Les rapports entre le SAMU départemental et les SMUR du même département sont régis par une convention inter hôpital entre l'hôpital siège du SAMU et l'hôpital siège du SMUR. Cette convention définit les modalités d'alerte et de communications entre les SMUR et le SAMU et la charte d'engagement du SMUR de mettre un nombre d'UMH constant à la disposition du SAMU. Les obligations sont uniquement liées aux fonctionnalités d'alerte et d'engagement du SMUR. Il n'y a pas d'obligations légales de partage de protocoles médicaux ou de matériels communs. Chaque SAMU départemental est libre de choisir le type de rapport voulu avec ses SMUR, hormis le SMUR du même hôpital que le SAMU qui est alors directement subordonné. Soit une autonomie totale de pratique médicale soit la volonté d'une intégration d'homogénéisation des pratiques entre les SMUR. En Seine et Marne, depuis 10 ans, la SAMU a créé et anime un cycle annuel de réunion de tous les SMUR du département pour partager des protocoles médicaux de prise en charge, acheter des matériels en commun et définir une politique d'homogénéisation des procédures de fonctionnement et prise en charge des patients. Cela a abouti entre autre à la création d'un dossier médical commun à tous les SMUR du 77 permettant un recueil de données uniformisé.

2.3.1.5 Les SMUR : une sectorisation administrative imposée et jamais évaluée

Chaque SMUR est responsable de la couverture opérationnelle d'un certain nombre de communes et d'habitants. Les mairies des communes de rattachement du SMUR envoient régulièrement des plans d'accès actualisés pour garantir aux UMH une facilité d'accès. La sectorisation des SMUR est majoritairement définie à l'intérieur du département du SAMU de rattachement et toujours validée par le préfet du département concerné. Toutefois la répartition des secteurs de SMUR a toujours été le fait d'arrangement de proximité et jamais basée sur une analyse des délais d'accès, encore moins de charge de travail attendue ou constatée. Récemment les SMUR à faible volume d'activité (moins de 1000 interventions/an) ont été désignés par le ministère de la santé comme à risques de perte de compétence et relevant d'une nécessité de mutualisation avec des SMUR voisins à plus gros volume d'activité. Aucune donnée scientifique n'apporte de données précises sur des seuils d'activité nécessaire.

2.3.2 Le système hospitalier français

Dans tous les hôpitaux métropolitains français il existe un service d'urgence (SU). Ses missions réglementaires sont d'accueillir tout patient qui se présenterait spontanément, de faire face aux urgences vitales dans la mesure de ses possibilités, de stabiliser au mieux les patients et le cas échéant de demander au SAMU départemental d'organiser et d'effectuer le transfert du patient vers une structure adaptée.

2.3.2.1 Le SAMU comme porte d'entrée du système hospitalier : filières plutôt que réseaux

Il a été démontré, que le transit d'un patient par un SU avant l'admission en centre spécialisé induisait un retard de prise en charge important en particulier pour les syndromes coronariens aigus et les accidents vasculaires cérébraux⁸². C'est la raison pour laquelle des campagnes nationales de prévention existent afin d'inciter la population à appeler directement le SAMU, via le 15, en cas d'apparition de symptômes évocateurs. De fait le SAMU joue le rôle d'introduction des patients dans des filières spécialisées en privilégiant le transport direct. Une filière signifie qu'on organise à un instant donné un parcours du patient. A contrario la notion anglo-saxonne de réseau («system») entre hôpitaux n'existe pas en l'état en France à une exception notable celle du réseau Nord-Alpin⁸⁶. En effet il n'existe pas d'aire géographique où les différents hôpitaux ont décidé de partager des procédures communes, des protocoles systématisés de transfert de patient. Il n'existe pas en France de dénomination officielle en «trauma center» d'hôpitaux qui en ont pourtant le fonctionnement et le niveau de qualification. Il n'y a que très peu de registres régionaux consacré à l'urgence vitale et aucune réglementation ne les rend obligatoire. Le réseau des hôpitaux Nord-Alpins a été créé pour pallier, malgré un maillage SMUR et SAMU conséquent, à la difficulté d'accessibilité aux centres spécialisés en particulier traumatologiques. De facto un certain nombre de patients se trouvaient obligatoirement admis en hôpital de proximité alors que la gravité de leur état justifiait des soins en centres spécialisés d'emblée. Le partage des compétences et l'application de procédures communes associés à une politique préétablie de transfert ont été la base de la création de ce réseau. Dans les régions où l'offre hospitalière est dense, par exemple l'Île de France, un hôpital, y compris spécialisé, est en droit de refuser un patient au médecin régulateur du SAMU si les conditions d'accueil du patient ne sont pas assurées, par exemple les blocs opératoires occupés ou le plateau technique saturé par un afflux de patients. Toutefois la majorité des régions françaises sont en situation d'avoir un seul voire au mieux deux hôpitaux universitaires avec un plateau technique large. Il est dès lors impossible de refuser de prendre en charge un patient proposé par le SAMU car cet hôpital est la seule ressource spécialisée disponible⁸⁷. De fait même si la création formelle d'un réseau n'est pas réalisée, beaucoup de territoires centrés sur un hôpital universitaire ou à plateau technique de haute technicité ont un fonctionnement centralisé où les patients les plus graves sont admis d'emblée et sans possibilités de refus et où les liens avec les hôpitaux de proximité sont souvent étroits mais pas toujours formalisés.

2.4 Les particularités de Ile de France : une offre de soins abondante, une organisation laborieuse

L'Île de France (IdF) est la région la plus peuplée et la plus riche de France. Elle dispose de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris qui a un maillage hospitalier et universitaire focalisé sur Paris et les départements de la petite couronne, ainsi que de

nombreux hôpitaux communaux ou intercommunaux répartis sur le territoire. C'est une région fortement urbanisée avec toutefois des enjeux ruraux conséquents.

2.4.1 La région ile de France : territoire et organisation

Avec une superficie de 12000 km², dont 80% d'espaces naturels ou agricoles, l'Île-de-France représente 28% du territoire national. Elle se situe au cœur d'un ensemble beaucoup plus vaste, le bassin parisien, dont les limites touchent les massifs anciens des Ardennes, les Vosges, le Morvan, le nord du Massif central et la Bretagne. Situé à Neuilly-en-Vexin (95), le point culminant de la région s'élève à 217 m. L'Île-de-France est l'une des plus petites régions françaises, (la plus petite de la France métropolitaine après la Corse et l'Alsace), mais de loin la plus importante par sa population (11,7 millions d'habitants, soit près de 19% de la population française) et par son produit intérieur brut (28,6% du PIB total de la France métropolitaine) (Insee 2010).

La région Île-de-France comprend 1281 communes et huit départements. Chef-lieu de la région et capitale d'État, Paris (75) a la particularité d'être à la fois une commune et un département. Paris est entourée par les départements de la première couronne - Hauts-de-Seine (92), Seine-Saint-Denis (93), Val-de-Marne (94) - puis par les départements formant la grande couronne : Seine-et-Marne (77), Yvelines (78), Essonne (91) et Val-d'Oise (95). La superficie de Paris est de 105 km², 657 km² pour la petite couronne et 11250 km² pour la grande couronne. La Seine et Marne est un département atypique au sein de la région car sa superficie de 5915 km² représente près de la moitié de celle de la région et les deux tiers des surfaces agricoles.

2.4.1.1 L'occupation du sol

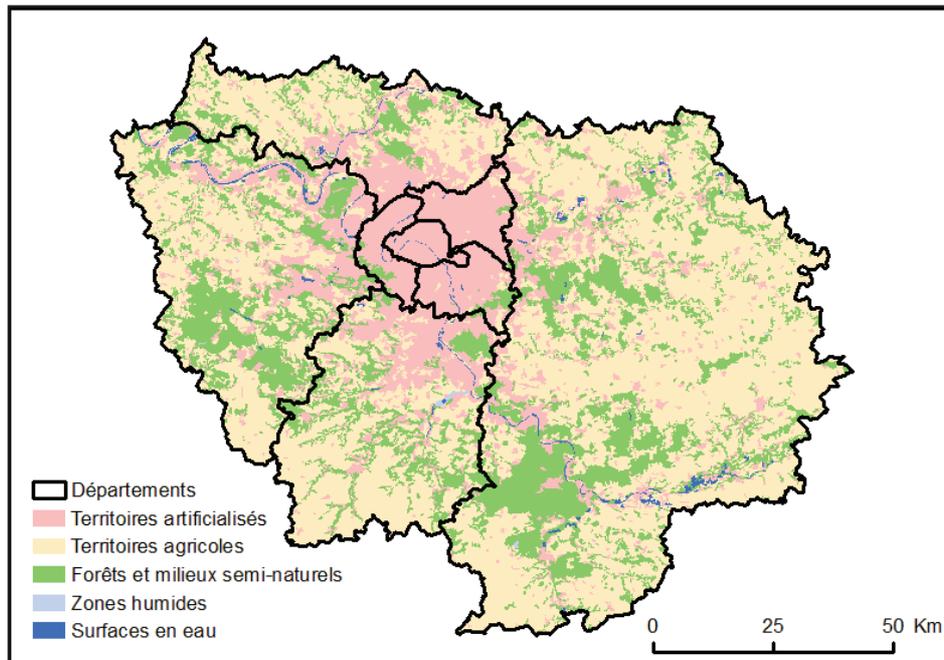
Malgré sa forte urbanisation, l'Île-de-France est majoritairement rurale : sur ses 12070 km², 45% sont consacrés à l'agriculture (une des plus productives de France) et 23% à la forêt ⁸⁸(carte 1). Parmi les plus importantes forêts de la région, on peut citer celles de Fontainebleau, Rambouillet, Montmorency, Saint-Germain-en-Laye et Sénart. L'urbanisation grignote la surface agricole qui a perdu 1000 km² au cours des 50 dernières années face à l'étalement urbain et aux développements des infrastructures. Plus de 140 km² du territoire francilien sont couverts d'eau : un millier d'étangs, 4440 km de fleuves, rivières et ruisseaux permanents, auxquels il faut ajouter .600 km de cours d'eau temporaires.

2.4.1.1.1 Définition des zones urbaines et rurales

La définition de zone urbaine correspond à des caractéristiques précises : L'unité urbaine est une commune ou un ensemble de communes qui comporte sur son territoire une zone bâtie d'au moins 2000 habitants où aucune habitation n'est séparée de la plus proche de plus de 200 mètres (Insee 2010). En outre, chaque commune concernée possède plus de la moitié de sa population dans cette zone bâtie. Si l'unité urbaine s'étend sur

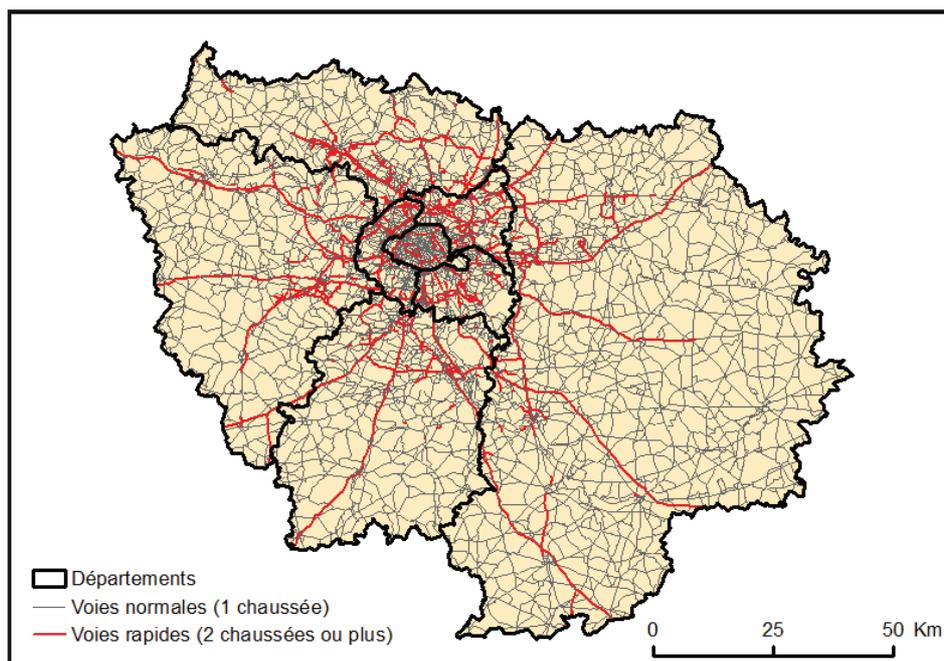
plusieurs communes, l'ensemble de ces communes forme une agglomération multi-communale ou agglomération urbaine. Si l'unité urbaine s'étend sur une seule commune, elle est dénommée ville isolée (Insee 2010). Par miroir une commune rurale est définie par le fait de ne pas être urbaine.

Carte 1 : Occupation du sol en Ile-de-France



Source : CLC2006, EEA, 2006

Carte 2 : Le réseau routier en Ile-de-France



Sources : BD Route500, IGN, 2010

2.4.1.2 *Le réseau routier*

Le réseau routier francilien comporte environ huit cent kilomètres d'autoroutes⁸⁹. On distingue une dizaine de radiales : les principales étant l'autoroute du Soleil (Dijon, Lyon, Marseille), du Nord (Lille), de Normandie (Rouen, Caen, Le Havre), de l'Est (Reims, Metz, Nancy, Strasbourg), et l'Aquitaine et l'Océane (Nantes, Bordeaux, Rennes) ainsi que des autoroutes concentriques : le périphérique entoure le Paris historique, l'A86, la proche banlieue et la Francilienne en cours de bouclage est située à une dizaine de kilomètres plus à l'extérieur. Le réseau routier est dense mais le maillage des voies rapides est en étoile avec une centralisation des axes vers les autres régions Il n'existe pas de voies transversales rapides en périphérie de la région. La Seine et Marne est particulièrement dépourvu de tout axe transversal. La partie Nord du 77 commence à avoir une ébauche de maillage de voies rapides. Il faut y voir là le développement de Marne la Vallée et du parc d'attractions de Disney. Les territoires du 78, 91 et 95 proches de la petite couronne ont un réseau circulaire intercommunal développé (carte 2).

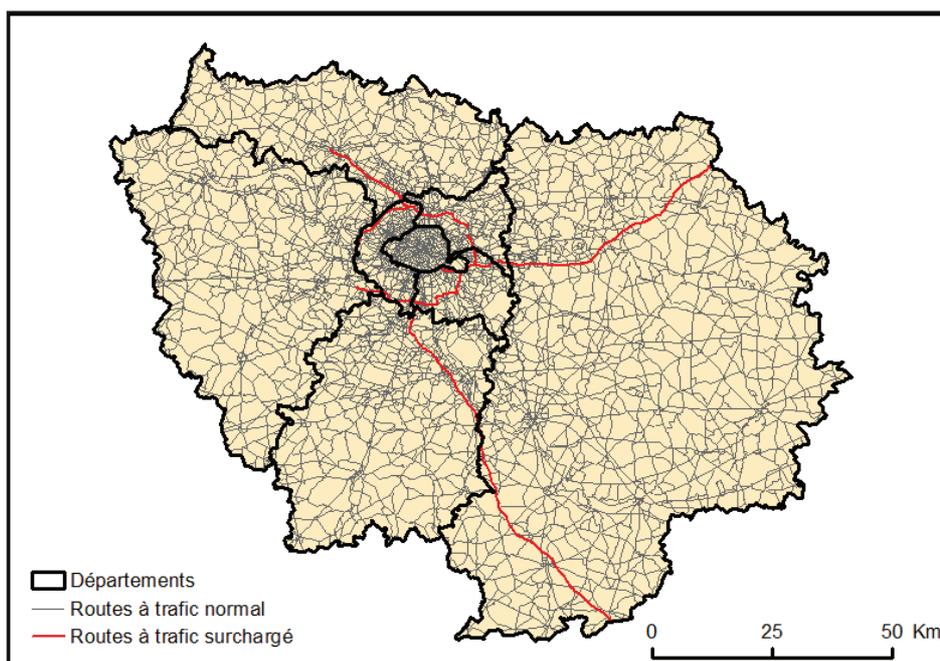
2.4.1.3 *Le trafic routier*

Aux jours ouvrés, on estime entre 15 à 45 millions le nombre de déplacements mécanisés en Île-de-France (soit deux tiers des déplacements). Plus de la moitié de ceux-ci sont effectués par des véhicules privés (le parc est supérieur à quatre millions de voitures) ou par des véhicules utilitaires. Le solde est assuré par les transports en communs. Ces déplacements vont concerner l'intérieur de Paris pour 5,4 %, les liaisons Paris-banlieue pour 9,3% et les trajets inter-banlieues pour 85,3%⁹⁰.

Depuis 2005 le trafic journalier moyen a fortement augmenté sur les deux rocade autoroutières, A86 (+ 50% sur la section nord-est) et la Francilienne, de même que sur les radiales autoroutières extérieures à la Francilienne. En revanche, la tendance à la baisse ou à la stabilisation touche le trafic du boulevard périphérique parisien. Ces évolutions recoupent, dans cette analyse, les résultats des enquêtes globales de transport réalisées après chaque recensement de la population. Ces résultats montrent, en effet, que les déplacements liés à Paris (flux internes et flux banlieue – Paris) baissent régulièrement, alors que les déplacements de banlieue à banlieue augmentent fortement. L'une des explications semble être le développement des emplois, commerces et services en banlieue, alors que l'emploi régresse à Paris intra muros. Par ailleurs l'essor des villes nouvelles s'est effectué en périphérie de Paris et la petite couronne pour des raisons de coût de construction. C'est donc une évolution de la structure des déplacements combinée à un réseau de transport en commun très peu compétitif pour les déplacements de banlieue à banlieue (carte 3).

Les axes décrits comme surchargés, c'est-à-dire que les conditions de trafic routier aux tranches horaires 7h-9h et 18h-20h ne permettent pas de maintenir une vitesse de déplacement constante, sont ceux des axes routiers rapides, autoroute et Francilienne.

Carte 3 : Axes rapides à très fort trafic routier aux heures de pointe (7h00-09h00 et 18 h00-20h00)



Source : BD Route500, IGN, 2010

2.4.1.4 Le territoire et sa population

L'Île-de-France est la région la plus peuplée de France avec 11.7 millions d'habitants, soit environ 19 % de la population française (source : Insee, estimation au 1^{er} janvier 2008). Les densités de population par département sont rapportées en Tableau 1.

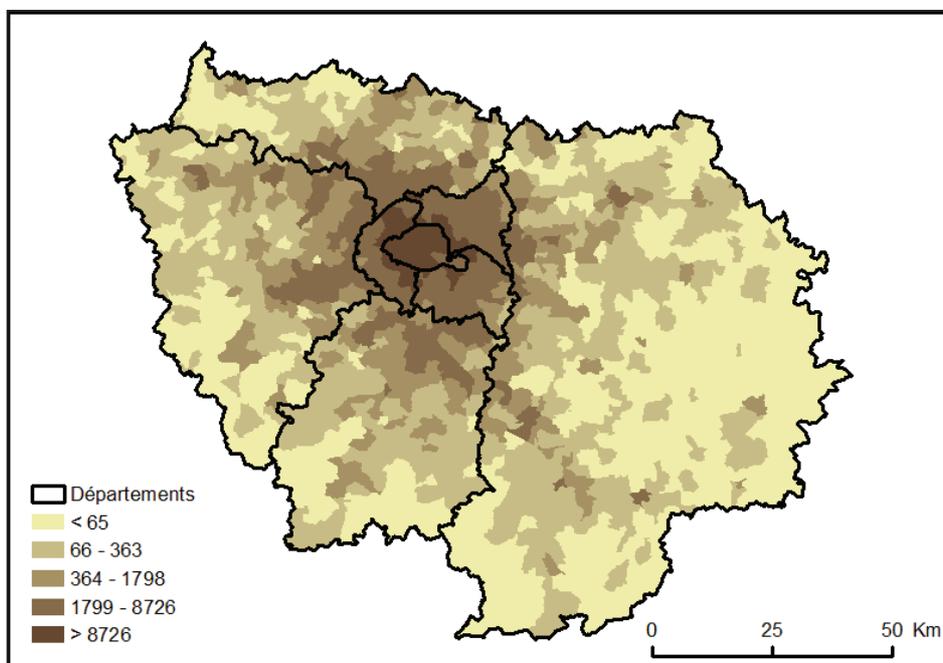
Tableau 1 : Nombre d'habitants et densité de population par département en Ile de France

	Population (millions d'hab.)	Densité démographique (hab./km ²)
Région Île-de-France	11,7	966
Paris	2,16	20 886
Hauts-de-Seine	1,57	8 773
Seine-Saint-Denis	1,48	6 364
Val-de-Marne	1,27	5 318
Val-d'Oise	1,10	932
Essonne	1,18	666
Yvelines	1,39	615
Seine-et-Marne	1,26	218

Source : INSEE, 2008

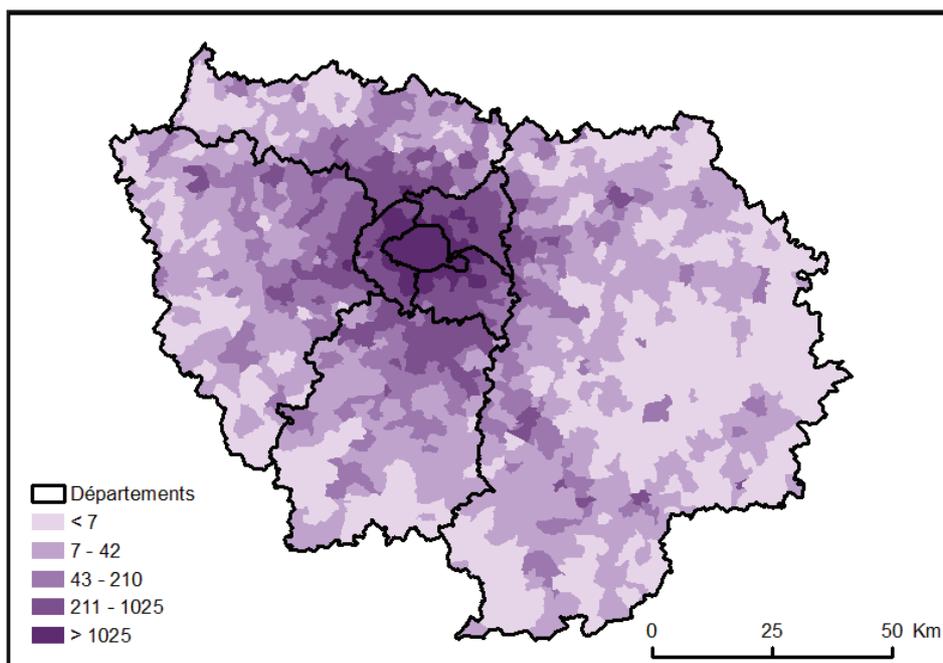
La population est répartie principalement en zones fortement urbanisées centrée sur Paris et les départements de la petite couronne (carte 4). Au sein des départements de la grande couronne la répartition des populations n'est pas homogène et se concentre sur les bordures jouxtant la petite couronne. La région francilienne est peu peuplée en sa grande périphérie.

Carte 4 : Densité de population à l'échelle des communes



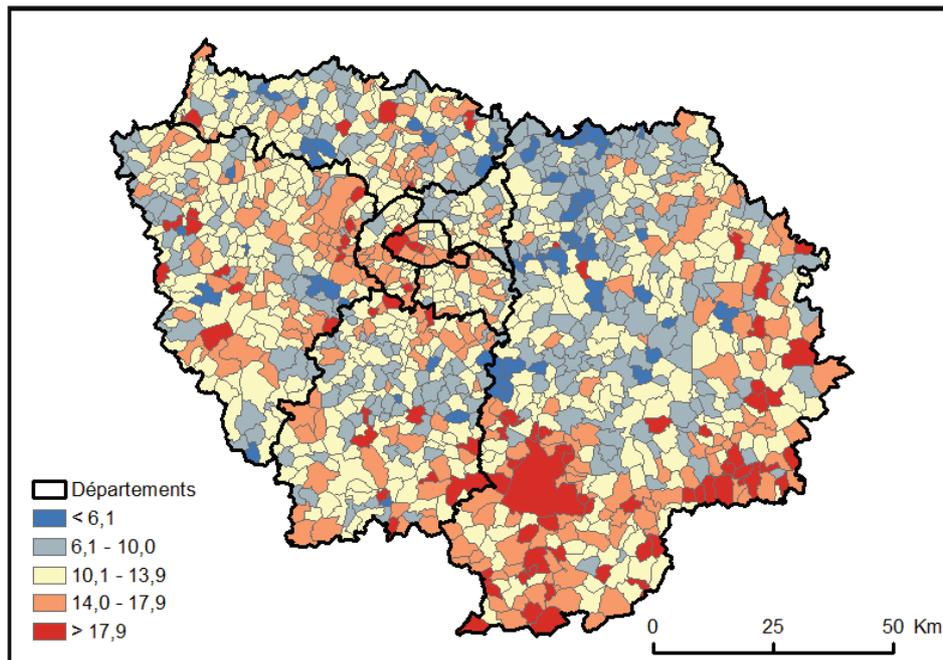
Source : INSEE, 2008

Carte 5 : Densité des seniors à l'échelle des communes



Source : INSEE, 2008

Carte 6 : Part des seniors par rapport à la population à l'échelle des communes



Source : INSEE, 2008

2.4.1.4.1 La répartition des seniors au sein de la région

56,8% de la population a moins de quarante ans. Toutefois la situation est contrastée avec de fortes inégalités du poids de la population âgée (seniors ayant plus de 65 ans). Les seniors sont majoritairement présents à Paris et petite couronne (carte 5) mais le poids relatif de leur présence est plus important dans les communes rurales des franges Sud-Est du 77 (carte 6). Ce qui n'est pas sans poser des problèmes de coût relatif de santé à la charge des communautés territoriales. Outre les problèmes de santé publique liés aux maladies dégénératives, le vieillissement de la population entraîne un accroissement des pathologies cardio-vasculaires et pulmonaires pouvant nécessiter une prise en charge préhospitalière urgente⁹¹. Chez ces patients à l'état physiologique fragilisé et à la mobilité souvent réduite, les enjeux d'accessibilité aux ressources médicales sont essentiels. D'autant que l'âge n'est pas en lui-même une contre indication pour pouvoir bénéficier de soins de réanimation. Dans une étude préhospitalière incluant 815 patients âgés de plus de 80 ans et pris en charge par une équipe médicale du SMUR, le taux de survie des patients était de 80%. Une détresse respiratoire aigüe ou un syndrome coronarien représentaient la majorité des pathologies traitées dans cette étude et les traitements instaurés étaient régulièrement invasif (3% des patients étaient sous ventilation mécanique ou cathécolamines)⁹².

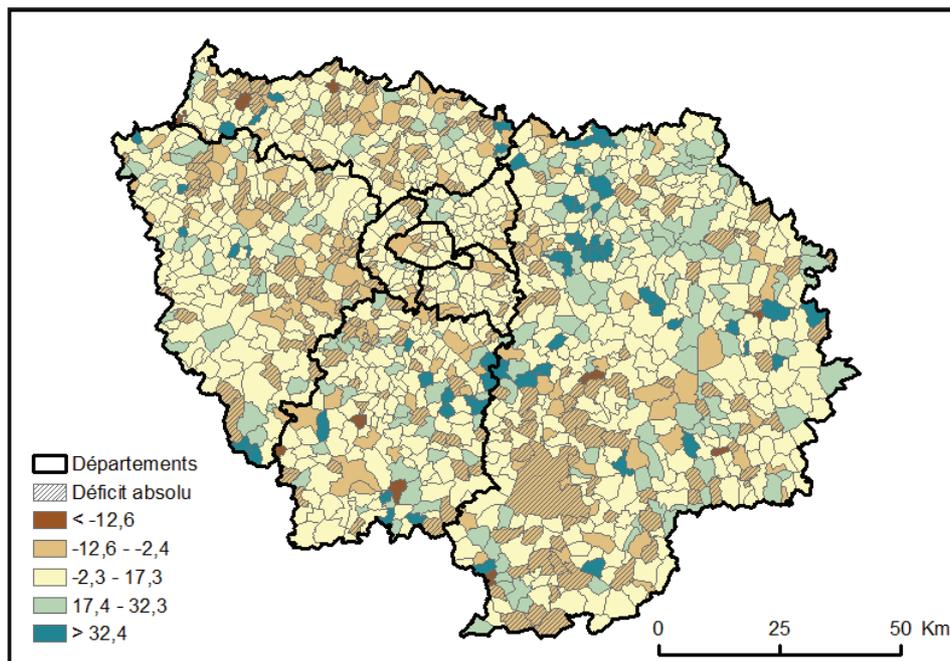
2.4.1.5 Evolution dynamique des habitants à l'échelle d'une commune

Alors qu'entre 1990 et 1999 la population de la région n'avait augmenté que de 291000 habitants - soit 32000 par an -, le rythme d'accroissement s'est considérablement accéléré depuis lors (Insee 2010). De 1999 à 2008, l'accroissement annuel moyen a été de

0,70% soit près de 78600 habitants, principalement dû à l'excédent naturel. Au 1^{er} janvier 2008, la population de l'Île-de-France était de 11.659260 habitants. Elle était estimée par l'Insee à 11.729613 habitants au 1^{er} janvier 2009, et 11.798427 d'habitants au 1^{er} janvier 2010. L'analyse à l'échelle communale permet de constater une dynamique démographique contrastée. La représentation cartographique du taux de variation (différence de population entre 2008 et 1999/la population en 1999) montre les aires géographiques à dynamisme démographique supérieur à la moyenne régionale (carte 7). Il existe un axe de croissance en population de la partie Nord-Ouest de la Seine et Marne, en particulier les zones nouvelles de Chessy Marne la Vallée (aux alentours de Disneyland). Il est utile de rapprocher cette donnée démographique au trafic routier qui va dépendre de l'axe Autoroute de L'Est totalement congestionné aux heures de pointe.

Enfin on peut observer une tendance au dépeuplement des communes situées au nord du Val d'Oise, au Sud-Est de Seine et Marne et au Nord des Yvelines. Ces communes situées en périphérie sont faiblement dotés en moyens de transport collectif ou en voies de communication rapide.

Carte 7 : Dynamique démographique par communes entre 1999 et 2008



Source : INSEE, 2008

2.4.1.5.1 Projections de la population francilienne à l'horizon 2030

À l'horizon 2030, l'Île-de-France compterait 12,78 millions d'habitants. Sur la période 2006-2030, la population francilienne progresserait de 1,25 million d'habitants en supposant que les tendances observées entre 1990 et 2006 se maintiennent. Sur les 1,25 millions

d'habitants supplémentaires que compterait l'Île-de-France en 2030, 930000 auraient 60 ans et plus (soit les trois quarts dans le scénario central).

2.4.2 Les 8 SAMU de la région : une organisation en cours d'évolution

Les 3 SAMU des départements de la petite couronne (Hauts de Seine 92, Seine Saint Denis 93, Val de Marne 94) et le SAMU de Paris font partie de l'Assistance publique des Hôpitaux de Paris (APHP). Les SAMU de la grande couronne sont au nombre de 4 (Seine et Marne 77, Yvelines 78, Essonne 91, Val d'Oise 95). Une organisation en réseau régional des SAMU est instaurée depuis quelques années sous l'égide du SAMU de Paris pour répondre à des enjeux de formation et à un évènement catastrophique dépassant les capacités d'un SAMU départemental. La coopération quotidienne est basée sur les relations de bon voisinage. Il n'existe pas, sauf de rares exceptions, de protocoles d'accord de fonctionnement entre SAMU départementaux. Il faut préciser que les SAMU de la grande couronne ont instauré des protocoles d'envoi de leurs UMH hors Ile de France à la demande des départements extra-régionaux voisins (Oise-60, Loiret-45, Eure-27) et que certains ont également instaurés des secteurs d'intervention inter-départements (par exemple le SMUR de Villeneuve St Georges 94 intervient au profit de communes du 91 et à la demande du SAMU 91). Trois SAMU de la grande couronne et les 4 SAMU de l'APHP partagent le même système de dossier informatique et sont en mesure de partager en temps réel leurs dossiers patients.

2.4.2.1 Des outils d'aide à la recherche d'un accueil hospitalier

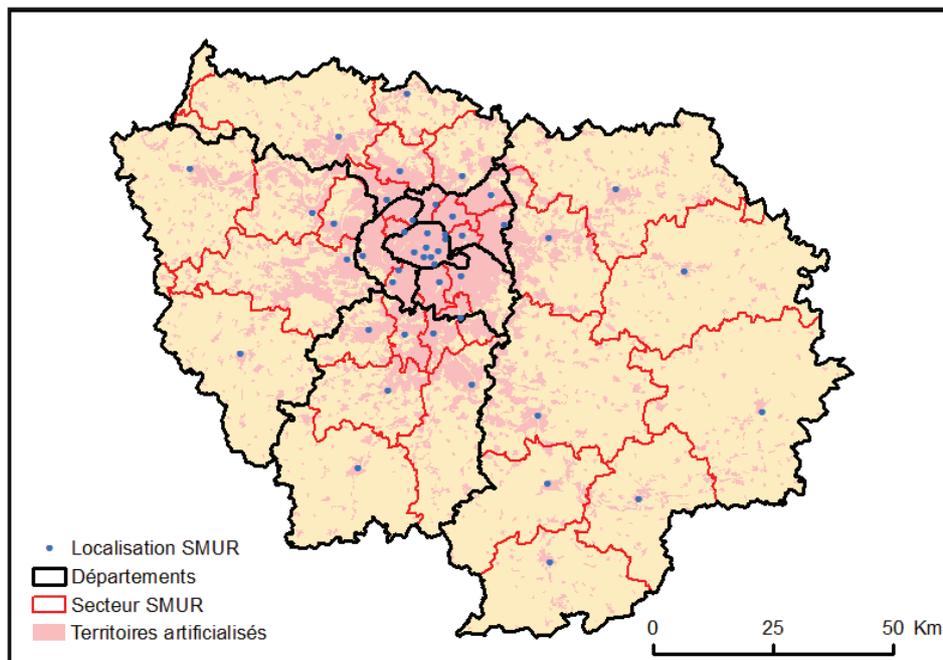
La région Ile de France s'est doté d'un outil électronique dénommé CAPRI d'aide à la recherche de place. Cet outil permet aux services de réanimations franciliens de renseigner en temps réel le nombre de lits disponibles pour recevoir un patient. Chacun des SAMU de la région disposent d'un accès internet au site CAPRI. Le médecin régulateur à la recherche d'une place d'accueil en réanimation peut d'un clic connaître, département par département, les services de réanimation ayant déclaré des places disponibles. Cela ne préjuge pas de l'accord du médecin hospitalier pour recevoir le patient. Les raisons d'un éventuel refus du patient peuvent être multiples, plateau technique d'accueil inadapté à la gravité du patient, équipe hospitalière déjà mobilisée pour un autre patient, lits occupés, etc. et sont toujours légitimes par définition. Un médecin régulateur n'imposera que très rarement un patient et ce sera toujours alors pour la réalisation urgente d'un geste thérapeutique. Par exemple un syndrome coronarien aigu pour lequel sera réalisée une coronarographie en urgence même en l'absence de place disponible d'hospitalisation ou une admission directe au bloc opératoire pour un geste chirurgical salvateur. Un transfert secondaire sera alors réalisé une fois le patient traité.

Récemment un Répertoire Opérationnel des Ressources (ROR) a été créé pour permettre à chacun des 8 SAMU de la région d'avoir accès à la totalité des informations sur les hôpitaux public et privés et plateaux techniques de la région.

2.4.3 Les SMUR de la région Ile de France

Il existe 36 SMUR en Ile de France, tous rattachés à un hôpital. Il n'existe pas de SMUR appartenant à une structure privée. Chaque SMUR comprend au moins une équipe médicale (UMH) et parfois plusieurs de jour comme de nuit. Certains SMUR ne fonctionnent que la journée (Hôtel-Dieu à Paris, Saint-Germain en Laye dans les Yvelines). En effectifs cumulés la région IdF dispose de 69,5 équipes médicales de jour et 58 la nuit (18 H30- 08 h30). Les effectifs comprennent les UMH des SMUR (63,5 UMH jour et 52 UMH nuit) et les 6 équipes médicales de la brigade des pompiers de Paris (BSPP). La répartition des SMUR dans la région IdF est montrée en Carte 8. La répartition des secteurs SMUR ne tient pas compte d'une évaluation de l'accessibilité. Les frontières des départements sont presque étanches. Un certain nombre de communes en zones périphériques des secteurs administratifs de SMUR sont très proches du SMUR d'un département voisin qui ne sera pourtant pas le SMUR de première intention.

Carte 8 : Implantation territoriale des SMUR en Ile de France



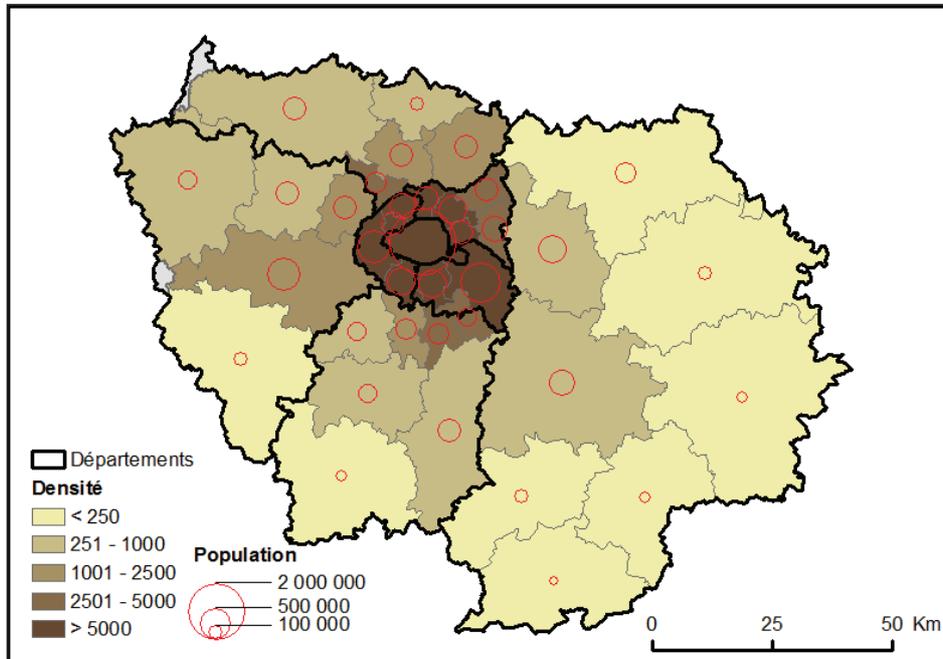
Sources : Annuaire des SAMU, 2011 ; CLC2006, EEA, 2006

2.4.3.1 Des secteurs SMUR très hétérogènes en superficie et population

Les secteurs des SMUR sont parfois très variables en superficie et en population défendue. Ainsi certains secteurs sont peu peuplés et très étendus et d'autres très peuplés et purement en milieu urbain (carte 8). Les superficies des secteurs vont du simple (32 km² pour Beaujon) au décuple (580 km² pour Pontoise). L'hétérogénéité de superficie des secteurs est forte avec des valeurs variant pour le secteur de SMUR le plus petit (Beaujon à Clichy) de 32 km² à plus de 900 km² pour les secteurs SMUR les plus larges (77). De manière générale les secteurs SMUR du 77 sont parmi les plus étendus et les plus ruraux de la région.

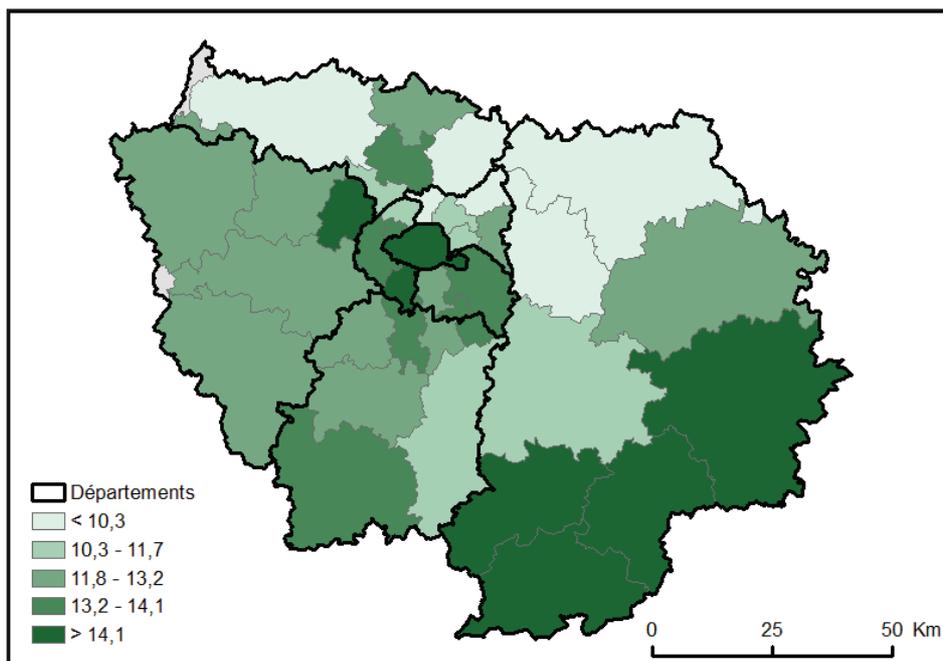
Les zones urbaines sont concentrées dans Paris et la petite couronne. Un axe de développement urbain fort existe en direction des communes du 78, 91 et 95 limitrophes à la petite couronne. L'urbanisation s'étend dans la partie Sud-Ouest du 78. La Seine et Marne est urbanisée dans la partie Ouest accolée au 93 et très rurale pour le reste.

Carte 9 : Nombre d'habitants par secteurs SMUR



Source : INSEE, 2008

Carte 10 : Part de la population de + 65 ans (%) par secteur SMUR



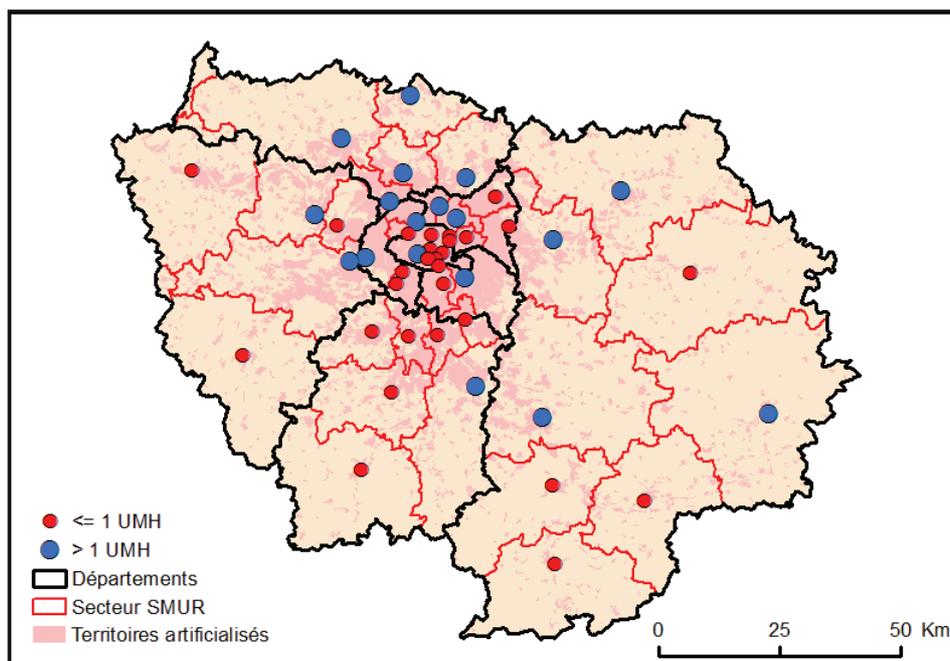
Source : INSEE, 2008

Le nombre d'habitants par secteur SMUR varie de 49000 (SMUR de Nemours) à 950000 (SMUR Créteil), en excluant Paris (carte 9). Les secteurs SMUR les plus peuplés sont au centre de la région et en bordure de la banlieue. Les secteurs Sud-Est et Est de la Seine et marne ainsi que les secteurs Sud du 78 et 91 ont une densité de population la plus faible de la région. La part des + de 65 ans par rapport à la population totale est variable selon les secteurs SMUR (carte 10). Les secteurs SMUR du 77 Sud-Est sont caractérisés par un poids relatif de la population senior plus important.

2.4.3.2 Des moyens médicaux différents selon les SMUR

Le nombre d'UMH par SMUR dépend de considérations professionnelles mais n' a jamais fait pas l'objet d'une analyse fine par ratio de population ou d'activité. Les caractéristiques d'activité, de nombre d'équipes médicales, de superficie de secteur et de nombre de population défendue sont résumées en Tableau 2 et Carte 11. Dans ce tableau les interventions recensées sont les missions primaires et secondaires si le SMUR est habilité à effectuer des transports inter-hospitaliers. On peut observer qu'il n'y a pas de corrélation entre le nombre d'habitants et le nombre d'équipe médicale hospitalière (UMH) : le SMUR Beaujon (Clichy), par exemple, défend 318000 habitants avec 3 UMH de jour et 2 la nuit, alors que le SMUR Pontoise défend 260000 habitants avec autant d'UMH que Beaujon. Tous les SMUR disposent d'au moins deux équipes médicales dès la barre franchie des 300000 habitants.

Carte 11 : Secteurs SMUR avec une ou plus d'une UMH



Sources : Annuaire des SAMU français, 2011 ; INSEE, 2008

Nous qualifierons d'urbain un SMUR qui compte plus de 50 % de son secteur identifié comme urbain par le Corine Land Cover et rural un SMUR qui compte moins de 50 % de son secteur identifié comme urbain. Dans le tableau 2 les SMUR ruraux sont identifiés en italique et en gras. Nous distinguerons les SMUR selon qu'ils disposent d'une ou de plus d'une UMH (carte 11).

Tableau 2 : Caractéristiques des secteurs SMUR par superficie, nombre d'habitants et nombre d'équipes médicales

SMUR	Interventions (n)	Equipe médicales H 24 (n)	Superficie secteur (km ²)	Habitants (n)	Habitants >65 ans (n)
Argenteuil	2990	2	56,3280	248448	52974
<i>Arpajon</i>	1307	1	326,8875	160234	33890
Aulnay	2410	1	64,7364	254747	58737
Beaujon	4236	2,5	32,4344	316312	65766
<i>Beaumont</i>	1480	1,5	184,6995	81341	16520
Bobigny	5637	2,5	44,8528	371860	83018
Champerret	1901	1	15,2833	278906	50051
Clamart	1653	1	49,0390	402868	73138
<i>Corbeil</i>	4032	2,5	490,3556	272922	60318
<i>Coulommiers</i>	1068	1	959,5619	88608	18997
Eaubonne	3100	2	131,5027	300464	60776
<i>Etampes</i>	637	1	630,7144	72485	14740
<i>Fontainebleau</i>	1120	1	523,2728	82856	15713
Garches	5330	3,5	78,9961	538014	105983
Gonesse	2244	1,5	208,8057	260308	62222
Juvisy	1737	1	66,4615	210495	43449
<i>Lagny</i>	4281	2,5	432,7919	406989	87214
Longumeau	1468	1	90,3529	213051	42250
<i>Mantes</i>	1190	1	671,3773	192502	41589
<i>Meaux</i>	2825	2	910,7160	212918	46525
<i>Melun</i>	4836	2,5	892,6783	307595	67698
Mondor	9100	4	165,7641	848476	163751
<i>Montereau</i>	723	1	532,0795	60941	12716
Montfermeil	2150	1	66,0620	328952	68718
Montreuil	1615	1	27,2035	262687	53271
<i>Nemours</i>	711	1	579,3440	49964	9869
<i>Orsay</i>	961	1	179,2516	162722	32292
Poissy	2891	2	277,8584	264761	56337
<i>Pontoise</i>	3523	2,5	592,0429	260158	56146
<i>Provins</i>	1312	2	1101,1315	63618	12992
<i>Rambouillet</i>	750	1	716,5882	81846	16474
Saint-Denis	2600	1	34,3908	273724	62676
Saint-Germain	1616	0,5	120,7295	288196	58751
<i>Versailles</i>	5599	4	538,9810	567712	117709
Villeneuve	1560	1	59,8057	172621	36082
Vitry	1869	1	56,2154	383607	73727
Paris	20049	10	105,5560	2181374	307286

Sources : Annuaire des SAMU français, 2011 ; INSEE, 2008

2.4.3.3 Le cas particulier des ambulances de réanimation de la brigade des pompiers de Paris

En Ile de France, la brigade des sapeurs-pompiers de Paris (BSPP) qui est de statut militaire dispose historiquement d'un service de santé actif dans la prise en charge des urgences vitales. Plusieurs ambulances de réanimation (AR) disposant des mêmes matériels et moyens humains que les UMH des SMUR, utilisant des médecins militaires urgentistes d'active ou réservistes, sont positionnés dans Paris intra-muros et la petite couronne au sein de quelques centres d'intervention de la BSPP. Ces AR de la BSPP ont toutefois un statut dérogatoire car elles ne sont pas basées dans un hôpital de rattachement et leur mode de fonctionnement reste particulier. Il existe 3 AR dans Paris basée aux centres d'interventions (CI) de Champerret, Masséna, Mesnilmontant et 3 AR en petite couronne basées aux CI de Clamart (92), Vitry (94), Montreuil (93). Ces AR peuvent être engagés sans l'accord du SAMU. En revanche elles ont l'obligation de passer un bilan médical de leurs interventions au SAMU qui est seul responsable de la recherche d'un accueil hospitalier. Leur activité est colligée au sein des SAMU départementaux concernés.

2.4.3.4 Une délimitation des secteurs entre SMUR et ambulance de réanimation des sapeurs pompiers inexistante à Paris

Le SAMU de Paris déclenche soit ses UMH soit les AR BSPP mais il n'y a pas de secteurs attribués aux moyens médicalisés des SP ou des SMUR parisiens. C'est une différence avec les départements de la petite couronne où les AR de la BSPP sont en charge d'un secteur administratif de communes dûment identifié. Pour cette raison nous n'étudierons pas de sectorisation SMUR à Paris intra-muros.

2.4.4 Un réseau hospitalier spécialisé centralisé

En Ile de France, l'offre de soins est très conséquente avec à disposition plusieurs dizaines de centres universitaires tous localisés dans Paris et la petite couronne. Aucun de ces centres n'est formellement organisé en réseau tel que défini en chapitre 2.2. En cas de refus d'un patient par un hôpital, c'est au SAMU de chercher une solution d'accueil. Le centre qui a refusé ne se sent plus concerné. Du moins il peut estimer que les autres centres spécialisés pourront assumer le patient. Il faut bien sûr pondérer ces propos car chaque SAMU a développé des affinités et des filières avec différents centres spécialisés. Toutefois le fait est qu'il faut que le médecin régulateur trouve un hôpital d'accueil pour le patient pris en charge par le SMUR et que tant que ce patient est sous la responsabilité du SAMU aucun hôpital n'est réglementairement engagé à admettre le patient. En région Ile de France malgré une offre de soins très large, l'admission des patients en centres spécialisés a été parfois suffisamment compliqué pour justifier quelques échos retentissants dans la presse⁹³. L'ARS s'était senti obligée de rédiger avec les professionnels concernés un guide de bonne relation entre les SAMU franciliens et les services de réanimation de la région⁹⁴.

La centralisation parisienne de l'offre de soins induit un fonctionnement centripète pour certaines pathologies dont les traumatismes graves et principalement les traumatismes crâniens graves pour lesquels des compétences neurochirurgicales sont nécessaires. Une des difficultés a été de résoudre le problème de l'accès à la ressource neurochirurgicale qui en Ile de France fonctionne sur le principe d'une garde régionale journalière que chacun des 7 centres habilités assume à tour de rôle.

L'Ile de France est un parfait concentré des succès et difficultés rencontrés. On peut résumer l'organisation des hôpitaux franciliens en rappelant qu'il n'existe à ce jour aucun réseau formalisé, aucune obligation d'acceptation d'un patient proposé par le SAMU, aucune concertation et organisation de transfert et qu'il n'y a pas encore d'accréditation spécifique pour l'activité traumatologique lourde. Le SAMU est le maître d'œuvre d'une filière de soins qu'il se doit d'organiser pour chaque patient. Des filières se sont créées par affinités entre les SAMU et les centres traumatologiques lourds franciliens et une prise de conscience entre professionnels entraîne l'élaboration petit à petit d'un réseau qui à moyen terme pourra devenir formel. La prise en charge des TCG permet d'analyser chacun des maillons de cette organisation.

2.4.4.1 Les hôpitaux impliqués dans la prise en charge des urgences vitales

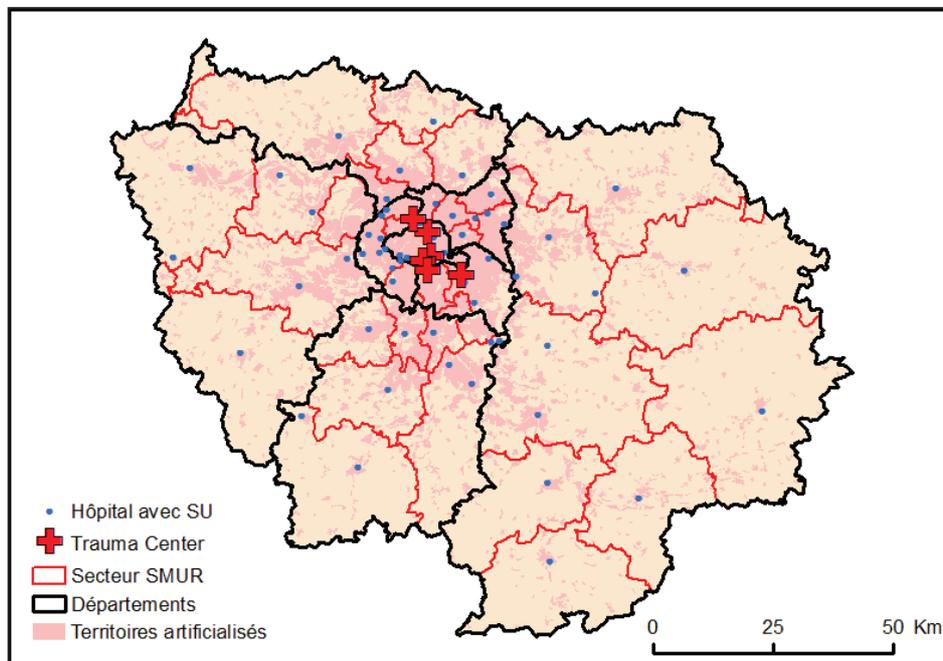
La région compte 74 services d'urgence (SU) publics et 13 privés⁹⁵ (carte 12). Chacun des ces SU doit être en mesure de pouvoir gérer une urgence vitale qui se présenterait spontanément avant son transfert en centre spécialisé. Ils disposent tous d'un accès au scanner et le plus souvent à un service de soins intensifs ou réanimation polyvalente. En Ile de France, il existe un réseau de télé-médecine qui permet à chaque SU de communiquer avec les services de neurochirurgie de grande garde. Ces SU prennent en compte un nombre conséquent de TCG qui pour la plupart sont des patients qui initialement avaient un état de conscience normal et qui vont s'aggraver. Dans l'étude épidémiologique de Tagliaferri et al. parmi les patients victimes de TC, 10% étaient d'emblée des TCG, 10% des TC dit modérés et 80% des TC bénins³⁸. Toutefois il est démontré que parmi les TC modérés, un tiers d'entre eux va s'aggraver neurologiquement et avoir besoin de soins spécialisés et environ 7 à 10% des TC bénins⁹⁶. Le but de notre étude n'a concerné que les TCG pris en charge par les SAMU SMUR. Il est toutefois indéniable qu'une étude consacrée aux TCG pris en charge au sein des SU serait nécessaire pour mieux caractériser la population de TCG qui y est prise en charge.

2.4.4.2 Les "trauma center" à la française

La rédaction d'un Schéma régional d'organisation des soins (SROS 3) en 2005 a défini le rôle et les éléments de structure des hôpitaux spécialisés dans la prise en charge des TCG et plus largement des traumatisés graves⁹⁷. L'objectif de ce volet du SROS 3 avait été de proposer des solutions structurelles à ces problèmes en identifiant et en définissant des

filières de soins incluant pour la phase aiguë de couvrir l'ensemble de l'Île de France et de définir une cartographie permettant une orientation adaptée du patient par le SAMU.

Carte 12: Implantation régionale des "trauma center" français et des hôpitaux disposant d'un service d'urgence



Sources : CLC2006, EEA, 2006 ; Répertoire Opérationnel des ressources

Le SROS 3 impose une définition structurelle des centres habilités à recevoir des urgences traumatologiques graves et des TCG. Ceux-ci, au nombre forcément limité pour assurer un recrutement de patients adapté aux nécessités de pratiques régulières, doivent comprendre un service de neurochirurgie, une neuro-réanimation et un service de neuroradiologie. Un certain nombre de critères qualitatifs et quantitatifs sont requis pour pouvoir prétendre à la qualification de centres spécialisés dits «trauma center» niveau 1 :

1. Un plateau technique permettant de prendre en charge des patients polytraumatisés à toute heure du jour et de la nuit (chirurgie digestive et orthopédique). Ceci sous-tend l'idée de la possibilité d'une intervention neurochirurgicale à toute heure dans le centre de référence pour un patient qui développerait secondairement une indication neurochirurgicale en urgence.
2. Un service de radiologie ayant un scanner multi-barettes et une IRM avec possibilité de réception de transfert d'image. Ceci doit permettre de réaliser un scanner cérébral, un angio-scanner des vaisseaux du cou et du polygone de Willis, un scanner corps entier à toute heure du jour et de la nuit. Le service de radiologie doit pouvoir réaliser une IRM cérébrale chez un patient intubé-ventilé aux heures diurnes.

3. Une réanimation spécialisée qui doit accepter un patient qui présenterait une indication chirurgicale qui serait apparue dans un deuxième temps, après accord des neurochirurgiens, donner de jour comme de nuit un avis de réanimation aux réanimations des hôpitaux non spécialisés, accepter un patient complexe et dispenser une formation continue concernant la prise en charge des traumatisés crâniens graves aux réanimateurs et urgentistes des hôpitaux non spécialisés.

Il n'a pas été prévu différents niveaux de «trauma center» ni de fonctionnement en réseau de ces «trauma center». Les quelques «trauma center» niveau 1 sont tous dans Paris ou sa petite couronne.

2.4.4.3 La neurochirurgie en Ile de France : le principe de la grande garde

L'organisation francilienne comprend un partage par six hôpitaux universitaires de l'APHP, d'une garde unique de neurochirurgie pour la région (grande garde de neurochirurgie) : La Pitié-Salpêtrière, Kremlin-Bicêtre, Henri Mondor, Beaujon, Lariboisière et Saint-Anne. Cette garde unique a évolué au fil des ans et est à ce jour dévolue aux urgences neurochirurgicales ne relevant pas d'un contexte de traumatologie grave associée. De fait les «trauma center» tels que définis préalablement sont La Pitié-Salpêtrière (75), le Kremlin-Bicêtre (94), Beaujon (92) et Henri Mondor (Créteil 94). Dans notre travail les centres spécialisés pour la prise en charge des TCG incluaient les six hôpitaux se partageant la grande garde de neurochirurgie, même si Lariboisière et Sainte Anne ne sont pas des «trauma center».

2.5 Les données d'activité des SAMU-SMUR franciliens

2.5.1 SAMU et activité

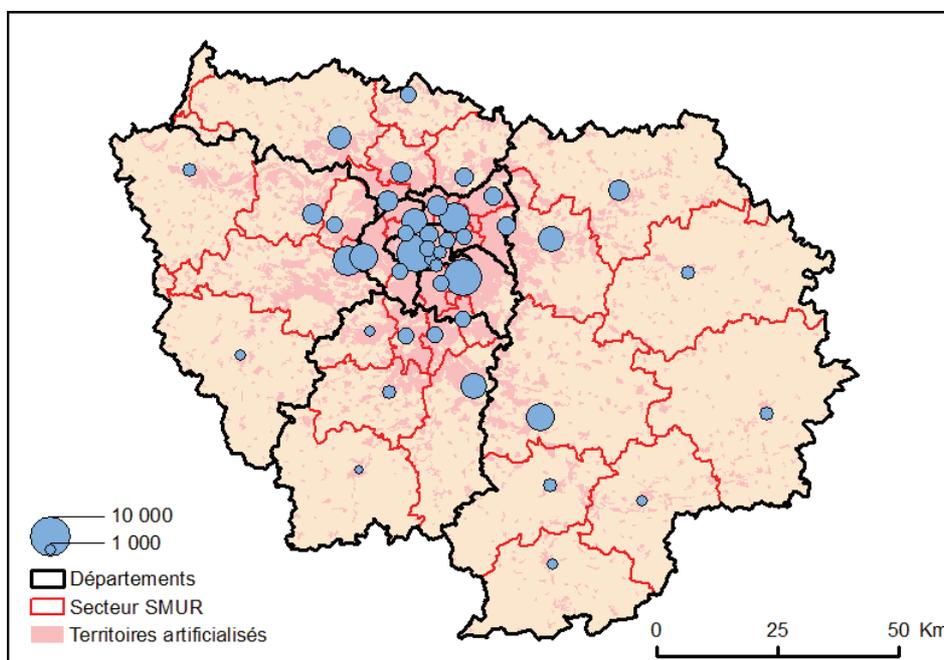
L'activité d'un SAMU est évalué par le nombre de dossiers de régulation médicale (DRM) créés. Chaque DRM correspond à un acte de régulation que ce soit un simple conseil médical, l'envoi d'un médecin généraliste, d'une ambulance pour aller aux SU de proximité ou d'une UMH d'un SMUR. En 2011 la part des DRM aboutissant à un conseil est de 30% et 10% des DRM concernent l'engagement d'une UMH⁹⁸. L'activité d'un SAMU se caractérise également par la charge de travail induite par le suivi des DRM. Pour chaque UMH engagée il y a un bilan médical à recueillir et une destination hospitalière à rechercher. Ainsi en plus des DRM le nombre d'intervention SMUR primaires (dépêcher une UMH auprès du patient) et secondaire (assurer un transfert médicalisé d'une structure de soins à une autre) sont également comptabilisés. Les données de DRM et d'intervention SMUR primaires et secondaires pour chaque SAMU sont répertoriées en Tableau 3.

Tableau 3 : Activité des SAMU de l'Île de France en 2007

SAMU	Interventions SMUR Totale (n)	Interventions primaires SMUR (n)	Interventions secondaires SMUR (n)	Dossiers de régulation médicale (n)	Habitants (n)
75	17585	12795	4790	143283	2 181 374
77	16032	13865	2167	143282	1 273 489
78	9921	8426	1495	187000	1 394 918
91	7229	5249	1980	148888	1 340 357
92	11372	7870	3502	162474	1 536 100
93	14094	10321	3773	179558	1 491 970
94	8904	7707	1197	208636	1 404 343
95	12421	9939	2482	163881	1 150 719

Sources : Annuaire des SAMU français, 2011

Carte 13: Activité des SMUR en Ile de France



Sources : Annuaire des SAMU. Editions 2011

2.5.2 SMUR et activité

L'activité des SMUR est comptabilisée en missions primaires et secondaires. Une mission primaire est un acte de médicalisation du patient sur les lieux de survenue de la détresse vitale. Une mission secondaire est le plus souvent un transfert d'un patient d'un centre hospitalier vers un autre centre hospitalier. L'activité de chaque SMUR en interventions primaires et secondaires (chiffres 2011) est en Tableau 4 et Carte 13. Les SMUR ne sont pas tous habilités à réaliser des interventions secondaires. Aucune AR de la BSPP ne réalise d'interventions secondaires. Sept SMUR de la région n'effectuent pas d'interventions secondaires. Ce sont toujours des SMUR qui ne disposent que d'une UMH et bien souvent exclusivement de véhicules légers d'intervention Certains SMUR en font de

manière anecdotique. Au sein de chaque département un ou deux SMUR sont en charge de missions secondaires de tout le département. L'activité des SMUR est variable en fonction des secteurs considérés. Les SMUR en périphérie de région, ont une activité plus faible que ceux de la petite couronne.

Tableau 4 : Activité primaire et secondaire de chaque secteur SMUR

SMUR	Interventions (n)	Interventions primaires (n)	Interventions secondaires (n)
Argenteuil (95)	2990	2652	338
Arpajon (91)	1307	1307	/
Aulnay (93)	2410	1918	492
Beaujon (92)	4236	3519	717
Beaumont (95)	1480	1319	161
Bobigny (93)	5637	4320	1317
Champerret (BSPP)	1901	1901	/
Clamart (BSPP)	1653	1653	/
Corbeil (91)	4032	2237	1795
Coulommiers (77)	1068	1068	/
Eaubonne (95)	3100	2593	507
Etampes (91)	637	637	/
Fontainebleau (77)	1120	1120	/
Garches (92)	5330	4300	1030
Gonesse (95)	2244	2244	/
Juvisy (91)	1737	1637	100
Lagny (77)	4281	3827	454
Longumeau (91)	1468	1430	38
Mantes (78)	1190	1181	9
Meaux (77)	2825	2291	534
Melun (77)	4836	3586	1250
Créteil (94)	9100	7500	1600
Montereau (77)	723	723	/
Montfermeil (93)	2150	200	150
Montreuil (BSPP)	1615	1615	/
Nemours (77)	711	711	/
Orsay (91)	961	956	5
Poissy (78)	2891	2258	633
Pontoise (95)	3523	2458	1065
Provins (77)	1312	924	388
Rambouillet (78)	750	750	/
Saint Denis (93)	2600	2101	499
Saint Germain/ Laye(78)	1616	1616	/
Versailles (78)	5599	4635	964
Villeneuve St G (94)	1560	1340	220
Vitry (BSPP)	1869	1689	/
Paris (+ BSPP)	20049	14701	5376

Source Annuaire des SAMU. Editions 2007

Parmi les SMUR de la région, cinq ont une activité inférieure à 1000 interventions par an, soit moins de trois patients pris en charge par jour. Ces SMUR sont en ruraux, en périphérie de région, et concernent l'Essonne (Etampes et Orsay), les Yvelines (Rambouillet)

et la Seine et Marne (Montereau et Nemours). Aucun de ces SMUR ne réalise d'interventions secondaires. Sept SMUR ont une activité comprise entre 1000 et 1500 interventions : Fontainebleau, Provins et Coulommiers (77), Longjumeau et Arpajon (91), Mantes (78), et Beaumont (95). Certains de ces SMUR réalisent des interventions secondaires. Les tutelles avaient, il y a quelques années, estimé que les SMUR à moins de 1500 interventions par an devait, soit se mutualiser avec des SMUR à gros volume d'activité, soit envisager une remise en question de leur existence (Agence régionale de l'hospitalisation IdF 2005). Ces propos n'ont jamais été suivis d'effets ou d'études.

3 Le traumatisme crânien grave : marqueur de qualité d'un système de soins

3.1 Epidémiologie

La catégorisation de gravité des traumatismes crâniens repose sur le niveau de conscience évalué par le score de Glasgow (GCS). Cette échelle de GCS mesure le niveau de conscience du patient à partir de 3 critères : la réponse motrice à une stimulation douloureuse, la réponse verbale, l'ouverture des yeux. Le GCS est obtenu par addition des valeurs des 3 critères donnant un score global compris entre 3 et 15. Mis au point par Teasdale et Jennet en 1974, il est reconnu comme étant fiable dans l'évaluation de l'état de conscience du traumatisé crânien et comme critère prédictif de mortalité⁹⁹. Il est facilement reproductible d'un examinateur à l'autre et est validé pour son utilisation par des personnels non médicaux¹⁰⁰. Un TCG est défini par un score de Glasgow (GCS) ≤ 8 . L'élément pronostic principal du GCS est la cotation d'un score moteur (M) ≤ 4 ¹⁰¹.

L'incidence de survenue des TCG est en baisse dans les pays développés mais elle s'accroît dans les pays émergents. On estime que dans ces pays (Brésil, Argentine, Chine, Russie et Inde) à moyen terme une famille sur 200 sera concernée par un proche victime d'un TCG^{102,103}. En France l'incidence globale des TCG est en constante diminution : 24/100000 en 1986, 17/100000 en 1996 et 3/100000 en 2007^{43,104}. Cette baisse concerne les sujets jeunes (< 55 ans) mais l'incidence chez les plus de 75 ans est en augmentation (99/100000 en 2001), principalement en raison des chutes. La population âgée implique de nouveaux défis de prise en charge face à la généralisation de prise de médicaments anti-coagulants dans cette tranche d'âge et au risque très accru de complications hémorragiques intracérébrales¹⁰⁵. Le pronostic à gravité identique est corrélé à l'âge. Il est démontré que l'intensité de soins thérapeutique chez les plus âgés n'est pas la même que chez les plus jeunes¹⁰⁶.

La présence de lésions associées au TCG dépend du mécanisme étiologique : lors de choc à haute cinétique, en particulier les accidents de la voie publique, la majorité des TCG est polytraumatisée : les lésions concernent le plus souvent les membres et pour 25% d'entre eux le thorax et/ou l'abdomen-pelvis¹⁰⁷. Le risque de lésions du rachis cervical est estimé entre 7 et 10%¹⁰⁸. L'association d'une hémorragie grave et d'un TCG concerne 15% des patients mais n'est pas sans poser de problèmes car les objectifs hémodynamiques de réanimation d'un choc hémorragique et d'un TCG sont parfaitement antagonistes. Dans toutes les cohortes descriptives, la proportion des TCG justifiant un bloc neurochirurgical en urgence pour évacuation d'hématome intracrânien n'excède pas 10 à 15%¹⁰⁹. Toutefois le risque de lésions hémorragiques intracérébrales post-traumatiques augmente avec l'âge¹¹⁰. Les personnes âgées victime de TCG après une chute sont plus fréquemment sujettes aux hématomes sous-duraux. Dans une étude incluant 295 patients victimes d'un TC, en dépit

d'un Glasgow Coma Score (GCS) moyen supérieur chez les patients de plus de 60 ans (GCS 12 vs 9 pour les 18-29 ans $p < 0,005$), le nombre d'interventions neurochirurgicales requises pour évacuation d'hématomes intracrâniens était identique entre les deux groupes¹¹¹. L'analyse d'un registre prospectif japonais incluant 800 patients retrouvait, à GCS identique, 44% d'hématomes sous-duraux chez les plus de 70 ans vs 25% chez les moins de 40 ans ($p < 0,001$)¹¹². Les comorbidités et un traitement anticoagulant préalable sont des facteurs de risque reconnus mais n'expliquent pas tout. Récemment plusieurs travaux expérimentaux ont démontré la relation entre l'âge et la libération en excès au décours d'un TC de molécules inflammatoires spécifiques ainsi que de thrombomoduline, puissant anticoagulant responsable de lésions hémorragiques secondaires¹¹².

Le cout financier de prise en charge d'un TCG est estimé très supérieur au coût d'un traumatisé grave sans TC. Le recensement en 2003-2006 dans l'Etat de l'Ohio (Etats-Unis) de l'ensemble des traumatisés graves par accidents de la route montrait que le coût de prise en charge des soins aigus des TCG était 1,35 supérieur à celui des autres traumatisés graves (46441 vs 32614 dollars)¹². Ces coûts estimés pour les soins aigus étaient inférieurs de moitié à ce qu'une étude Suisse avait estimé pour une cinquantaine de ses patients traumatisés graves tout venant³³

3.2 Une morbi-mortalité importante, des études méthodologiquement imparfaites

Malgré de nets progrès dans la compréhension des mécanismes aggravant les lésions cérébrales initiales, la mortalité des patients victimes d'un TCG reste de l'ordre de 40 à 55% selon les études, voire 100% si une mydriase aréactive (uni ou bilatérale) est constatée et non traitée^{113,114,115}. Chez les survivants, 20 à 60% retrouvent un état fonctionnel leur permettant de rentrer chez eux mais rarement de reprendre leur vie antérieure¹¹⁵. La mortalité des TCG reste stable depuis vingt ans malgré des progrès considérables dans la compréhension des mécanismes physiopathologiques¹¹⁶. Une des explications pourrait être d'ordre méthodologique. Les études consacrées au TCG n'incluaient pas toujours les mêmes critères de gravité. Une méta-analyse réalisée en 2010 a recensée la totalité des études ayant pour mot clé «traumatisme crânien grave»¹¹⁷. Les patients inclus n'étaient pour certain pas des TCG au sens strict des recommandations ($GCS \leq 8$) et certaines études incluait des TCG sans lésions sévères associées. Le décompte des décès immédiats en préhospitalier et à l'hôpital n'était pas toujours pris en compte dans le calcul de la mortalité, ce qui revenait à étudier les patients les moins graves. Enfin pour une pathologie aussi lourde de séquelles, la mortalité n'est pas le critère qui résume le pronostic à long terme. Il s'agit, outre la mortalité, d'être en mesure d'évaluer plus finement le pronostic fonctionnel chez les survivants grâce à des échelles d'autonomie dans la vie. Les auteurs proposaient un guide méthodologique de standardisation des données recueillies pour évaluer la morbi-mortalité des TCG.

3.3 Des recommandations de prise en charge à haut niveau de preuve

Il est maintenant démontré que la morbi-mortalité des TCG est en rapport avec le risque d'ischémie cérébrale¹¹⁸. Ce risque ischémique est induit par les variations du débit sanguin cérébral. Celui dépend entre autre de la pression de perfusion cérébrale (PPC), résultante de la différence entre la pression artérielle moyenne (PAM) et la pression intracrânienne (PIC) ($PPC = PAM - PIC$). Le risque ischémique est lié soit aux lésions intracérébrales initiales (hématome intracrânien compressif) soit à des causes extracrâniennes : une hypotension artérielle (pression artérielle systolique -PAS- < 90 mmHg), une hypoxie ($PaO_2 < 60$ mmHg), une hypercapnie ($PaCO_2 > 50$ mmHg) ou une hypocapnie ($PaCO_2 < 30$ mmHg) sont les principaux critères pronostics péjoratifs lors de la prise en charge des TCG.

3.3.1 L'importance de la réanimation préhospitalière

L'intubation trachéale préhospitalière a démontré un impact positif sur le bon devenir neurologique. Dans une étude randomisée, aux Etats-Unis, incluant 312 TCG randomisés en deux groupes, intubation préhospitalière ou intubation dans le service hospitalier d'accueil, le bon devenir neurologique à 6 mois concernait 51% des TCG du groupe «intubation préhospitalière» vs 37% du groupe «intubation à l'hôpital» ($p < 0,01$)¹¹⁹. Dans cette étude les «paramedics» étaient particulièrement bien formés à la pratique de l'intubation trachéale. Toutefois les données physiologiques étaient peu explicites et il était difficile de comprendre les raisons de cet impact pronostique. Les valeurs moyennes de PaO_2 (317 ± 180 mmHg vs 327 ± 160 mmHg) de $PaCO_2$ (46 ± 12 vs 46 ± 11 mmHg) et de PAS (128 ± 31 mmHg vs 129 ± 38 mmHg) étaient comparables dans les deux groupes. Aucune précision n'était donnée concernant le nombre d'hypotension artérielle constatée et/ou le nombre de tentatives d'intubation.

La constatation d'une hypotension artérielle en préhospitalier augmente la mortalité des TCG à J 30 par 3 [OR : 2,8 ; 95% IC : 1,92-4-14] (36 vs 80% de mortalité vs 36% si pas d'hypotension artérielle)¹²⁰. Dans l'étude princeps de Chesnut et al., en 1993 aux Etats-Unis, les TCG pris en charge par les «paramedics» et qui arrivaient à l'hôpital avec une hypotension artérielle constatée (pression artérielle systolique < 90 mmHg) décédaient trois fois plus que ceux qui n'avaient pas eu d'hypotension artérielle. Pourtant les TCG dans cette étude arrivaient en moins de 60 minutes à l'hôpital : toutefois ceux qui n'avaient pas été correctement traités sur le terrain voyaient leurs chances de survie réduites quelque soit la qualité de la réanimation hospitalière entreprise. Dans le travail de Chesnut, 30% des TCG pris en charge présentaient une hypotension artérielle à leur arrivée. Ces conclusions sont devenues la pierre angulaire des guidelines actuelles internationales (2007) et françaises^{7,8} : il faut éviter l'hypotension artérielle ! Soit obtenir une PAS > 90 mmHg. Nous savons que cet objectif est probablement trop peu ambitieux pour le maintien d'une pression de perfusion cérébrale suffisante. Une méta-analyse regroupant 6000 TCG, objectivait que le niveau de pression artérielle moyenne (PAM) optimal pour réduire la mortalité était de l'ordre de 80

mmHg, soit une PAS > 120 mmHg¹²¹. Il est impossible sans monitoring adapté d'estimer si le niveau de pression artérielle constaté est suffisant pour maintenir un débit sanguin cérébral adapté et protéger le patient du risque d'ischémie cérébrale. Des études cliniques ont été publiées pour évaluer l'intérêt de monitoring spécifique par échographie-doppler et semblent prometteuses pour estimer indirectement le débit sanguin cérébral des patients^{122,123}. Toutefois l'élément pronostic le plus important reste d'éviter l'hypotension artérielle.

La fréquence de survenue des hypotensions artérielles en préhospitalier varie de 15 à 30% des TCG selon les études^{13,14,124}. Nous avons montré que l'hypotension préhospitalière était souvent générée par la prise en charge médicale sur le terrain. Dans notre étude incluant pendant 22 mois (2005-07) 504 patients victimes d'un TCG, 41 (8%) avaient une PAS < 90 mmHg au moment de la prise en charge par une UMH francilienne. A la fin de la prise en charge médicale 106 TCG (21% ; p<0,01) avaient une hypoTA < 90 mmHg constatée à l'arrivée à l'hôpital¹²⁰. Le bénéfice d'une médicalisation préhospitalière des TCG a été démontré chez 10344 patients traumatisés crâniens¹²⁵. Dans cette étude réalisée dans la région de San Diego (Etats-Unis) durant 16 années consécutives (1987-2003) la prise en charge a été réalisée par une équipe médicale hélicoptérée pour 3000 patients, les autres patients étaient pris en charge par les «paramedics». Le risque de mortalité, ajusté sur la gravité et les délais d'acheminement à l'hôpital, était réduit par 2 (OR : 1,90 ; 95% IC : 1,60-2,25; p<0,0001) pour les patients pris en charge par l'équipe médicale. L'intubation trachéale réalisée sur le terrain était un facteur prédictif de survie (OR : 1,42 ; 95% IC : 1,13-1,78 ; p<0,001). Dans cette étude le nombre de patient avec une hypotension artérielle était plus important dans le groupe des patients médicalisés (65 vs 46% avec les paramedics OR : 2,2 ; 95 % IC : 2,0-2,4). Un TCG sur deux pris en charge à San Diégo entre 1987 et 2003 avait une hypotension artérielle. L'étude ne mentionnait pas les valeurs de pression artérielle avant et après la prise en charge. Il a été démontré que la capacité d'une équipe préhospitalière à respecter les recommandations pouvait réduire la mortalité des TCG9.

3.3.2 *Le pronostic dépend de l'accueil en centre spécialisé*

Un TCG à la phase aigüe a moins besoin de neurochirurgiens que d'une chaîne de réanimation compétente et structurée. Toutefois leur hospitalisation en centres spécialisés avec une ressource neurochirurgicale est nécessaire. D'autant plus que pour les patients ayant besoin d'un geste neurochirurgical urgent, le délai détermine la survie. Dans une étude ayant inclus des patients victimes d'un hématome sous dural aigu post-traumatique, les patients opérés dans les 2 heures avaient une survie de 90% vs moins de 20% pour ceux opérés au-delà de 6 heures. Les patients non opérés étaient tous décédés¹²⁶. Même pour les patients qui n'ont pas besoin de neurochirurgie en urgence la nécessité d'un milieu neurochirurgical est démontrée. Dans l'étude de Thompson et al. qui incluait 1176 TCG hospitalisés dans 70 hôpitaux «trauma center» et non trauma center, la survie était prédite par entre autres, le nombre de consultations de spécialistes chirurgicaux, en particulier neurochirurgiens [RR : 0,63 ; 95% IC : 0,54-0,74]⁴⁵. Dans l'étude de Patel et al. qui a inclus

6921 patients victimes d'un TCG en Grande Bretagne entre 1989 et 2003, la mortalité était 2,6 plus élevée lorsque le patient était hospitalisé dans un hôpital sans ressources neurochirurgicales (OR : 2,6 ; 95% IC : 1,77-2,60)¹²⁷. Plus important que la mortalité brute, le pronostic fonctionnel de ces patients dépend du niveau de qualification de l'hôpital d'accueil. Une étude américaine incluant 25170 patients dont 72% de TCG montrait que les «trauma center» niveau 1 était prédictif d'un meilleur devenir fonctionnel [RR : 1,10 ; 95% IC : 1,07-1,24]¹²⁸. Ceci s'observe en comparaison de tout autre type d'hôpital, y compris un «trauma center» niveau 2. Dans l'étude de DuBose et al. pour les 16307 TCG, sans traumatisme associé, inclus la mortalité était de 9,6 vs 13,9% (p<0,01 ; OR : 1,57 ; 95% IC : 1,40-1,71) en «trauma center » niveau 1 vs 2¹²⁹.

La nécessité d'une admission directe en centre spécialisé a été démontrée. La comparaison de TCG admis dans les centres spécialisés soit directement du terrain soit après transfert d'un hôpital de proximité montrait, dans l'Etat de New York en 2002, un risque de mortalité accru de 50 % pour les patients transférés¹³⁰. Les délais médians d'admission directe ou d'arrivée après transfert en centre spécialisés étaient respectivement de 50 minutes et 6,7 heures pour les centres urbains et 1 heure et 3,6 heures pour les centres ruraux. L'élaboration d'un «trauma system» en zone rurale a permis de réduire la mortalité des TCG en les faisant admettre directement en centre spécialisé¹³¹. Dans cette étude de type «avant/après» analysant l'efficacité d'un «trauma system» dans l'Iowa, les TCG étaient plus souvent admis directement en «trauma center» niveau 1 malgré un allongement des temps de transport (40 vs 50 minutes (ns)) et des distances parcourues (24% des patients admis directement étant situé à plus de 40 kms du «trauma center» vs 18% avant le «trauma system» p<0,05).

3.4 Des recommandations peu ou pas assez suivies

La qualité de la réanimation hospitalière influe de manière déterminante sur le pronostic. Le respect de 50% des items des recommandations (monitorage de la pression intracrânienne et de la pression artérielle principalement) permettait de réduire le risque de décès à 30 jours de 25%¹³². Le gain financier pour la société d'une application des recommandations a été démontré. Une étude d'analyse de coût-bénéfice estimait en 2006 aux Etats-Unis le nombre de vie potentiellement sauvée à 3600 (30% de réduction de décès) et une économie de 262 millions de dollars de soins directs et 3 milliards de dollars de coût pour la société¹³³. De manière originale cette étude avait estimé à 60 millions de dollars US le coût d'un effort pédagogique auprès des professionnels pour faire mieux appliquer les recommandations. Les études montrent que les recommandations sont mal appliquées qu'il s'agisse des «paramedics» ou d'équipes médicales. Pour les «paramedics» l'intubation trachéale reste un geste problématique souvent mal ou non réalisé¹³⁴. Le contrôle de la pression artérielle reste très aléatoire y compris pour les équipes médicales en France, ce qui entraîne des risques majeurs d'ischémie cérébrale^{13,14,120}. Il est difficile de comprendre pourquoi il paraît si difficile de respecter des objectifs simples de réanimation. Une étude

par questionnaire téléphonique auprès de chacun des SMUR de France (n=354) a cherché à évaluer le niveau de connaissance des médecins urgentistes concernant les recommandations pour la prise en charge des TCG : La moitié des médecins interrogés (170/354) ne connaissait pas correctement les recommandations. Les objectifs hémodynamiques étaient connus par tous en revanche la nécessité d'une admission directe en centre spécialisé, sans étape intermédiaire par l'hôpital de proximité était connue par moins du tiers des médecins interrogés¹³⁵.

3.5 L'absence d'études prospectives sur un large territoire

De fait la seule étude préhospitalière francilienne (rétrospective et monocentrique) publiée qui observait la prise en charge des TCG entre 1994-1998 montrait que ceux-ci étaient admis en centre spécialisé 360 minutes après le traumatisme et que les recommandations de bonne pratique médicale n'étaient pas suivies pour la moitié d'entre eux¹³. Cette étude monocentrique ne permettait pas d'analyser les patients qui n'avaient pas été admis en centre spécialisé. Une étude rétrospective régionale de la Caisse régionale d'assurance maladie (CRAMIF) analysant en 2001 le parcours des lieux de l'accident jusqu'à la sortie de l'hôpital des TCG objectivait que plus d'un tiers n'avait ni été admis ni proposé à un centre spécialisé. Cette étude, non publiée, montrait également que le passage en grande garde de neurochirurgie pour un scanner cérébral concernait 70% des TCG. La moitié d'entre eux avaient des lésions associées plus ou moins sévères¹³⁶.

En résumé les TCG ont besoin d'une chaîne de soins précoce, intense et complète. La qualité de la prise en charge peut dépendre de nombreux facteurs, en particulier du lieu de survenue, de la qualité des équipes préhospitalières et de la filière hospitalière. L'Ile de France représente un modèle d'étude particulier par la richesse de l'offre de soins préhospitalière, la concentration des moyens hospitaliers spécialisés sur Paris et l'absence d'organisation régionale formalisée. C'était une des justifications pour la création d'une étude prospective francilienne.

3.6 Données thématiques du PHRC Ile de France

3.6.1 Contexte et description

En 2003 la Caisse régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France avait effectué une enquête rétrospective (non publiée) sur les 8 SAMU de la région, concernant les TCG pris en charge par les SMUR pendant le 1^{er} semestre 2001 : 250 TCG avaient été pris en charge pendant cette période, 70% des TCG étaient survenus dans 3 départements (77, 78 et 75). L'âge médian était de 35 ans, la mortalité de 48%. Dans 90% des cas le décès survenait durant les 48 heures premières heures. Les TCG avaient été pris en charge dans 33 hôpitaux différents dont 6 seulement disposaient d'un service de neurochirurgie. Le nombre de patients pris en charge dans chaque établissement était très variable (de 1 à 42). Un tiers des TCG avait été hospitalisé à la 24^{ème} heure dans des hôpitaux incapables de réaliser un

monitorage cérébral. L'étude ne permettait pas de comprendre les raisons de non admission de ces patients en service spécialisé (pas de place ? patient non proposé ?.....). Le collectif de patients inclus trop faible et les nombreux biais liés au caractère rétrospectif de l'étude n'ont pas permis de corréler la mortalité au parcours de soins, mais il existe un écart préoccupant entre la réalité des pratiques et les recommandations professionnelles. Un travail prospectif à l'échelle de la région avec un collectif de patients important s'imposait.

Un comité de pilotage (composé entre autres de 3 urgentistes – dont l'auteur de cette thèse - trois réanimateurs, et d'un neurochirurgien) bénéficiant du soutien logistique du CRFTC (Centre de Ressources Francilien du Traumatisme Crânien, association de loi 1901 visant à promouvoir des travaux de recherche sur le traumatisme crânien) a été créé et a pu bénéficier d'un financement pour pourvoir deux postes d'attachés de recherche clinique (ARC) durant la totalité de la période de l'étude (Juin 2005-Juin 2007). Le projet avait été accepté sous forme de Projet Hospitalier Clinique Régional (PHRC AOM04084) porté par le Pr Azouvi (CHU Garches)¹³⁷.

L'objectif du PHRC était d'obtenir une description épidémiologique régionale exhaustive sur une durée de 2 ans de la prise en charge des TCG par les SAMU et d'observer leur devenir à 30 jours et 1 an d'évolution. Cette étude devait permettre de décrire la prise en charge médicale préhospitalière effectuée par les SMUR, l'orientation hospitalière initiale et définitive des patients à la 24^{ème} heure, les conditions, les délais et la fréquence d'accès aux centres spécialisés et /ou à la grande garde de neurochirurgie (étude de trajectoires), la prise en charge hospitalière en réanimation et enfin l'adéquation des pratiques à ce qui est recommandé.

L'auteur de la thèse a profité de ce PHRC pour y inclure des variables géographiques qui allaient permettre une analyse spatiale de la prise en charge des TCG.

L'ensemble des acteurs concernés (SAMU-SMUR-Réanimation-Neurochirurgie) avait été contacté par courrier et téléphone en janvier et février 2005. Leurs coordonnées étaient accessibles par l'annuaire des SAMU et le listing réalisé en 2001 par la CRAMIF. Une réunion générale de présentation effectuée en mars 2005, réunissant les représentants des 8 SAMU franciliens, de 20 SMUR, de 13 services de réanimation et de 5 services de neurochirurgie, avait été consacrée à la présentation de l'étude et de ses objectifs. La pertinence des hypothèses testées et des variables recueillies avait été débattue et les feuilles de recueil de données corrigées. Les centres non représentés à cette réunion ont été démarchés individuellement et n'ont pas opposé de refus de participation. Pour garantir l'exhaustivité des inclusions, il avait été décidé de créer un groupe de médecins investigateurs dans chaque structure. Dans chaque SAMU, SMUR, service de réanimation et de neurochirurgie, un médecin référent de l'étude avait été désigné. Ces médecins ont eu pour rôle de s'assurer du respect des critères d'inclusions, de la qualité de recueil de données et du suivi du patient jusqu'à J 30 (pour les médecins hospitaliers). Les ARC avaient pour mission de rencontrer ces médecins tous les mois pour vérifier l'exhaustivité des inclusions (accès direct aux dossiers)

et de rendre compte au comité de pilotage de difficultés imprévues. Le comité de pilotage organisait une réunion par trimestre avec l'ensemble des investigateurs régionaux.

L'inclusion dans l'étude était basée sur 2 fiches de recueil de données qui correspondaient chacune à une phase (préhospitalière et hospitalière en réanimation) et une fiche cartonnée dite « de trajectoire» incluse dans le dossier patient, et qui le suivait dans son cheminement hospitalier. Le suivi hospitalier du patient était colligé sur la fiche hospitalière (Fiches en annexe).

L'ensemble des TCG (GCS < 9) âgés de plus de 15 ans et pris en charge par un SMUR francilien, y compris en territoire limitrophe de la région Ile de France, ont été inclus entre juillet 2005 et juin 2007. Les TCG chez les enfants de moins de 15 ans, et les patients en arrêt cardio-respiratoire à l'arrivée du SMUR étaient exclus de l'étude.

3.6.2 Description des variables

3.6.2.1 Variables géographiques

Les variables géographiques de localisation concernaient le département et la commune (ou arrondissement) du lieu de survenue du TCG et le département et la commune (ou arrondissement) du lieu d'habitation de la victime. Le code postal du lieu de prise en charge par le SMUR était colligé. Il n'était pas possible d'obtenir les relevés de bornes kilométriques ou de points GPS des prises en charge survenant sur le réseau routier.

2.1.1.1 Variables temporelles

Les variables temporelles concernaient les données patronymiques des patients (âge, sexe), la date et l'heure du traumatisme, les horaires d'alerte du SAMU, de départ du SMUR, d'arrivée sur les lieux, de bilan médical au SAMU, de fin d'intervention, d'arrivée au 1^{er} hôpital, d'arrivée au 2^{ème} hôpital éventuel, d'arrivée à l'hôpital qui produira les soins définitifs, d'admission en neurochirurgie. Enfin la date et l'heure du décès était recherchée et le suivi hospitalier réalisé à 30 jours.

3.6.2.2 Variables organisationnelles

Les variables organisationnelles vont concerner le type d'hôpital accueillant le TCG en première ou deuxième intention (trauma center ou hôpital de proximité), les raisons de l'accueil initial en hôpital de proximité (état instable, imagerie, autres), les admissions en centre spécialisé, le nombre de transferts effectués pour un même patient et les données de l'imagerie (TDM, IRM). Un centre spécialisé a été défini par la présence sur place de neurochirurgiens, de l'ensemble des spécialités chirurgicales et médicales et d'un plateau technique capable de prendre en charge un traumatisé grave.

3.6.2.3 Variables de prise en charge médicale préhospitalière

Les variables de prise en charge médicale préhospitalière vont concerner la présence de mydriase, la présence de traumatismes associés, la présence de traumatisme pénétrant, la survenue d'un arrêt cardio-respiratoire et les traitements entrepris (intubation trachéale, ventilation mécanique, induction anesthésique à séquence rapide et sédation continue, remplissage vasculaire, osmothérapie et cathécolamines). Les délais et l'orientation initiale des patients ainsi que les hôpitaux fréquentés dans les 48 premières heures ont été colligés.

3.6.2.4 Variables pronostic

Le pronostic à 30 jours et 1 an était apprécié par le décès ou la mesure du Glasgow Outcome Scale Extended (GOSE). Il s'agit d'une échelle évaluant le devenir neurologique coté de 1 à 8 : 1 = décès, 2= Etat végétatif, 3= handicap sévère en borne basse, 4= handicap sévère borne haute, 5= handicap modéré en borne basse, 6= handicap modéré en borne haute, 7 = bonne récupération en borne basse et 8 = bonne récupération en borne haute¹³⁸.

3.7 Résultats du PHRC : la géographie de la prise en charge des TCG

L'analyse épidémiologique de cette étude dépasse le cadre, nécessairement restreint, de cette thèse de géographie. Cependant, nous proposons de décrire brièvement, la géographie de survenue et les caractéristiques spatiales et temporelles de la prise en charge des TCG par les SAMU-SMUR.

3.7.1 Variables étudiées et méthodes d'analyse

Les variables géographiques étudiées, concernaient le département et la commune (ou arrondissement) du lieu de survenue du TCG, la localisation géographique du SAMU, du SMUR de prise en charge et des hôpitaux fréquentés par le patient durant les 24 premières heures suivant le traumatisme. Les communes étaient catégorisées en rurales ou urbaines, selon la définition de l'INSEE citée en chapitre 2.4.3.2. Les SAMU, SMUR et hôpitaux étaient géo-référencés par coordonnées GPS. Chaque SMUR a été catégorisé en quartile par son volume d'activité (nombre d'interventions primaires). Tous les délais ont été colligés : date et heure du TCG, alerte du SAMU, départ du SMUR, arrivée sur les lieux, bilan médical au SAMU, information du SAMU au SMUR pour la destination hospitalière, transport au 1^{er} hôpital, et le délai total préhospitalier. L'hôpital considéré comme responsable des soins définitifs était celui où le patient était hospitalisé à la 24^{ème} heure.

L'hôpital de première intention et les éventuels transferts secondaires étaient colligés. Les trajectoires des patients étaient répertoriées en : admission directe en centre spécialisé, admission en centre non spécialisé, transfert d'un centre non spécialisé vers un centre spécialisé, transfert d'un centre spécialisé vers un centre non spécialisé, transfert d'un centre spécialisé vers un autre centre spécialisé. Ces variables ont été analysées pour

l'ensemble de la région puis selon les différents SAMU et la BSPP. Les centres spécialisés ont été considérés par leurs capacités à disposer sur place d'un service de neurochirurgie. Les six CHU de l'APHP participant à la grande garde de neurochirurgie ont été retenus comme centres spécialisés bien que tous ne soient pas des «trauma center»: Pitié-Salpêtrière, Kremlin-Bicêtre, Henri-Mondor, Beaujon, Lariboisière et Saint Anne.

Les variables descriptives des patients comprenaient l'âge, le sexe, les circonstances du traumatisme, le caractère pénétrant ou non, les données physiologiques initiales (PAS, SpO₂, l'ETCO₂ hémoglobine, température corporelle), l'état pupillaire, et la constatation de traumatismes associés et/ou d'un état de choc hémorragique. Ces variables physiologiques étaient relevées à la prise en charge initiale (à l'arrivée du SMUR) et à l'arrivée à l'hôpital pour les valeurs de pression artérielle. Les variables étudiées lors de la mise en condition préhospitalière des TCG étaient l'intubation trachéale, l'administration ou non d'une sédation continue, de mannitol, de cathécolamines et de solutés de remplissage vasculaire avec le type de solutés et la quantité administrée. Les variables de prise en charge préhospitalières ont été analysées par SAMU et par SMUR.

Les variables hospitalières retenues étaient les valeurs de l'alcoolémie, de la PaCO₂ ainsi que les scores de gravité ISS (Injury Severity Scale)¹³⁹, AIS (Abbreviated injury scale)¹⁴⁰ et le score de Marshall¹⁴¹. L'ISS catégorise la gravité des traumatisés en prenant en compte six zones anatomiques affectées chacune d'un score qui va de 1 à 5 selon la gravité croissante des lésions : le calcul de l'ISS intègre au carré les 3 zones anatomiques affectées du score le plus élevé. L'AIS est la déclinaison par segment anatomique de l'ISS. Chaque segment anatomique est affecté d'un score de 1 à 5 en fonction d'une gravité croissante. Le score de Marshall définit un score de lésions cérébrales allant du moins graves au plus graves et le fait d'opérer ou pas une lésion neurochirurgicale. La pose ou non d'un capteur de pression intracrânienne (PIC) a également été relevée ainsi que la date et l'heure du décès durant les 30 premiers jours.

Le score MGAP des TCG a été systématiquement calculé à posteriori pour évaluer la gravité des patients et prédire un risque de décès. Le score MGAP a été proposé récemment par l'équipe de B Riou et propose un score prédictif de mortalité qui prend en compte l'âge, le GCS, la PAS et le caractère pénétrant ou non du traumatisme¹⁴². Le score a été validé par classe du plus grave au moins grave : [3-17], [18-22] et [23-29].

La représentation spatiale des unités a été réalisée sous ArcGIS 9 (ESRI 2009). Les variables qualitatives sont exprimées en % et les variables quantitatives en médiane avec IQR. Les variables paramétriques ont été analysées par Anova, les variables non paramétriques par test de Mann et Withney (Logiciel R).

3.7.2 Résultats généraux et pronostic

Durant les deux années de l'étude 2005-2007, parmi les 611 patients inclus, 93 l'ont été à tort (GCS > 9) et 14 patients ont été sortis de l'étude en raison de données inexploitable. Parmi les 504 TCG retenus, 7 d'entre eux n'avaient pas de référencement géographique du lieu de survenue du traumatisme. Notre étude va porter sur 497 patients. 19 d'entre eux vont faire un arrêt cardiaque durant la prise en charge médicale sur les lieux et ne seront pas transportés vers l'hôpital. Le diagramme des flux est en Annexe 5. L'incidence annuelle des TCG, pris en charge par les SAMU, était, en Ile de France pour la période 2005-2007, de 4/100000 habitants/an. L'âge médian des patients était de 38,5 ans (IQR 23,9-55,9) avec un ratio de cinq hommes pour une femme. Les accidents de la voie publique et les chutes représentaient 56 % et 36% des mécanismes lésionnels. Plus de 50% des TCG avait des lésions extra-crâniennes associées et 15% un choc hémorragique concomitant. Une hospitalisation (dans les 24 premières heures) en centres spécialisés allait concerner 74% des TCG. 12,7% des TCG ont eu une intervention neurochirurgicale urgente dans les 24 heures suivant le traumatisme. La mortalité à 30 J était de 46%, et un bon devenir neurologique (GOSE >5) concernait 26% des TCG à 1 an. Les critères de prise en charge, prédictifs d'un bon devenir neurologique étaient, l'absence d'hypotension artérielle en préhospitalier (OR : 0,32 ; IC 95% : 0,29-0,41) et l'hospitalisation en centre spécialisé (OR : 0,49 ; IC 95% : 0,36-0,66)^{120,143}. Le lieu de survenue et les délais n'avaient pas d'impact sur le pronostic.

3.7.3 Géographie de la survenue des TCG

Parmi les 497 TCG, 261 (52,5%) sont survenus dans les quatre départements de la grande couronne. Paris et la Seine et Marne étaient les deux départements principaux d'inclusion avec, respectivement 94 (18,9%) et 96 (19,3%) TCG. Les 2/3 des TCG en Ile de France sont survenus entre 18h et 08 h du matin. Il n'y avait pas d'effet journalier particulier, hormis une tendance, non significative, à une augmentation de l'incidence le week-end. L'ensemble des TCG inclus, rapportés au nombre de jours de l'étude, représentait une fréquence de un TCG/jour en Ile de France.

Les caractéristiques des patients ne sont pas différentes en fonction du département de survenue (Tableau 5 : **Caractéristiques des TCG en fonction du département de survenue**). Les actes de violence étaient majoritairement des rixes, et les traumatismes pénétrants secondaires à un suicide par arme à feu. L'alcoolémie médiane était à 0,1 g/l, avec 25% des patients qui avaient une alcoolémie négative et 25% une alcoolémie de plus de 1,5 g/l. Les TCG survenaient principalement dans les communes urbaines (74%). Les TCG survenus en zone rurale, étaient, plus fréquemment, des hommes jeunes (70% avaient moins de 45 ans), victimes d'AVP ou de suicides par arme à feu. La représentation spatiale, des circonstances (AVP, chute ou traumatisme pénétrant) et des communes de survenue des TCG est en Carte 14.

Tableau 5 : Caractéristiques des TCG en fonction du département de survenue

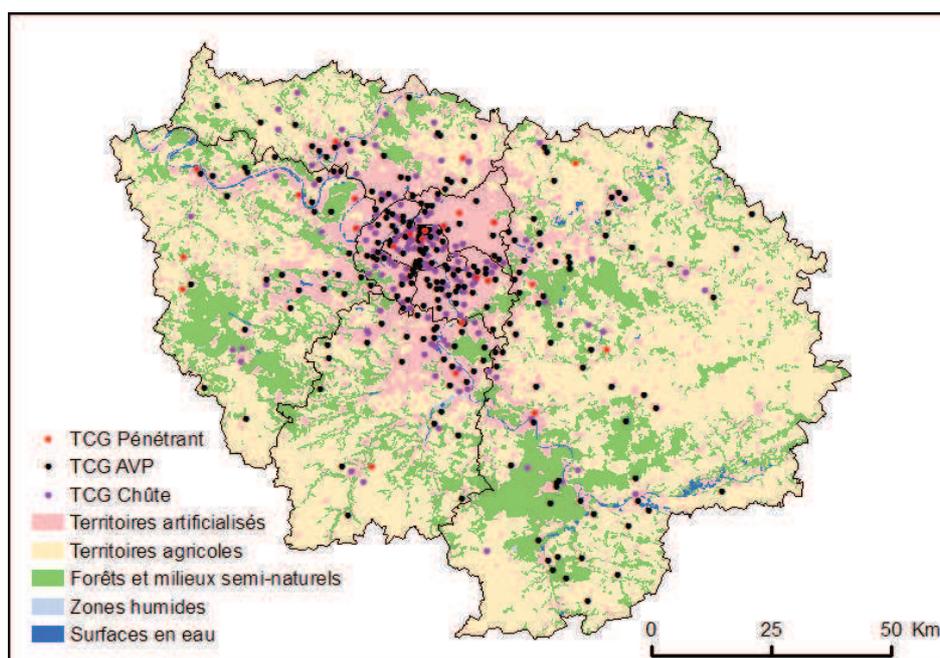
Département	Total	75	77	78	91	92	93	94	95	p
TCG (%)	497(100)	94 (18.9)	96 (19.3)	54 (10.9)	53 (10.7)	44 (8.9)	36 (7.2)	62 (12.5)	58 (11.7)	
Age (ans)	38	42	33	32	46	40	41	44	39	ns
Median IQR	[24, 56]	[28,5]	[22,49]	[23,46]	[21,60]	[26,56]	[25,60]	[26,60]	[25, 56]	
Femme (%)	117 (23.5)	28 (29.8)	19 (19.8)	8 (14.8)	15 (28.3)	8 (18.2)	7 (19.4)	17 (27.4)	15 (25.9)	ns
AVP (%)	261 (55.7)	37 (40.7)	66 (72.5)	31 (62)	30 (58.8)	20 (48.8)	20 (55.6)	30 (52.6)	27 (51.9)	ns
Chute (%)	168 (35.8)	43 (47.3)	19 (20.9)	11 (22)	19 (37.3)	21 (51.2)	12 (33.3)	24 (42.1)	19 (36.5)	ns
Violence (%)	27 (5.8)	6(6.6)	5 (5.5)	6 (12)	2 (3.9)	0 (0)	3 (8.3)	3(5.3)	2 (3.8)	ns
Pénétrant(%)	61 (12.3)	7(7.4)	16(16.7)	7 (13)	8(15.1)	6(13.6)	3 (8.3)	4(6.5)	10(17.2)	ns
Alcool (g/l)	0.8±1	1±1.2	0.6±0.8	0.8±0.9	0.6±0.9	0.8±1	0.8±1.1	0.8±1	1±1.2	ns

Tableau 6 : Caractéristiques des TCG selon le milieu de survenue (rural ou urbain)

	Total	Rural	Urbain	p
TCG (%)		126 (26)	358 (74)	
Age (médian-IQR)	39,1[24,2, 56,2]	33,6[22,2, 47,1]	43,1[26,4, 58,8]	0,001
[15,30] ans (%)	166 (34,4)	53 (42,1)	113 (31,7)	0,043
[30,45] ans (%)	115 (23,9)	35 (27,8)	80 (22,5)	
[45,60] ans (%)	96 (19,9)	20 (15,9)	76 (21,3)	
[60,75] ans (%)	55 (11,4)	10 (7,9)	45 (12,6)	
[75,99,1] ans (%)	50 (10,4)	8 (6,3)	42 (11,8)	
Féminin (%)	113 (23,3)	22 (17,5)	91 (25,4)	0,09
AVP (%)	254 (55,7)	80 (69,6)	174 (51)	0,002
Chute (%)	163 (35,7)	27 (23,5)	136 (39,9)	0,002
Tr. Pénétrant (%)	62 (12,8)	23 (18,3)	39 (10,9)	0,049
MGAP [3,17] (%)	235 (50,4)	51 (41,5)	184 (53,6)	0,036
MGAP [17,22] (%)	229 (49,1)	72 (58,5)	157 (45,8)	0,036

Légende : AVP= accident de la voie publique

Carte 14 : Représentation spatiale des lieux de survenue des TCG en fonction des circonstances lésionnelles



3.7.4 Géographie de la prise charge des TCG

Les SAMU 75, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95 et le service santé de la BSPP ont pris en charge respectivement 50(10,5%), 96(19,6%), 54(10,9%), 53(10,7%), 44(8,9%), 28(5,6%), 52(10,5%), 58(11,7%) et 60(12,1%) TCG. Les SAMU de la grande couronne ont pris en charge 47 % des TCG inclus dans l'étude. L'ensemble des SMUR de la région a été concerné par la prise en charge d'au moins un TCG ; 20/36 SMUR (55%) auront inclus plus de 9 TCG et 8/36 SMUR (22%) plus de 19 TCG durant l'étude (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le Tableau 7 : caractéristiques des TCG pris en charge par les SAMU ou les AR de la BSPP présente les caractéristiques des TCG pris en charge pour chaque SAMU ou les AR de la BSPP. Par convention de langage, je ne distinguerais pas dans mes commentaires la BSPP des SAMU, sauf mention particulière.

L'âge médian était de 38.5 ans avec un IQR de [23.9, 55.9] et des valeurs extrêmes de 15,2 à 98 ans. Le GCS médian était coté 5 avec un IQR [3-7]. Les circonstances de survenue étaient identiques entre les SAMU et la BSPP et semblables à celle décrites pour chaque département. Les deux tiers des TCG avaient des lésions associées. Un traumatisme de la face, des membres, du thorax, de l'abdomen, du rachis, du bassin pour respectivement 30% (138/497), 29% (144/497), 20% (101/497), 10% (49/497), 6% (32/497) et 5% (24/497) des TCG. Un choc hémorragique était constaté pour 14 % (70/497) des patients, 8% (41/497) des TCG avaient une hypotension artérielle initiale, 13 % (76/497) une SpO2 < 90% et 25% (125/497) une mydriase initiale unilatérale (63/497-12,6%) ou bilatérale (62/497-12,4%).

Les TCG pris en charge par la BSPP, les SAMU 77, 78 et 93 avaient des valeurs de pression artérielle systolique (PAS) inférieures à la moyenne régionale (125±30 mm Hg vs

131±32.5, p=0,03), mais les valeurs de l'hémoglobine (Hb) étaient identiques entre les SAMU. En revanche, la fréquence des épisodes d'hypotension artérielle n'était pas significativement différente entre les SAMU.

Tableau 7 : caractéristiques des TCG pris en charge par les SAMU ou les AR de la BSPP

SAMU	Total	BSPP	75	77	78	91	92	93	94	95	p
TCG (%)	497(100)	60 (12.1)	52 (10.5)	96(19.3)	54 (10.9)	53 (10.7)	44 (8.9)	28 (5.6)	52(10.5)	58 (11.7)	
Choc H (%)	70 (15.3)	6 (14.3)	9 (19.1)	13(13.8)	10 (19.6)	6 (11.8)	12 (27.3)	2 (9.5)	8 (15.4)	4 (7.3)	ns
GCS initial	5[3, 7]	6[3, 7]	5.5[3,7]	5[4, 7]	5[3, 7]	6[4, 7]	5[3, 7]	3[3, 6]	5[3, 7]	5[3, 7]	ns
PAS Ini	131±32.5	127±29.1	138±36.5	125±32.7	129±25.1	138±35.1	130.8±40	126±30.3	129±30.9	136.7±30	.03
HyPAS (%)	41 (8.5)	2 (3.5)	5(10.2)	9 (9.7)	3 (5.8)	3 (6)	8 (18.2)	0 (0)	7 (13.7)	4 (6.9)	ns
HyPAS P3 (%)	31 (6,7)	3 (6,1)	5 (10,6)	5 (5,3)	6 (12,2)	3 (5,8)	3 (7,3)	1 (4,5)	3 (6)	2 (3,6)	ns
Myd.ar(%)	138/493(27,8)	12/46(26)	8/52(15)	33/96(34)	17/53(32)	15/53(28)	12/43(28)	8/28(28,5)	12/52(23)	21/58(36)	ns
T°	36±2.3	35.9±1.2	34.2±7.2	36.1±1.2	35.7±1.2	37±1.1	35.6±1.2	35.4±1.2	36.1±1.1	36.3±1.6	.01
Hb	13.6±2.3	14.1±2.1	13.2±2.8	13.4±2.2	14.4±1.9	13.5±2.4	13.2±2.6	13.1±2	13.1±2.1	13.8±2.1	.05
Spo2 ini (%)	94.7±9.9	95.7±6.4	93.8±7	94.2±7.7	95.7±5.7	95.5±5.6	92.8±16.9	94.4±4.4	94.5±7	95.3±17.5	ns

Légende : PAS ini = PAS avant l'arrivée du SMUR ; HyPAS = hypotension artérielle (< 90 mmHg) ; HyPAS P3 = hypotension artérielle à l'arrivée à l'hôpital ; Myd ar = mydriase aréactive T° = température corporelle (°C) ; Hb= hémoglobine (g/dl) ; SpO₂ini = SpO₂ à l'arrivée du SMUR ; ETCO₂ (mmHg) ; GCS initial en médiane et IQR

Tableau 8 Prise en charge médicale des TCG en fonction des SAMU

SAMU	Total	BSPP	75	77	78	91	92	93	94	95	p
IT (%)	474 (96.7)	54 (96.4)	51 (100)	89 (92.7)	53 (100)	51 (96.2)	42 (95.5)	27 (100)	51 (98.1)	56 (96.6)	ns
Sédation (%)	430 (87.8)	53 (94.6)	45 (88.2)	80 (83.3)	48 (90.6)	50 (94.3)	37 (84.1)	25 (92.6)	43 (82.7)	49 (84.5)	ns
Cathéco (%)	127 (26.6)	12 (23.5)	9 (17.6)	26 (27.4)	25 (47.2)	11 (20.8)	10 (22.7)	4 (18.2)	12 (23.1)	18 (32.1)	0.029
Colloides (%)	228 (49.1)	32 (61.5)	20 (42.6)	55 (58.5)	22 (44)	24 (46.2)	20 (48.8)	13 (65)	18 (34.6)	24 (42.9)	0.053
RV (ml)	1000 [500,1 500]	750 [500,1 000]	1000 [500,1 500]	1000 [750,1 500]	1125 [637,1 750]	700 [500,1 212]	975 [500,1 500]	550 [400,1 000]	1000 [550,1 400]	500 [450,1 000]	0.001
Osmoth. (%)	128 (25.8)	11 (18.3)	7 (13.5)	28 (29.2)	16 (29.6)	22 (41.5)	14 (31.8)	5 (17.9)	10 (19.2)	15 (25.9)	0.034
Cs (%)	367 (73.8)	45 (75)	40 (76.9)	74 (77.1)	43 (79.6)	36 (67.9)	23 (52.3)	21 (75)	44 (84.6)	41 (70.7)	0.033

IT = intubation trachéale ; Cathéco = cathécolamines ; RV = remplissage vasculaire ; osmoth.=osmothérapie ; CS = centre spécialisé ; PIC = pression intracrânienne ; Adm dir= admission directe

3.7.4.1 La prise en charge médicale sur le terrain

La quasi totalité des TCG (96,7%) a bénéficié d'une intubation trachéale par induction à séquence rapide et d'une ventilation mécanique, associée à une sédation continue par midazolam et morphiniques (88%). L'administration d'une osmothérapie (Mannitol 20%) en préhospitalier va concerner 25% de l'ensemble des TCG et 58,8% (73/125) des TCG qui présentaient une mydriase aréactive : 46,7% des TCG présentant une mydriase aréactive bilatérale et 69,8% des TCG avec une mydriase aréactive unilatérale recevront du mannitol en préhospitalier. 25% des TCG ont reçu des cathécolamines, le plus souvent de la noradrénaline. Les volumes de remplissage vasculaire administrés ont été de 1000 ml en médiane et en IQR [500-1500]. Des solutés colloïdes ont été utilisés pour la moitié des patients. Il n'y avait pas de différences significatives de prise en charge selon la catégorisation des SMUR par volume d'activité. (Tableau 8 Prise en charge médicale des TCG en fonction des SAMU)

3.7.4.2 Les délais

Le délai préhospitalier global médian était de 110 min et en IQR [85 – 143] min. Le délai entre l'alerte au SAMU et le départ du SMUR n'excédait pas 5 minutes pour l'ensemble de la région. Le temps d'arrivée sur les lieux était inférieur à 22 minutes pour 75% des TCG. Pour 75% des TCG pris en charge, le bilan médical du médecin de l'UMH vers le SAMU était passé en moins de 34 minutes, la recherche de place durait moins de 24 minutes et le temps de transport à l'hôpital d'accueil moins de 35 minutes. Le temps de médicalisation sur les lieux était inférieur à 52 minutes et 85 minutes pour respectivement 25 et 75% des TCG pris en charge.

Tableau 9 : Délais de prise en charge selon le SAMU de prise en charge

	Total	BSPP	SAMU75	SAMU77	SAMU78	SAMU91	SAMU92	SAMU93	SAMU94	SAMU95	p
D 1	16 [11, 22]	12 [10-22]	10 [8-12]	20 [16-,28]	18 [12,-23]	20 [14-30]	16 [12-,17]	16 [14-22]	15 [10-17]	16 [12-23]	.001
D 2	34.5 [22-46]	26 [15-34]	29 [22-37]	31 [20-46]	46 [36-54]	40 [29-52]	41 [23-50]	44 [30-50]	28 [22-40]	30 [20-44]	.001
D 3	14 [8-24]	15 [10-29]	11.5 [6-20]	15 [10-25]	12 [9-19]	20 [13-31]	11 [8-18]	10 [6-23]	6 [5-14]	13 [6-17]	.001
D 4	65 [52-85]	56 [47-63]	50 [41-64]	74 [59-88]	91.5 [70-105]	80 [64-95]	73 [58-90]	60.5 [52-71]	57 [49-64]	62 [47-84]	.001
D 5	20 [12-35]	16.5 [10-21]	11.5 [6-19]	30 [20-49]	34 [20-51]	30 [20-36]	11.5 [6-20]	20 [15-28]	13 [8-18]	25 [14-40]	.001
D 6	110 [85-143]	85.5 [72-110]	77.5 [61 -93]	130 [111,157]	147 [121,166]	133 [109,150]	93 [83,122]	101 [89,110]	86 [71,97]	106.5 [87,139]	.001

D1 = Délai départ -arrivée sur les lieux; D2 = Délai Arrivée- bilan médical ; D3 = Délai bilan médical-notification hôpital d'accueil ; D4 = Délai Arrivée-départ des lieux ; D 5 = délai départ des lieux-arrivée hôpital ; D6 = temps total prehospitalier de l'alerte à l'hôpital. (Médiane et IQR)

Les SAMU de la grande couronne avaient un temps total de prise en charge plus long avec 75% des TCG admis en moins de 166 min à l'hôpital vs 122 min pour les SAMU Paris et

petite couronne ($p < 0,01$). Les délais d'arrivée sur les lieux les plus longs étaient ceux des SMUR de Seine et Marne et de l'Essonne, avec 25% des TCG qui étaient pris en charge au-delà de 28 et 30 minutes après le départ de l'UMH vs 23 min pour les autres SMUR ($p < 0,01$). Le bilan médical était transmis 34 minutes après l'arrivée de l'UMH sur les lieux et la recherche d'une destination hospitalière durait 14 min pour 50% des TCG de la région. Les délais médians de transmission de bilan variaient de 26 minutes (AR BSPP) à 46 minutes (SAMU 78) et les délais médians de régulation médicale (notification de destination) variaient de 6 minutes (SAMU 94) à 20 min (SAMU 91) ($p < 0,01$). Il n'y avait pas de différence entre les SAMU de petite et grande couronne pour ces délais. Le temps passé sur les lieux était significativement plus long pour les SAMU 78 et 91 (91,5 min et 80 minutes vs 65 min, $p < 0,01$) à gravité de patient identique. Les temps d'acheminement à l'hôpital étaient pour la région de moins de 35 minutes pour 75% des TCG. Les SAMU de la grande couronne avaient des temps significativement plus longs que les autres (31 min [20-51] vs 16 min [10-23] $p < 0,01$). Aucun des délais n'était corrélé au pronostic (Tableau 9 : Délais de prise en charge selon le SAMU de prise en charge).

3.7.4.3 Les trajectoires des TCG dans la filière de soins aigus

Une admission directe en centre spécialisé (Cs) a concerné 77,4% des TCG et les autres TCG (107/474-22,6%) ont été admis initialement en centre non spécialisé (Cns). Un transfert secondaire dans les 24 premières heures a concerné 13,5% des TCG : 7% (33/474) d'entre eux ont été transférés d'un centre non spécialisé vers un centre spécialisé et 6,5% (31/474) d'un centre spécialisé vers un centre non spécialisé. De fait à la 24^{ème} heure, 62% des patients survivants étaient hospitalisés en Cs. Les trajectoires identifiées en fonction des SAMU est en Tableau 10 : Description des trajectoires des TCG selon les SAMU franciliens. Un quart des TCG ont effectué un passage en grande garde de neurochirurgie.

Tableau 10 : Description des trajectoires des TCG selon les SAMU franciliens

TCG	Total	Cns	Cns-Cs	Cs	Cs-Cns
BSPP	60 (12.7%)	14 (18.9%)	1 (3%)	44 (13.1%)	1 (3.2%)
SAMU 75	50 (10.5%)	7 (9.5%)	2 (6.1%)	38 (11.3%)	3 (9.7%)
SAMU 77	89 (18.8%)	11 (14.9%)	10 (30.3%)	65 (19.3%)	3 (9.7%)
SAMU 78	50 (10.5%)	5 (6.8%)	1 (3%)	42 (12.5%)	2 (6.5%)
SAMU 91	52 (11%)	6 (8.1%)	4 (12.1%)	32 (9.5%)	10 (32.3%)
SAMU 92	42 (8.9%)	18 (24.3%)	2 (6.1%)	21 (6.2%)	1 (3.2%)
SAMU 93	28 (5.9%)	4 (5.4%)	1 (3%)	20 (6%)	3 (9.7%)
SAMU 94	49 (10.3%)	0 (0%)	1 (3%)	44 (13.1%)	4 (12.9%)
SAMU 95	54 (11.4%)	9 (12.2%)	11 (33.3%)	30 (8.9%)	4 (12.9%)

CnS = centre non spécialisé ; Cs = centre spécialisé ; CnS-CS = transfert centre non spécialisé vers centre spécialisé ; CS-CnS = transfert centre spécialisé vers centre non spécialisé. * $p < 0,01$

3.7.5 Discussion des résultats et mise en perspective des aspects géographiques

La fréquence de survenue des TCG a considérablement diminuée depuis 20 ans. Elle est passée, en l'espace en 20 ans, de 17/100000 habitants en Aquitaine à 4/100000 en Ile de

France⁴³. Il faut y voir l'effet probant des efforts de la prévention routière. Les TCG sont, d'abord, des traumatisés graves, et le fait que plus des 2/3 des TCG de notre étude aient des lésions associées, confirme la nécessité de ne jamais les considérer comme des traumatisés crâniens isolés¹⁴⁴. Moins de 15% des TCG ont eu besoin d'une intervention neurochirurgicale en urgence, c'est-à-dire une craniotomie pour évacuer un hématome ou poser une dérivation ventriculaire externe. Ces résultats sont identiques aux études épidémiologiques antérieures et confirment l'absolue nécessité de ne pas utiliser le circuit de la grande garde de neurochirurgie, mais des services d'accueil de «trauma center». D'ailleurs, dans notre étude, la grande garde de neurochirurgie avait été sollicitée pour 25% des TCG, ce qui est nettement moins qu'en 2001, où l'enquête de la CRAMIF retrouvait un taux de passage de 75%¹³⁶. Un des résultats principaux, est que la mortalité ne dépend pas, dans notre étude, du lieu de survenue, ni des délais de prise en charge, ni des trajectoires. L'analyse des trajectoires identifie des stratégies de prise en charge spécifiques pour les SAMU. S'il paraît logique que le SMUR de Créteil, qui siège au sein d'un hôpital qualifié de centre spécialisé (Cs), y adresse directement la majorité de ces TCG, les SAMU de grande couronne ont une approche similaire (de 50,7% à 84% d'admission directe en Cs), bien qu'ils ne disposent pas sur leur territoire de Cs. In fine, il n'y a pas de différence de mortalité selon les SAMU de prise en charge, car ceux-ci, soit directement, soit après transfert secondaire, permettent une hospitalisation en Cs pour la majorité des TCG qu'ils prennent en charge. Le SAMU 92 paraît en retrait (52% hospitalisations en Cs vs 73,8% en moyenne régionale $p < 0,03$) mais il existe un biais de confusion car, un certain nombre de TCG des Haut de Seine ont été hospitalisés à l'Hôpital Georges Pompidou, qui n'était pas considéré comme un centre spécialisé dans notre étude, en raison de l'absence de service de neurochirurgie sur place.

En 10 ans, la prise en charge des TCG s'est considérablement améliorée en Ile de France : le nombre de TCG admis directement en Cs a augmenté (50% vs 70%) et les délais se sont raccourcis (110 minutes vs 250 min¹³). Cependant la prise en charge médicale reste perfectible. L'osmothérapie reste largement sous employée et les objectifs de PAS, en particulier à l'arrivée à l'hôpital ne sont pas toujours atteints. Nous n'avons pas observé de différences selon le volume d'activité des SMUR de prise en charge. Cette constatation n'est ni nouvelle, ni propre à notre pays : dans une étude américaine, qui avait inclus plus de 700 traumatisés graves, le taux de respect des recommandations, n'excédait pas 58%¹⁴⁵.

L'observation des délais de prise en charge fait apparaître une grande disparité spatiale d'accès au SMUR. Le délai régional médian d'arrivée du SMUR sur les lieux est relativement court, 16 minutes IQR (11-22), cependant, il varie de 11 minutes (Paris et petite couronne) à 20 minutes (Seine et Marne et Essonne) avec plus de 30 minutes au 90^{ème} percentile. Cela signifie que 10% des TCG auront un accès au SMUR au-delà de la 30^{ème} minute après l'alerte au SAMU. Ces TCG sont situés, dans des secteurs à dominante rurale, de départements dépourvus de centres spécialisés ou de «trauma center». Ceci explique que les temps de transport des TCG soient également plus longs. Ainsi, l'observation descriptive de la prise en charge des TCG, malgré le nombre relativement faible de patients inclus,

illustre les difficultés d'accès aux soins, et plus particulièrement l'inégalité d'accès au SMUR. Il s'agit, dès lors pour nous, de comprendre s'il s'agit d'une difficulté d'accès ponctuelle, ou si l'accessibilité à la ressource d'un SMUR en Ile de France est réellement très inégale.

4 Accessibilité de la population francilienne à la ressource des SMUR

L'accessibilité à la prise en charge d'une urgence vitale est déterminante pour le pronostic. De nombreux travaux cités précédemment ont démontré la relation entre l'accessibilité aux soins urgents et la qualité du pronostic^{15,16,24,25}. Plusieurs études Nord-Américaines ont montré l'accessibilité des SU et «trauma center» pour la population. Dans ce système les soins prodigués sur place sont souvent peu élaborés et aucun diagnostic n'est réalisé sur le terrain en l'absence de médecins. En France, l'existence d'un système préhospitalier médicalisé permet la réalisation de diagnostics et l'introduction de stratégies thérapeutiques au chevet du patient. Dès lors, une UMH d'un SMUR peut réaliser des soins habituellement prodigués dans des hôpitaux spécialisés outre-Atlantique. Dans notre système l'accès aux soins pour une urgence vitale est conditionné par l'accès aux UMH des SMUR. Nous allons étudier l'accessibilité de la population à la ressource médicale d'un SMUR pour la région la plus peuplée de France, l'Île de France.

4.1 Accessibilité : Définition et concepts

Pechansky est probablement l'auteur qui a le mieux défini les notions d'accessibilité des patients au système de soins²⁹. L'accessibilité est un déterminant essentiel de la relation unissant l'offre et la demande dans un système donné. Les premiers travaux à ce sujet s'intéressaient à la satisfaction des consommateurs. Selon cet auteur, l'accessibilité peut être réduite à un processus s'inscrivant dans un modèle comprenant cinq dimensions perméables, interagissant les unes avec les autres, mais suffisamment précises et différenciées pour être étudiées individuellement et apporter des réponses complémentaires à une même problématique.

4.1.1 L'accessibilité géographique («accessibility»)

L'accessibilité géographique représente l'éloignement entre une structure d'offre et une zone de demande (cible). La plupart des études (anglo-saxonnes) ont ciblé comme objet une structure de soins hospitalière. La cible est de fait une population générale ou spécifique selon des besoins de santé. Cette population est associée à une aire géographique constituée administrativement ou créée pour les besoins de l'étude. D'où le vocable utilisé d'accessibilité géographique. La relation entre les deux entités est figurée par un éloignement dans l'espace. Cet éloignement est exprimé par une distance, un temps de trajet, un coût financier d'acheminement. Dans notre étude il s'agira de mesurer le temps de trajet entre la population et le SMUR ayant la responsabilité d'un secteur donné.

4.1.2 *La disponibilité («availability»)*

Il s'agit de la capacité du système à offrir un niveau et un volume de soins adéquats aux besoins des patients. La disponibilité est d'abord spatiale, par la localisation géographique des structures de soins et des centres spécialisés. Une aire géographique déterminée aura à disposition un certain nombre de structures hospitalières. On peut à loisir, identifier des structures hospitalières spécialisées et structurer le focus géographique souhaité. De fait la notion de disponibilité des structures s'agrège à l'accessibilité géographique pour être englobées sous le terme d'accessibilité spatiale¹⁴⁶. La disponibilité concerne également chaque structure en interne par sa capacité à accueillir tout patient relevant de sa compétence territoriale ou professionnelle. Interviennent, à ce stade, les concepts de surcharge d'activité et de seuils de capacité à prendre en charge correctement un patient. Ces seuils sont définis par des critères architecturaux (nombres de chambres de réanimation, de blocs opératoires), fonctionnels (nombres de lits surnuméraires potentiels, capacité nocturne de fonctionnement..) et humains (nombre de personnels et amplitude horaire). Dans l'étude des SMUR, la disponibilité sera figurée par la capacité d'un SMUR, responsable d'un secteur géographique, à pouvoir prendre en charge la totalité des patients qui le nécessitent.

4.1.3 *L'abordabilité financière («affordability»)*

Il s'agit d'un concept très prégnant aux USA, où il n'existe pas de système universel de protection sociale. En France, la question ne se pose pas, du moins en situation de soins urgents. Le financement des SAMU SMUR est lié à l'Assurance-Maladie. Il existe toutefois une facturation émise à l'égard du patient qui correspond au ticket modérateur. Cette facture est prise en compte par la Sécurité Sociale, si le patient est hospitalisé. A ce jour il n'existe pas de SMUR privé habilité.

4.1.4 *La commodité («accomodation»)*

Il s'agit des facilités mises à disposition des patients pour pouvoir utiliser la ressource offerte par la structure de soins. Pour les urgences, cette notion a un intérêt fondamental. C'est pour des questions de commodité que les pays se sont dotés de numéros d'appel spécifiques pour les urgences et facilement mémorisables par le public. En France, l'adoption du numéro unique 15 découle d'une telle démarche. Le but est de permettre à tout individu de pouvoir avoir recours à des professionnels de l'urgence via, dans un premier temps, un contact téléphonique. La gratuité des appels vers ces numéros relève du même principe. Toute la chaîne de soins est également concernée. Il y a une nécessité pour les centres hospitaliers spécialisés d'adopter des mesures simples et précises pour faciliter la réception des appels du médecin régulateur du SAMU et l'admission des patients pris en charge par les SMUR. On peut citer comme exemple, l'attribution d'un numéro d'appel dédié aux différents SAMU qui pourront bénéficier d'un interlocuteur hospitalier unique capable de décider très rapidement s'il est en mesure d'accepter, ou pas, le patient proposé,

l'installation d'une zone de pose d'hélicoptères à proximité directe du service d'accueil,... La relation entre les 8 SAMU de la région et les services spécialisés peut être considérée à certains égards comme une relation de «clients-fournisseurs».

4.1.5 L'acceptabilité («acceptability») ai-je envie d'y aller ?

Il s'agit de la capacité d'une structure de soins à donner envie aux patients de venir consulter chez elle ou bien à ne pas craindre d'y avoir recours. Les facteurs interférents sont nombreux et peuvent être résumés par des caractéristiques socio-économiques, ethniques, religieuses,..... En situation d'urgence, cette question peut ne pas être anecdotique. En effet, le patient pris en charge par une équipe médicale du SMUR est en droit, comme tout citoyen français de choisir : choisir de ne pas se faire traiter, ou moins rarement choisir son hôpital d'accueil, c'est-à-dire refuser d'aller à l'hôpital de proximité. Cette notion est à la base des campagnes d'éducation pour appeler le SAMU 15. Il faut donner aux patients l'envie, et le réflexe, d'appeler le SAMU pour des symptômes pas toujours évocateurs d'urgence pour un profane.

4.1.6 La problématique de l'urgence vitale

En situation d'urgence vitale l'accessibilité géographique à la structure hospitalière compétente et la disponibilité des moyens capables d'intervenir sont les éléments pivots de la prise en charge des patients. Les travaux disponibles à ce sujet ont concerné le système anglo-saxon, avec les études précédemment citée pour l'accessibilité aux structures intrahospitalières (burns centers, trauma center ou SU Nord-Américain). En France, le SMUR est considéré comme une structure d'urgence à part entière qui se déplace au chevet du patient et peut réaliser des gestes salvateurs et thérapeutiques habituellement réalisés à l'hôpital dans le modèle de secours anglo-saxon. Il s'agit, non plus de mesurer le trajet d'un patient vers un hôpital au moyen d'une ambulance secouriste, mais de mesurer l'accès des équipes médicales de SMUR au patient.

4.2 Comment évaluer l'accessibilité ? Etat de l'art

L'apport de l'analyse géographique a longtemps été négligé par défaut d'outils adaptés et de bases de données solides. Jusqu'ici, les analyses d'accès aux soins se confinaient à la dichotomie espace rural/espace urbain, sans toujours prendre en compte les diversités de densité de population et de continuité de territoires. Cette dichotomie ne permettait d'aborder la notion d'espace que de manière implicite : la localisation exacte des populations et les interactions, entres elles, et avec leur environnement étaient supposées plutôt que visualisées. L'approche géographique a permis d'explicitier, donc de visualiser, ces phénomènes d'interaction spatiale. Cette visualisation permet dès lors d'aborder les thèmes de l'accessibilité spatiale au sens large et d'équité d'accès aux soins. L'arrivée des outils de système d'information géographique (SIG) créés dans les années 60 et développés dans les années 80 et la création de systèmes de localisation par Global Positioning System (GPS) ont

été déterminants. L'accessibilité se mesure d'un point défini à un ou plusieurs autres points. Il s'agit, avant toute chose, de définir ce que l'on veut observer. L'étude de l'accessibilité à une ressource de soins spécifique impose de définir un territoire d'étude, de référencer l'offre de soins, et identifier les utilisateurs potentiels.

4.2.1 Représentation des unités

Une fois déterminé le territoire d'étude, le géocodage est un préalable pour pouvoir localiser dans l'espace les différents points étudiés. Celui-ci s'effectue du plus précis au plus grossier par GPS, adresse de rue ou unité d'agrégation (code administratif, IRIS). Les pays développés ont tous segmenté leurs zones géographiques par un codage administratif type pour la France. Il est utile de préciser que le code postal répond à une logique différente (celle de distribution du courrier) et ne coïncide pas forcément avec la segmentation administrative ; à chaque code administratif peut correspondre plusieurs codes postaux. Par ailleurs, de nombreux pays ont développé un maillage de sous-unités qui répond à des logiques de population respectant ou non le découpage administratif. En France, ce sont les IRIS qui correspondent à des groupes de 2000 personnes. Ces IRIS respectent les frontières administratives. Leur intérêt principal est de permettre une visualisation fine de toutes les variables des données de recensement de la population au sein d'une zone d'étude.

Les contraintes de confidentialité (les listings d'adresses à l'échelle d'une région sont difficiles d'accès) ou de qualité des données se traduisent fréquemment par l'utilisation de méthodes d'agrégation ramenant des individus statistiques unitaires à leur «contenant géographique». Assez logiquement, lorsque les adresses ne sont pas connues, il faut trouver des outils méthodologiques pour estimer le référencement géographique (géo-référencement) des individus. Un tel changement de grain (ou de perspective) pose une importante question méthodologique quant à la manière de mesurer, ou d'estimer, un temps de parcours lorsque l'adresse d'un ou des deux éléments du binôme (offre, demande) n'est pas connue de manière exacte. Cette problématique a été abordée par de nombreux auteurs tant à travers le prisme des méthodes de géocodage que par diverses réflexions méthodologiques portant sur la question de l'optimisation des méthodes d'estimation des distances¹⁴⁷. En l'absence d'un accès aux données originales permettant la localisation précise des entités d'offre et de demande, la solution la plus simple repose sur le passage à une information caractérisée par un grain moins précis, généralement défini par une unité d'agrégation spatiale. Toutefois, le changement d'échelle et de grain associé à l'utilisation d'unités d'agrégation spatiale implique de contrôler les conséquences liées au processus d'abstraction géométrique. Un tel changement de perspective est généralement à l'origine d'erreurs et de biais dits d'agrégation dont l'importance peut altérer significativement résultats et conclusions.

4.2.1.1 La nécessaire prise en compte des biais

La littérature s'avère d'une grande richesse sur le sujet. Recherchant le positionnement optimal d'une ressource dans un contexte spatial, et suivant un objectif précis, les spécialistes de ces modèles reconnaissent trois grands types d'erreurs associés au problème d'agrégation et à la mauvaise connaissance de la distribution précises des entités d'offre et de demande. Les erreurs de type A et de type B décrivent les mauvaises estimations associées à toute métrique d'accessibilité régionale, séparant deux entités situées respectivement dans des unités d'agrégation différentes (type A), ou dans un même territoire (type B). L'erreur de type C survient en associant une entité d'offre à une entité de demande de manière erronée (erreur d'allocation).

De manière simplifiée tout choix d'une unité géographique est source potentielle d'erreur. La détermination de l'objet de l'étude sous-tend le choix de la zone d'analyse. Plus la zone géographique étudiée sera grande plus il y a un risque de biais par méconnaissance des variations intra-zone. Cette source d'erreur est identifiée sous le vocable MAUP (Modifiable area unit problem) par les anglo-saxons¹⁴⁸. L'exemple type est celui de la considération d'une métrique moyenne de quatre communes constitutives d'un canton et du canton lui-même. La distance du centroïde du canton à une offre quelconque ne résume pas la métrique du centroïde de chaque commune à cette offre. Toutefois il peut exister la même d'erreur de type MAUP, si on passe brutalement d'un grain large à un grain fin d'analyse : le risque d'avoir des résultats sensiblement différents est réel. Enfin l'effet frontière est défini par la non prise en compte des bordures d'une zone d'étude quelle que soit sa taille. L'étude de l'accessibilité d'un point de demande A à un point d'offre B peut se trouver faussée par la présence, non détectée, d'un point d'offre C de l'autre côté de la frontière de la zone étudiée, à proximité du point A. En 1980, dans un comté du Kentucky 45 % des habitants préféraient «traverser la frontière» pour aller se faire soigner. L'analyse initiale de l'usage des ressources de soins de ce Comté était que ses habitants avaient peu recours aux soins en raison de l'éloignement des structures de santé¹⁴⁸.

4.2.1.2 Centroïde géographique ou centroïde pondéré ?

La littérature tend à limiter la modélisation à deux typologies dichotomiques pour l'essentiel. La première distingue les processus d'agrégation et de désagrégation, soit la différenciation entre une représentation ponctuelle (agrégation : concentration de toutes les entités d'offre et de demande en un seul et unique point) et une modélisation surfacique (désagrégation : utilisation d'une fonction de densité spatiale des entités d'offre et de demande). La seconde typologie repose sur la prise en compte, ou non, d'hypothèses *a priori* quant à la distribution des entités d'offre et de demande et intègre explicitement un indicateur d'accessibilité spatiale. L'interaction de ces deux typologies aboutit à quatre stratégies différentes : une représentation ponctuelle simple (le centroïde «géométrique» du polygone), ou pondérée (le centre de gravité «démographique» du polygone) et une représentation surfacique uniforme ou non homogène des entités sur le territoire.

La représentation ponctuelle simple des unités d'agrégation spatiale, appréhendée à travers le centroïde du polygone, est la modélisation la plus rapide et la plus élémentaire¹⁴⁹. Elle suppose que l'ensemble des entités d'offre et de demande soit localisé au centre de l'unité spatiale ou, du moins, que la distribution spatiale des entités soit caractérisée par des paramètres de centralité et, éventuellement de dispersion proche du centre géométrique du polygone¹⁵⁰. Une telle approche peut être considérée comme une assez bonne modélisation pour des unités spatiales de petite taille, ou lorsque les entités d'offre ou de demande suivent des distributions gaussiennes ou uniformes (homogène). Toutefois, pour des unités d'agrégation larges, il convient de garder à l'esprit que le positionnement du centroïde assure uniquement la centralité spatiale – sous l'hypothèse d'homogénéité – et ne tient nullement compte de la réalité géographique ou du peuplement. Le calcul de l'accessibilité régionale se résume alors à la simple estimation de la métrique séparant deux éléments ponctuels. L'efficacité de cette approche pour de petites unités d'agrégation et sa grande simplicité explique sa forte utilisation dans la littérature^{151,152}.

La représentation ponctuelle pondérée des unités d'agrégation spatiale, appréhendée à travers le centre de gravité «démographique», présente une amélioration notable par rapport à l'approche purement géométrique. La prise en compte de la distribution des entités, par l'utilisation d'un *proxy*, au sein de l'unité spatiale d'agrégation permet d'assurer une abstraction plus fiable dans les situations non homogènes (distributions non uniformes) ou non centrées sur le centroïde. Toutefois, sa réalisation nécessite la disposition d'une partition plus précise que l'unité spatiale sur laquelle porte l'analyse, afin de pouvoir calculer le centre de gravité comme étant la moyenne spatiale des centroïdes de chaque sous unité pondérée par une variable corrélée, ou supposée comme telle, avec la distribution des entités d'offre et de demande. L'utilisation de données liées à l'occupation du sol, obtenues par imagerie satellite peut s'avérer une alternative intéressante, visant à modéliser spatialement *a priori* la distribution des entités au prorata de la superficie des entités spatiales détectées. Supposant une distribution uniforme des entités d'offre et de demande limitée aux unités urbaines, le centre de gravité reviendrait au calcul de la moyenne spatiale des centroïdes de chaque espace détecté ou interprété comme urbain, pour laquelle une pondération reposant sur leur superficie serait appliquée¹⁵³. Par ailleurs, la disposition de semi de points de localisation précis des entités, ou, tout du moins, le traitement par des chercheurs ayant accès aux données confidentielles peut être envisageable pour l'extraction d'un centre de gravité «démographique» calculé directement sur la distribution réelle des entités et non sur un *proxy*. Cette représentation est largement dominante dans la littérature et représente un véritable standard dans l'estimation de l'accessibilité régionale^{21,22,25}. Toutefois, certains auteurs soulignent qu'une telle représentation est plus propice à mesurer l'accessibilité spatiale du lieu de résidence de la population et non celle du lieu d'accident²². Il peut être pertinent de pondérer le calcul du centre de gravité par d'autres indicateurs que la population tels que la densité du réseau routier, dans le cadre d'une étude sur les polytraumatisés et accidentés de la route.

En France la majorité des missions des SMUR se déroulent à domicile pour des détresses vitales médicales²⁸. Dans notre travail nous testerons la corrélation entre la représentation centroïde géographique et centroïde pondérée par la population pour estimer l'accessibilité aux SMUR.

4.2.2 Unités de mesure de l'accessibilité spatiale

4.2.2.1 Les distances

La distance, au sens géographique du terme, quelle que soit son mode de calcul s'entend par la mesure de l'éloignement d'un point source à un point cible. La plupart des travaux publiés, consacrés à l'utilisation des ressources de santé, ont défini comme «cible» les hôpitaux ou structures de santé, et comme «source», une population plus ou moins spécifique. Les distances mesurent une relation entre deux points, et sont également à la base de la définition des zones de chalandise hospitalière, étant représentées par des cercles radiaux.

4.2.2.1.1 Distance euclidienne

Ce sont les distances les plus faciles à interpréter car elles sont rectilignes et correspondent à une distance à vol d'oiseau. Toutefois cette mesure ne tient pas compte des caractères géographiques du terrain (compartimentation par les montagnes, coupures humides, forêts..) ni du réseau routier existant. En pratique, les distances euclidiennes ont été souvent utilisées avant l'arrivée de SIG et de bases de données routières adaptées. Dans l'étude de Jones, qui compare la distance parcourue réelle (distance réseau) à la distance euclidienne, les écarts de distances variaient en moyenne de 800 m en zones rurales à 1,2 km en zones urbaines, avec 19 kms d'écart en 95^{ème} percentile¹⁵⁴. Dans cette étude la taille des zones géographiques utilisées n'était pas clairement mentionnée et il n'existait ni forêts ni montagnes. La corrélation entre distance euclidienne et distance réelle (que l'on va appeler distance réseau) est réelle et démontrée mais varie fortement en fonction du réseau routier¹⁵⁵. En effet la distance euclidienne est dans l'incapacité de prendre en compte les complexités du réseau routier et les multiples contraintes de celui-ci. La mesure de la distance euclidienne a du sens pour traiter des zones rurales sans obstacles naturels et à faible réseau routier ou évaluer une distance à franchir pour un hélicoptère ou un avion, mais pas pour apprécier finement des déplacements au travers d'un réseau routier complexe.

4.2.2.1.2 Distance Manhattan

Elle est très utilisée aux USA, de par l'urbanisme caractérisé par un plan en damier. Il s'agit d'ailleurs d'une mesure métrique spécifique pour cette organisation urbaine d'où son surnom de «taxi-cab distance»¹⁵⁶. La distance est découpée en lignes droites

perpendiculaires. Cette mesure est peu utilisée dans la littérature internationale car trop dépendante d'un mode architectural de ville typique du continent Nord Américain.

4.2.2.1.3 Distance Minkowski

Complexe et peu utilisée, il s'agit d'une méthode de calcul intermédiaire entre la distance euclidienne et la distance Manhattan. Le rationnel est que la distance Manhattan surestime la distance alors que la distance euclidienne la sous estime. La distance de Minkowski se caractérise par une formulation mathématique qui se représente par une courbe elliptique passant du point de départ au point d'arrivée. Un travail récent a proposé d'utiliser cette distance en lieu et place du temps de trajet. Toutefois les auteurs conviennent que cette approche reste compliquée et mérite d'être approfondie¹⁵⁶.

4.2.2.1.4 Distance réseau

Les déplacements sont conditionnés et contraints par le réseau routier. À l'aide d'un algorithme SIG utilisant une base de données de réseau routier le chemin le plus court est déterminé et sa distance évaluée¹⁵⁷. De nombreuses bases de données sont disponibles et spécifiques à chaque pays. Le grain est variable : certaines bases de données contiennent plusieurs centaines de variables incluant les bretelles d'autoroute, intersections, types de revêtement et inclinaisons de la chaussée ; d'autres se contentent de définir les axes principaux. En France l'Institut de géographie nationale (IGN) édite les deux principales bases de données qui concernent le réseau routier BD Route 500 et BD Topo.

4.2.2.1.4.1 Base de données BD Route 500

ROUTE 500® est un produit numérique entièrement dérivé de la Base de Données Cartographique (BD CARTO®), une des grandes bases de données géographiques initiées par l'IGN sur le territoire français. La base de données ROUTE 500® contient l'intégralité du réseau routier classé (500000 kms d'autoroutes, routes nationales, routes départementales) caractérisé par un certain nombre de propriétés (numéro des routes, viabilité, importance des liaisons,...) et complété par les éléments du réseau routier secondaire permettant d'assurer la desserte des 36600 chefs-lieux de commune et des principales infrastructures de transport (gares et aéroports). Associés à ces éléments, la description de la logique de communication et le rattachement des 36600 communes françaises autorisent la recherche d'itinéraires entre ces communes et diverses applications relatives au transport routier. Cet aspect purement routier est complété par la géométrie du découpage communal et la présence du réseau ferré principal et des gares associées. La fonction « habillage » est assurée par la présence des principaux objets devant apparaître sur des cartographies simplifiées au 1:250000 : trait de côte et frontières internationales, silhouettes des agglomérations, forêts et étendues d'eau¹⁵⁸.

4.2.2.1.4.2 Base de données BD TOPO

La BD TOPO® contient une description vectorielle 3D des éléments du territoire et de ses infrastructures, de précision métrique, exploitable à des échelles allant du 1:5000 au 1:50000. Elle permet de couvrir de manière cohérente l'ensemble des entités géographiques et administratives du territoire national. La BD TOPO® sert de référence pour la localisation de l'information thématique relative aux problématiques d'aménagement, d'environnement ou d'urbanisme. Elle est le socle nécessaire au fonctionnement des systèmes d'information des collectivités locales de la commune à la région. Elle est aussi un élément indispensable à la conception, au fonctionnement et à l'évaluation de nombreux services pour ces collectivités. Les objets de la BD TOPO® sont structurés en thèmes : le réseau routier, comprenant le réseau de voies de communication dans son intégralité (revêtu ou non), le réseau « adressé » c'est-à-dire une sélection des tronçons possédant un nom de rue, une sélection de chemins et sentiers, et une description du réseau revêtu selon son importance (hiérarchisation du réseau). Ce thème comprend également les toponymes se rapportant au réseau routier. Elle contient également le réseau ferroviaire (les voies, aires de triage, téléphériques et autres transport par câble, les gares et les toponymes se rapportant au réseau ferré), le réseau de transport d'énergie (haute et très haute tension, les conduites utilisées pour le transport de matière première), le réseau hydrographique (les cours d'eau, les surfaces d'eau, les réservoirs et autres points d'eau. Ce thème comprend également les hydronymes), les bâtiments (indifférenciés, industriels et remarquables) et autres constructions, la végétation arborée, l'orographie, décrivant des ruptures de pentes artificielles, et les toponymes relatifs au relief (oronymes), la structure administrative (communes, arrondissements urbains pour Paris, Lyon et Marseille), ainsi que les chefs-lieux, les points d'activité ou d'intérêt (PAI), qui localisent des bâtiments ou sites ayant des caractères particuliers (administratif, religieux, sportif...) et les toponymes de lieux-dits. Le processus de production 3D permet de fournir l'altimétrie des objets, ainsi que la hauteur des bâtiments.

4.2.2.2 Le temps de trajet plutôt que des distances : «la vraie vie» !

Quelque soit la précision de la distance il manque le facteur temps pour apprécier de manière pragmatique l'accessibilité réelle d'une ressource. Une analyse par temps de trajet permet de mieux appréhender la réalité plutôt que des distances qui ne prennent en compte ni la congestion du trafic ni les spécificités du réseau routier. C'est la raison pour laquelle les travaux d'accessibilité pour des thématiques d'urgence vitale prennent le plus souvent en compte l'unité de mesure du temps de trajet. Pour ce faire il faut à la distance choisie y affecter une vitesse qui permettra d'être le plus proche possible des temps de trajet réels.

La modélisation du réseau routier utilise la base de données BD TOPO de l'IGN ou son succédané BD ROUTE 500. Ces informations sont alors appareillées afin de construire une matrice contenant en lignes tous les arcs du réseau (identifiés par leurs sommets d'origine et de destination) et en colonnes les attributs décrivant les arcs (longueur du tronçon en

hectomètres, vocation, largeur, sens de circulation, etc.). Le temps de traversée de chaque arc est dérivé à partir de la longueur du tronçon et de la vitesse de circulation sur le réseau. Celle-ci est déterminée d'après la vocation de la route (type autoroutier, liaison principale, liaison régionale, liaison locale) et en tenant compte de l'environnement géographique traversé (agglomération, type d'occupation du sol).

4.2.2.2.1 *Comment estimer les vitesses ?*

L'analyse en temps de trajet («travel time») impose la prise en compte de la distance et de la vitesse de déplacement. La mesure du temps de trajet devrait idéalement être basée sur l'observation réelle. Se pose alors l'accès à des bases de données ou à des reconstitutions de trajet. Même aux Etats-Unis où les bases de données régionales ou nationales sont financées et pérennes, il est particulièrement difficile d'évaluer à une large échelle le temps réel d'accès aux soins. Dans l'étude de Galvagno et al. qui incluait 220000 patients issus de la National Trauma Data Bank américaine, les temps d'accès des patients du lieu du traumatisme à l'hôpital étaient pour plus de la moitié d'entre eux non renseignés¹⁵⁹. Lorsque les bases de données manquent ou sont incomplètes et que des reconstitutions de trajet à large échelle sont impossibles, il faut alors «théoriser» les vitesses de déplacement et faire en sorte qu'elles puissent permettre la meilleure corrélation possible avec les temps de trajets réels. L'approche des vitesses réelles, au travers des vitesses estimées, est délicate et fortement dépendante de la qualité de la base de données routière, mais aussi et surtout, du choix des valeurs de vitesses prises en compte dans le modèle théorique¹⁶⁰.

4.2.2.2.2 *Vitesses estimées par les usagers ou «décrétées» par les investigateurs ?*

Dans la littérature la théorisation des vitesses repose soit sur une estimation par les patients soit sur des postulats issus des limitations de vitesses réglementaires. Haynes et al ont interrogé 475 personnes afin de comparer un temps de trajet estimé par les individus à celui calculé par un SIG (vitesses arbitraires attribuées de 30 kms/h en ville et 80 kms/h en milieu rural) : l'estimation par les individus était corrélée au temps de trajet SIG pour les distances de moins de 20 kms. L'écart des temps de trajet estimés et calculés était bien corrélé, inférieur à 5 min pour 50% des réponses et < 15 minutes pour 90% des réponses¹⁶¹. Ces écarts étaient le plus souvent liés à une surestimation du temps de trajet avec des délais estimés supérieurs aux délais calculés. Dans cette étude les patients conduisaient eux même leur véhicule pour se rendre à une consultation hospitalière non urgente et étaient immédiatement interrogés à leur arrivée par une infirmière de recherche non impliquée dans les soins. La majeure partie des patients avaient déclaré être particulièrement énervés en raison de la congestion du trafic et de la recherche d'une place de parking à l'intérieur de l'hôpital¹⁶¹. De nombreux facteurs intercurrents pouvaient altérer la perception du temps par les patients inclus, le moindre n'étant pas l'impact psychologique et l'impatience des sujets

concernés. Malgré ces critiques les estimations des patients étaient corrélées avec les données du SIG avec un écart de temps de 15 minutes.

Plusieurs études ont fait le choix de prendre en compte des vitesses «décrétées». Dans l'étude de Brabyn et al. qui concernait l'accessibilité de la population aux hôpitaux de Nouvelle-Zélande la vitesse «décrétée» était de 80 kms/h pour les autoroutes et routes nationales, 35 kms/h pour des routes urbaines¹⁶². Une étude sur l'accessibilité de la population aux hôpitaux du Pays de Galles décrétait des vitesses sensiblement différentes : par exemple sur autoroute en milieu rural 104 kms/h ou 70 kms/h pour une autoroute en milieu urbain¹⁶³ (Annexe 1). La plupart du temps ces vitesses sont celles des limitations de vitesse en vigueur dans les différents pays. Tout en admettant que les patients conduisant leur propre véhicule n'enfreindront pas les limitations de vitesses. Il n'en va pas de même pour des moyens mobiles sanitaires, ambulances, paramedics, SMUR, qui sont des engins prioritaires et s'affranchissent des limitations de vitesses.

4.2.2.3 *Comment évaluer les vitesses des ambulances ?*

Il n'existe pas à ce jour de bases de données permettant de mesurer précisément les vitesses réelles des ambulances sur les différents tronçons d'un réseau routier. Il s'agit d'un problème majeur qui n'a actuellement pas de réponse précise dans la littérature internationale. Dans une méta-analyse publiée en 2006 qui s'intéressait aux temps de prise en charge préhospitalière des traumatisés graves par les «paramedics», américains, Carr et al concluaient qu'aucune étude publiée ne permettait d'évaluer précisément les délais de transport : une des conclusions était de proposer un postulat d'une vitesse d'ambulance en milieu urbain de 20,1 miles (32 kms/h), 47,5 miles/h (74 kms/h) en milieu semi-urbain et 56,4 miles/h (91 km/h) en milieu rural¹⁶⁴. Ces vitesses ont été à la base des calculs des modèles d'accessibilité pour les «trauma center», et «burns center» américains^{21,22}. Le réseau routier américain n'étant pas comparable avec le réseau français l'extrapolation de ces vitesses est problématique.

En France les travaux d'Hilal et al à l'INRA qui ont proposé récemment un tableau de vitesses estimées entrant dans la matrice de calcul d'un logiciel nommé Odomatrix¹⁶⁵ (Annexe 2), prennent en compte des vitesses conformes aux limitations de vitesses usuelles dans notre pays. Toutefois une ambulance de SMUR n'étant par définition pas soumise aux contraintes du code de la route ou aux limitations de vitesses, Odomatrix sous estimera systématiquement les vitesses d'un engin de secours.

De fait les vitesses prises en compte dans les modèles d'accessibilité sont soit estimées par les particuliers impliqués soit décrétées pour les ambulances sur la base d'un fondement scientifique discutabile et non validé. Aucune étude publiée n'a cherché à valider des vitesses estimées par des experts ambulanciers. Le but de notre travail a été de modéliser des scénarios d'accessibilité en fonction des vitesses estimées par les experts et d'évaluer la corrélation entre notre modèle théorique et la «vraie vie» au travers des délais

de prise en charge des TCG par les SMUR franciliens constatés pour 500 patients pris en charge sur le territoire régional entre 2005 et 2007.

4.3 Accessibilité géographique des SMUR en Ile de France

4.3.1 Evaluation du temps de trajet : les vitesses estimées par des ambulanciers SMUR

La méthode de recueil des avis d'ambulanciers a été basée sur un questionnaire simplifié qui reprenait les variables de type de route et de type de milieu de la base de données BD Topo (Annexe 3). Cette base de données très complète comprend entre autres la totalité du maillage national routier et les éléments constitutifs du territoire. Une fois obtenues les vitesses estimées nous avons décidé d'utiliser une table de correspondance pour retranscrire les variables dans la base de données BD Route 500, qui est certes moins précise, mais exclusivement consacrée à la totalité du réseau routier national et permet de réaliser des calculs de temps de trajet en un temps raisonnable. Ces bases de données ont été décrites dans la sous partie 4224. Les caractéristiques du milieu ont été obtenues par l'utilisation de la base Corine land Cover niveau 1 Edition 2006.

Un premier questionnaire-test avait été proposé aux ambulanciers du SMUR Melun en Juin 2011. Quatre ambulanciers avaient été choisis pour tester la compréhension des questions et la présentation du questionnaire avait été modifiée en conséquence. Le questionnaire était colligé en 20 minutes en moyenne. Il était d'emblée prévu d'inclure au moins trois ambulanciers par SMUR de chacun des huit SAMU franciliens. Nous avons également décidé d'inclure des ambulanciers d'un SMUR rural excentré en grande couronne et d'un SMUR très urbain. La priorisation des SMUR de SAMU obéissait à une logique territoriale régionale. Nous avons d'emblée souhaité avoir les estimations d'ambulanciers exerçant dans des milieux différents. Les chefs de service des SAMU franciliens avaient donné leur accord en Juin 2012 pour réaliser un travail d'estimation des vitesses. Cet accord avait été obtenu lors d'une réunion au siège de l'ARS en présence de l'auteur de la thèse. A charge pour l'auteur de la thèse de contacter directement les ambulanciers ou les responsables de garage des SMUR des SAMU concernés. Le choix du SMUR rural a été fait par cooptation. Nous avons opté pour une méthodologie de désignation de volontaires au sein de chaque SMUR approché. L'entretien était téléphonique ou physique avec l'auteur de la thèse ou un relais local médecin ou ambulancier. Lors de cet entretien le questionnaire pré-rempli était fourni ou dicté à l'ambulancier et colligé soit directement par lui-même soit par l'investigateur. Une anonymisation stricte des réponses était garantie et réalisée par l'investigateur. Chaque ambulancier inclus devait donner une vitesse estimée pour les différents tronçons de route, le type de milieu (urbain, rural ou forestier), les conditions de trafic uniquement pour le milieu urbain et les conditions nyctémérales de conduite proposées. Les vitesses recueillies étaient des vitesses que les ambulanciers estimaient atteindre dans leur pratique quotidienne et avec leurs véhicules habituels. Nous demandions aux ambulanciers de se positionner clairement le plus souvent possible sur une valeur

unique de vitesse en km/h. Une fois l'ensemble des vitesses recueillies, nous avons calculé les valeurs médianes, du 25^{ème} et 75^{ème} percentile des vitesses pour chaque type de variable de route selon la nature du milieu (urbain, rural ou forestier) et en fonction du nycthémère (jour, nuit de 20 h à 07 h- et jour en condition de trafic routier dense 18h-20h). La composition du parc automobile du SMUR et les protocoles locaux d'intervention étaient systématiquement demandés pour identifier les SMUR qui utilisaient des VL, des AR ou bien les deux. Ces données n'entraient pas dans l'analyse. Aucune variable caractérisant la population des ambulanciers n'était demandée. Nous n'avons volontairement pas recueilli l'âge ou l'ancienneté dans l'emploi des ambulanciers.

4.3.1.1 Résultats et comparaison des vitesses estimées

Parmi l'ensemble des SMUR franciliens, nous avons pu inclure 17 ambulanciers du SMUR des quatre SAMU 75, 78, 77 et 91 et 9 ambulanciers de SMUR non SAMU. Aucun SAMU ou SMUR approché n'a refusé de participer à l'étude, en revanche il ne nous a pas été possible d'inclure des ambulanciers des SMUR Garches (SAMU 92), Mondor (SAMU 94) et Pontoise (SAMU 95) pour des raisons logistiques (impossibilité d'avoir un contact individuel téléphonique). Pour les ambulanciers désignés comme volontaire aucun refus de réponse au questionnaire n'a été constaté. Au total l'étude a concerné 26 ambulanciers de six SMUR qui représentaient cinq SAMU franciliens (75, 77, 78, 91 et 92). Parmi les 26 ambulanciers inclus, il y avait 6 ambulanciers du SMUR Necker (SAMU 75), 4 ambulanciers du SMUR Beaujon (SAMU 92), 5 ambulanciers du SMUR Melun (SAMU 77), 4 ambulanciers du SMUR Corbeil (SAMU 91), 5 ambulanciers du SMUR Etampes (SAMU 91) et 2 ambulanciers du SMUR Versailles (SAMU 78). Deux de ces SMUR (Etampes et Melun) sont caractérisés par un territoire rural prédominant, deux (Corbeil et Versailles) ont un territoire mixte, rural et urbain mais seront considérés comme ruraux et les deux autres (Beaujon, Necker) sont exclusivement urbains. Parmi les SMUR urbains l'usage d'ambulance lourde de réanimation (AR) est prédominant mais pas exclusif, alors que les SMUR dits ruraux ont un usage de véhicules légers soit mixte avec les AR soit prédominant.

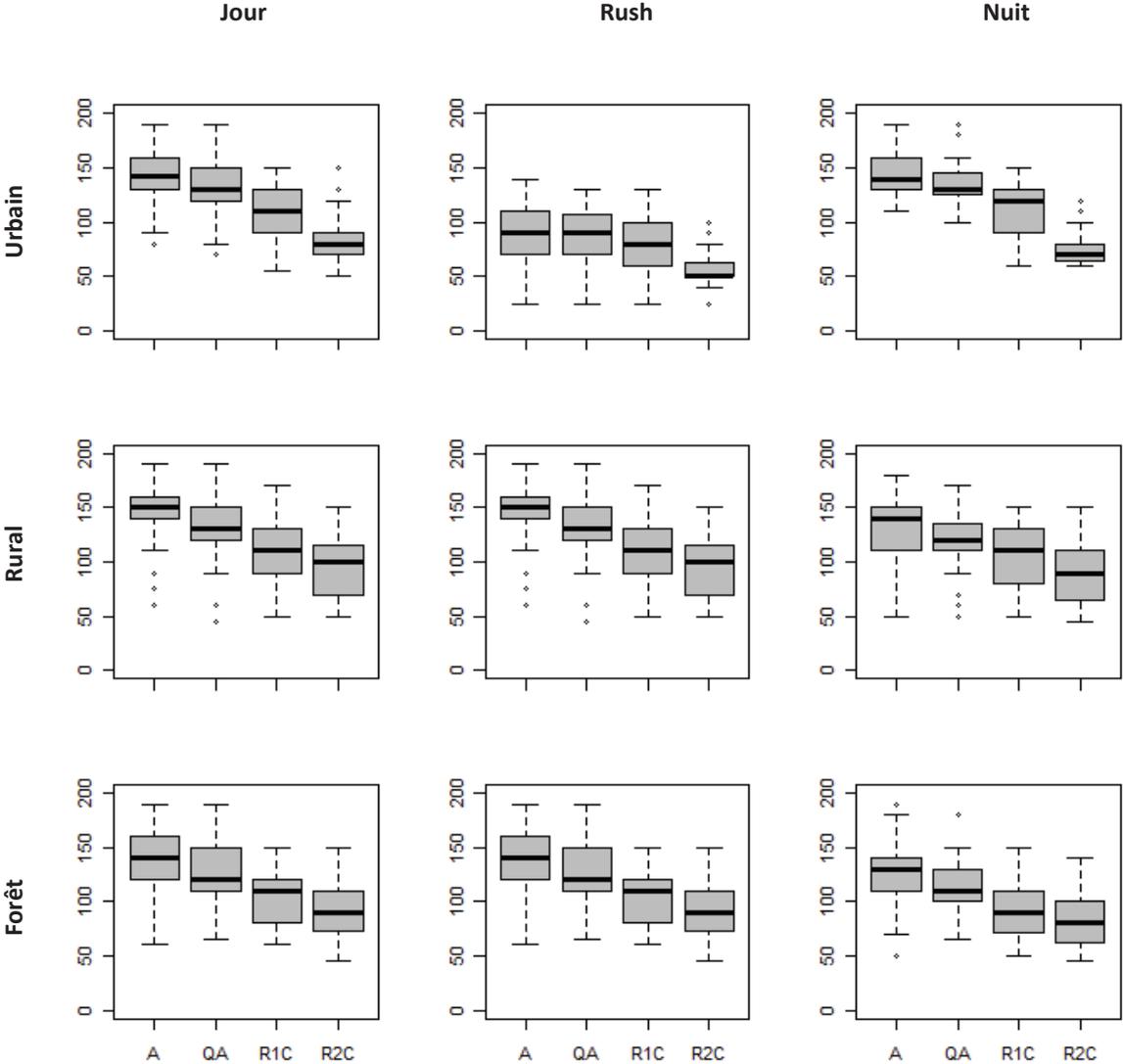
Les valeurs des vitesses estimées par l'ensemble des ambulanciers sont colligées en Annexe 4. Les vitesses estimées sont représentées selon le type de milieu et la période du nycthémère en Figure 1 : Vitesses estimées par les ambulanciers selon le type de route, la période du nycthémère et le milieu rural, urbain ou forestier.

En période de jour les vitesses sur Autoroute et quasi Autoroute sont identiques quelque que soit le milieu. Les vitesses estimées sur route à une ou plusieurs chaussées sont de l'ordre de 70 kms/h en 10^{ème} percentile et 140 kms/h en 90^{ème} percentile et restent identiques quelque soit le milieu naturel. Dans le scénario de trafic routier dense («rush») les vitesses sont plus basses que dans les autres scénarios en milieu urbain. Dans ce scénario les milieux rural et forestier n'étaient pas concernés car la probabilité de trafic routier dense était très improbable. En scénario de nuit les vitesses estimées sont identiques entre

Autoroute et équivalents en milieu urbain et rural et plus lentes en milieu forestier. Les vitesses estimées sur routes sont identiques aux autres scénarios nycthéméraux.

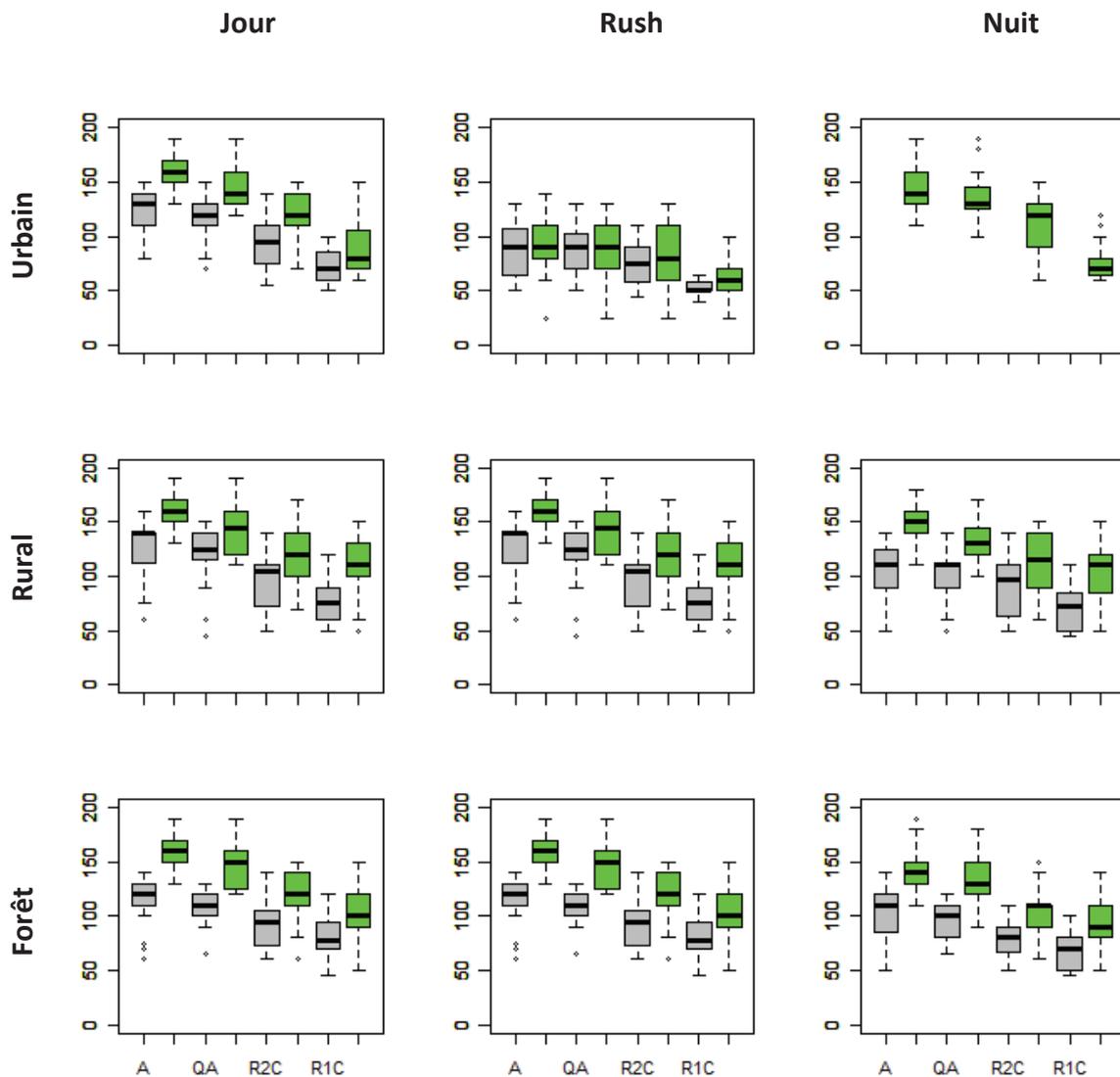
La comparaison des vitesses selon les scénarios jour, rush ou nuit montre que la situation de «rush» induit une diminution significative des vitesses estimées en milieu urbain. En milieu rural et forestier le modèle rush n’était pas demandé. Les vitesses sur routes en milieu urbain avec 50 kms/h et 80 kms/h en 10^{ème} et 90^{ème} percentile sont inférieures à celles estimées en milieu rural et forestier (50 et 150 kms/h en 10^{ème} et 90^{ème} percentile). La période nocturne induit une diminution des vitesses estimées en milieu urbain pour les routes à une chaussée et sur l’ensemble des routes en milieu forestier. Les vitesses les plus basses sont celles du scénario de trafic routier dense «rush» en milieu urbain.

Figure 1 : Vitesses estimées par les ambulanciers selon le type de route, la période du nycthémère et le milieu rural, urbain ou forestier



La variabilité des vitesses estimées est la plus faible pour le scénario de nuit en milieu urbain quel que soit le type de route, et importante pour les tronçons de voies rapides (autoroute) quel que soit le milieu et le scénario. La variabilité des vitesses observées est expliquée en partie par les différences constatées entre les ambulanciers «ruraux» et les ambulanciers «urbains» (Figure 2 : Comparaison des vitesses estimées (kms/h) entre ambulanciers des SMUR urbains et péri-urbains (gris) versus SMUR ruraux (vert) en fonction du type de route pour les scénario de jour, de rush et de nuit).

Figure 2 : Comparaison des vitesses estimées (kms/h) entre ambulanciers des SMUR urbains et péri-urbains (gris) versus SMUR ruraux (vert) en fonction du type de route pour les scénario de jour, de rush et de nuit



En scénario de jour les ambulanciers des SMUR ruraux estiment des vitesses supérieures aux ambulanciers des SMUR urbains quelque soit le type de route et le milieu. Les écarts de vitesses estimées vont sur autoroute urbaine de 130 kms/h avec un IQR [110, 140] kms/h pour les SMUR urbains à 160 kms/h en vitesse médiane avec un IQR [140, 160] kms/h. Dans le scénario avec rush les vitesses estimées en milieu urbain sont comparables

entre les ambulanciers des SMUR urbains et ruraux. Ces vitesses sont estimées à 100 kms/h en médiane avec un IQR [70, 110] kms/h. Les vitesses sur autoroute et route à deux chaussées sont identiques. En milieu rural et forestier les ambulanciers «ruraux» annoncent des vitesses supérieures aux ambulanciers «urbains». Les vitesses des ambulanciers «ruraux» en milieu rural et forestier avec trafic dense sont comparables aux vitesses estimées avec un scénario jour sans trafic routier intense. Les vitesses des ambulanciers de SMUR ruraux sont estimées supérieures aux ambulanciers de SMUR urbains. Aucune vitesse estimée en milieu urbain de nuit n'a été possible pour les SMUR urbains car nous n'avons eu aucune réponse à ce sujet. La nuit les ambulanciers «ruraux» estiment des vitesses en milieu rural et forestier supérieures aux ambulanciers «urbains» quelle que soit le type de voies.

4.3.2 Méthodes utilisées pour le calcul de l'accessibilité géographique

La représentation des unités choisie a été de localiser les SMUR par leurs coordonnées latitude et longitude issues de Google Earth et d'identifier les zones de demande par une double méthode, de centroïde pondéré par la population et de centroïde géographique. La base de données routière utilisée a été la BD ROUTE 500. L'analyse du milieu a été réalisée en utilisant la base de données Corine Land Cover 2006 (<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>). Il s'agit d'une base de données Européenne d'occupation des sols qui est produite par images satellites. Cette base de données permet la catégorisation du sol en milieu artificialisé, qui comprend les zones urbaines, industrielles, agricoles et toutes zones y compris d'espaces verts qui seraient le produit de l'intervention de l'homme, en milieu naturel forestier et en milieu «humide» (les plans d'eau). La version la plus récente de cette base de données date de 2102 mais pour des raisons pratiques nous avons utilisé la version 2006.

Nous avons évalué l'accessibilité d'un patient en tout point du territoire au SMUR de secteur administratif. L'accessibilité a été évaluée en fonction des périodes de jour, nuit et conditions de trafic routier dense. Un trafic dense était caractérisé par une difficulté à maintenir une vitesse constante et/ou et la nécessité de se frayer un chemin entre les files de véhicules en utilisant éventuellement les avertisseurs sonores. Par souci de réalisme nous avons souhaité mesurer le délai entre l'alerte du SMUR et l'arrivée sur les lieux plutôt qu'un temps de trajet de route simple. Dès lors, en nous basant sur les résultats du PHRC et du délai médian de 5 minutes constaté entre l'alerte et le départ du SMUR, nous avons systématiquement attribué une pondération de 5 minutes à tous nos calculs d'accessibilité. Chaque scénario d'accessibilité sera réalisé avec les valeurs des vitesses médianes. En l'absence de sectorisation précise des SMUR, la commune de Paris a été considérée comme un secteur SMUR unique avec plusieurs SMUR à disposition. Le logiciel ArcGis (version 10.1 ESRI France 2009) a été utilisé pour réaliser les calculs d'accessibilité, la cartographie et toutes les représentations graphiques des territoires. Les calculs de temps de trajet ont été faits via l'utilisation de l'algorithme de Dijkstra qui sert à calculer soit le plus court chemin

soit le plus rapide. Les statistiques ont été réalisées sous SPSS 17.0 (SPSS Inc 2006) et R (GNU project version 2011).

4.3.3 Evaluation de corrélation de notre modèle théorique avec les délais observés de la cohorte régionale de TCG

Cinq cent quatre patients de la cohorte du PHRC ont été inclus sur l'ensemble du territoire francilien au décours d'un TCG pris en charge par un SMUR francilien (PHRC AOM 404). Les délais étaient colligés en particulier le délai entre le départ du SMUR et l'arrivée sur les lieux. Les patients pris en charge par un SMUR qui n'était pas du secteur ont été exclus (n=77), pour ne garder que les interventions primaires SMUR du secteur. La comparaison des délais observés de 427 patients avec nos délais théoriques a été testée en fonction des scénarios de jour, de nuit et avec trafic routier dense. Pour chaque type de scénario théorique les délais observés des périodes correspondantes de la cohorte des TCG ont été analysés. Les vitesses médianes ont seules été considérées (Figure 3 : **Corrélation entre les délais du modèle théorique d'accessibilité (basé sur les vitesses médianes) et les délais observés de la cohorte TCG : scénario de Jour, rush et nuit (NB : En abscisse le délai théorique; en ordonnée le délai réel constaté dans la cohorte de TCG)**) et Tableau 11 : Description de la corrélation par régression linéaire entre le modèle théorique et les délais observés

Tableau 11 : Description de la corrélation par régression linéaire entre le modèle théorique et les délais observés

Jour		Rush		Nuit	
R ² = 0,37		R ² = 0,49		R ² = 0,56	
IQR résidu : (-2,56 - 1.98)		IQR résidu : (-2,80 - 1.44)		IQR résidu : (-2,56 - 1.82)	
Intercept	5,9404*	Intercept	3,6957*	Intercept	4,2841*
Délai SIG	0.6453*	Délai SIG	0,8889*	Délai SIG	0,8833*

* p-value < 0,0001

Le coefficient de détermination (r²) du scénario rush est de 0,49 et 0,56 pour le scénario de nuit. La valeur de l'intercept est non nulle et varie de 5,94 à 3,69. L'intervalle interquartile des résidus montre que 50% des valeurs théoriques sont entre -2,56 min et + 1,98 min. des délais observés L'application d'une pondération (Délai SIG) à tous les délais théoriques permet de redresser notre modèle (Figure 4 : **comparaison de la différence des délais théorique vs observés après la correction du modèle théorique pour les scénarios Jour, Rush et Nuit (vitesse médiane). (Nb : en abscisse l'écart en min entre délai théorique et délai observés)**). Les valeurs des 10^{ème} et 90^{ème} percentiles du modèle redressé pour le scénario de rush sont de -6 min et + 9min et 50% des délais théoriques sont à ± 2 min des délais réels (observés). Les variations entre le délai théorique vs délai réel du modèle redressé pour le scénario Nuit sont de ± 3min pour 50% des délais théoriques, de -7 minutes pour le 10^{ème} percentile et + 10 min pour le 90^{ème} percentile. Dans le scénario de Jour les différences entre les délais théoriques et les délais

réels sont comprises pour 50% des délais entre ± 2 min. Les valeurs du 10^{ème} et 90^{ème} percentile sont de 6 minutes et + 7 minutes.

4.3.4 Accessibilité géographique théorique en fonction de la sectorisation administrative des SMUR : résultats

Nous avons testé en préalable la corrélation entre les estimations faites avec nos modèles de centroïde géographique et de centroïde pondéré : la corrélation parfaite ($r^2 = 0,98$) nous permet de n'utiliser que le modèle pondéré par la population dans nos résultats. La sectorisation administrative des SMUR a été représentée au chapitre 2.4.3.2. (Carte 11 : Secteurs SMUR avec une ou plus d'une UMH).

Tous les calculs sont présentés avec le modèle redressé des délais théoriques. Nous garderons le modèle théorique rush comme modèle de référence car il est le plus pessimiste de nos modèles. Nous présenterons de manière moins détaillée les scénarios de jour et de nuit.

4.3.4.1 Accessibilité du SMUR de secteur de Jour avec trafic routier dense (rush)

L'accessibilité régionale (hors Paris pour les raisons déjà explicitées d'absence de sectorisation précise des SMUR et AR BSPP) est résumée dans le (Tableau 12 : **Récapitulatif de l'accessibilité selon les départements de l'Île de France (Paris exclu) pour la population et le territoire desservis en fonction du scénario de trafic routier dense**). Une dizaine de communes de quatre départements différents sont à plus de 30 minutes du SMUR de secteur (Versailles 78, Pontoise 95, Corbeil 91, Meaux, Melun, Provins et Coulommiers 77). Ces communes sont en périphérie de région pour la plupart d'entre elles à l'exception de deux communes situées en plein milieu du 77. Les secteurs SMUR de la petite couronne sont homogènes avec des temps d'accès à moins de 15 minutes à l'exception du SMUR de Créteil qui défend des communes en périphérie du 94 à plus de 20 minutes. Une majorité de secteurs SMUR de grande couronne sont concernés par un nombre importants de communes de leurs secteurs à plus de 20 minutes. Pour certains SMUR plus de la moitié des communes de secteur sont à plus de 20 minutes. Ces communes sont le plus souvent rurales (Carte 15 : Accessibilité géographique théorique des secteurs SMUR administratifs en période de Jour avec trafic routier dense (rush)).

Dans un scénario de trafic routier dense, les secteurs SMUR urbains sont accessibles en moins de 15 minutes pour 70% des communes et en moins de 20 minutes pour 95% des communes. Les secteurs SMUR ruraux sont accessibles en moins de 15 minutes pour 15% des communes et en moins de 30 minutes pour 95% d'entre elles. Le territoire francilien à plus de 30 minutes d'un SMUR de secteur représente 4% du territoire et concerne exclusivement les communes rurales. Dans les départements de la petite couronne hormis le 94, 70% du territoire est couvert en moins de 15 minutes. Le Val de Marne a 50% de son territoire couvert en 15 minutes et 80% en moins de 20 minutes. Les départements de la grande couronne ont des délais d'accès variables sur leur territoire mais toujours plus long

que ceux de la petite couronne. Moins de 20% de leurs territoires est couvert en 15 minutes et entre 50 et 70% de la superficie est couverte en 20 minutes. La population urbaine a un accès au SMUR de secteur en moins de 15 minutes après l'appel pour 80% des habitants et en moins de 20 minutes pour la totalité d'entre eux. Les habitants des zones rurales et péri-urbaines ont un accès en moins de 15 minutes pour 40 et 30% d'entre eux, moins de 20 minutes pour 80 et 70%. Moins de 1% d'entre eux auront un accès de plus de 30 minutes et ces patients sont tous en zones non urbaines. A l'exception des Yvelines et de la Seine et Marne, plus de 50% de la population est à moins de 15 minutes du SMUR de secteur. Pour les Yvelines et la Seine et Marne, les 2/3 de la population sont à 20 minutes du SMUR. Moins de 1% de la population est à plus de 30 minutes du SMUR (un peu plus de 100000 habitants). Il n'y a pas de différence de délais d'accès au SMUR entre la population générale et les plus âgés. En zones urbaines, 80% des plus de 65 ans ont un SMUR à moins de 15 minutes. En zones non urbaines l'accès au SMUR est plus long avec 80% des plus de 65 ans à moins de 20 minutes d'un SMUR et moins de 0,4% à plus de 30 minutes. L'accessibilité est identique entre les départements de la petite couronne. Les temps d'accès des SMUR pour les + de 65 ans sont identiques à ceux de la population générale (Figure 5 : **Accessibilité du territoire, de la population et des + de 65 ans au SMUR de secteur selon le type de milieu et par département. Scénario de jour avec rush** (* : rouge = urbain, orange = péri-urbain et vert = rural ; ** : 77 = jaune, 78 = mauve, 95 = vert, 91 = bleu ciel, 94 = bleu foncé, 92 = rouge, 93 = marron, 75 = violet)).

Tableau 12 : Récapitulatif de l'accessibilité selon les départements de l'Île de France (Paris exclu) pour la population et le territoire desservis en fonction du scénario de trafic routier dense

Département (hors 75)	Total	77	78	91	92	93	94	95
Population avec un temps d'accès < 15 minutes (%)	65	40	38	58	70	88	70	52
Temps d'accès pour 90 % de la population (min)	18±5	24 ±4	25±3	16±3	14±3	12±4	14±4	16±3
Population à plus de 30 minutes (%)	0,8%	1	0,6	0,3	0	0	0	0,4
Nb habitants (millions)	9,514	1,350	1,354	1,208	1,549	1,515	1,318	1,200
Superficie du territoire (km ²)	11905	5915	2284	1804	176	236	245	1245
% de superficie du territoire à plus de 30 minutes	4	3	3	2	0	0	0	4
Nb de SMUR (+ AR BSSP)	26 (3)	8 (0)	5(0)	5(0)	2(+1)	4(+1)	2(+1)	5(0)

Données INSEE 2010; Total de l'IDF sans Paris intra-muros

Carte 15 : Accessibilité géographique théorique des secteurs SMUR administratifs en période de Jour avec trafic routier dense (rush)

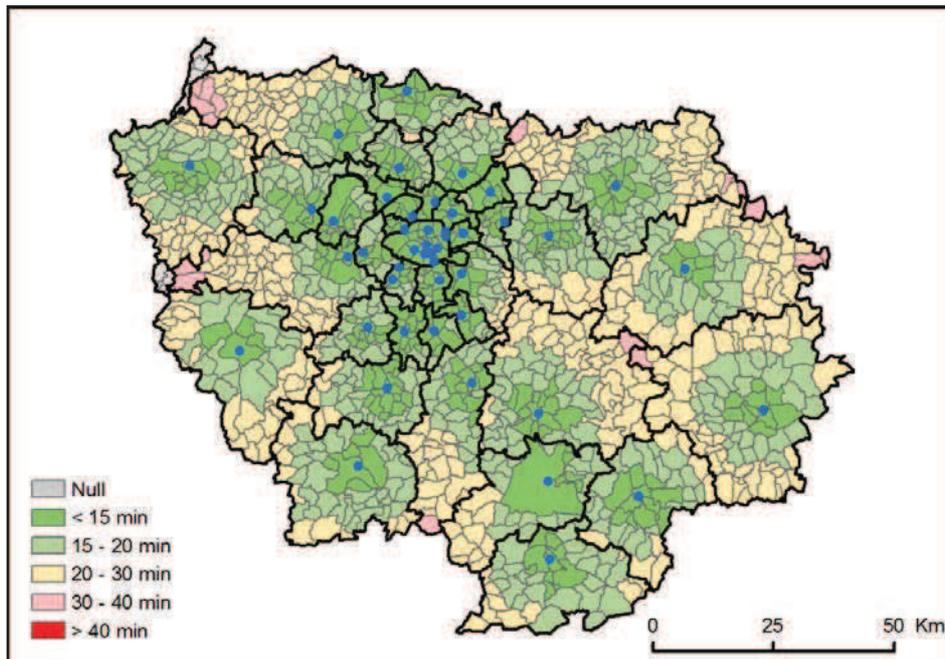


Figure 3 : Corrélation entre les délais du modèle théorique d'accessibilité (basé sur les vitesses médianes) et les délais observés de la cohorte TCG : scénario de Jour, rush et nuit (NB : En abscisse le délai théorique; en ordonnée le délai réel constaté dans la cohorte de TCG)

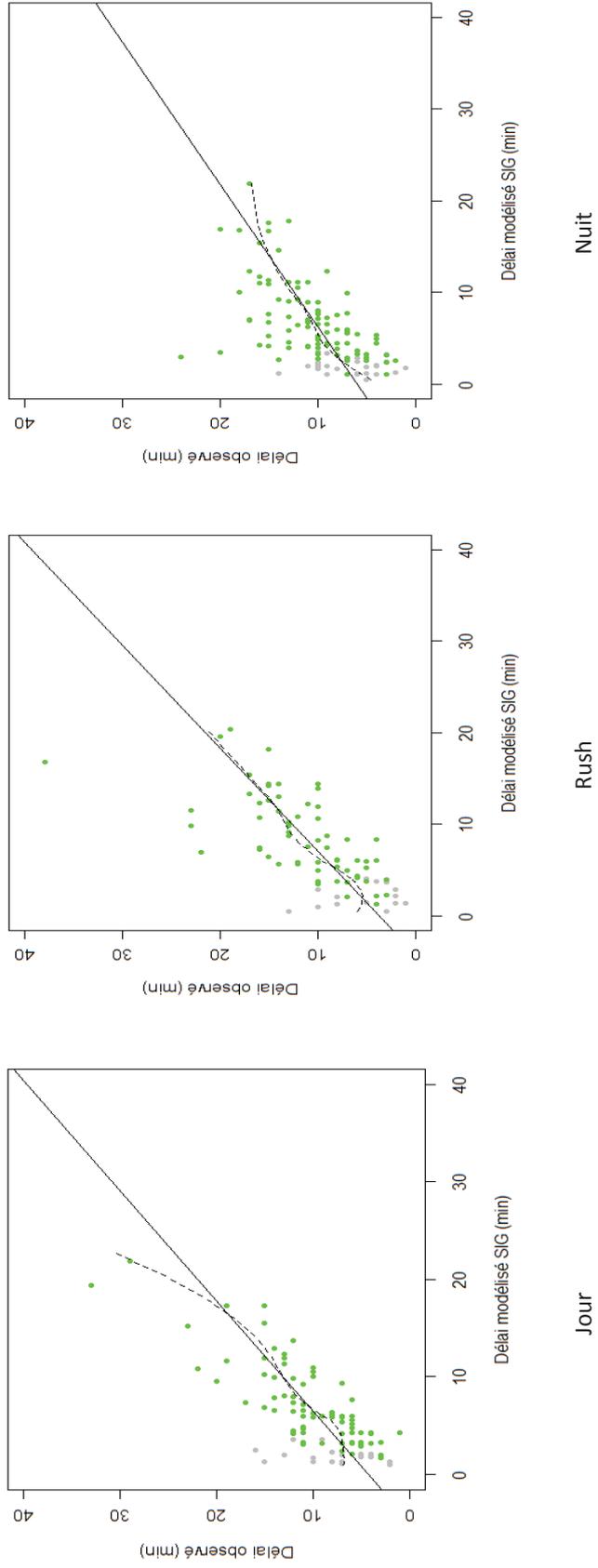


Figure 4 : comparaison de la différence des délais théorique vs observés après la correction du modèle théorique pour les scénarios Jour, Rush et Nuit (vitesse médiane). (Nb : en abscisse l'écart en min entre délai théorique et délai observés)

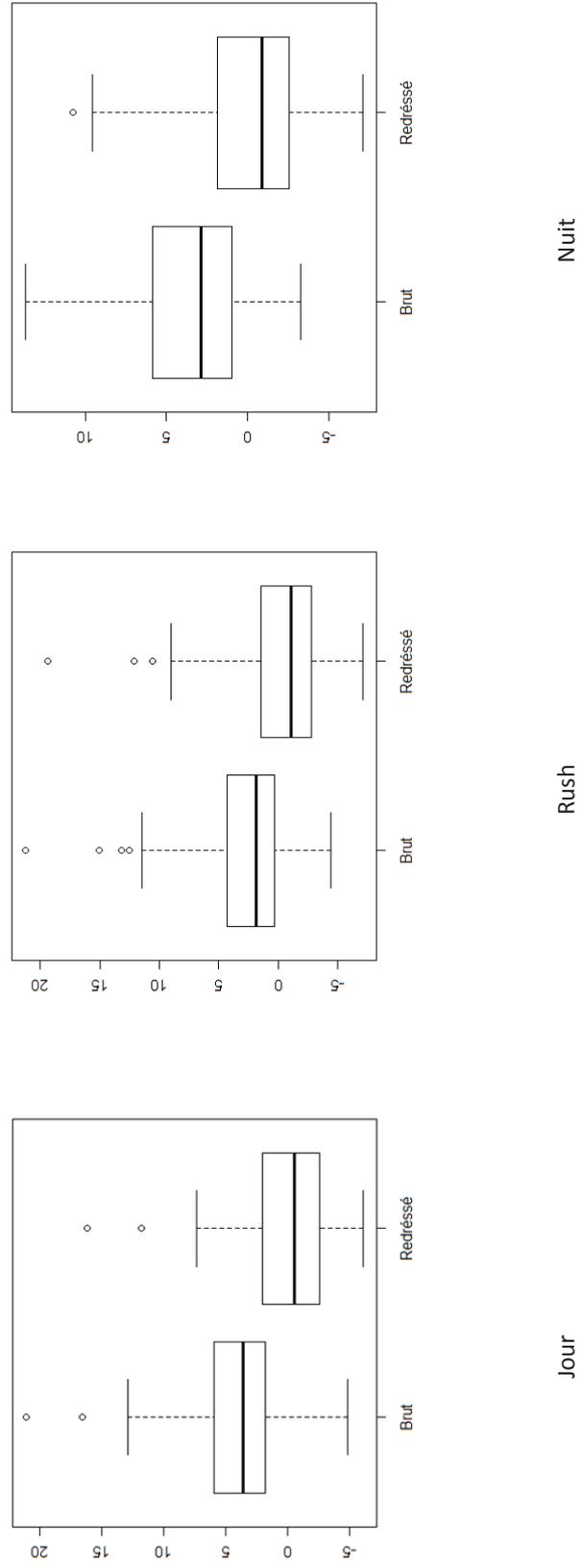
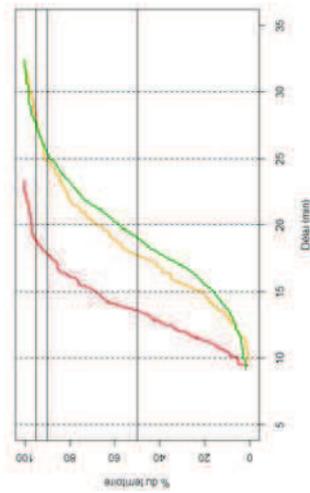


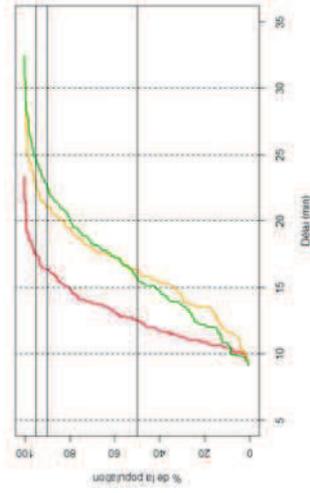
Figure 5 : Accessibilité du territoire, de la population et des + de 65 ans au SMUR de secteur selon le type de milieu et par département. Scénario de jour avec rush (* : rouge = urbain, orange = péri-urbain et vert = rural ; ** : 77 = jaune, 78 = mauve, 95 = vert, 91 = bleu ciel, 94 = bleu foncé, 92 = rouge, 93 = marron, 75 = violet)

Accessibilité au territoire

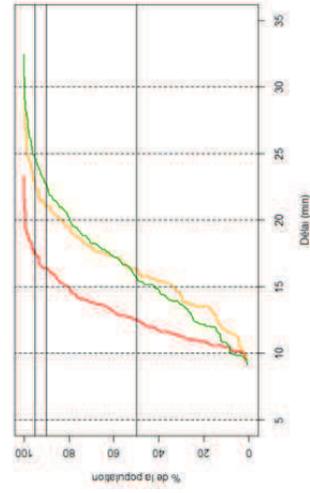


Par type de territoire*

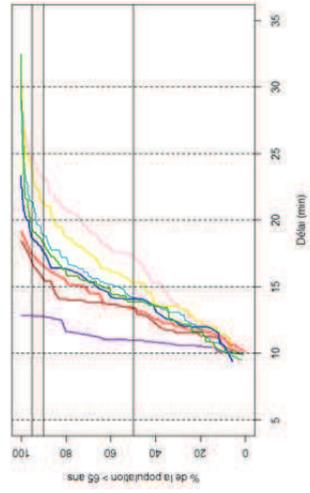
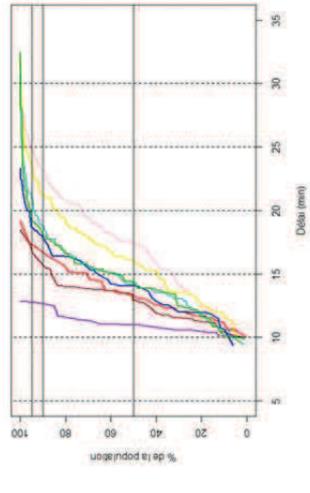
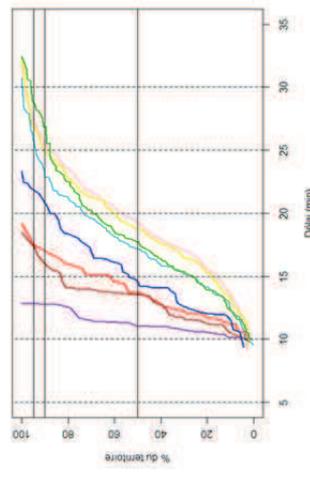
Accessibilité de la population



Accessibilité de la population > 65 ans



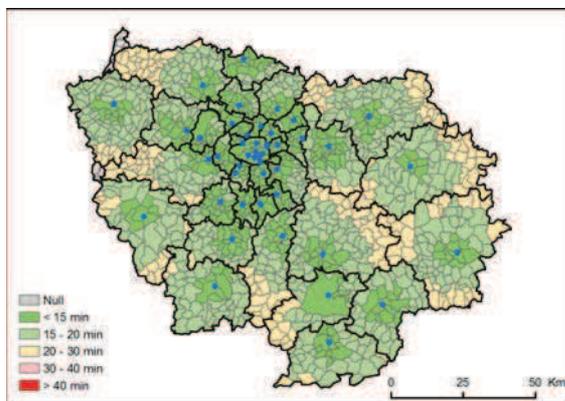
Par SAMU**



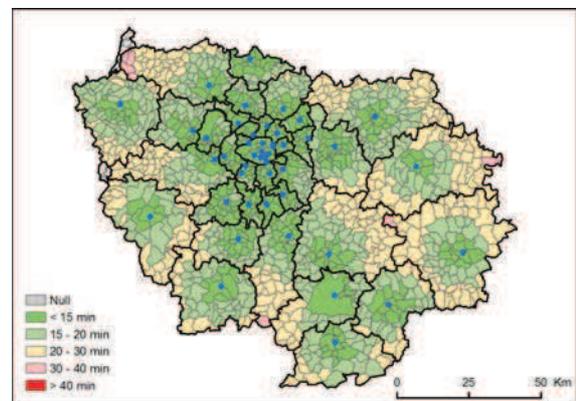
4.3.4.2 Accessibilité du SMUR de secteur en scénario de Jour et scénario Nuit

En scénario Jour aucune zone d'Ile de France n'est à plus de 30 min du SMUR de secteur. Les SMUR de la petite couronne ont des délais d'accès en tout point de leur secteur de moins de 15 minutes à la notable exception du secteur du SMUR Henri Mondor (Créteil 94) où les communes aux alentours de Santeny, jouxtant la Seine et Marne, sont à moins de 20 minutes. En grande couronne la majorité des SMUR a une accessibilité en moins de 20 minutes sur l'ensemble de leur secteur. A l'exception de 10 SMUR pour lesquels des communes de leur secteur sont à plus de 20 minutes. Parmi ces 10 SMUR, 5 se situent en Seine et Marne, 3 dans les Yvelines (78), 1 en Val d'Oise (95) et 1 en Essonne (91). Les communes à plus de 20 minutes sont toutes situées en périphérie des secteurs des SMUR concernés et pour 8 secteurs ne jouxtent aucun autre SMUR alentours. En revanche les communes du secteur du SMUR Meaux à plus de 20 minutes sont situées en bordure du 95 et du 93, à proximité (distance euclidienne) des SMUR d'Aulnay et de Gonesse. Les communes à plus de 20 minutes du SMUR de secteur sont toutes à caractère rural et pour la majorité d'entre elles en bordure de la région Francilienne. Il existe un espace de communes à plus de 20 minutes du SMUR de secteur (Melun), en plein centre de la Seine et Marne, sans aucun SMUR alentours hors secteur. Dans le scénario Nuit aucune commune n'est à plus de 30 minutes du SMUR de secteur. L'accessibilité des secteurs de la petite couronne est homogène et inférieure à 15 minutes. 10 secteurs SMUR ont des communes à plus de 20 minutes d'accès. A l'exception du secteur de Melun, ces communes à plus de 20 minutes sont toutes en bordure de frontière régionale et en périphérie de leurs secteurs. Les communes du secteur Melun à plus de 20 minutes sont toutes situées en périphérie de secteur, en plein milieu de la Seine et Marne, à distance de tout SMUR. Toutes ces communes sont rurales (Carte 16 : Accessibilité géographique des secteurs SMUR administratifs en période de Jour et de nuit)

Carte 16 : Accessibilité géographique des secteurs SMUR administratifs en période de Jour et de nuit



Jour



Nuit

4.4 Discussion

4.4.1 Estimation des vitesses par les ambulanciers : limites et intérêts

L'intérêt des avis d'expert est évident en l'absence de registres suffisamment précis et exhaustifs pour pouvoir relever le temps d'accès au patient d'un SMUR. Les registres régionaux sont parcellaires et difficilement extrapolables car trop récents. Notre approche méthodologique d'avis d'experts est fondée sur l'absence de données et l'impossibilité d'extrapoler à la conduite en urgence d'une ambulance les limitations de vitesse de la sécurité routière telles quelles sont proposées par Hilal et al. Le nombre limité d'experts que nous avons interrogé est subi. Il s'est révélé difficile de pouvoir interroger, même anonymement, des ambulanciers sur leurs pratiques ou comportement. Nous n'avons eu aucun refus d'ambulanciers nommément approchés dans les SMUR choisis, toutefois lors de nos tentatives exploratoires pour élargir le périmètre d'inclusion du nombre de SMUR, plusieurs ambulanciers ont été réticents à l'idée de pouvoir être identifiés et rendus responsable d'excès de vitesses «déclaratifs». Les véhicules des SMUR ont beau être des véhicules prioritaires, plusieurs controverses ont éclaté en France concernant la vitesse des SMUR. Des ambulanciers se sont retrouvés en conflit avec les autorités et la direction de leur hôpital pour des vitesses constatées (flash par radar routier) excédant les limitations usuelles. Des journaux nationaux français se sont fait l'écho de sanctions et de décisions arbitraires imposant à des ambulanciers SMUR de ne pas dépasser de plus de 20 kms/h les limitations de vitesse en vigueur¹⁶⁶.

Notre recueil d'avis d'experts s'est réalisé au sein de SMUR de SAMU parfois très proches dans les liens et le fonctionnement. Ces SAMU et SMUR représentent la synthèse de la problématique spatiale de l'Île de France. Des territoires étendus composés de zones mixtes urbaines, rurales et boisées avec de nombreuses voies rapides et routes de campagne. L'auteur de cette thèse est chef de service du SAMU 77 et à ce titre susceptible de provoquer un biais de sélection dans les réponses. Nous avons dès lors souhaité ne pas inclure l'ensemble des ambulanciers des SMUR interrogés mais plutôt réaliser un choix aléatoire et d'en prendre au moins quatre dans chaque SMUR. Notre choix n'est pas plus critiquable que ceux des auteurs anglo-saxons qui attribuent des vitesses spécifiques selon que le milieu soit urbain ou rural sans aucun rationnel scientifique^{21,22}. Ces vitesses déclaratives sont comme toute étude déclarative probablement surévaluées¹⁶⁷. Cela a récemment été démontré dans une étude canadienne qui comparait les délais de près de 30000 patients pris en charge à Calgary en 2006 à une estimation théorique des délais par SIG : dans cette étude les délais observés étaient supérieurs de 7 minutes aux délais théoriques¹⁶⁸. Il est intéressant de constater que les ambulanciers déclarent rouler moins vite la nuit en milieu urbain et en forêt. Les ambulanciers de SMUR ruraux ont déclaré des vitesses supérieures à ceux des SMUR urbains. Il faut certainement y voir une pratique et des moyens différents. Les ambulanciers des SMUR ruraux, à l'exemple de ceux du SMUR Melun, ont parfois réalisé un stage de conduite rapide et disposent de véhicules légers très

puissants à quatre roues motrices. Ce cursus et le type de véhicule léger utilisé n'est pas forcément commun à tous les SMUR. Il n'existe pas de cursus de conduite rapide spécifique dans la maquette du diplôme d'ambulancier d'Etat. Diplôme d'ailleurs qui ne différencie pas l'ambulancier SMUR de celui d'une ambulance privée. Les vitesses évaluées concernaient pour les ambulanciers de SMUR ruraux le plus souvent la conduite d'un véhicule léger, ce qui correspond à leur pratique quotidienne. C'est un biais certain car de nombreuses interventions primaires sont réalisées en ambulance de réanimation avec des vitesses moindres. Ce biais peut d'ailleurs expliquer les variations de vitesses déclarées entre les ambulanciers des SMUR ruraux et urbains. En zone urbaine, hors autoroute, les ambulances lourdes se déplacent avec des vitesses sensiblement identiques aux véhicules légers. Les vitesses médianes en milieu urbain hormis les autoroutes, déclarées par les ambulanciers sont identiques aux vitesses des ambulances lourdes.

4.4.2 *Corrélation avec les délais observés : validité de notre modèle ?*

Le résultat majeur de notre modèle est la corrélation obtenue avec le registre des TCG du PHRC. La corrélation avec un r^2 à 0,47 pour le modèle «rush» et 0,56 pour le modèle Nuit peut paraître faible : elle permet pourtant d'affirmer que notre modèle théorique d'accessibilité prédit respectivement près de 50 et 60% des variations de délais observés dans la réalité. Nos résultats sont proches de ceux publiés en 2007 dans un travail d'optimisation mathématique de prédiction de vitesses où la corrélation retrouvée entre le modèle théorique et 9000 observations était de 0,66¹⁶⁹. Cette corrélation résume les difficultés et les biais pour modéliser l'accessibilité. Les difficultés sont liées à la capacité ou non de localiser précisément le patient par une adresse. Les délais observés concernaient des patients pris en charge à une adresse précise d'une commune. Toutefois le registre du PHRC ne contenait pas l'adresse exacte mais seulement le nom de la commune. Notre méthode de géo-imputation par centroïde géographique déterminait un centre de gravité de la commune mais ne permet pas de restituer précisément le lieu de survenue. Pour des communes étendues il peut y avoir une différence de plusieurs kms et donc de plusieurs minutes de trajet. Berkhe et al. en comparant les méthodes de géo-imputation des patients à une localisation précise par l'adresse montrait que le temps de trajet était surestimé en zone urbaine et sous estimé en zone rurale¹⁵⁰. La différence de temps pouvait être de l'ordre de 20 minutes et concernait plus fréquemment les zones rurales. Nos résultats confirment la surestimation des vitesses estimées par les experts. Il faut garder à l'esprit également que notre modèle théorique, pour peu que le centroïde pondéré de la commune soit situé à proximité immédiate de la base SMUR, attribue une valeur surestimée de délais pour les patients pris en charge dans la commune de localisation du SMUR. Il s'agit là d'une erreur écologique. Le deuxième biais est lié à la qualité des experts. Le modèle théorique de délai par SIG calcule d'emblée la distance la plus rapide alors qu'un ambulancier qui n'est pas une machine peut choisir un délai plus court voire se tromper de chemin. Nous avons choisi un nombre d'expert possiblement trop faible. Les difficultés méthodologiques rencontrées pour interroger les ambulanciers ont leur part de responsabilité. Par ailleurs bien que ces experts

proviennent de SAMU divers, un tiers des seulement des ambulanciers exercent dans un milieu exclusivement urbain. Les autres ambulanciers sont dans SMUR à forte connotation rurale et où plus de la moitié des interventions SMUR se font avec un véhicule léger médicalisé de première intention. Leurs ressentis et expérience des vitesses n'est pas le même que pour les ambulanciers de SAMU urbains où la quasi-totalité des interventions se réalisent en ambulance lourde. Il y a l'évidence un biais causé par l'absence de strict équilibre d'inclusion d'experts ambulanciers issus de SAMU urbains. Il est intéressant de constater que la meilleure corrélation a été obtenue en modèle de Nuit : Il est possible d'expliquer cela par une contrainte extérieure forte (la visibilité) qui s'impose à tous les ambulanciers quelque soit leur véhicule ou type de route.

Aucun modèle théorique publié à notre connaissance n'avait essayé de prendre en compte différents scénarios de vitesses estimées en fonction du nyctémère et du milieu traversé. Bien souvent la densité d'un trafic routier et son impact sur le temps de trajet n'était pas modélisée¹⁶⁸

La recherche d'une concordance forte entre un modèle théorique et la réalité est toujours délicate. L'équipe de Branas qui évaluait aux Etats-Unis l'accessibilité aux centres de brûlés ou aux «trauma center» n'a pas cherché à valider leur modèle théorique-basée sur des assertions de vitesses à une réalité issue de registre. Les études consacrées à l'accessibilité aux «trauma centers» canadiens ne l'ont pas fait non plus²³. Bien qu'au Etats-Unis les registres ont une antériorité longue, les délais de prise en charge sont souvent difficiles à colliger. Les auteurs d'une étude incluant 220000 traumatisés de la National Trauma Data Bank Américaine observaient que les délais de trajet préhospitalier n'étaient pas disponibles pour plus de 60% des patients¹⁵⁹. En réponse au modèle théorique de Branas et al qui concluait que le majorité des américains résidant en zone urbaine était à moins de 60 minutes d'un «trauma center», l'étude de Hartz qui avaient inclus 1500 TCG entre 2000 et 2004 dans L'Etat de New York montrait que les temps d'accès par admission directe aux «trauma center» étaient en moyenne de 1,1±1,5 heures avec des valeurs extrêmes de 20 minutes à 20 heures¹³⁰. Il y a à l'évidence un écart entre la théorie et la réalité dans tous ces modèles. En conclusion notre modèle théorique est manifestement imparfait, mais outre le mérite d'exister, et malgré les biais de localisation d'adresse et du faible nombre d'experts, il permet de prédire 50% de la variance des délais et d'obtenir des délais pour lesquels l'erreur n'excédent pas 2,50 minutes dans 50 % des cas.

4.4.3 *Accessibilité et méthode choisie : limites et intérêts*

Nous avons retrouvé une excellente corrélation entre les estimations réalisées par nos deux méthodes de centroïde. Les travaux d'Apparicio avaient déjà démontré que le choix d'un centroïde géométrique ou d'un centroïde pondéré était corrélé en termes d'accessibilité dans les communes rurale ou semi-urbaines et présentait une variation d'erreur de mesure de 5-10%¹⁷⁰. La méthode idéale pour évaluer l'accessibilité théorique aurait été de pouvoir disposer de la totalité des adresses d'habitants de la région. Cela ne

résoudra pas la difficulté pour localiser précisément les patients pris en charge sur le réseau routier mais l'adressage permettrait quand même d'approcher les délais réels pour tous les patients pris en charge à domicile ou dans un lieu référencé. Cette méthode aurait d'autant plus de sens que les deux tiers des interventions des SMUR se déroulent dans un lieu public ou privé disposant d'une adresse. Nous n'avons pas pu disposer du fichier complet des adresses. En revanche nous avons localisé tous les SMUR par leurs coordonnées précises. Malgré ses limites notre méthode d'évaluation nous paraît plus intéressante pour évaluer l'accessibilité aux SMUR que celle proposée par Hilal et al. avec le logiciel Odomatrix165. En effet ce logiciel calcule des temps de trajet en prenant comme point de référence les chefs-lieux des communes (généralement les mairies de celles-ci). Ainsi un patient habitant dans la commune de localisation du SMUR aura un délai estimé à 0 Enfin les vitesses utilisées pour ce modèle sont très différentes de celles que déclarent nos ambulanciers : 65 kms/h en Autoroute urbaine en heures creuses, 35 kms/h en heures de pointes, 130 kms/h sur autoroute en milieu rural... (Voir annexe 2). Ces vitesses nous paraissent assez peu réalistes si on considère la réalité de conduite d'un engin prioritaire en situation d'urgence.

Enfin nous avons fait le choix de ne pas chercher d'effet de coopération potentielle avec les autres régions. Ce choix est peut être critiquable pour les communes excentrées et frontalières à plus de 20 ou 30 minutes du SMUR de secteur, et représente un «effet frontière» possible, toutefois nous savons qu'aucune coopération formelle n'a été validée hormis les communes excentrées du 95 défendues par le SAMU d'Evreux et que l'usage régulier et cohérent de moyens médicaux extra-frontaliers qui est une réalité mériterait d'être formalisé.

4.4.4 Territoires, population et accessibilité aux SMUR

La territorialisation des secteurs SMUR en Ile de France permet à plus de 99% de la population d'être à moins de 30 minutes d'un SMUR de secteur. En cela l'organisation actuelle de la sectorisation des SMUR est cohérente. Les habitants à plus de 30 minutes du SMUR de secteur sont toujours situés dans des communes rurales, le plus souvent en bordure de frontière et à distance de tout SMUR qui ne serait pas du secteur. L'âge n'est pas un facteur d'iniquité face aux délais d'accès En revanche le lieu de vie est un facteur d'iniquité. Habiter dans une commune rurale excentrée et proche des frontières de la région signifie qu'une UMH d'un SMUR mettra plus de 30 minutes à venir si besoin : c'est la situation de près de 100000 franciliens. L'accessibilité est homogène pour les secteurs SMUR de la petite couronne mais pas pour ceux de la grande couronne. Les secteurs des SMUR Pontoise, Versailles, Corbeil et ceux de Seine et Marne ont des parties conséquentes de secteur où les communes sont à plus de 20 minutes et quelques une à plus de 30 minutes. La situation du secteur du SMUR Melun est particulière car les communes à 20 et 30 minutes ne sont pas frontalières à la région mais en plein cœur du 77. Il apparaît qu'un certain nombre de communes serait plus proche d'un SMUR que du SMUR de secteur. Ceci est particulièrement vérifié pour certaines communes de Seine et Marne proches de SMUR du

93 ou du 95. Les SMUR qui ont des communes à plus de 30 minutes d'accès ne sont pas forcément ceux qui ont la plus grande superficie. Dans notre modèle les SMUR de Versailles, Pontoise et Melun pour des superficies de secteurs respectifs à 538, 592 et 892 km² ont une accessibilité à certaines communes de leurs territoires plus difficile que des SMUR avec une superficie au moins aussi importante, par exemple Mantes (671 km²) ou Etampes (630 km²) et un milieu tout aussi rural. Le réseau routier joue ici un rôle essentiel. Il faut garder à l'esprit que dans notre modèle redressé du scénario rush si 15% des variations de délais sont supérieures à 5 minutes. Il n'est dès lors pas improbable que certaines communes estimées à plus de 20 minutes du SMUR de secteur soient dans la réalité à plus de 30 minutes.

De nombreuses pathologies, en particulier cardio-vasculaires, neuro-vasculaires ou traumatologiques, ont un pronostic dépendant de la rapidité de prise en charge. La borne de 30 minutes pour juger d'une accessibilité adéquate ou non aux soins urgents n'a néanmoins aucun sens au plan scientifique. En revanche réduire au plus court les délais d'intervention est une vraie problématique de santé publique. Plus que la dichotomie de 30 minutes, l'important est de caractériser les territoires où les différences de temps d'accès sont susceptibles d'être optimisées et raccourcies en réorganisant avec les moyens existants. Par ailleurs, avec un modèle historique d'organisation du SMUR à l'hôpital, la réforme des hôpitaux et des plateaux techniques, doit intégrer l'impact sur l'organisation des SMUR.

4.5 Conclusion

L'évaluation scientifique de l'accessibilité des SMUR, pour la population, n'avait, à notre connaissance, jamais été réalisée. En mars 2012, un article du journal Le Monde (Laetitia Claveul 13-3-2012), citait Emmanuel Vigneron, géographe à Montpellier, et présentait une carte d'accessibilité, qui suggérait que 6 millions d'habitants de la Métropole étaient à plus de 30 minutes d'un SMUR. La contribution au débat était intéressante mais la méthodologie utilisée n'était pas explicitée.

En réponse à nos tutelles, souhaitant un accès aux soins urgents à moins de 30 minutes pour tout citoyen (Ref. Discours Marisol TOURAINE Ministre de la Santé Hôpital Expo Mai 2012), il apparaît que l'organisation actuelle des SMUR en Ile de France permet de couvrir en moins de 30 minutes plus de 96% du territoire et 99% de la population.

Toutefois l'accessibilité géographique n'est qu'un des déterminants d'une prise en charge adaptée des patients. La disponibilité des moyens est l'autre aspect essentiel. Dans notre cohorte régionale des TCG, 15% d'entre eux (77/514) ont été pris en charge par un SMUR qui n'était pas celui du secteur administratif. Le SMUR de secteur était indisponible pour prendre en charge le patient. Le délai de prise en charge a été retardé et aurait pu être délétère pour le patient. Le risque d'indisponibilité d'un SMUR est un élément crucial de l'organisation territoriale et doit être pris en compte dans les modèles d'optimisation de l'accessibilité

5 Disponibilité des SMUR : Etude et résultats en Ile de France

Historiquement les structures de soins intra ou préhospitalières ont été créées en fonction de critères de densité de population ou de couverture géographique de territoire ruraux, sans oublier les impératifs politiques n'ayant parfois qu'une lointaine parenté avec la logique ou les besoins de santé objectivés. La disponibilité était évidemment souhaitée et recherchée mais n'avait jamais été évaluée ou analysée. Deux problématiques connexes sont identifiées : l'absence de structure de soins à disposition ou l'incapacité d'une structure à assurer des soins corrects à un patient N+1 (qu'on peut qualifier de patient «marginal» au sens économique du terme – c'est le patient qui va mettre en défaut la structure car elle se trouve alors en surcapacité et rupture de charge).

L'absence de structure de soins est caractérisée assez facilement. Il y a alors un défaut d'accessibilité géographique et c'est l'objet des travaux préalablement cités. Plus complexe est la situation d'une structure de soins existante mais en défaut face à un afflux de patients où bien sous dimensionnée pour les besoins courants de son secteur de chalandise. Les indicateurs sont alors moins évidents à identifier sauf à considérer les refus d'admission ou les transferts de patients, voire les trajectoires «inhabituelles» d'ambulances, par exemple l'envoi d'une ambulance qui n'est pas du secteur. L'absence de données réelles et fiables via un registre, au moins régional, est un handicap majeur pour aborder cette problématique. Il est dès lors essentiel de réfléchir à une approche théorique qui permettrait de prédire le risque d'indisponibilité (ou le taux de disponibilité) de la structure étudiée. La disponibilité est avant tout définie par un temps ou un niveau d'occupation d'une UMH, mais peut aussi dépendre de considérations logistiques : être capable d'assumer une mission signifie pour un SMUR avoir des véhicules en nombre suffisant pour faire face à d'éventuelles pannes mécaniques. Nous présumons dès lors que chaque SMUR a un taux de disponibilité de son parc automobile de 100%, ce qui permet de garantir à tout moment un départ si l'équipe médicale n'est pas occupée auprès d'un patient. Nous pouvons alors considérer qu'une approche théorique de la disponibilité implique de prédire ou connaître l'activité (nombre de missions) et d'évaluer à partir de cette activité l'occupation de chaque UMH. L'occupation d'une UMH correspond à un nombre n de patients pris en charge et du temps nécessaire pour cela en incluant les trajets. On définit par trajets le déplacement de l'UMH pour aller au chevet du patient et le transporter à l'hôpital. S'il paraît raisonnable de considérer un temps de médicalisation sur les lieux sensiblement identique pour tous les SMUR, les trajectoires et les temps de trajet assortis avec le patient sont très difficiles à modéliser car ils varient fortement selon la superficie des secteurs SMUR et la nécessité d'acheminer si nécessaire les patients vers des centres spécialisés plus ou moins à proximité. Il faudrait également décompter les retours non médicalisés où l'UMH est disponible pour une nouvelle mission. Il sera à l'évidence

nécessaire de faire des choix et des postulats pour modéliser un taux d'occupation (en temps ou en niveau d'activité) d'une UMH.

5.1 La surcharge d'activité : une cause majeure d'indisponibilité et un risque de perte de chance pour le patient

Nous avons vu en chapitre 2 que la mortalité était liée au niveau de qualification des «trauma center» et à leurs volume d'activité^{70,71}. Ces travaux ont également démontré le risque lié à un effet seuil de saturation pour une structure de soins : dans l'étude de Nathens la totalité des centres spécialisés déclaraient manquer de lits de réanimation pour recevoir les patients au moins une fois/mois et pour 25% d'entre eux plus de 10 fois/mois¹⁷¹. Il y a de fait un risque de retard d'admission des patients ou de déroutement de ceux-ci vers des hôpitaux moins spécialisés. Ce risque est démontré dans le travail de Shen et Hsia qui ont inclus pendant 6 ans la totalité des patients déroutés vers un autre service d'urgence que celui le plus proche d'eux, pour des raisons de surcharge d'activité. Chez ces patients victimes de syndromes coronariens aigus la mortalité était augmentée lorsque les services proches étaient fermés plus de 12 heures d'affilée¹⁷². Dans cette étude il était démontré que les ambulances acheminaient alors les patients dans des services d'urgence d'hôpitaux aux alentours (moins de 4 kms) plus fréquemment dépourvus de salle de coronarographie (78% vs 87% si service d'urgence initialement prévu était disponible, $p < 0,001$) et que par conséquence les patients bénéficiaient moins souvent d'une angioplastie en urgence (24% vs 31%, $p < 0,005$). Cette étude exposait clairement le problème de l'absence de procédures bien définies lorsque l'hôpital initialement prévu était dans l'incapacité d'assumer une admission. Le système préhospitalier des ambulances subit également le risque de seuil de saturation dégradant sa capacité à envoyer une ambulance avec promptitude. Dans l'étude de Anh et al, un seuil de 7 appels/heure pour l'envoi d'ambulance dégradait la capacité à pouvoir intervenir rapidement auprès d'une détresse¹⁷³. Peu d'études se sont consacrées à la description de modèles prédictifs d'activité, et à la nécessité d'allouer ou de redéployer des moyens. Il a été montré qu'il existait une corrélation entre nombre d'habitants et nombre d'intervention d'ambulance. Dans l'étude de Livingstone en 2007 il existait une relation entre le nombre d'intervention d'ambulance et l'âge de la population. Pour les plus de 75 ans la probabilité d'intervention d'une ambulance était 30 fois plus fréquente comparée aux moins de 25 ans¹⁷⁴. En France, aucune étude à notre connaissance, ne s'est intéressée à la disponibilité d'un SMUR, et à ses conséquences éventuelles.

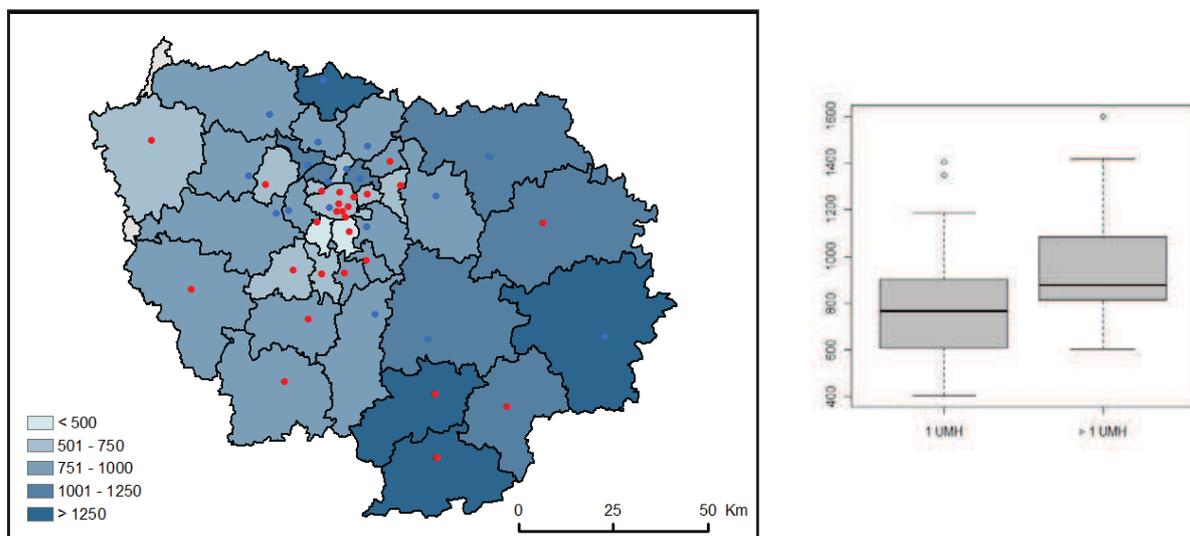
Une des principales difficultés est en France l'absence d'études de cohorte à large échelle spatiale et temporelle pour appréhender la réalité de l'indisponibilité d'une structure d'urgence hospitalière. Pour les SMUR, l'analyse des interventions réalisées par un SMUR hors secteur administratif est une approche séduisante mais non documentée à ce jour. Il existe par ailleurs de nombreux biais qui ne relèvent pas de l'indisponibilité du SMUR de secteur. Un SMUR, hors secteur, peut intervenir pour des raisons logistiques ou de renfort dans le cadre d'une procédure de territoire sous l'autorité du SAMU. Toutefois en l'absence

de données plus détaillées, l'analyse des TCG de notre cohorte pris en charge par un SMUR qui n'est pas du secteur entouvre des pistes de réflexion. La première étape pour évaluer la disponibilité d'un SMUR va être d'évaluer le volume d'activité corrélé aux moyens mis en œuvre par secteur. La deuxième étape sera d'essayer d'identifier des critères prédictifs d'activité qui seraient applicables aux territoires pour lesquels les données d'activité ne sont pas connues. La troisième étape sera de définir des éléments prédictifs de l'indisponibilité d'un SMUR et de tester leur corrélation avec la cohorte des TCG.

5.2 La description de l'activité des SMUR ne se résume pas à un nombre brut d'interventions

Les habitants et les infrastructures d'un territoire donné interagissent fortement. Il est intéressant de regarder la consommation de soins (de SMUR) par la population et la charge de travail des UMH de chaque secteur SMUR. Ces deux approches sont complémentaires et permettent d'appréhender l'activité réelle d'un secteur et les moyens à disposition pour y faire face. Dans l'étude d'une organisation, l'analyse des ratios permet de visualiser rapidement des effets de disparités d'offre et de demande entre les secteurs SMUR.

Carte 17 : Interventions primaires/100000 habitants par secteurs SMUR



NB : point rouge = Une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

5.2.1 Le ratio activité primaire/100000 habitants pour chaque secteur SMUR

L'activité primaire (médicalisation d'un patient sur les lieux de la détresse) pour 100000 habitants varie fortement au sein de la région (Carte 17 : Interventions primaires/100000 habitants par secteurs SMUR). Les secteurs SMUR du SAMU 77 ont l'activité la plus forte de la région rapportée au nombre d'habitants : ces secteurs ont pour la majorité des ratios supérieurs à 1000 interventions/100000 habitants. Les ratios médians d'intervention primaire pour 100000 habitants sont de 800 interventions pour les SMUR à une UMH et

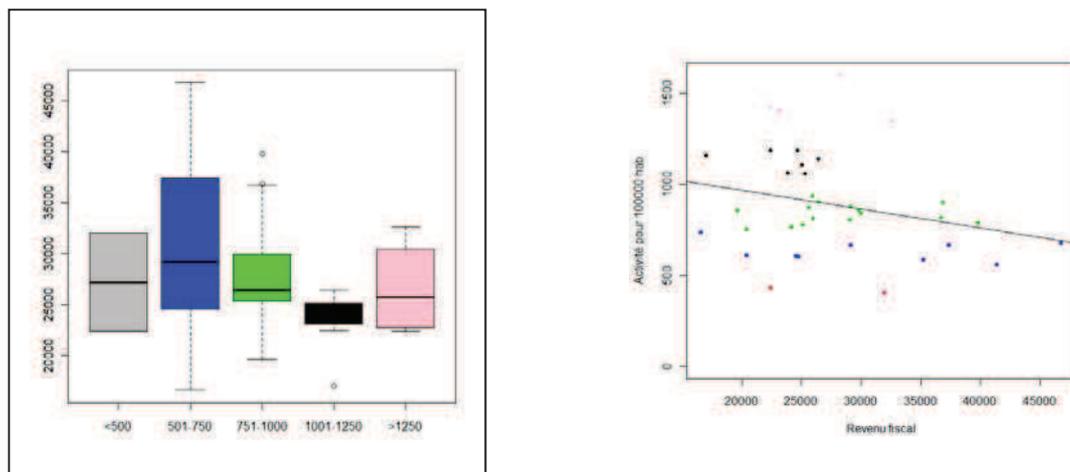
1200 interventions pour les SMUR à plus d'une UMH avec des valeurs en IQR respectivement de [600-900] et [900-1400] interventions primaires/100000 habitants. Les valeurs des ratios au 10^{ème} et 90^{ème} percentile sont respectivement de [100-1200] et [600-1400] interventions primaires/100000 habitants. Les secteurs SMUR de Fontainebleau (1300 interventions/100000 h), Provins (1453 interventions/100000 h) (77), Beaumont (1621 interventions/100000 h) (95) et Nemours (1400 interventions/100000 h) (77) ont les ratios les plus élevés. Les ratios les plus bas sont ceux de deux secteurs SMUR de Clamart (413 interventions/100000 h) (92) et Vitry (563 interventions/100000 h) (94).

Tableau 13: Caractéristiques socio-économiques de la population des secteurs SMUR

SMUR	habitants (n)	Chomeurs (%)	Habitants > 65 ans (%)	Revenu fiscal moyen/foyer
Argenteuil	248448	0,12	0,21	23829,69
Arpajon	160234	0,07	0,21	29037,77
Aulnay	254747	0,16	0,23	20380,58
Beaujon	316312	0,13	0,21	25049,78
Beaumont	81341	0,09	0,20	28267,45
Bobigny	371860	0,19	0,22	17018,08
Champerret	278906	0,09	0,18	46739,50
Clamart	402868	0,09	0,18	31966,64
Corbeil	272922	0,10	0,22	25969,40
Coulommiers	88608	0,09	0,21	24650,31
Eaubonne	300464	0,09	0,20	29822,96
Etampes	72485	0,09	0,20	25611,56
Fontainebleau	82856	0,08	0,19	32566,50
Garches	538014	0,09	0,20	39753,27
Gonesse	260308	0,16	0,24	19637,29
Juvisy	210495	0,11	0,21	24143,05
Lagny	406989	0,09	0,21	26430,58
Longumeau	213051	0,08	0,20	29135,50
Mantes	192502	0,11	0,22	24753,68
Meaux	212918	0,09	0,22	25267,16
Melun	307595	0,09	0,22	26395,28
Mondor	848476	0,10	0,19	29094,78
Montereau	60941	0,11	0,21	22415,35
Montfermeil	328952	0,12	0,21	24525,56
Montreuil	262687	0,16	0,20	20386,02
Nemours	49964	0,10	0,20	23170,47
Orsay	162722	0,07	0,20	35203,25
Paris	2181374	0,11	0,14	37347,00
Poissy	264761	0,10	0,21	30012,09
Pontoise	260158	0,10	0,22	25920,76
Provins	63618	0,11	0,20	22343,96
Rambouillet	81846	0,06	0,20	36842,85
Saint_Denis	273724	0,19	0,23	16601,95
Saint_Germain	288196	0,08	0,20	41341,74
Versailles	567712	0,07	0,21	36685,71
Villeneuve	172621	0,10	0,21	25108,10
Vitry	383607	0,13	0,19	22377,44

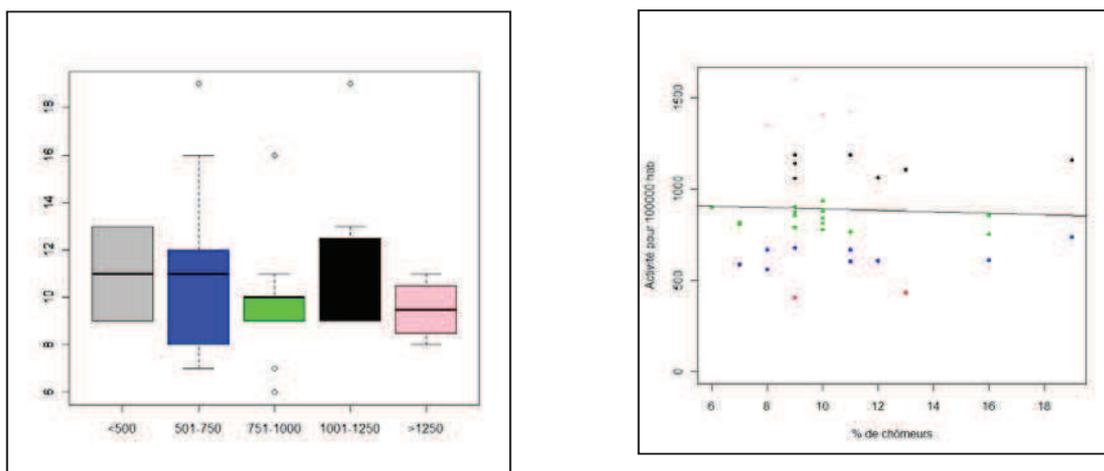
Le revenu fiscal moyen par foyer, la population de + 65 ans et la part des chômeurs (%) dans la population sont identifiés pour chacun des secteurs SMUR (Tableau 13: Caractéristiques socio-économiques de la population des secteurs SMUR). Il n'existe pas de relation statistique entre le nombre d'intervention primaire/1000000 habitants et le revenu fiscal médian (Figure 6 : revenu fiscal médian par foyer et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR), le % de chômeur (Figure 7 : Part des chômeurs et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR) et le % des plus de 65 ans pour chaque secteur SMUR (Figure 8 : Part des + de 65 ans et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR).

Figure 6 : revenu fiscal médian par foyer et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR



NB : revenu fiscal médian par foyer (euros) Source Insee 2011

Figure 7 : Part des chômeurs et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR

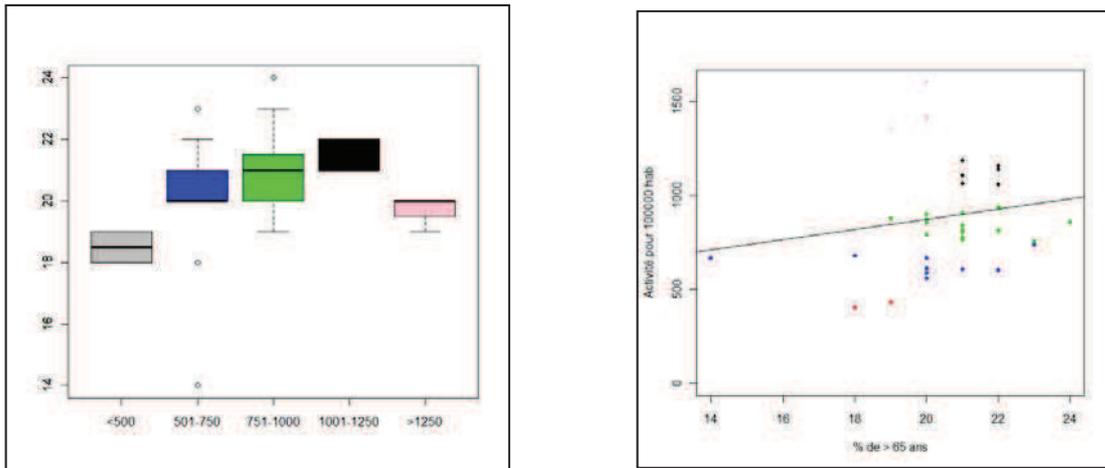


NB : Chômeurs par commune (%) Source Insee 2011

Le revenu fiscal par foyer varie entre les secteurs SMUR de 16000 euros (Saint-Denis-93) à 41000 euros (Saint Germain en Laye-78). La médiane des revenus fiscaux par foyer est

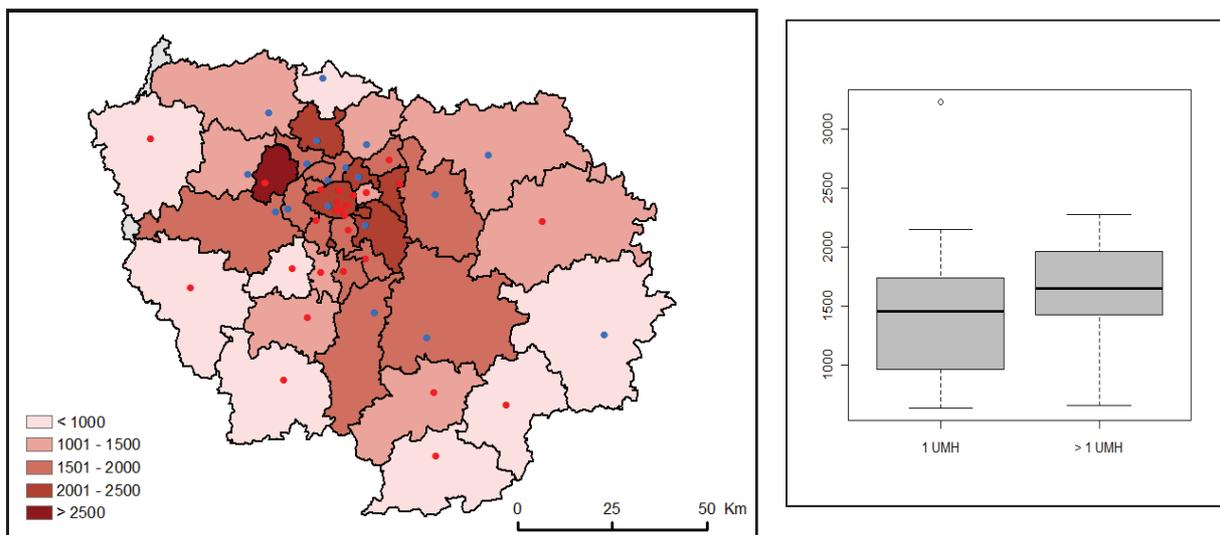
à 25000 euros avec un 10^{ème} et 90^{ème} percentile à 20000 et 37000 euros. La moitié des revenus fiscaux par foyer est comprise entre 23800 et 30000 euros. Le rapport des chômeurs sur la population totale (en %) varie en valeur extrême de 6% (Rambouillet-78) à 19% (Bobigny-93) avec une médiane régionale à 10% IQR [8,11], 7% et 12% en 10^{ème} et 90^{ème} percentiles. La population de + de 65 ans est de 21% en médiane régionale et en IQR [19,8-21,4].

Figure 8 : Part des + de 65 ans et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR



NB : Part des seniors (%) Source Insee 2011

Carte 18 : Ratio des interventions rapportées au nombre d'UMH de chaque secteur SMUR



NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

5.2.2 Ratio activité par UMH pour chaque secteur SMUR

L'activité par UMH est très variable au sein de l'Île-de-France et aux seins des SMUR à moyens médicaux identiques. Aucun département n'est homogène dans la charge de travail.

Les SMUR comportant une UMH ont des volumes d'activité/UMH inférieurs aux SMUR ayant plus d'une UMH (Carte 18 : **Ratio des interventions rapportées au nombre d'UMH de chaque secteur SMUR**). Pour les SMUR disposant d'une UMH la médiane des interventions/UMH est de 1500 avec en 25^{ème} et 75^{ème} percentile de 1000 et 1700 interventions. La médiane d'intervention pour les SMUR à plus d'une UMH est de 1700 avec en 25^{ème} et 75^{ème} percentile de 1500 et 1900 interventions/UMH. Le 90^{ème} percentile du nombre d'intervention quelque soit le type de SMUR est de 2400 interventions/UMH. Au sein du groupe des SMUR à une UMH les ratios d'activité sont hétérogènes. Les SMUR en périphérie de région ont une activité plus faible que leurs homologues en petite couronne. Les SMUR de Saint Germain en Laye (78) et Montfermeil (93) se caractérisent par un ratio d'activité parmi les plus élevés de la région tous SMUR inclus (2500 interventions/UMH). Le SMUR de Saint Germain en Laye a pour caractéristique de ne comporter qu'une UMH de jour, soit 0,5 UMH H24. Parmi les SMUR ayant plus d'une UMH, ceux de Provins (77) et Beaumont sur Oise (95) ont un ratio d'activité respectivement de 656 et 986 interventions/UMH, ratios inférieurs à leurs homologues. Le SMUR de Provins représente le 10^{ème} percentile des SMUR à plus d'une UMH. Les variations d'activité sont plus importantes pour les SMUR ne disposant que d'une UMH.

5.2.3 Ratio proxy d'activité par UMH pour chaque secteur SMUR

La nécessité de pouvoir disposer d'outils pouvant prédire l'activité impose de rechercher des proxys. Les proxys les plus logiques dans ce cadre sont ceux en rapport avec un nombre d'habitants, avec une superficie et avec le réseau routier. La population aura logiquement besoin de soins urgents et le réseau routier aborde le risque lié à la traumatologie routière. La superficie est un mixte des deux.

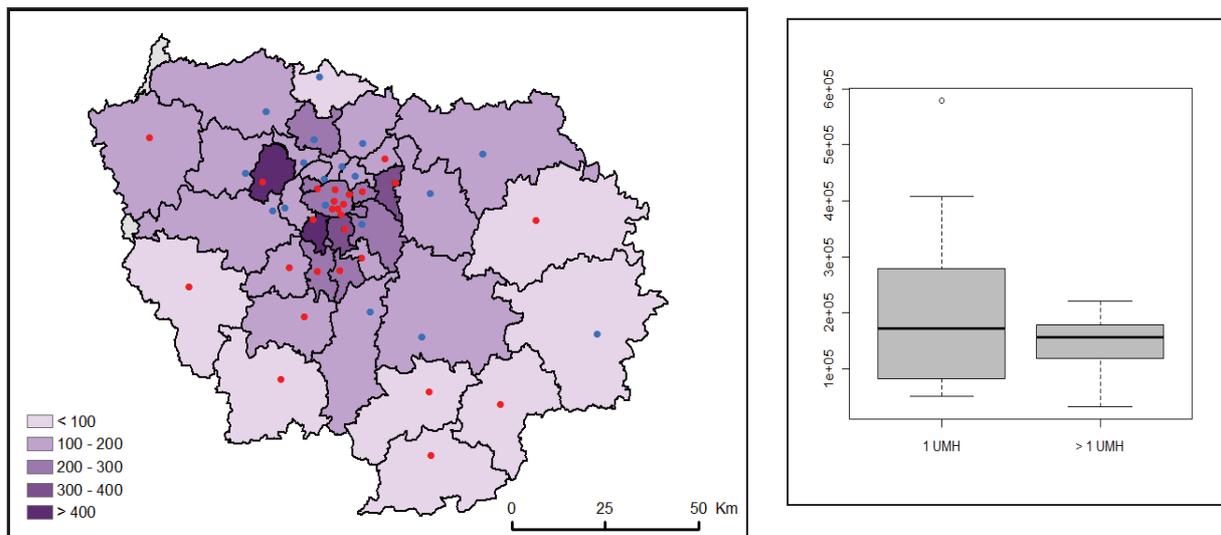
5.2.3.1 Le ratio population par nombre d'UMH

Le ratio population/UMH est très hétérogène au sein de la région. En périphérie de région il est de moins de 100000 habitants/UMH pour tous les SMUR de la bordure Sud francilienne. Le ratio augmente à moins de 200000 habitants/UMH pour les SMUR de grande couronne en et moins de 400000 habitants/UMH pour les SMUR de la petite couronne. Le ratio médian est identique entre les SMUR quelque soit le nombre d'UMH (180000 habitants/UMH). En revanche les valeurs interquartile sont différentes : Les SMUR ayant au plus une UMH ont un 25^{ème} et 75^{ème} percentiles respectifs de 90000 et 280000 habitants/UMH, avec un 10^{ème} percentile à 50000 habitants/UMH (Nemours-77) et un 90^{ème} percentile à 400000 habitants/UMH (Saint Germain en Laye-78 et AR BSPP Clamart-92). Les 25^{ème} et 75^{ème} percentiles des SMUR à plus d'une UMH, sont de 120000 et 180000 habitants/UMH avec des 10^{ème} et 90^{ème} percentiles de 31800 habitants/UMH (Provins-77) et 230000 habitants/UMH (Créteil 94).

Les ratios les plus élevés concernent les secteurs de Paris, de Seine-St-Denis, deux secteurs des Hauts de Seine et du Val de Marne, qui sont ceux des AR BSPP Vitry et Clamart et un secteur des Yvelines (Saint germain en Laye). Hormis Paris, sur ces secteurs

respectivement de 402000 et 383000 habitants il n’y a qu’une UMH à disposition, voire une UMH la journée seulement (cf Saint germain en Laye). Certains secteurs SMUR ne disposant que d’une UMH ont des ratios proches de ceux ayant au moins deux UMH à disposition. Les SMUR disposant de plus d’une UMH ont des ratios variables : faible (63618 habitants/UMH) pour le SMUR Provins (77) à très élevé (328952 habitants/UMH) pour le SMUR Montfermeil (93). Ces ratios sont toutefois moins variables que pour les secteurs SMUR à une UMH (Carte 19 : Population (milliers) par secteur SMUR rapportée au nombre d’UMH du SMUR).

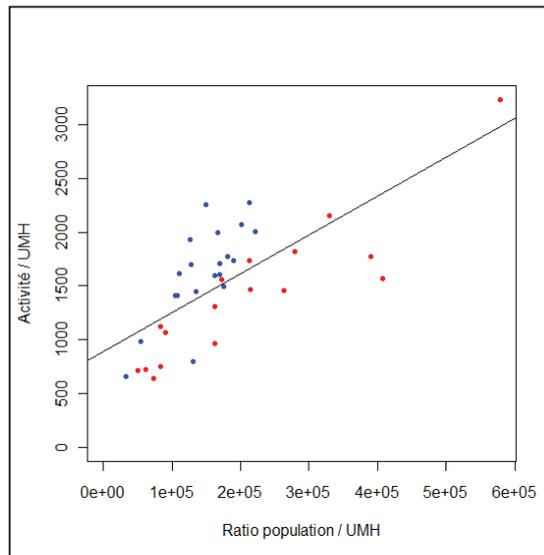
Carte 19 : Population (milliers) par secteur SMUR rapportée au nombre d’UMH du SMUR



(NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée)

La relation entre la population et l’activité/UMH est positive ($r^2 = 0,52$) (Figure 9 : Relation population/UMH vs activité/UMH). Le ratio population/UMH explique plus de 50% de la variance de l’activité/UMH. La position des points rouges montre que pour un ratio de population identique l’activité/UMH est globalement moins importante pour les SMUR avec une seule UMH. Les ratios de population les plus élevés concernent les SMUR à une UMH.

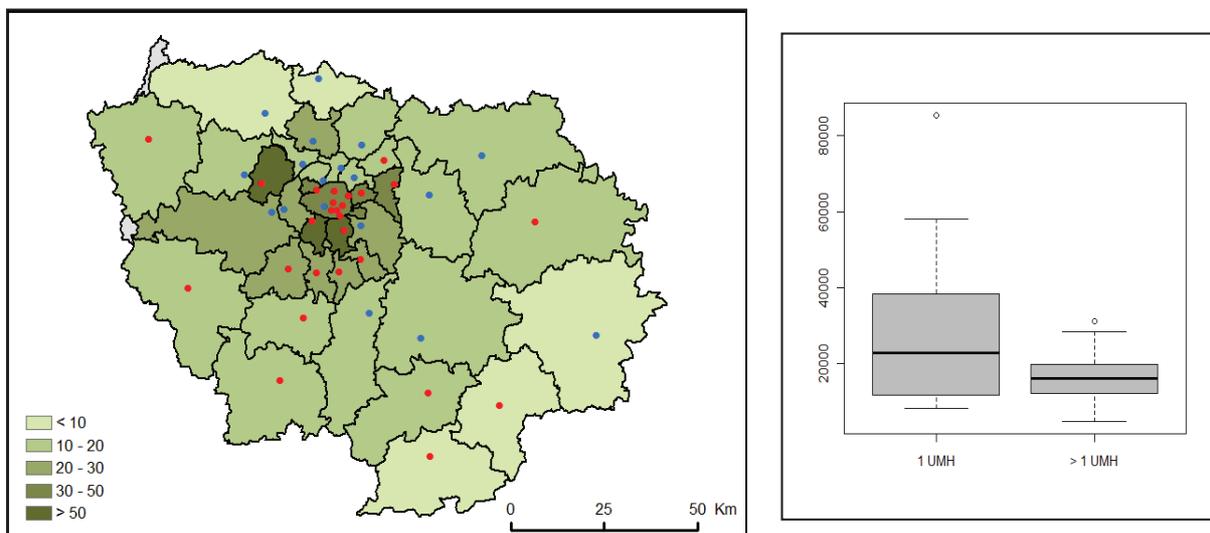
Figure 9 : Relation population/UMH vs activité/UMH



5.2.3.2 Le ratio population de plus de 65 ans par nombre d'UMH

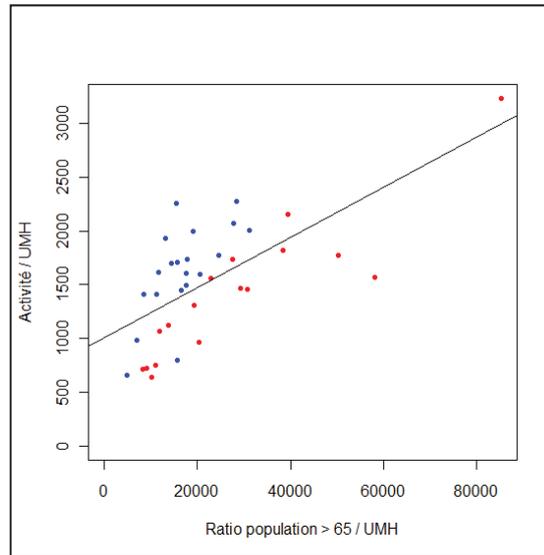
Les ratios des plus de 65 ans/UMH les plus bas (10000/UMH) concernent les SMUR ruraux du de la périphérie de la Seine et Marne et Pontoise (95). Le ratio médian est de 25000/UMH pour les SMUR à moins d'une UMH et de 18000/UMH pour les SMUR disposant de plus d'une UMH. L'IQR est de 15000/UMH-40000/UMH pour les SMUR à une UMH et 16000/UMH-21000/UMH pour les SMUR à plus d'une UMH (Carte 20 : Population des + 65 ans (milliers) par secteur SMUR rapportée au nombre d'UMH). Les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles des SMUR à une UMH ou plus d'une UMH sont respectivement de 14000/UMH et 61000/UMH et 12000/UMH et 32000/UMH. La relation entre les + de 65 ans et l'activité/UMH est positive ($r^2= 0,46$) (Figure 10 : Relation population + 65 ans/UMH vs Activité/UMH), ce qui est logique en raison de la relation existante entre population et activité.

Carte 20 : Population des + 65 ans (milliers) par secteur SMUR rapportée au nombre d'UMH



NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

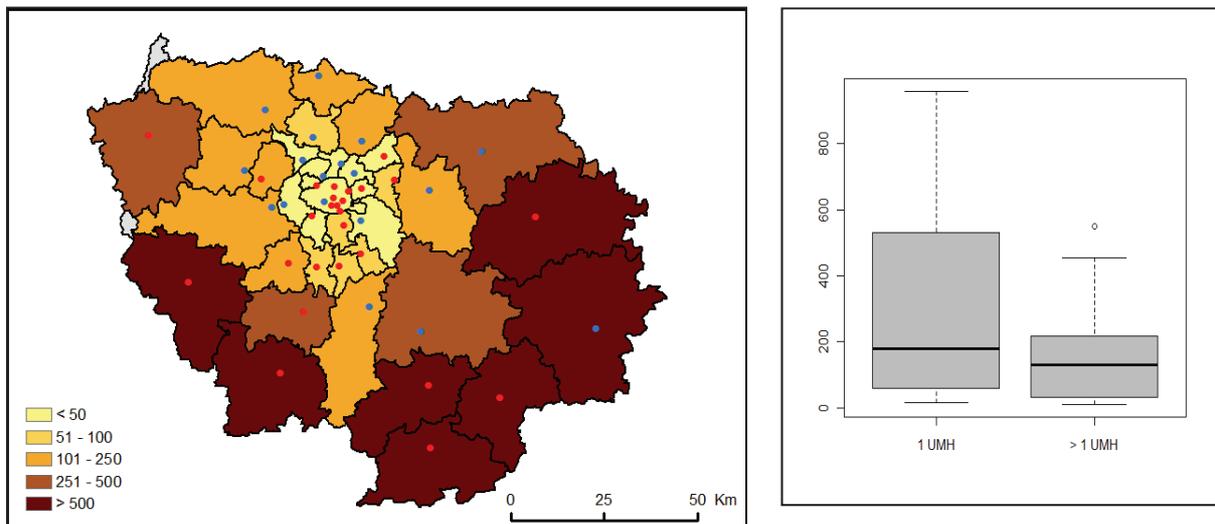
Figure 10 : Relation population + 65 ans/UMH vs Activité/UMH



5.2.3.3 Le ratio superficie par nombre d'UMH

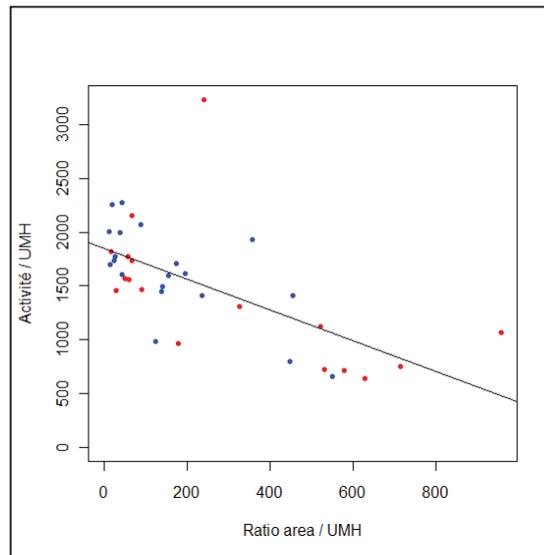
Le ratio médian superficie/UMH est de 200 km² quelque soit le type de secteur SMUR. Les 25^{ème} et 75^{ème} percentiles sont de 50 et 420km²/UMH pour les SMUR à une UMH et 50 et 200 km²/UMH pour les SMUR disposant de plus d'une UMH. Les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles sont pour les SMUR à une et à plusieurs UMH, respectivement de 10 et 980 Km² (Coulommiers 77) et de 10 et 450 km²/UMH (Carte 21 : Ratio superficie en km² par nombre d'UMH pour chacun des secteurs SMUR). Les secteurs avec les ratios les plus élevés, sont en périphérie de région, localisés en bordure de la Seine et Marne et des Yvelines sont ruraux.

Carte 21 : Ratio superficie en km² par nombre d'UMH pour chacun des secteurs SMUR



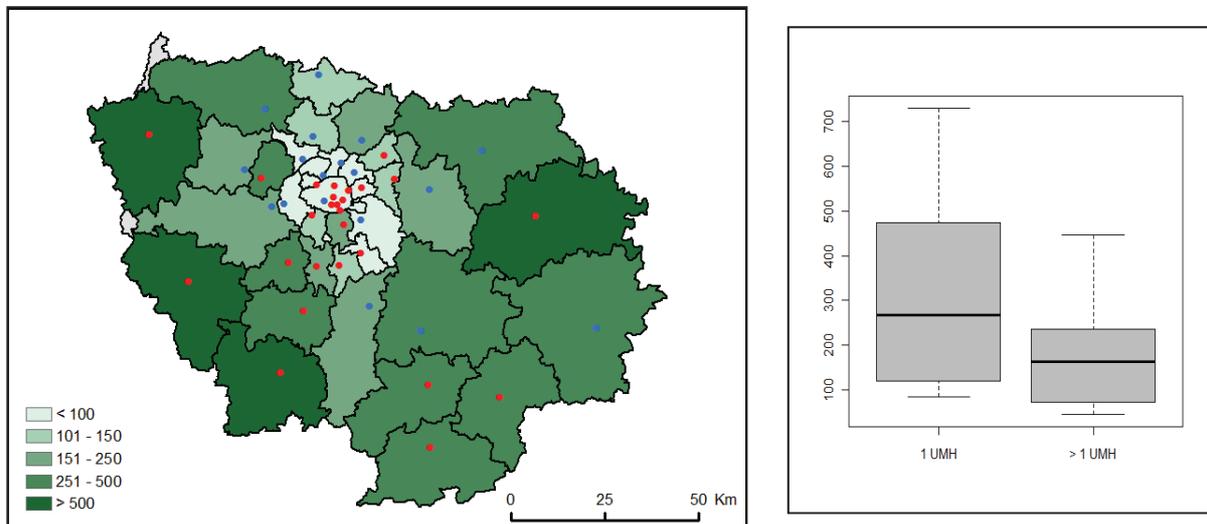
NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

Figure 11 : Relation superficie/UMH vs activité/UMH



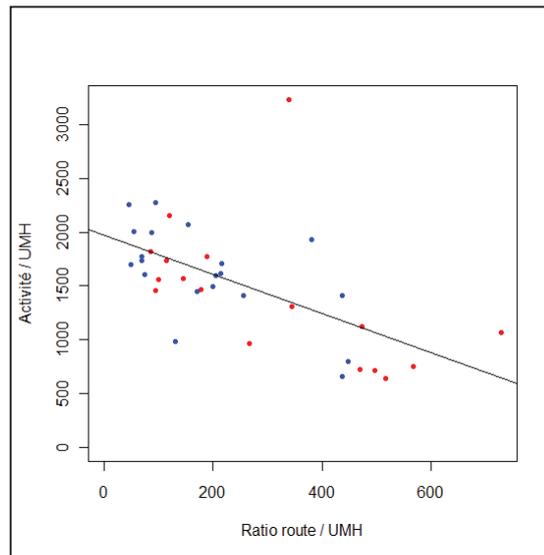
La relation entre superficie et activité est négative ($r^2 = 0,36$) (Figure 11 : Relation superficie/UMH vs activité/UMH). Ce résultat n'est pas illogique car les secteurs ayant une superficie étendue sont souvent ruraux et moins peuplés. Le biais de confusion lié à la population est majeur.

Carte 22 : Ratio kilomètres de route par nombre d'UMH pour chacun des secteurs SMUR



NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

Figure 12 : Relation kilomètre de route/UMH vs activité/UMH



5.2.3.4 Le ratio kilomètres de route par nombre d'UMH

Le ratio de kms de route/UMH traduit sur un territoire donné le nombre cumulé de kms de route de quelque type que ce soit divisé par le nombre d'UMH de chaque secteur SMUR. Ce ratio est le plus élevé dans 4 secteurs SMUR (trois des Yvelines et un de Seine et Marne). Ces SMUR ne comportent qu'une seule UMH. Le ratio médian régional est de 280kms/UMH pour les SMUR à une UMH et de 190 kms/UMH pour les SMUR à plus d'une UMH. Les valeurs en IQR sont respectivement de 110 et 490 kms/UMH pour les SMUR à une UMH et de 50 et 250 kms/UMH pour les SMUR à plus d'une UMH. Le 90^{ème} percentile des SMUR à une UMH est de 740 kms/UMH et 450 kms/UMH pour les SMUR à plus d'une UMH. Les zones rurales ont des ratios plus élevés que les zones urbaines (Carte 22 : Ratio kilomètres de route par nombre d'UMH pour chacun des secteurs SMUR).

La relation est négative ($r^2 = 0,39$) (Figure 12 : Relation kilomètre de route/UMH vs activité/UMH). Ceci s'explique par la relation avec la superficie du secteur et la densité de population. Le biais de confusion lié à la population est important.

5.2.4 Modélisation et prédiction de l'activité des secteurs SMUR (par an)

Convaincu par la pertinence de la prise en compte de la population, de la superficie et des routes nous avons forcé le modèle prédictif pour n'y inclure que ces variables. Nous n'avons pas souhaité inclure des variables à forte co-linéarité (les + de 65 ans) ou les facteurs socio-économiques pour lesquels nous n'avons pas pu montrer de relation avec l'activité. Nous avons décidé d'inclure Paris dans le modèle multivarié, bien qu'il soit considéré comme un secteur unique car il ne modifiait pas les paramètres de notre modèle prédictif.

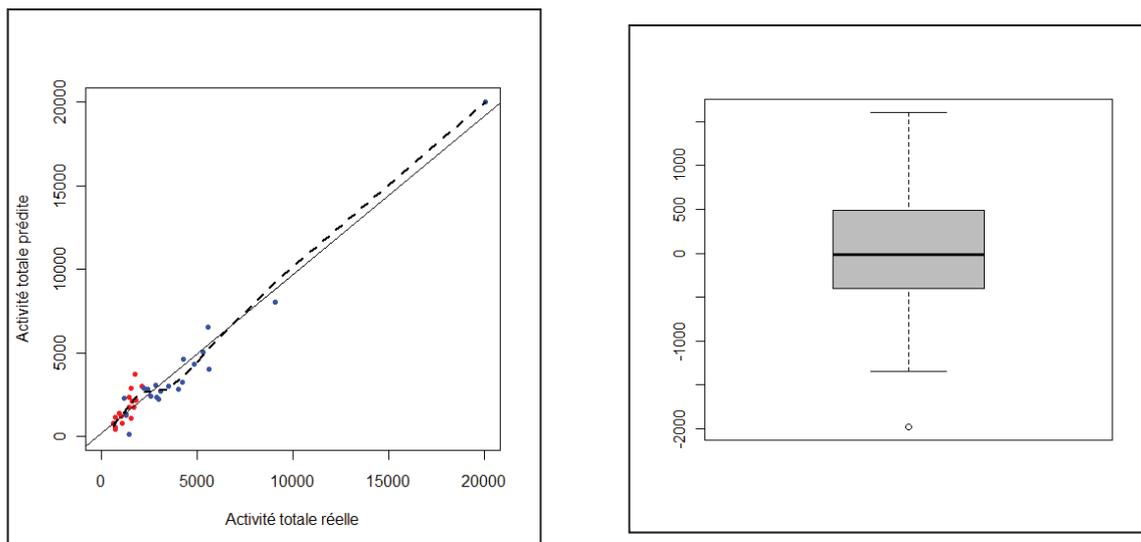
Tableau 14 : Modèle multivarié de prédiction d'activité des SMUR (Paris inclus)

Activité

$R^2 = 0,94$	
IQR résidu : (-405 - 487)	
Intercept	$-1,716 e^{+3*}$
Population (nb)	$8,894 e^{-3**}$
Route (km)	$2,725**$
Part de route rapide	$6,756 e^{+3*}$

* p-value < 0,01, ** p-value < 0,001

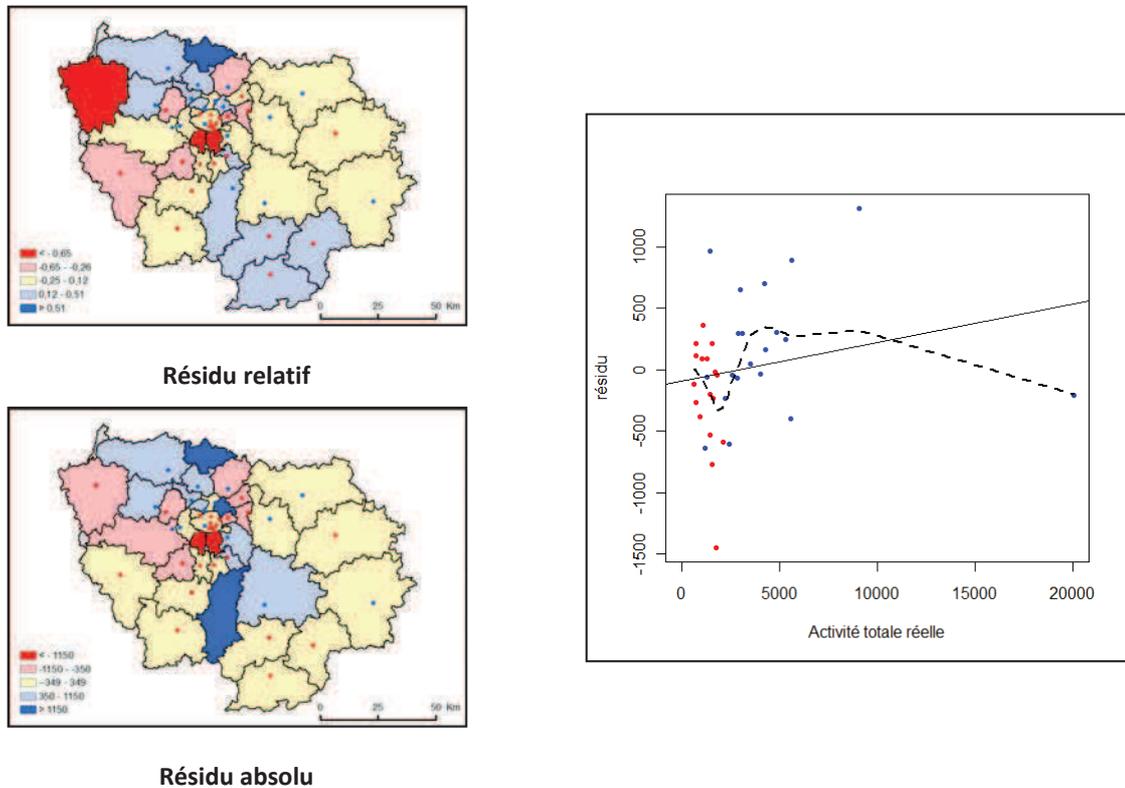
Figure 13 : Modèle activité totale (Paris inclus)



La relation entre l'activité prédite et réelle est positive et très forte ($r^2 = 0,94$) (Tableau 14 : Modèle multivarié de prédiction d'activité des SMUR (Paris inclus)). L'analyse des résidus montre que la médiane et l'IQR des écarts entre l'activité prédite par le modèle et l'activité réelle est comprise pour 50% des délais à ± 400 interventions. Les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles sont de -1400 et + 1600 (Figure 13 : Modèle activité totale (Paris inclus)) Plus la population, les kms de route et de route rapide augmentent plus la valeur de l'activité prédite augmente avec des coefficients respectifs de 0,0889, 0,0675 et 2,75 (Figure 14 : Analyse des résidus selon l'activité totale (primaire et secondaire)). Il n'existe pas de corrélation entre les valeurs des résidus (écart entre activité réelle vs activité prédite) et l'activité réelle. Les SMUR ayant une seule UMH ont un écart entre activité réelle vs activité prédite en 10^{ème} et 90^{ème} percentiles de -1500 et + 500 vs - 500 et + 1500 pour les SMUR ayant au moins deux UMH la journée. La représentation spatiale des résidus absolus (écart entre activité réelle et prédite par notre modèle) montre que deux secteurs SMUR (Vitry et Clamart), ayant tous deux une seule UMH, sont en 10^{ème} percentile des résidus et trois secteurs SMUR (Beaumont -95 ; Montfermeil-93 et Corbeil-91) sont en 90^{ème} percentile des écarts. La représentation spatiale des résidus relatifs permet d'appréhender l'écart de l'activité prédite sur l'activité réelle (%). Pour trois SMUR, Mantes (78), Vitry (94) et Clamart (92) l'activité prédite est plus basse de 65% que l'activité réelle et pour un SMUR (Beaumont-95) l'activité prédite est supérieure de 50% à l'activité réelle. Il n'existe pas d'auto-corrélation spatiale de résidus (test I de Moran)

entre les secteurs SMUR que ce soit par la recherche de différences de résidus entre les centroïdes de chaque secteur (distance : 0,50 ns) ou par la valeur des résidus de secteurs adjacents (adjacence : ordre 1 : 0,38 ns).

Figure 14 : Analyse des résidus selon l'activité totale (primaire et secondaire)



5.2.5 Taux d'occupation par secteur SMUR : les contraintes de temps liées à l'activité

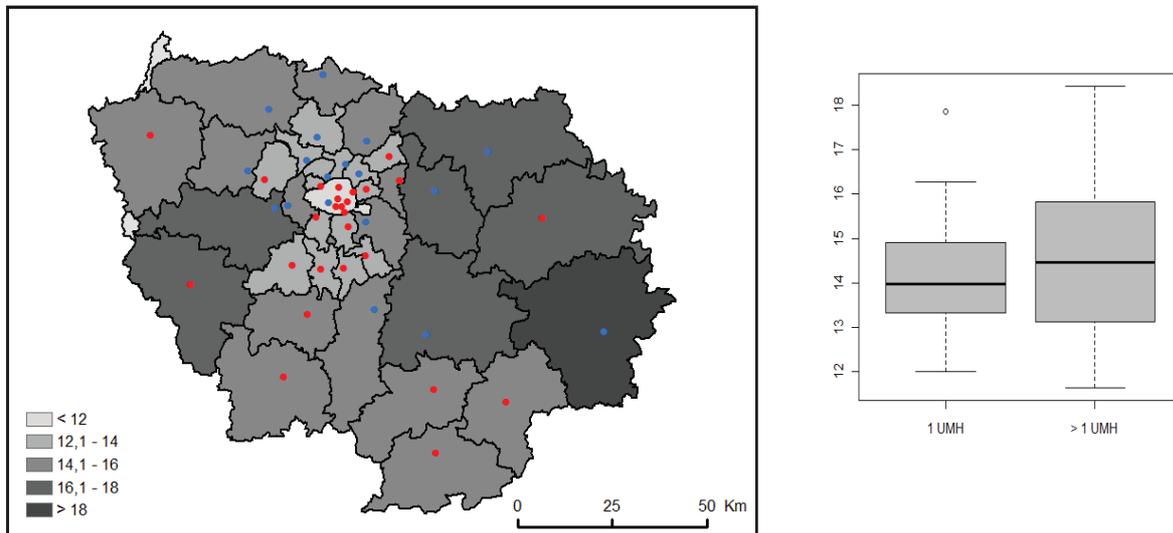
La prise en compte du nombre d'interventions ne suffit pas à mesurer le temps d'occupation des UMH des SMUR. A «n» patient pris en charge il faut y associer un facteur temps pour accéder au patient, le prendre en charge sur le terrain et le transporter à l'hôpital. L'accessibilité géographique pour chaque commune a été modélisée en chapitre 4, mais le temps passé sur place auprès de la victime est variable et le trajet de retour n'est pas forcément vers l'hôpital de secteur. Il est impossible d'envisager tous les scénarios aussi nous postulons que les trajets de retour se font vers l'hôpital siège du SMUR et que le temps de médicalisation sur place est constant. L'évaluation du temps d'occupation pour chaque UMH est alors comparée au temps d'occupation maximal théorique qui est la résultante du nombre d'interventions maximal et du facteur temps nécessaire réalisable en 24 heures par UMH. On aboutit ainsi à une estimation du taux d'occupation de chaque UMH.

5.2.5.1 Accessibilité géographique moyenne par secteur SMUR

Au sein de chaque secteur SMUR l'accessibilité théorique moyenne va être calculée en faisant la moyenne pondérée des tranches horaires des temps de trajet des trois

scénarios Jour, Rush (7h-9h et 18h-20h) et Nuit (20h-6H). Les temps de trajet théoriques moyens de l'ensemble des communes du secteur SMUR vont être pondérés par le nombre d'habitants de chaque commune.

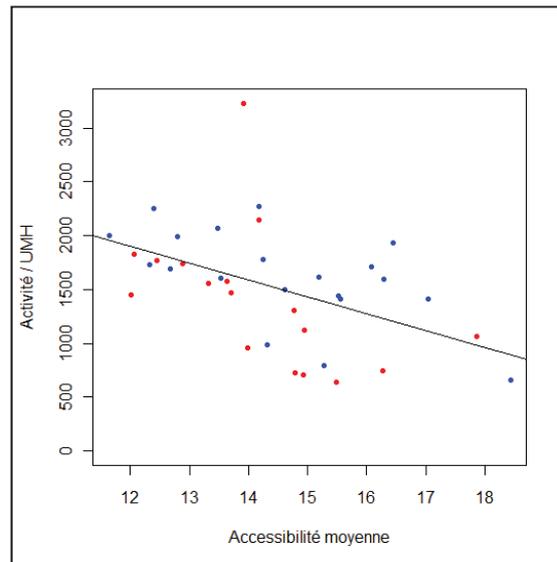
Carte 23 : Accessibilité moyenne pondérée (minutes) par la population pour chaque secteur SMUR



NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

Les délais moyens d'accessibilité pour l'ensemble des secteurs SMUR hormis Provins, sont inférieurs à 18 minutes (Carte 23 : Accessibilité moyenne pondérée (minutes) par la population pour chaque secteur SMUR). Les SMUR du 77 Nord-Est, de Versailles et de Rambouillet (78) ont un délai moyen d'accès sur l'ensemble de leur secteur plus long que les SMUR du 91. Le SMUR de Provins donne ici l'impression d'avoir le secteur où l'accessibilité géographique est la plus difficile de la région. Les secteurs SMUR qui ont une accessibilité moyenne supérieure à 16 minutes sont tous ruraux. Il faut garder à l'esprit que cette carte sous estime les délais d'accès aux confins du territoire car la population est distribuée de manière le plus souvent non homogène.

Figure 15 : Relation activité/UMH et temps moyen d'intervention



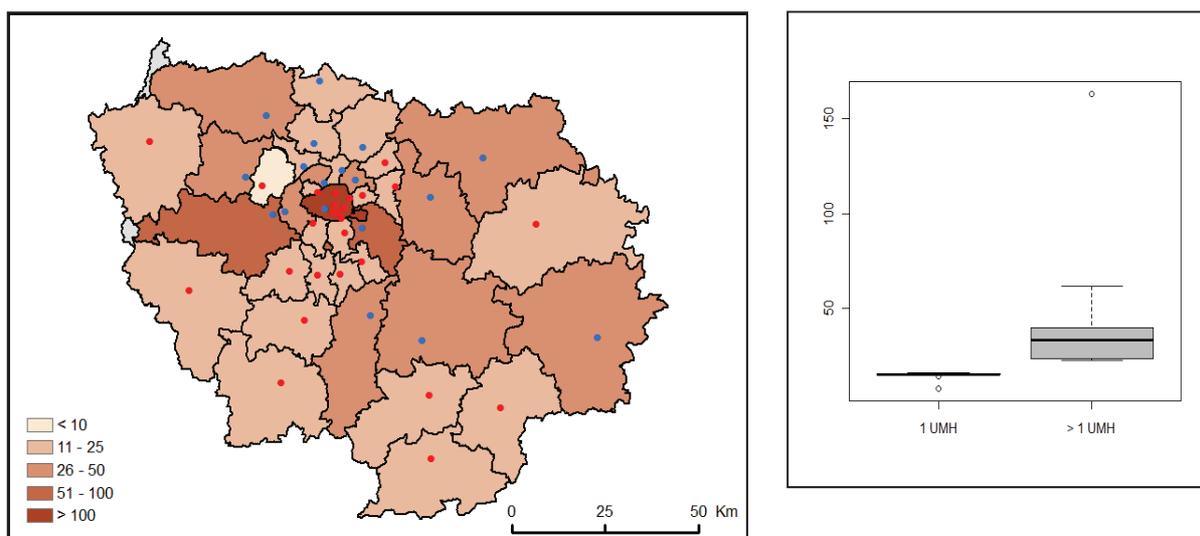
Il existe une relation négative assez faible ($r^2 = 0,22$) (Figure 15 : Relation activité/UMH et temps moyen d'intervention) entre l'accessibilité moyenne et le ratio activité/UMH. Les territoires où l'accessibilité moyenne est supérieure à 16 minutes sont le plus souvent en limite de secteurs, moins peuplés et ruraux. Les SMUR avec une seule UMH ont plus souvent moins d'activité quelque soit l'accessibilité que les SMUR à au moins deux UMH la journée

5.2.5.2 Nombre de sorties maximal et théorique (en 24 h) par secteur SMUR

Nous avons calculé le nombre maximal d'interventions par 24 heures qu'une UMH pouvait réaliser en considérant de manière simpliste un temps de trajet aller, un temps de mise en condition sur les lieux et un temps de trajet retour à l'hôpital qu'on considèrera comme l'hôpital base du SMUR. Nous avons considéré comme constant un temps de 65 minutes de médicalisation sur les lieux. Ce temps médian est issu des données de notre cohorte de TCG (chapitre 3.7.4.2) Nous considérons le temps de trajet de retour identique à celui de l'aller.

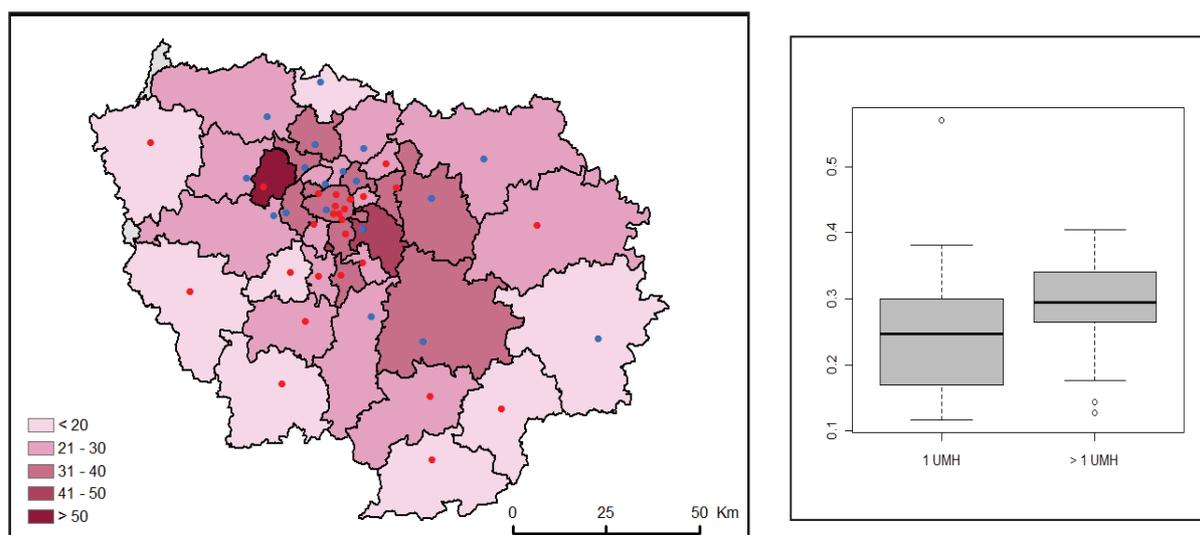
Pour chaque secteur SMUR le nombre maximal théorique d'interventions montre des disparités logiques liées aux nombres d'UMH présentes au sein de chaque secteur (Carte 25 : Taux d'activité réelle/activité théorique par nombre d'UMH pour chaque secteur SMUR). Le nombre maximal d'intervention est fixe avec une valeur médiane de 18 interventions théoriques maximales par jour et IQR identique pour les SMUR ne disposant que d'une UMH. Pour les autres SMUR le nombre médian d'intervention maximale théorique est de 42 avec un IQR [38-46]. Les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles sont de 30 et 62 interventions théoriques maximales par secteur SMUR. Les SMUR de Versailles (78) et Créteil (94) ont la capacité la plus élevée pour réaliser un nombre théorique d'intervention. Ce sont les SMUR qui disposent du plus grand nombre d'UMH (carte 24).

Carte 24 : Carte du nombre théorique maximal d'interventions réalisables par territoire SMUR/24 h



NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

Carte 25 : Taux d'activité réelle/activité théorique par nombre d'UMH pour chaque secteur SMUR



NB : point rouge = une UMH ; point bleu = au moins deux UMH la journée

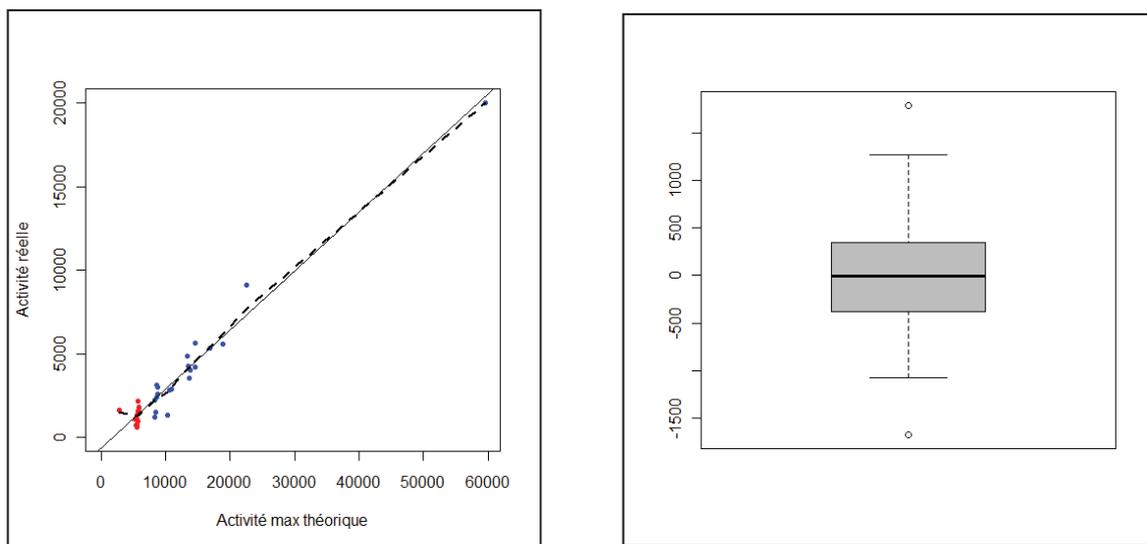
5.2.5.3 Taux d'occupation des UMH par 24 h et par secteur SMUR

Nous avons choisi de prendre le nombre total des interventions plutôt que celui des interventions primaires qui ne mesure que partiellement l'activité d'un SMUR lorsque celui-ci a également une activité de transport secondaire. L'activité réelle des secteurs SMUR (interventions primaires et secondaires) est rapportée au nombre d'intervention théorique maximal de chaque secteur. Le ratio théorique d'occupation en découle. Il est calculé par secteur SMUR et par UMH et représente le taux d'occupation d'une UMH.

Le taux d'occupation d'une UMH est variable entre les secteurs SMUR de la région (Carte 25 : Taux d'activité réelle/activité théorique par nombre d'UMH pour chaque secteur SMUR). Le taux

d'occupation médian est de 25% IQR [15,26], pour les SMUR à moins d'une UMH et de 30% IQR [22, 28].pour les SMUR à au moins deux UMH la journée. Les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles sont respectivement de 10 et 40% et de 17 et 42% de taux d'occupation. Le SMUR de Saint Germain en Laye a un taux d'occupation par UMH de plus de 50%, 40% pour le SMUR de Créteil. Les SMUR ruraux en périphérie de la région ont des taux d'occupation par UMH inférieur à 20%. Les variations de taux d'occupation sont corrélées pour partie à l'activité des secteurs et pour partie au nombre d'UMH.

Figure 16 : relation activité théorique et réelle (primaire et secondaire)



La relation entre l'activité théorique et l'activité réelle est positive et fortement corrélée ($r^2 = 0,96$). L'IQR est de [-384,347] et les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles -1000 et + 1500 (Figure 16 : relation activité théorique et réelle (primaire et secondaire)). L'activité maximum théorique est corrélée avec le nombre d'UMH par SMUR.

5.3 Impact de L'activité sur la disponibilité des SMUR

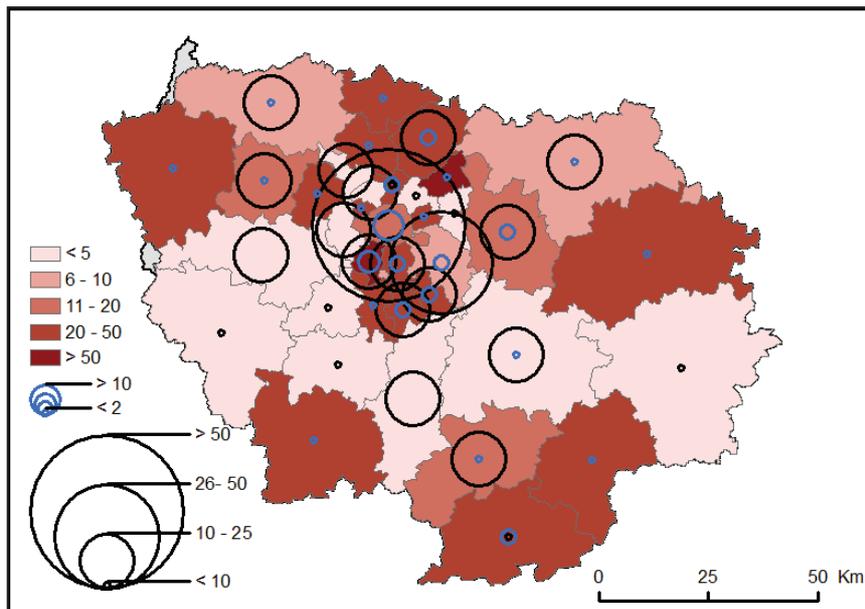
5.3.1 Indicateurs d'indisponibilité d'un SMUR : validation sur la cohorte des TCG

Parmi les 504 TCG inclus, 77 (15%) ont été pris en charge par un SMUR qui n'était pas du secteur de survenue du traumatisme. Le Tableau 15 : SMUR concernés par la prise en charge d'au moins 1 TCG par un SMUR voisin récapitule les SMUR concernés par la prise en charge d'au moins 1 TCG qui a été pris en charge par un SMUR voisin. Pour des raisons de validité statistique nous excluons les SMUR qui ont pris en charge moins de 10 TCG.

Tableau 15 : SMUR concernés par la prise en charge d'au moins 1 TCG par un SMUR voisin

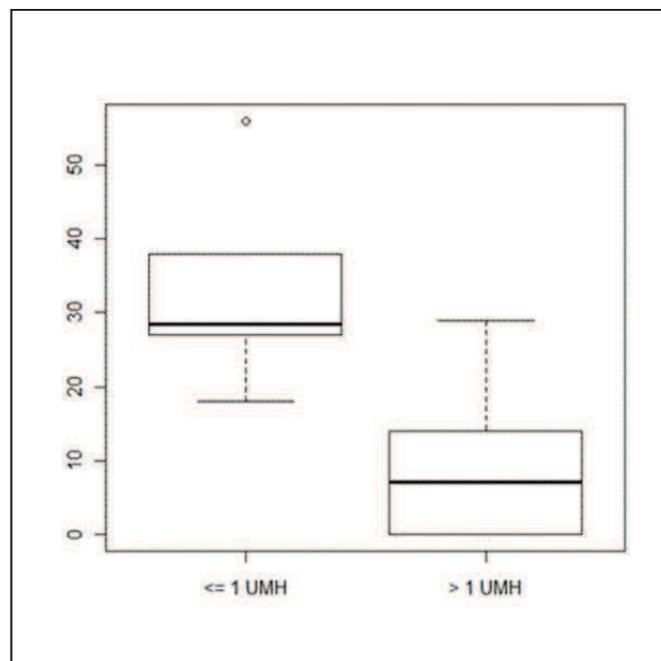
SMUR	TCG (n)	Secteur (n)	Hors secteur (n)	Total hors secteur (%)
AULNAY	1		1	100,00
CLAMART	16	7	9	56,25
BEAUMONT	4	2	2	50,00
LONGJUMEAU	4	2	2	50,00
MONTREUIL	2	1	1	50,00
CHAMPERRET	5	3	2	40,00
EAUBONNE	5	3	2	40,00
ETAMPES	5	3	2	40,00
VITRY	13	8	5	38,46
NEMOURS	8	5	3	37,50
SAINT DENIS	10	7	3	30,00
COULOMMIERS	7	5	2	28,57
MONTEREAU	7	5	2	28,57
GONESSE	14	10	4	28,57
JUVISY	11	8	3	27,27
VILLENEUVE	11	8	3	27,27
MANTES	8	6	2	25,00
SAINT GERMAIN	4	3	1	25,00
PARIS	74	60	14	18,92
FONTAINEBLEAU	11	9	2	18,18
POISSY	11	9	2	18,18
LAGNY	22	19	3	13,64
PONTOISE	22	20	2	9,09
CRETEIL	36	33	3	8,33
MEAUX	15	14	1	6,67
MELUN	20	19	1	5,00

Carte 26 : Représentation de l'activité des TCG survenus dans chaque secteur SMUR et des TCG pris en charge par un SMUR hors secteur



Légende : Les cercles noirs représentent les TCG pris en charge et les cercles bleus les TCG pris en charge par un SMUR qui n'est pas du secteur

Figure 17: Comparaison de l'indisponibilité de chaque SMUR exprimé par le % de non prise en charge de TCG par SMUR de secteur en fonction du nombre d'UMH



La Carte 26 : Représentation de l'activité des TCG survenus dans chaque secteur SMUR et des TCG pris en charge par un SMUR hors secteur représente en données quantitatives les TCG survenus au sein des secteurs SMUR (cercles noirs) et les TCG qui ont été pris en charge par un SMUR qui n'était pas du secteur (cercle bleus). Les secteurs SMUR ayant plus de 20% des

TCG survenus sur leur secteur et pris en charge par un SMUR limitrophe sont en périphérie de région et sont toujours constitués d'une UMH unique (Figure 17: Comparaison de l'indisponibilité de chaque SMUR exprimé par le % de non prise en charge de TCG par SMUR de secteur en fonction du nombre d'UMH). Le risque d'indisponibilité est dépendant en partie de la catégorie du SMUR. La médiane du taux d'indisponibilité est de 30% (IQR 28-39) pour les SMUR à une UMH et 9% (IQR 0-13) pour les SMUR à plus d'une UMH.

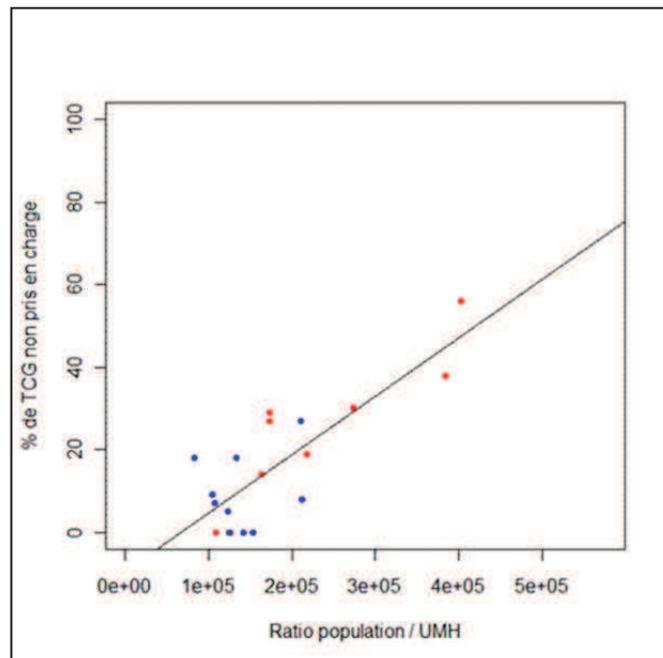
5.3.2 Le taux d'occupation prédit mal l'indisponibilité ?

La corrélation entre le taux d'occupation/UMH et le taux d'indisponibilité est faible ($r^2 = 0,34$). Notre calcul théorique sous estime le taux d'occupation, car les délais de temps affectés aux déplacements ne tiennent pas compte des réalités de terrain.

5.3.3 Le ratio population/UMH prédit le risque d'indisponibilité

La corrélation entre le % de TCG pris en charge par un SMUR hors secteur et le ratio nombre d'habitants/UMH a un $r^2 = 0,74$ (Figure 18 : Corrélation entre l'indisponibilité du SMUR de secteur et le ratio habitants/UMH). Pour un ratio population/UMH de 200000 personnes il y a dans notre travail un taux d'indisponibilité de 20%, 40% pour un ratio de 400000 habitants/UMH. Un ratio de 100000 habitants/UMH prédit dans notre modèle un taux d'indisponibilité de 10%. Les SMUR à une UMH ont un risque plus important d'indisponibilité si le ratio population/UMH augmente.

Figure 18 : Corrélation entre l'indisponibilité du SMUR de secteur et le ratio habitants/UMH



5.4 Discussion

5.4.1 L'activité des SMUR : un indicateur de charge de travail

Le ratio d'interventions/UMH traduit la charge de travail des équipes d'un SMUR. Cette charge de travail n'est pas répartie équitablement sur le territoire régional pour des SMUR de même catégorie. C'est particulièrement vrai pour les SMUR qui ne comprennent qu'une UMH : la borne basse est de 637 interventions/UMH pour Etampes (91) à 2500 interventions en borne haute pour le SMUR de Saint Germain en Laye qui compte 1600 interventions pour une UMH exclusivement présente la journée, soit une activité rapportée de 2400 interventions pour une UMH H24 théorique. La médiane d'activité est sensiblement identique entre les SMUR à une ou plus de une UMH (1500 vs 1700 interventions/UMH et par an). 50 % des ratios d'activité sont entre 1200 et 1600 interventions/UMH par an pour les SMUR à au moins deux UMH la journée. Le SMUR de Provins a la particularité d'avoir dans ce groupe le ratio d'activité le plus bas (656 interventions/UMH et par an). La moyenne nationale du rapport Grall était de l'ordre de 1198 interventions/UMH H24 et par an⁹⁸. 50 % des SMUR comptant une UMH ou moins ont une charge de travail qui varie de 1000 à 1700 interventions/UMH et par an. La charge de travail des SMUR ruraux tout confondus est de l'ordre de moins de 1000 interventions/UMH et par an, soit pour certains SMUR moins de 3 patients pris en charge par jour pour une UMH. L'efficacité n'y trouve pas son compte mais il s'agit là de maintenir un système de santé publique. Ce débat existe également aux Etats-Unis où le maintien de moyens pas forcément efficaces tient du fait de l'équité d'accès aux soins¹⁷⁵. Le plus souvent ces UMH de SMUR ruraux à petits volumes d'activité, en attendant un départ pour intervention, sont postées au service des urgences et prennent en charge les patients qui s'y présentent. Il se pose toutefois le problème de la qualité du soin. Un petit volume d'activité par médecin ne permet pas d'entretenir un niveau de compétences suffisant. A l'exception de Saint Germain en Laye couplé avec Poissy (78) et bientôt de Beaumont (95) aucun de ces SMUR n'a mutualisé ses équipes avec des hôpitaux à plus gros volume d'activité. Cette situation en Ile de France est anormale et traduit une des difficultés de la réorganisation du système de soins. Il s'agit à la fois de garantir l'accès aux soins dans des zones peu peuplées -l'exception géographique discutée par E Vigneron-et, de maintenir une exigence de qualité du soin malgré le faible niveau d'activité, en permettant (exigeant) des professionnels de santé qu'ils puissent (doivent) exercer régulièrement dans ces centres à hauts volumes d'activité. Il s'agit, dès lors, de créer des équipes médicales et paramédicales territoriales¹⁷⁶. Pour certains SMUR, la question du maintien de deux UMH alors que l'activité est inférieure à 1000 interventions/an pour chacune des UMH se pose, si les UMH ne mutualisent pas leur activité avec le SU de l'hôpital siège du SMUR.

Il ne faut pas confondre le nombre d'intervention et le temps d'occupation. En effet un SMUR peut se retrouver avec peu d'activité en terme de patients mais des trajets importants à couvrir pour accéder aux patients ou les faire admettre dans des structures spécialisées qui rendent ce SMUR plus occupé que le nombre brut de patient peut laisser

croire. Aucune étude à notre connaissance ne s'est intéressée au temps consommé pour assurer les missions. Il s'agit pourtant du critère majeur de charge de travail.

L'étude du ratio population/UMH permet de visualiser des disparités flagrantes entre les SMUR à une ou plusieurs UMH. Les ratios médians sont identiques entre ces catégories de SMUR (190000 habitants/UMH) mais l'intervalle interquartile est plus large pour les SMUR à une UMH. Certains SMUR à une UMH de la petite couronne ont un ratio supérieur aux SMUR ayant plus d'une UMH. Les ratios de population/UMH les plus élevés sont d'ailleurs le fait de SMUR urbains ne disposant que d'une UMH et défendant plus de 400000 habitants/UMH. Le ratio médian francilien est supérieur au ratio médian hexagonal : selon le rapport en 2006 de Jean-Yves Grall sur l'organisation des urgences⁹⁸, la médiane était de 120000 habitants/UMH par H24. La distribution des ratios des plus de 65 ans est similaire à la population générale. Il est surprenant de constater qu'au sein de territoires urbanisés assez similaires en nombre d'habitants et en superficie, le nombre d'UMH disponibles pour la population ne soit pas constant d'un secteur SMUR à l'autre. Les secteurs de la petite couronne confiés aux AR de la BSPP ont tous des ratios les plus hauts. Ces secteurs urbains à fort ratio sont entourés de secteurs urbains où le ratio est plus faible, avec une fourchette de 200 à 400000 habitants par équipe médicale. De fait il peut être facile de solliciter un SMUR de secteur limitrophe. Ce qui ne peut être le cas des SMUR ruraux et périphériques pour lesquels le SMUR de proximité est franchement distant.

5.4.2 Le nombre d'intervention SMUR pour 100000 habitants est un marqueur organisationnel probable

Dans notre étude le revenu médian par foyer fiscal ne permettait pas de différencier l'activité des secteurs SMUR. Le revenu médian est considéré comme un critère majeur d'accès aux soins : une étude récente, américaine, montrait que l'élargissement d'une assurance santé gratuite aux populations défavorisées (non blancs et personnes âgées en dessous du seuil de pauvreté) réduisait la mortalité chez ces personnes de 6%¹⁷⁷. Cette action permettait simplement aux intéressés de pouvoir à nouveau se faire soigner¹⁷⁸. Dans notre système la prise en charge des patients par le SMUR n'est pas soumise à un paiement préalable par le patient. Il n'y a donc pas de réticence de la part des populations économiquement fragiles à appeler le SAMU. Il faut veiller toutefois à ce qu'il n'y ait pas de dérives : de plus en plus de SMUR confrontés à une baisse de leurs budgets pratiquent une facturation des interventions à l'encontre des patients.

Le nombre d'interventions SMUR pour 100000 habitants est probablement un excellent reflet des pratiques de régulation du SAMU départemental (qui engage le SMUR) et indirectement de la qualité du maillage de permanence des soins par la médecine générale. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'il puisse s'agir d'un besoin spécifique de la population mais notre étude ne permet pas de le préciser. Le ratio national est estimé par Grall à 800 interventions/100000 habitants/an (valeur médiane). Les secteurs SMUR de Seine et Marne se distinguent par un ratio supérieur (1000-1600 interventions/100000

habitants/an) à la médiane nationale et régionale. Ceci est particulièrement vrai dans les secteurs ruraux de ce département. La Seine et Marne est sinistrée dans l'organisation de la permanence des soins (PDS). Aucune structure libérale type SOS médecins ne se déplace dans des territoires étendus et peu peuplés. De fait le SAMU 77 pour des appels à caractère médicaux sans détresse immédiate mais avec un risque évolutif nécessitant un examen clinique par un médecin, est souvent obligé d'engager une UMH pour faire un diagnostic. La moitié des interventions des SMUR de ces secteurs n'entraîne pas un transport médicalisé du patient vers un hôpital (rapport activité SAMU 77 -2011).

5.4.3 Prédire l'activité est un enjeu majeur pour organiser un système

La prévision d'une activité est probablement un élément capital pour l'organisation des secteurs SMUR et des moyens alloués. De nombreux travaux ont testé les relations entre mortalité et des indicateurs quantitatifs d'organisation des soins^{169,179}. Ces études montraient que des ratios de médecins/100000 habitants ou de population/secteur d'ambulance, avaient une relation soit avec la mortalité, soit l'activité. Dans ces études (Etats-Unis), l'activité était constatée sur la base de registres régionaux, voire étatiques, le plus souvent issus des organismes payeurs des soins de santé. En France, une de nos difficultés, est de pouvoir disposer de données d'activité, et lorsqu'elles existent, qu'elles soient fiables. Les données d'activité des SAMU et SMUR utilisées dans notre travail proviennent non pas des organismes payeurs ou des ARS mais de SAMU Urgence de France, société de professionnels de l'urgence, qui conscient du problème a souhaité éditer tous les 4 ans un Annuaire des SAMU et SMUR incluant entre autre l'activité déclarative des structures. Il était essentiel pour nous de pouvoir réfléchir aux déterminants de l'activité réelle pour estimer une activité théorique. Notre modèle multivarié valide avec une forte corrélation une prédiction d'activité qui prend en compte non seulement la population, mais également le réseau routier en métrique de chaque secteur SMUR. Cette variable est très importante dans un contexte régional où la traumatologie routière reste fréquente en milieu rural. Notre modèle de prédiction d'activité diffère de celui de l'étude de Patterson où un indicateur de kilomètres parcourus (EXAMB –Expected annual emergency miles per Ambulance-)/ 100000 habitants permettait d'estimer le risque de ne pas avoir d'ambulance disponible¹⁸⁰. Dans cette étude, l'activité de l'ambulance concernait des transports tous venant dont beaucoup n'était pas urgent et la relation n'était pas linéaire en milieu urbain. En conclusion la création d'un modèle prédictif de l'activité est un outil crucial pour envisager, entre autre, la problématique de la réorganisation des secteurs SMUR,

5.4.4 Le taux d'occupation d'une UMH, un indicateur d'avenir

Notre approche d'un taux d'occupation théorique est importante car c'est un moyen essentiel pour estimer le risque d'indisponibilité. Le mode de calcul du taux d'occupation théorique est discutable : nous avons pris des postulats qui ne sont pas forcément exacts. En particulier le temps de médicalisation sur le terrain de 65 minutes est certes le temps

médian régional mais subit d'importantes variations selon les départements (chap3.7.4.2). Nos choix de temps de trajet retour sont également discutables car un certain nombre de trajet s'effectue vers des hôpitaux spécialisés hors secteur SMUR, ce que nous n'avons pas pris en compte et qui augmenterait significativement le délai. A contrario le retour d'une intervention peut se réaliser sans patient et l'UMH être disponible pour une nouvelle intervention. Malgré ces limites manifestes notre démarche représente un pas important dans l'approche conceptuelle d'une mesure de l'usage des ressources plus que du nombre de patients vus. Mesurer le taux d'occupation des lits d'un service hospitalier est aisé à faire : il est facile de démontrer qu'au-delà d'un taux d'occupation de 90% il peut être difficile de trouver un lit pour un nouveau patient. En revanche pour les structures de soins préhospitalières, le ratio du nombre d'interventions réelles sur le nombre d'intervention théorique est difficile à manier. En effet une seule étude à notre connaissance été en mesure de décrire un seuil d'activité ou un taux d'occupation à partir duquel la structure ne pourrait plus prendre en charge un patient¹⁷³. Dans cette étude où le volume d'intervention des ambulances était colligé et corrélé au risque d'intervenir de manière retardée pour des patients en arrêt cardiaque, l'analyse multivarié retrouvait un seuil de 7 interventions/jour pour objectiver un risque d'indisponibilité (OR : 1,455 ; 95% IC : 1,109-1,909). Un temps d'intervention de 55 minutes ou plus était également un facteur prédictif d'indisponibilité (OR : 2,169 ; 95% IC : 1,492-3,152)¹⁶⁷. De manière schématique, dans cette étude, une ambulance qui avait un temps d'occupation de 6 h/jour soit un taux d'occupation de 40% était à haut risque d'indisponibilité. Dans notre étude quatre SMUR ont des taux d'occupation de plus de 40% d'une capacité théorique d'intervention. Nous n'avons pas trouvé de relation statistique forte entre ce taux d'occupation et le risque d'indisponibilité ($r^2 = 0,34$). Le travail de Ahn et al., précédemment cité, avait inclus pendant 2 ans les conditions de prise en charge préhospitalière de plus de 3500 patients. Un taux d'occupation de 40% était considéré par l'Agence Nationale d'Appui à la Performance (ANAP) comme un seuil d'activité susceptible d'entraîner un risque d'indisponibilité pour les ARM qui décrochent le téléphone au SAMU¹⁸¹.

Le taux d'occupation d'une UMH est un critère probablement pertinent mais certainement plus compliqué à manier Son gros défaut est lié à la nécessité de connaître l'activité des SMUR.

5.4.5 Le ratio population/UMH est pertinent pour estimer la disponibilité d'un SMUR

Un résultat intéressant est la corrélation entre le % de TCG pris en charge par un SMUR hors secteur et le ratio population/UMH par secteur SMUR. La cohorte de TCG est trop réduite pour pouvoir en tirer des conclusions formelles. Parmi les 36 SMUR régionaux, 29 (80%) ont été concernés par un patient victime d'un traumatisme grave sur leur secteur et qu'ils n'ont pas pu prendre en charge. Il est difficile de savoir si le défaut de prise en charge tient au fait qu'une UMH d'un autre SMUR soit venue en renfort d'emblée et ait transporté (et inclus dans l'étude) le patient ou si il y a eu un vrai défaut de disponibilité du

SMUR concerné. Aucun de ces SMUR n'est comparable, et ne peut laisser croire à un biais particulier, toutefois le fait de n'avoir qu'une UMH expose trois fois plus au risque d'indisponibilité. La corrélation avec le ratio population/ UMH explique 74% des variations d'indisponibilité constatée. L'analyse des valeurs de la droite de régression de notre modèle montre que pour un ratio de 200000 habitants/UMH H24, 25% des TCG ne pourront pas être pris en charge par le SMUR de secteur, 40% si l'on prend le ratio de 400000 habitants/UMH. Dans notre cohorte, il n'y a pas de différence de mortalité selon qu'un TCG soit pris en charge par le SMUR de secteur ou hors secteur. Il est probable que ce délai soit plus conséquent dans une étude qui inclurait plus de patients, et que les conséquences pronostiques soient différentes si d'autres pathologies étaient considérées. En tout état de cause, Il s'agit, dès lors, de considérer ce qui relève de la vie ordinaire, tous les patients ne peuvent être pris en charge par le SMUR de première intention à la condition qu'un SMUR hors secteur puisse venir, ou de ce qui relève de la perte de chance inacceptable. Il serait alors possible de considérer un seuil de ratio qui ne devrait pas être dépassé. Cela ouvre la porte aux propositions de réorganisation de secteurs SMUR en optimisant l'accessibilité et la disponibilité. Si l'on considère qu'un seuil de disponibilité de 90% est nécessaire, c'est à dire que 90% des patients doivent être pris en charge par le SMUR de secteur, il est nécessaire d'avoir un ratio de moins de 100000 habitants/UMH. Huit secteurs SMUR franciliens sur les 36 que compte la région ont un ratio de cet ordre de grandeur et ces SMUR sont tous ruraux avec une seule UMH. Un ratio de 200000 habitants/UMH –qui correspond à une majorité des secteurs SMUR de la région- impliquerait que 20% des patients de ce secteur seront pris en charge par le SMUR d'un autre secteur. Le ratio ne suffit pas, il faut lui associer également la capacité d'avoir plusieurs UMH disponibles Nos résultats doivent être validés sur une large cohorte avant de pouvoir généraliser cette approche d'optimisation conjointe d'accessibilité et de disponibilité. Il a toutefois pour qualité majeure de pouvoir être utilisé sans avoir besoin de connaître préalablement l'activité d'un secteur SMUR.

L'évaluation de l'adéquation entre les ambulances disponibles et les besoins de la population, est un enjeu qui a fait l'objet de très peu de travaux publiés. Assez curieusement, aucune étude anglo-saxonne à notre connaissance n'a essayé de modéliser l'activité et la disponibilité des ambulances en fonction de ratio de population, alors que cela a été fait pour déterminer la répartition des «trauma center» aux Etats-Unis⁶⁸. Une étude de Patterson et al a eu le mérite d'essayer de quantifier la disponibilité des ambulances de 5 comtés des Etats-Unis en 2005. Les auteurs de ce travail ont utilisé un critère composite de population, de ressources de santé, de contraintes géographiques et de kilomètres de route, au sein d'une équation mathématique complexe et somme toute assez peu utilisable comme en convenait les auteurs.

5.5 Conclusion

La possibilité de modéliser la disponibilité d'un SMUR est un enjeu essentiel pour l'organisation de notre système de soins. Un des critères principaux est l'activité, qui

pourrait être facilement prédite par la prise en compte du nombre d'habitants et du kilométrage de route. Un ratio simple à appréhender, et facile à visualiser, tel que le ratio nombre d'habitants/UMH, pourrait permettre prédire le niveau de disponibilité d'un SMUR et conduire à la réorganisation des secteurs. Il est nécessaire de valider, à plus large échelle, ces résultats. Toutefois nous disposons, avec ces outils, de la capacité à réaliser des simulations pour optimiser l'organisation des SMUR.

6 Optimiser l'organisation territoriale des SMUR

6.1 Optimiser l'organisation des soins urgents : une réflexion nécessaire

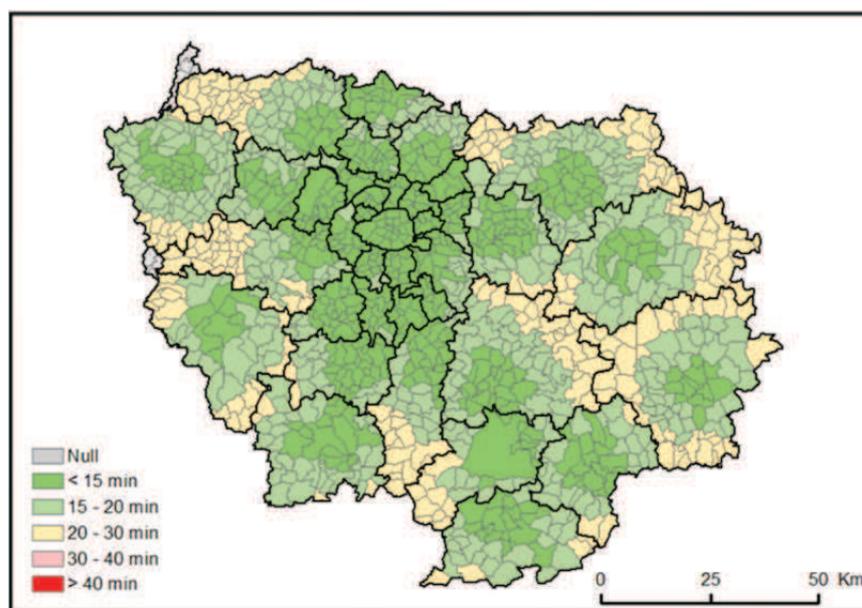
Dans un contexte de ressources de santé rares et onéreuses, la réflexion doit être centrée sur l'adaptation des moyens disponibles face aux besoins de soins de la population. L'optimisation d'un système de soins urgents implique de réfléchir à l'accessibilité et à la disponibilité des moyens. Chaque pays aborde cette problématique de manière propre. Il peut être tentant, pour les organismes payeurs, de réduire le nombre d'ambulance pour espérer optimiser l'efficacité des moyens engagés. C'était le but de l'étude réalisée en 2001, à Taiwan, où les auteurs avaient modélisé, par simulation, le retrait systématique d'une ambulance pour chaque service de secours. Les auteurs estimaient que l'accessibilité des ambulances, vers les patients, restait identique à ce qu'elle était avant la soustraction virtuelle (7 minutes en moyenne)¹⁸². Le taux d'occupation des ambulances était passé de 8 à 15%¹⁷⁷. Toutefois, moins de 8% des services de secours avaient la capacité de réaliser deux interventions simultanées. Pour les auteurs, les délais préhospitaliers très courts (45 minutes en moyenne entre l'alerte et l'arrivée à l'hôpital) étaient gage de sécurité. Ils reconnaissent cependant, ne pas pouvoir appréhender le nombre de patient pour lesquels aucune ambulance n'avait (n'aurait) été disponible¹⁸². D'autres pays ou régions, ont choisi le regroupement des moyens hospitaliers et la contrainte de réduction d'accessibilité qui en résulte^{155,160,170}. Dès lors, ces pays ont cherché à réaffecter des ambulances, dans des espaces publics hors des murs de l'hôpital, pour minimiser les effets de l'éloignement des structures hospitalières¹⁸³. La réaffectation d'ambulance dans des endroits prédéterminés a pu démontrer une certaine efficacité dans les zones rurales, pour réduire les délais de transport à l'hôpital, mais n'avait pas d'effet sur la mortalité^{173,175}.

L'accessibilité ne peut pas résumer une organisation des soins urgents. La disponibilité de la structure délivrant le soin est primordiale. Accessibilité géographique et disponibilité sont intimement liées et regroupées sous le vocable, proposé par certains auteurs, d'accessibilité spatiale¹⁸⁴. L'étude de l'organisation existante des SMUR est un préalable à la réflexion de l'optimisation du système. Nous avons vu que les temps d'accès de la population au SMUR de secteur étaient variables, et que les ratios habitants/UMH, superficie/UMH ou activité/UMH l'étaient encore plus. Des disparités entre secteurs SMUR sont flagrantes, alors que ces secteurs sont parfois mitoyens en milieu urbain dense. Ces disparités peuvent être la source d'une inégalité d'accès au soin, ou de gâchis de ressource. La réduction des disparités n'est jamais un acte simple. Dans une période de contraintes financières majeures, il s'agit de réfléchir à ce que l'on souhaite réaliser : améliorer du mieux possible l'accessibilité, ou rendre constamment disponibles les moyens à disposition, ou encore un mixte des deux avec une contrainte financière forte qui limite l'extension des ressources ?

L'objectif de notre travail a été de simuler différents scénarios de réorganisation (optimisation) des secteurs SMUR, à moyens d'UMH constant, par 1) l'optimisation de l'accessibilité avec pour critère exclusif un temps de trajet le plus court possible, 2) l'optimisation de la disponibilité sur des secteurs contigus avec pour critère exclusif un ratio population/UMH le plus homogène possible, 3) un mixte d'accessibilité et de disponibilité, où l'optimisation sur le critère du ratio population/UMH le plus homogène possible est conditionnée par une accessibilité inférieure à 30 minutes dans la limite du possible.

Les conséquences de chacune de ces simulations de réorganisation seront évaluées, pour chaque secteur SMUR, par le temps maximal d'accès pour les communes les plus excentrées, l'accessibilité moyenne des communes, le ratio population/UMH et le ratio activité prédite/UMH. L'évaluation de ces modèles de simulation de réorganisation s'effectuera en comparaison de l'organisation actuelle des secteurs SMUR, appelée par convention modèle administratif ; ce modèle provient des calculs d'accessibilité décrits en chapitre 4.3.

Carte 27 : Accessibilité moyenne des communes au SMUR de secteur selon l'organisation actuelle des SMUR

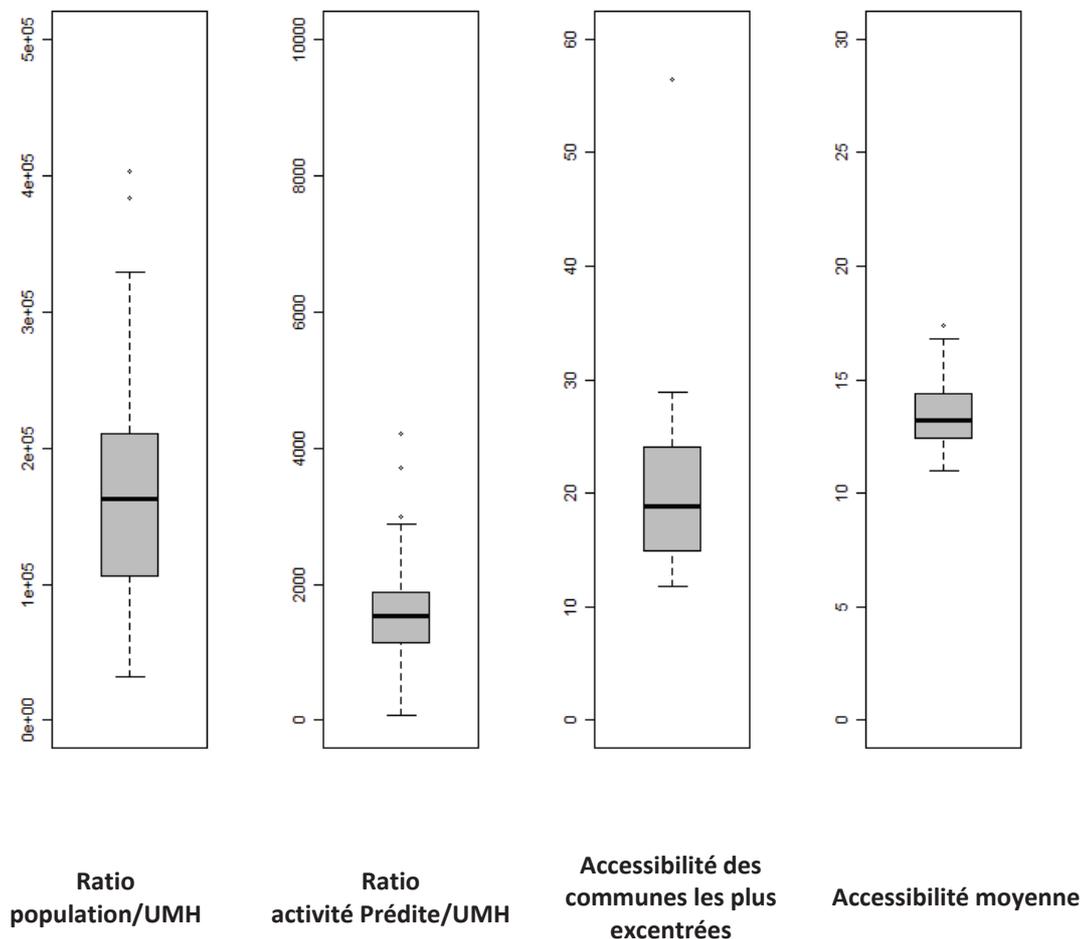


6.1.1 Les indicateurs de l'organisation actuelle des secteurs SMUR : l'accessibilité moyenne et les ratios

Nos calculs d'accessibilité variaient en fonction des scénarios Jour, Rush et Nuit. Pour permettre la comparaison avec les simulations d'optimisation et éviter d'avoir à choisir entre l'un des trois scénarios, nous avons calculé une accessibilité moyenne, pour chaque commune des secteurs SMUR actuels, qui est la résultante des moyennes pondérées de l'accessibilité durant les plages horaires des 3 scénarios, Jour, Rush (7h-9h, 18h-20h) et Nuit (20h-7h) (Carte 27 : Accessibilité moyenne des communes au SMUR de secteur selon l'organisation actuelle des SMUR).

Les indicateurs régionaux moyens issus de l'organisation actuelle (organisation administrative) et qui vont servir de comparaison et d'évaluation des simulations d'optimisation sont en Figure 19 : Moyenne régionale des ratios population/UMH, activité prédite/UMH, et de l'accessibilité dans l'organisation actuelle des secteurs SMUR, le ratio population/UMH est en médiane de 160000 habitants/UMH et en IQR [110000-210000], le ratio activité prédite/UMH est de 1600 et en IQR [1200-2000], les communes les plus éloignées des secteurs SMUR sont à 18 minutes (médiane) en IQR [15-25] et 30 minutes au 90^{ème} percentile. L'accessibilité moyenne régionale est de 13 minutes et en IQR [12-14].

Figure 19 : Moyenne régionale des ratios population/UMH, activité prédite/UMH, et de l'accessibilité dans l'organisation actuelle des secteurs SMUR



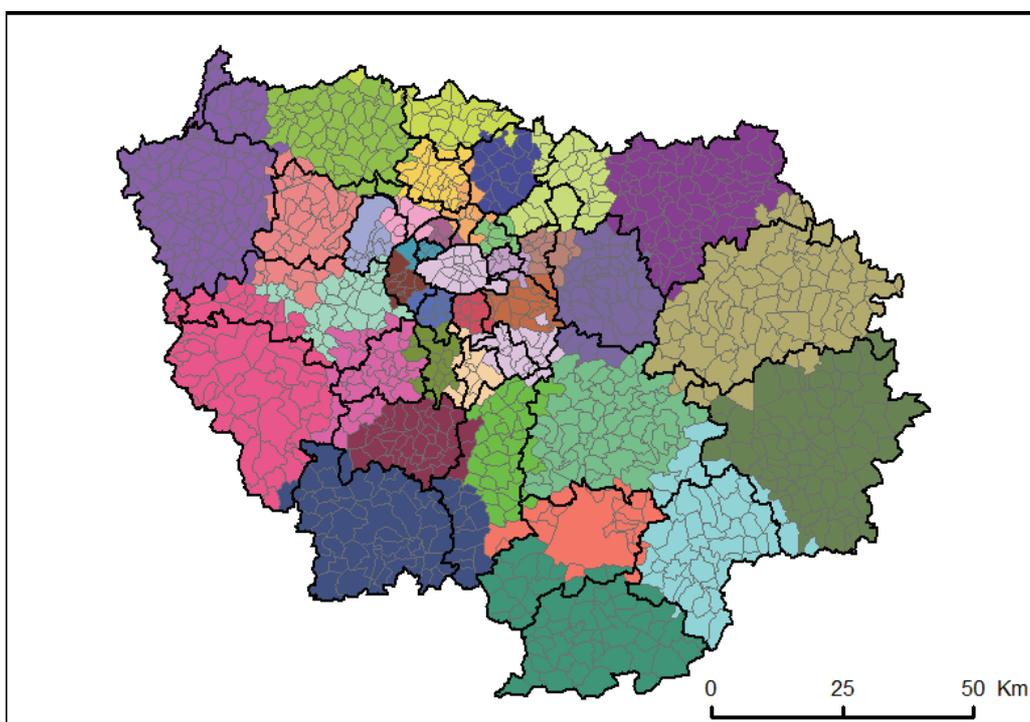
6.2 Scénarios de simulation pour optimiser l'organisation des secteurs SMUR

6.2.1 Optimisation par l'accessibilité : le temps de trajet le plus court

Chaque commune a été affectée par son centroïde pondéré au SMUR le plus proche, et les temps de trajets ont été estimés selon notre modèle décrit en chapitre 4.3.1 Les

conséquences spatiales de la réorganisation des secteurs SMUR, dans ce scénario, sont représentées en Carte 28 : Représentation spatiale de la réorganisation des secteurs SMUR en fonction d'une optimisation par l'accessibilité. Les secteurs SMUR de la petite couronne, à l'exception de Créteil, sont relativement peu concernés par des modifications de périmètre. Une partie du secteur de Créteil sera attribuée au secteur de Villeneuve Saint Georges (94). Les SMUR de la grande couronne sont tous impactés par une modification de leur périmètre : Les secteurs SMUR de Versailles (78), Corbeil (91) et Pontoise (95) subissent une attrition importante et les secteurs de Mantes (78), Rambouillet (78), Arpajon (91), Nemours (77) et Gonesse (95) voient une augmentation importante de leur territoire.

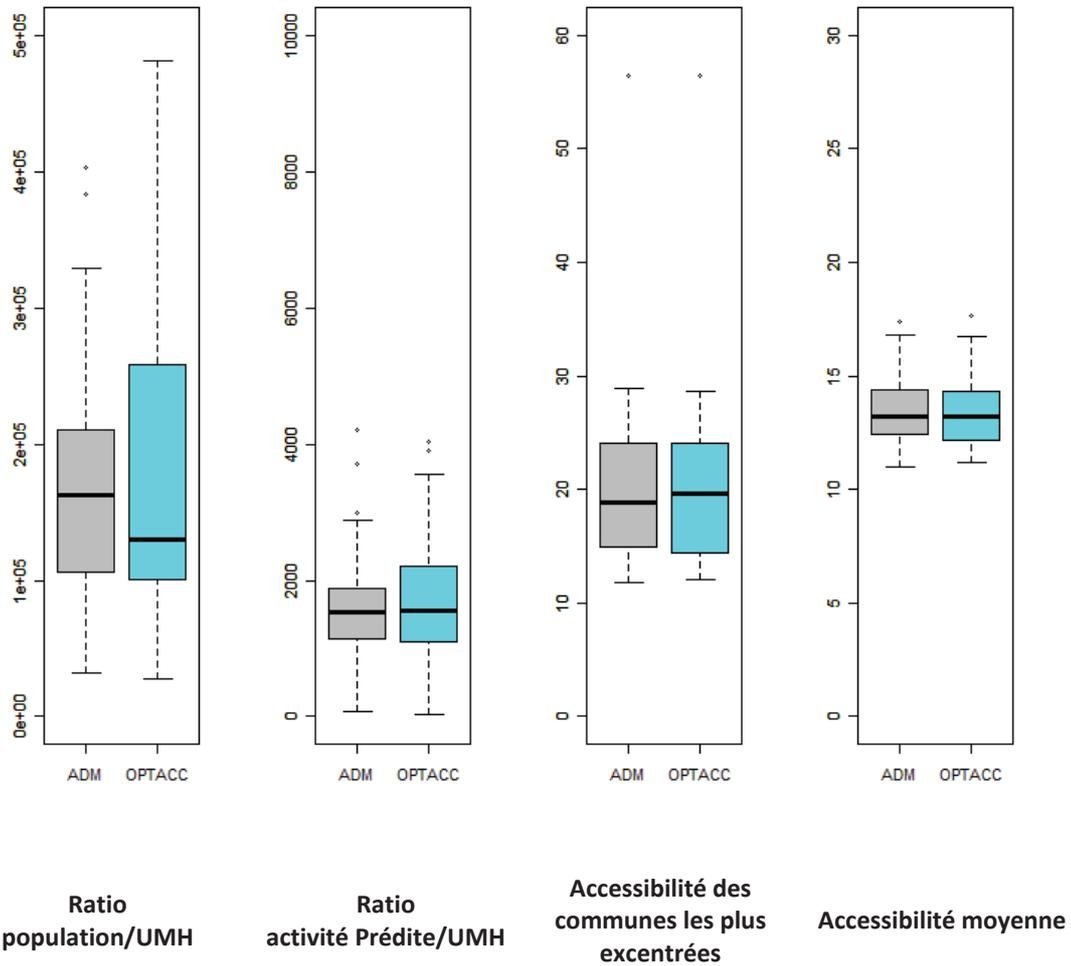
Carte 28 : Représentation spatiale de la réorganisation des secteurs SMUR en fonction d'une optimisation par l'accessibilité



Légende : les secteurs SMUR actuels sont matérialisés par un liseré noir. La couleur correspond à une réorganisation des secteurs qui ne tiendrait compte que de l'accessibilité optimale d'une commune au SMUR le plus proche.

L'accessibilité régionale de ce modèle reste néanmoins identique à celle du modèle administratif avec 13 minutes en médiane et en IQR [12-14]. Il n'existe pas non plus de différence d'accessibilité pour les communes les plus éloignées de leurs SMUR de secteur (18 min et IQR [15-20]) (Figure 20 : Comparaison du modèle optimisé par l'accessibilité et de l'organisation actuelle). En revanche le modèle d'optimisation par l'accessibilité entraîne des conséquences notables sur le ratio population/UMH qui passe de 100 à 200000 habitants/UMH pour 50% des SMUR actuellement, à 100 à 260000 habitants/UMH pour 50% des SMUR et 490000 habitants/UMH au 90^{ème} percentile. Le ratio activité prédite dans ce modèle est logiquement plus conséquent.

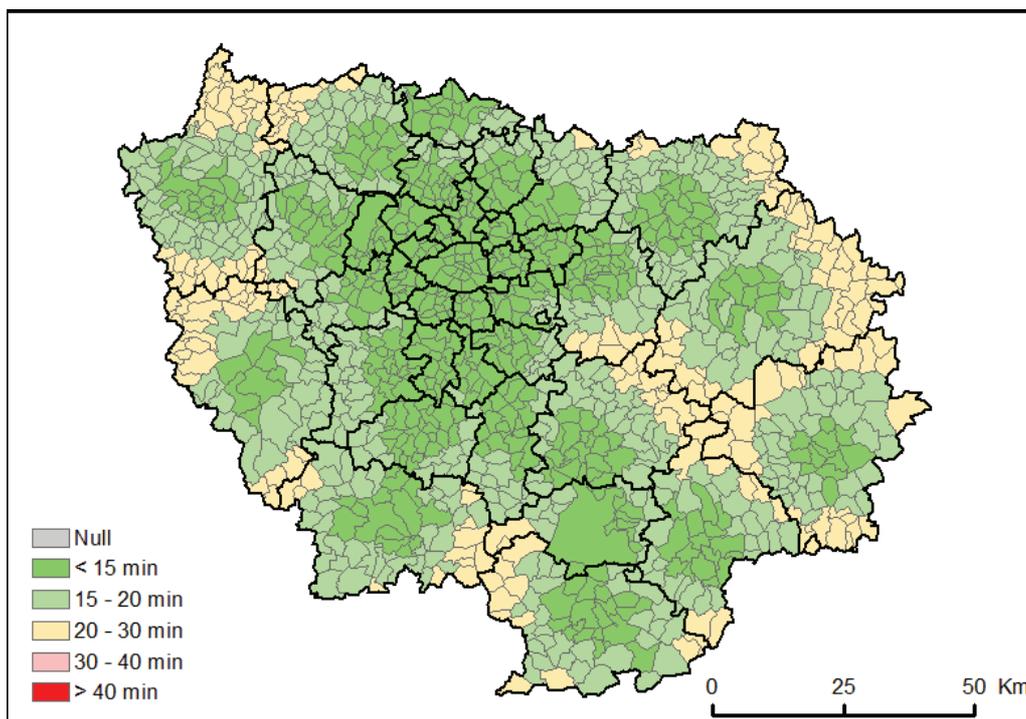
Figure 20 : Comparaison du modèle optimisé par l'accessibilité et de l'organisation actuelle



Légende : ADM = modèle administrative ; OPTACC = optimisation par l'accessibilité

La représentation cartographique de l'accessibilité est Carte 29 : Représentation de l'accessibilité par secteur SMUR en fonction du scénario d'optimisation par l'accessibilité. Les secteurs de SMUR de la petite couronne ont des temps d'accès inférieurs à 15 minutes pour toutes les communes sauf le secteur SMUR de Créteil qui compte des communes à plus de 15 minutes. Pour l'ensemble des secteurs SMUR de la grande couronne les communes à plus de 20 minutes sont moins nombreuses (cf. Carte 15 : Accessibilité géographique théorique des secteurs SMUR administratifs en période de Jour avec trafic routier dense) Il n'y a aucune communes à plus de 30 minutes du SMUR de secteur.

Carte 29 : Représentation de l'accessibilité par secteur SMUR en fonction du scénario d'optimisation par l'accessibilité

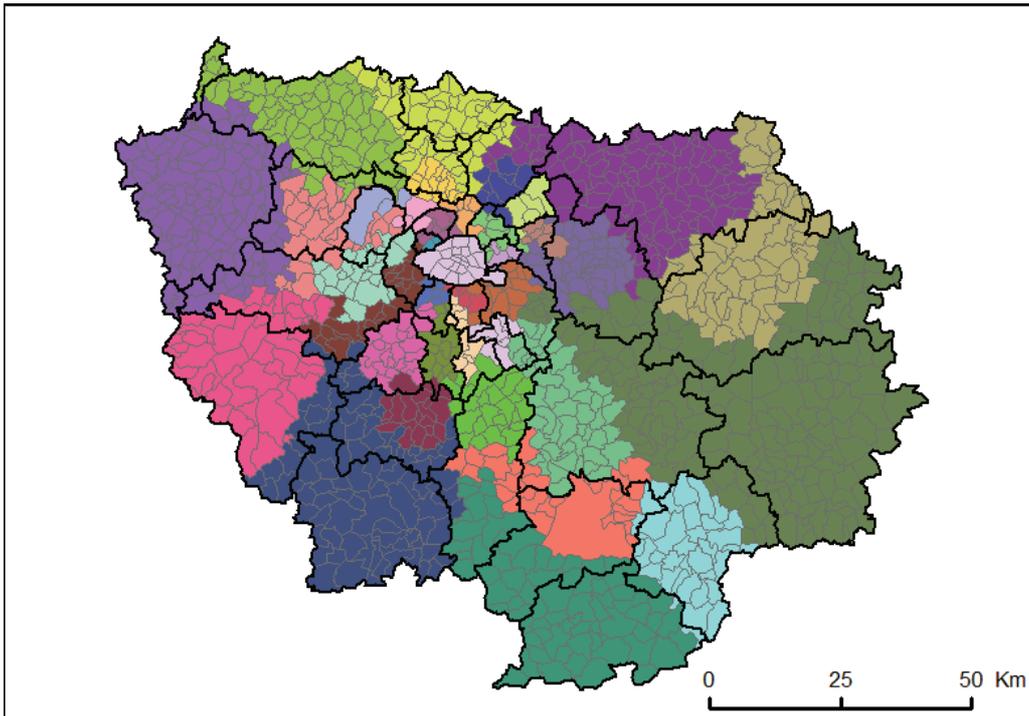


6.2.2 Optimisation par la disponibilité : le ratio population/UMH

Il s'agit dans ce scénario de réorganiser les secteurs SMUR par le ratio population/UMH. La méthode d'affectation des communes autour du SMUR ne sera pas celle du «floating catchment area»¹⁸⁵. En effet nous affecterons une commune à un seul SMUR donné : il n'y aura pas plusieurs SMUR affectés à une même commune. En partant du SMUR qui sera géolocalisé par son adresse, et du nombre d'UMH à disposition de ce SMUR, les communes seront affectées une par une au SMUR en fonction de leur proximité jusqu'à ce que le ratio habitants/UMH soit homogène soit proche du ratio médian régional.

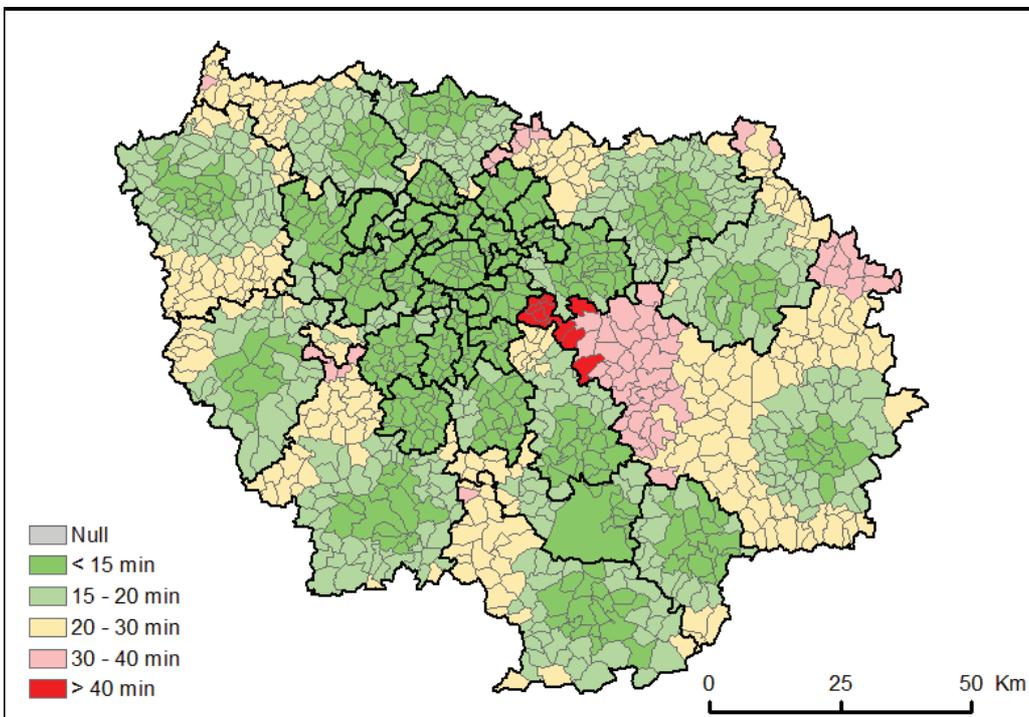
L'ensemble des SMUR du 77, Etampes (91), Beaumont (95) sont particulièrement concernés par un accroissement conséquent de la superficie de leurs secteurs. A l'inverse, les SMUR de Versailles (78), l'ensemble des SMUR de l'Essonne et du Val d'Oise, hormis Pontoise, ont une diminution de superficie de leur territoire (Carte 30 : Représentation spatiale des secteurs SMUR en fonction du scénario optimisé par la disponibilité).

Carte 30 : Représentation spatiale des secteurs SMUR en fonction du scénario optimisé par la disponibilité



Légende : les secteurs SMUR actuels sont matérialisés par un liseré noir. La couleur correspond à une réorganisation des secteurs qui ne tiendrait compte que de l'optimisation du ratio population/UMH.

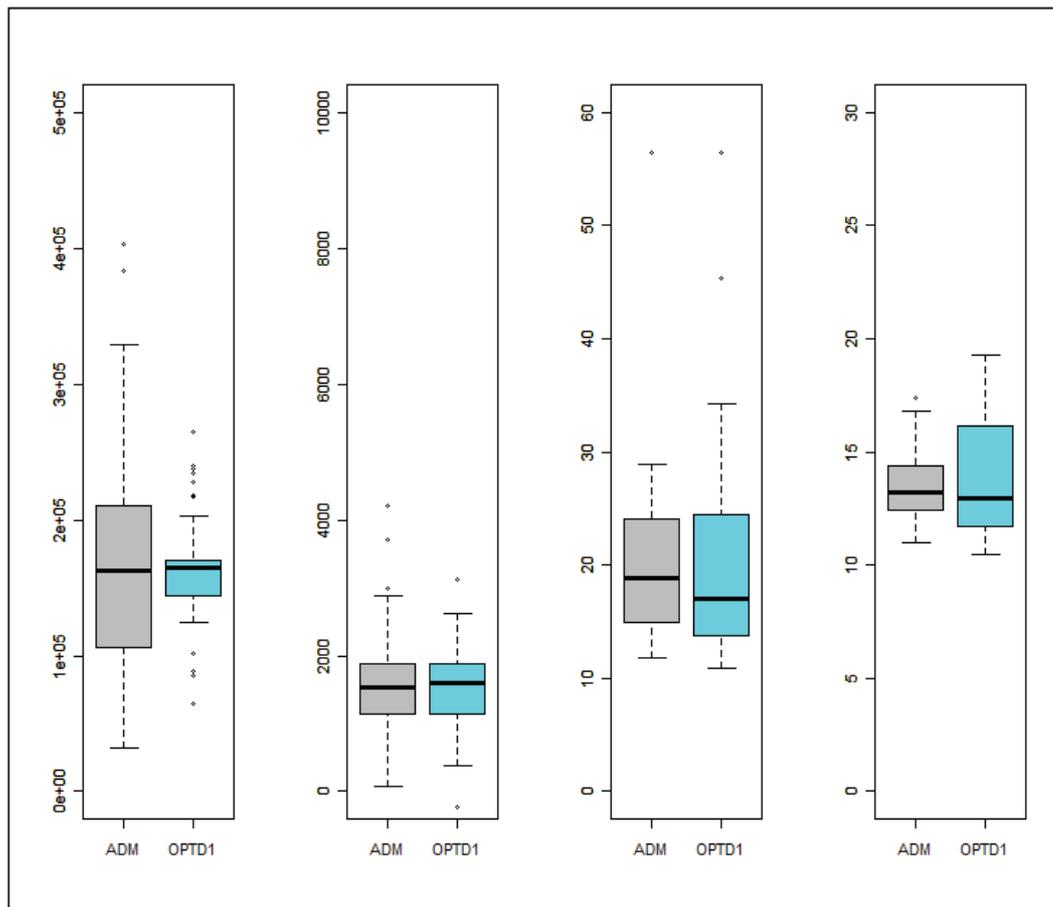
Carte 31 : Représentation de l'accessibilité selon le scénario d'optimisation par disponibilité



Légende : Liseré noir détermine les secteurs SMUR issus d'une réorganisation par le ratio population/UMH

Les conséquences de ce scénario sur l'accessibilité et les ratios d'activité prédite/UMH sont en Figure 21 : Comparaison du modèle optimisé par la disponibilité et de l'organisation actuelle. Dans cette simulation d'optimisation, très logiquement, le ratio population/UMH est homogène en comparaison de l'organisation actuelle : 50% des SMUR ont un ratio compris entre 150 et 170000 habitants/UMH, alors que dans le modèle administratif, 50% des SMUR ont un ratio compris entre 110 à 220000 habitants/UMH. En revanche, l'accessibilité des communes au SMUR de secteur est dégradée, tant en accessibilité moyenne qu'en temps maximal d'accès pour les communes les plus excentrées des secteurs. 25% des communes ont un délai moyen d'accessibilité supérieur à 18 minutes et 10% supérieur à 20 minutes. Les communes excentrées des secteurs seront pour 25% d'entre elles à plus de 25 minutes et 10% d'entre elles à plus de 35 minutes du SMUR de secteur.

Figure 21 : Comparaison du modèle optimisé par la disponibilité et de l'organisation actuelle



Ratio population/UMH **Ratio activité Prédite/UMH** **Accessibilité des communes les plus excentrées** **Accessibilité moyenne**

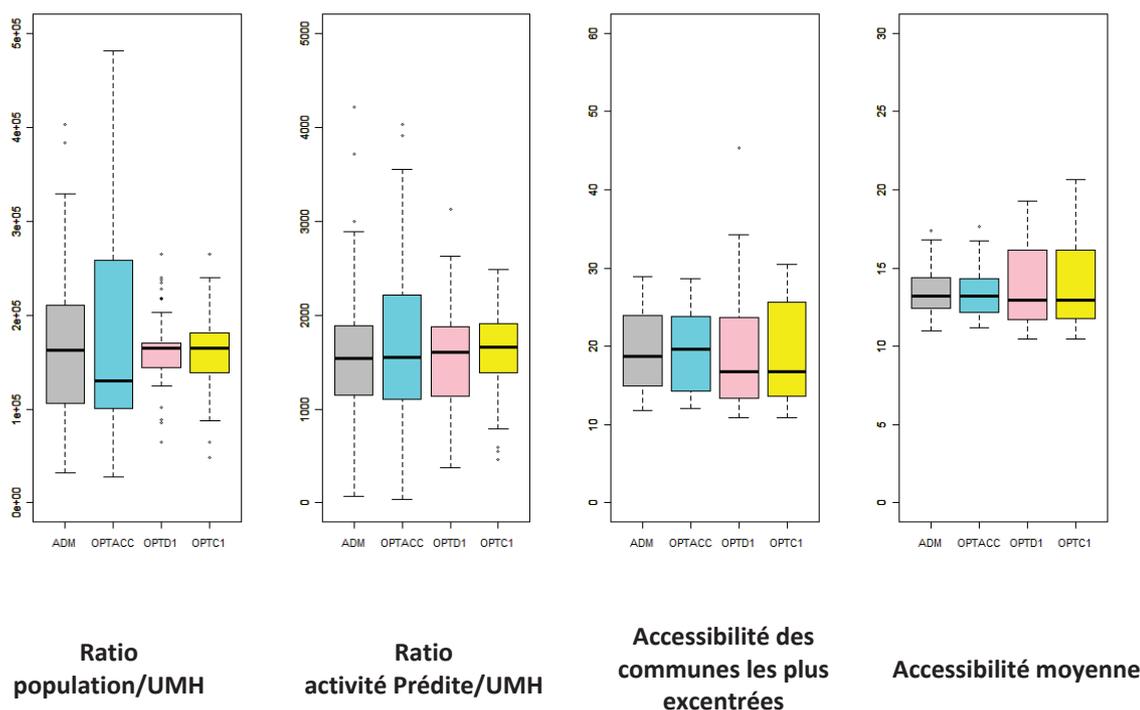
Légende : ADM = modèle administrative ; OPTD1 = optimisation par le ratio population/UMH

La représentation spatiale de l'accessibilité, pour ce scénario de simulation, est en Carte 31 : Représentation de l'accessibilité selon le scénario d'optimisation par disponibilité. Les SMUR de la petite couronne ont une accessibilité inférieure à 15 minutes. En revanche pour les secteurs de la grande couronne et particulièrement Provins et Melun (77) il existe des communes à plus de 30 minutes et quelques communes à plus de 40 minutes du SMUR de secteur.

6.2.3 Optimisation mixte par accessibilité et disponibilité

La disponibilité d'une structure est souhaitable mais ne peut pas faire peser un risque important sur l'accessibilité. Nous allons tester un scénario qui allierait une optimisation du ratio population/UMH, sans qu'aucun habitant ne soit à plus de 30 minutes du SMUR de secteur.

Figure 22 : Comparaison du modèle administratif et des simulations d'optimisation par accessibilité, disponibilité et modèle mixte sur les ratios de population/UMH, activité prédite/UMH et d'accessibilité pour les secteurs SMUR franciliens



Légende : ADM = modèle administrative ; OPTACC = optimisation par l'accessibilité, OPTD1 = optimisation par le ratio population/UMH, OPTC1 = optimisation par le modèle mixte

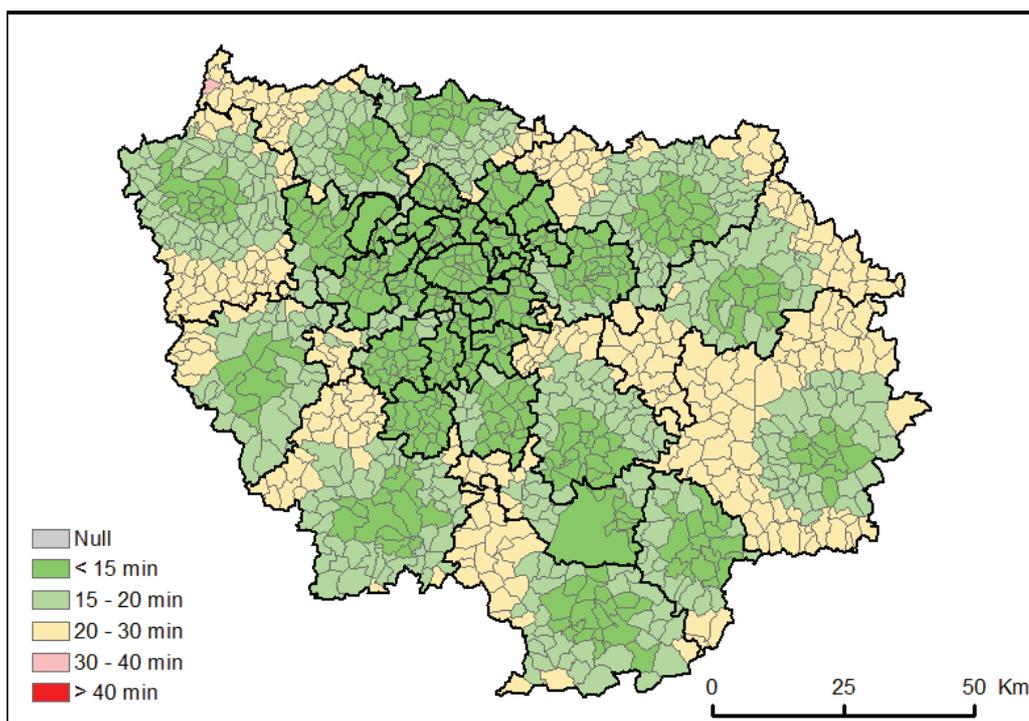
Dans ce scénario, les communes sont affectées à un SMUR avec le double objectif, d'atteindre un ratio population/UMH homogène et de ne pas dépasser un temps de 30 minutes. De fait, certains secteurs SMUR auront d'abord une limitation par le temps de trajet sans pouvoir atteindre le seuil cible de ratio population/UMH, et d'autres SMUR vont

atteindre ce seuil et ne pourront plus prendre de communes alors que les temps de trajet étaient encore bien en deçà des 30 minutes.

Dans ce scénario, 50% des temps de trajet par secteur SMUR, sont compris entre 13 et 18 minutes. Les temps de trajets sont de 22 minutes au 90^{ème} percentile. Les communes les plus excentrées de chaque secteur, sont à 29 minutes au 90^{ème} percentile. Le ratio population/UMH est compris entre 110 et 220000 habitants/UMH pour 50% des secteurs et 250000 habitants/UMH au 90^{ème} percentile (Figure 22 : Comparaison du modèle administratif et des simulations d'optimisation par accessibilité, disponibilité et modèle mixte sur les ratios de population/UMH, activité prédite/UMH et d'accessibilité pour les secteurs SMUR franciliens). Le scénario mixte a un ratio population/UMH, assez proche du modèle d'optimisation par la population et beaucoup plus homogène que celui du modèle par accessibilité. L'accessibilité moyenne est sensiblement identique entre le scénario mixte et le scénario optimisé sur la population.

La représentation spatiale du modèle mixte est Carte 32 : Représentation de l'accessibilité et de l'organisation de chaque secteur SMUR selon le scénario mixte d'optimisation par le temps de trajet le plus court et le ratio population/UMH le plus homogène .Les secteurs des SMUR en périphérie de région subissent une augmentation de superficie conséquente. Une commune, du Val d'Oise, se trouve à plus de 30 minutes du SMUR de secteur. La majorité des secteurs de petite couronne et proches de la petite couronne ont des délais d'accès inférieurs à 15 minutes. Les secteurs de la partie Est de la Seine et Marne se retrouve avec des délais d'accès compris entre 20 et 30 minutes

Carte 32 : Représentation de l'accessibilité et de l'organisation de chaque secteur SMUR selon le scénario mixte d'optimisation par le temps de trajet le plus court et le ratio population/UMH le plus homogène

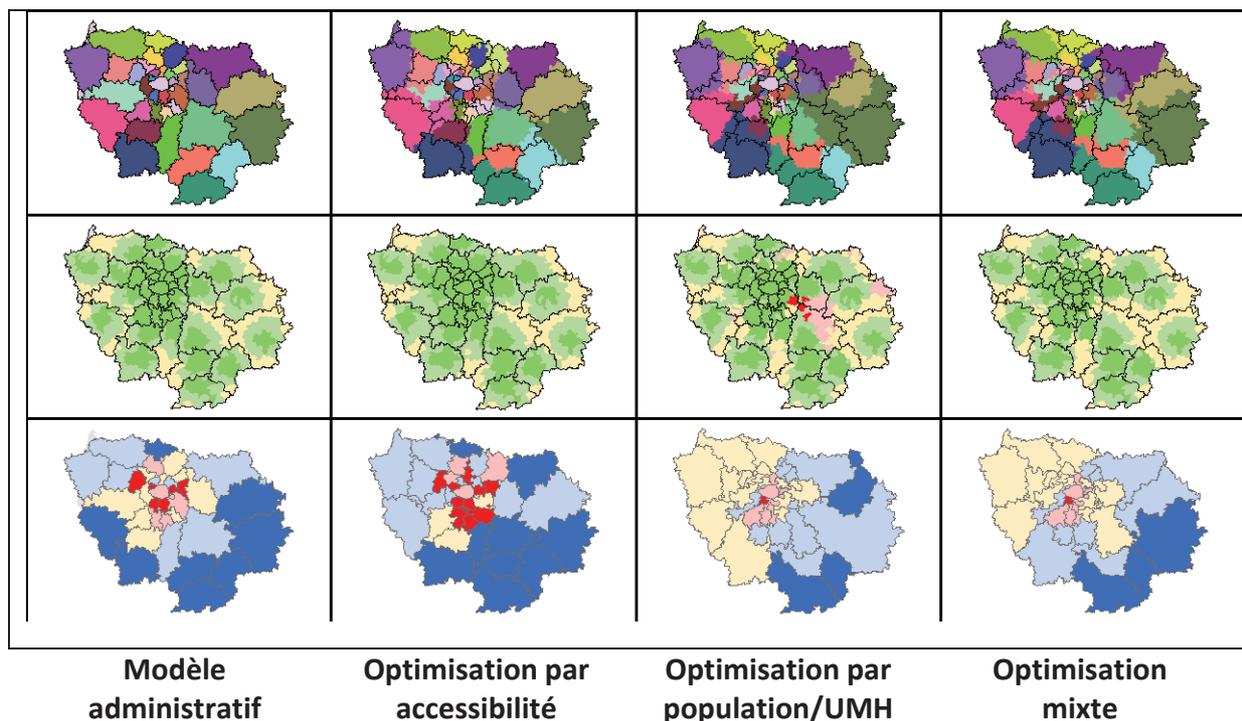


Légende : Liseré noir = découpage des secteurs SMUR

6.2.4 Comparaison des simulations d'optimisation par accessibilité et disponibilité avec le modèle administratif

La Carte 33 : Représentation spatiale comparative de l'organisation des secteurs SMUR et de l'accessibilité selon l'organisation actuelle (modèle dit administratif), l'optimisation par accessibilité et l'optimisation par le ratio population/UMH représente, pour l'accessibilité et le découpage des secteurs SMUR, la synthèse comparative des trois scénarios d'optimisation et de l'organisation territoriale actuelle des SMUR. L'accessibilité de l'organisation actuelle des SMUR est proche du scénario d'optimisation par le trajet le plus court. Certaines communes actuellement à plus de 20 minutes du SMUR de leur secteur deviendraient accessibles en moins de 15 min. En revanche l'accessibilité est très fortement dégradée par l'optimisation pour une meilleure disponibilité. L'optimisation par le ratio population/UMH rendrait de facto accessible en plus de 40 minutes des communes, en plein cœur de la Seine et Marne par exemple, qui naguère ne l'étaient pas. Le modèle mixte, avec un ratio population/UMH plus homogène, réduit le nombre de secteurs avec un ratio bas.

Carte 33 : Représentation spatiale comparative de l'organisation des secteurs SMUR et de l'accessibilité selon l'organisation actuelle (modèle dit administratif), l'optimisation par accessibilité et l'optimisation par le ratio population/UMH



Représentation par organisation territoriale des secteurs SMUR, les conséquences sur l'accessibilité et le ratio population/UMH, (pour ratio pop /UMH : bleu foncé < 100000 /UMH ; Bleu clair : entre 100 et 150000 h/UMH ; orangé : entre 150 et 200000 h/UMH ; rose entre 200 et 250000 h/UMH et rouge > 250000 h/UMH)

6.3 Discussion

Notre calcul d'accessibilité moyenne est une construction mathématique qui ne permet pas d'individualiser finement les différences de délais entre les différentes périodes du nyctémère. Toutefois il a pour mérite de permettre une visualisation globale et régionale de la pertinence de l'organisation administrative actuelle des SMUR. Force est de reconnaître, que malgré un découpage historique et empirique, jamais vraiment évalué, la sectorisation des SMUR est plutôt pertinente en terme d'accessibilité : 80% des communes sont à moins de 20 minutes de leur SMUR. Cette organisation est également relativement homogène en termes de population défendue par une UMH avec une médiane de 160000 habitants/UMH et IQR [110000-210000] Il reste le problème des communes excentrées au sein de chaque secteur où les délais dans ces communes sont pour 10% des secteurs aux alentours de 30 minutes. Ces communes sont peu nombreuses, peu peuplées et rurales. Cela pose néanmoins un vrai problème d'équité d'accès aux soins pour ses habitants. Il existe également une inégalité liée au ratio de population/UMH qui varie de 200 à 340000 habitants/UMH pour 15% des SMUR et à plus de 400000 habitants/UMH pour 10% des SMUR. C'est une difficulté liée au risque d'indisponibilité.

L'optimisation de l'accessibilité est un enjeu majeur qui a fait l'objet chez les anglo-saxons de plusieurs études aux objectifs distincts. Le temps de réponse est crucial dans le système anglo-saxon : les «paramedics» sont le seul échelon de soins urgent à la différence du système français où le maillage territorial des sapeurs pompiers permet l'arrivée d'un équipage en moins de 10 minutes pour réaliser un massage cardiaque externe ou un choc électrique avant l'arrivée d'une UMH¹⁸⁶. Hormis l'arrêt cardiaque, où l'intérêt pronostic de réduire à 5 minutes le temps de réponse des «paramedics» est démontré¹⁸⁷, l'obsession d'organiser un système de soins pour avoir un temps de réponse en plus ou moins 10 minutes n'est pas fondée sur des preuves scientifiques^{188, 189}. Pourtant, l'essentiel de l'organisation du maillage territorial par les «paramedics» repose sur cette assertion. Ce sont des équipages aux formations diverses, mais toujours moins longues et couteuses que celles des UMH ; de fait leur nombre est plus important, et leur fonctionnement purement préhospitalier leur impose, de ne pas travailler à l'hôpital. Il est facile dans ces conditions de faire patrouiller les «paramedics» et/ou de les faire stationner à des endroits spécifiques. Cette stratégie a été l'objet de travaux anglo-saxons consacrés à l'optimisation du temps de réponse. Dans ces études, les temps de réponse étaient optimisés en faisant patrouiller les paramedics¹⁷⁵, ou en les affectant à des endroits à hautes probabilités de besoins (zones routières réputées accidentogènes)¹⁹⁰. Dans l'étude de Gonzales et al., le temps de réponse des «paramedics» en zone rurale était réduit de 2 minutes (7,5 vs 9,5 minutes) en adoptant cette organisation¹⁷⁵. Dans l'étude de Hock, le gain était de 4 minutes (7 vs 11 minutes)¹⁹⁰.

Cette organisation n'est pas adaptée à notre système. Le coût de nos SMUR, et la haute valeur ajoutée des personnels de nos UMH, imposent de rendre efficient leur fonctionnement. Hormis les SMUR urbains ou semi-urbains, le plus souvent à haut volume

d'activité, les médecins des UMH sont souvent impliqués dans la prise en charge des patients aux urgences et sortent en interventions quand le SAMU le demande. Il serait très peu efficace de les faire stationner hors de murs de l'hôpital au prétexte de réduire de quelques minutes le délai d'arrivée sur les lieux. En revanche il est possible de réfléchir à des solutions qui mettraient en place des échelons locaux, médicaux ou paramédicaux, capables, sous la direction du SAMU, d'être engagés en quelques minutes et de réaliser des actes diagnostiques ou des soins conservatoires en attendant l'arrivée de l'UMH.

Nos scénarios d'optimisation sont intéressants en cela qu'ils démontrent que parfois le mieux peut être l'ennemi du bien. La simulation de l'optimisation par l'accessibilité, avec la réorganisation des secteurs en fonction du temps de trajet le plus court possible, en est un parfait exemple. L'attribution systématique des communes au SMUR le plus proche possible, aboutit à créer des secteurs à très haut ratio de population/UMH avec des gains d'accessibilité moyenne qui sont peu significatifs : dans ce scénario d'optimisation, l'accessibilité médiane de l'ensemble des secteurs est peu ou pas du tout améliorée, tout simplement parce que les délais sont déjà relativement brefs et qu'il paraît très difficile de faire mieux à l'échelle d'une région (13 minutes en médiane avec 11 et 18 minutes en 10^{ème} et 90^{ème} percentile). Les délais d'accès aux communes les plus excentrées restent identiques à ceux de l'organisation actuelle (30 minutes au 90^{ème} percentile). Le seul effet sensible, va concerner quelques communes, qui de 20 minutes de délais d'accès se retrouveront à 15 minutes ou moins, soit un gain, au mieux, de 5 minutes de temps d'acheminement du SMUR. C'est le cas notable, et caricatural, de la commune de Chelles (Seine et Marne) qui, jouxtant la frontière de la Seine-St-Denis, se trouve à moins de 5 minutes du SMUR de Montfermeil (93) mais dépend du SMUR de Lagny (77), situé à 20 minutes de temps de trajet. En revanche la recherche d'une accessibilité à outrance va considérablement modifier le ratio population/UMH médian des secteurs SMUR franciliens: pour 50% des secteurs, le ratio serait compris entre 110000 et 260000 habitants/UMH, et 500000 habitants/UMH en 90^{ème} percentile. Sauf à considérer qu'on peut augmenter le nombre d'UMH par SMUR dans certains secteurs, le risque d'indisponibilité d'une UMH devient inacceptable.

L'optimisation des secteurs par l'application stricte d'un ratio population/UMH représente un risque majeur de dégradation de l'accessibilité. Certes, dans cette simulation de réorganisation, le ratio est de 160000 habitants/UMH pour 50% des SMUR et 20000 habitants/UMH au 90^{ème} percentile. Mais le prix à payer, en délais d'accès, n'est pas négligeable. L'accessibilité moyenne se retrouve dégradée, avec 20 minutes au 90^{ème} percentile et, 25% des secteurs auront des communes excentrées, à plus de 25 minutes du SMUR. Les secteurs ruraux seraient les plus concernés. Le scénario d'optimisation mixte est pertinent : il n'augmente pas significativement les délais d'accès et entraîne, une meilleure homogénéisation du ratio population/UMH : il entraîne cependant, comme effet paradoxal, une augmentation du ratio population/UMH pour des secteurs très ruraux avec un risque accru d'indisponibilité potentiellement plus délicate à compenser qu'en secteurs urbains, en

raison de l'absence de SMUR contigus proches. Ce type de modèle peut être considéré comme une organisation territoriale alterne.

En conclusion, nos simulations d'optimisation de l'organisation des SMUR à moyens constants permettent d'apporter des informations précises : une réorganisation des secteurs SMUR avec pour seul critère soit le temps d'accès le plus court, soit un ratio population/UMH le plus homogène, serait délétère, et doit être réfutée avec véhémence.

7 Conclusion

Depuis l'élection, en avril 2012, de F Hollande à la Présidence de la République, le débat pour l'accessibilité aux soins urgents a été relancé. Le Ministre de la Santé, Mde Touraine, a rappelé au CNUH (Conseil national des urgences hospitalières), la volonté présidentielle de rendre accessible à tout citoyen, un SMUR en moins de 30 minutes et, le cas échéant, de trouver des solutions correctrices¹⁹¹.

En Ile de France, 100000 citoyens et 3% du territoire sont à plus de 30 minutes du SMUR de secteur. Aucune caractéristiques socio-économiques ne distinguent ces citoyens, sinon le fait d'habiter dans des communes rurales et excentrées. Ces territoires combinent un défaut d'accessibilité et un risque d'indisponibilité du SMUR de secteur, aggravé par l'éloignement de tout autre SMUR contigu. Une réorganisation territoriale des SMUR, à moyens constants, qui s'affranchirait des limites des départements, permettrait d'améliorer sensiblement l'accessibilité dans ces territoires, mais des mesures complémentaires seront nécessaires. Il est essentiel de pouvoir s'appuyer, là où ils exercent, sur des professionnels libéraux de santé, volontaires, formés, équipés et considérés comme des maillons d'une chaîne médicale de secours pré-SMUR. La mise à disposition d'une ressource hélicoptérée adaptée (Heli-SMUR) est une piste nécessaire à structurer.

Le critère d'accessibilité pris isolément, masque de fortes inégalités dans l'organisation territoriale des SMUR. La disponibilité d'un SMUR est un critère essentiel, rarement évalué. La prise en charge du traumatisme crânien grave illustre parfaitement la situation.

La réflexion géographique et l'utilisation des outils SIG permettent de pouvoir évaluer et visualiser objectivement les atouts et faiblesses de l'organisation territoriale d'un système de santé et de proposer des modèles d'organisation pertinents.

Table des annexes

Annexe 1 : Tableau des vitesses «décrétées» utilisés dans la littérature scientifiques

Annexe 2 : Vitesses proposées par Hilal et col. INRA

Annexe 3 : Questionnaire pour les vitesses estimées par les ambulanciers

Annexe 4 : Tableaux des vitesses estimées par les ambulanciers

Annexe 5 : Diagramme des inclusions

Table des figures

Figure 1 : Vitesses estimées par les ambulanciers selon le type de route, la période du nyctémère et le milieu rural, urbain ou forestier.....	81
Figure 2 : Comparaison des vitesses estimées (kms/h) entre ambulanciers des SMUR urbains et péri-urbains (gris) versus SMUR ruraux (vert) en fonction du type de route pour les scenario de jour, de rush et de nuit.....	82
Figure 3 : Corrélation entre les délais du modèle théorique d'accessibilité (basé sur les vitesses médianes) et les délais observés de la cohorte TCG : scénario de Jour, rush et nuit (NB : En abscisse le délai théorique; en ordonnée le délai réel constaté dans la cohorte de TCG).....	87
Figure 4 : comparaison de la différence des délais théorique vs observés après la correction du modèle théorique pour les scénarios Jour, Rush et Nuit (vitesse médiane). (Nb : en abscisse l'écart en min entre délai théorique et délai observés)	88
Figure 5 : Accessibilité du territoire, de la population et des + de 65 ans au SMUR de secteur selon le type de milieu et par département. Scénario de jour avec rush	89
Figure 6 : revenu fiscal médian par foyer et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR.....	100
Figure 7 : Part des chômeurs et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR	100
Figure 8 : Part des + de 65 ans et ratio intervention primaire pour 100000 habitants pour chaque secteur SMUR	101
Figure 9 : Relation population/UMH vs activité/UMH	103
Figure 10 : Relation population + 65 ans/UMH vs Activité/UMH	104
Figure 11 : Relation superficie/UMH vs activité/UMH.....	105
Figure 12 : Relation kilomètre de route/UMH vs activité/UMH	106
Figure 13 : Modèle activité totale (Paris inclus).....	107
Figure 14 : Analyse des résidus selon l'activité totale (primaire et secondaire).....	108
Figure 15 : Relation activité/UMH et temps moyen d'intervention.....	110
Figure 16 : relation activité théorique et réelle (primaire et secondaire)	112
Figure 17: Comparaison de l'indisponibilité de chaque SMUR exprimé par le % de non prise en charge de TCG par SMUR de secteur en fonction du nombre d'UMH	114
Figure 18 : Corrélation entre l'indisponibilité du SMUR de secteur et le ratio habitants/UMH.....	115
Figure 19 : Moyenne régionale des ratios population/UMH, activité prédite/UMH, et de l'accessibilité dans l'organisation actuelle des secteurs SMUR	124
Figure 20 : Comparaison du modèle optimisé par l'accessibilité et de l'organisation actuelle	126
Figure 21 : Comparaison du modèle optimisé par la disponibilité et de l'organisation actuelle.....	129
Figure 22 : Comparaison du modèle administratif et des simulations d'optimisation par accessibilité, disponibilité et modèle mixte sur les ratios de population/UMH, activité prédite/UMH et d'accessibilité pour les secteurs SMUR franciliens.....	130

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre d'habitants et densité de population par département en Ile de France	35
Tableau 2 : Caractéristiques des secteurs SMUR par superficie, nombre d'habitants et nombre d'équipes médicales	43
Tableau 3 : Activité des SAMU de l'Ile de France en 2007	48
Tableau 4 : Activité primaire et secondaire de chaque secteur SMUR	49
Tableau 5 : Caractéristiques des TCG en fonction du département de survenue	62
Tableau 6 : Caractéristiques des TCG selon le milieu de survenue (rural ou urbain).....	62
Tableau 7 : caractéristiques des TCG pris en charge par les SAMU ou les AR de la BSPP.....	64
Tableau 8 Prise en charge médicale des TCG en fonction des SAMU	64
Tableau 9 : Délais de prise en charge selon le SAMU de prise en charge.....	65
Tableau 10 : Description des trajectoires des TCG selon les SAMU franciliens	66
Tableau 11 : Description de la corrélation par régression linéaire entre le modèle théorique et les délais observés.....	84
Tableau 12 : Récapitulatif de l'accessibilité selon les départements de l'Ile de France (Paris exclu) pour la population et le territoire desservis en fonction du scénario de trafic routier dense.....	86
Tableau 13: Caractéristiques socio-économiques de la population des secteurs SMUR.....	99
Tableau 14 : Modèle multivarié de prédiction d'activité des SMUR (Paris inclus)	107
Tableau 15 : SMUR concernés par la prise en charge d'au moins 1 TCG par un SMUR voisin.....	113

Table des cartes

Carte 1 : Occupation du sol en Ile-de-France	33
Carte 2 : Le réseau routier en Ile-de-France	33
Carte 3 : Axes rapides à très fort trafic routier aux heures de pointe (7h00-09h00 et 18 h00-20h00)	35
Carte 4 : Densité de population à l'échelle des communes	36
Carte 5 : Densité des seniors à l'échelle des communes	36
Carte 6 : Part des seniors par rapport à la population à l'échelle des communes.....	37
Carte 7 : Dynamique démographique par communes entre 1999 et 2008	38
Carte 8 : Implantation territoriale des SMUR en Ile de France	40
Carte 9 : Nombre d'habitants par secteurs SMUR	41
Carte 10 : Part de la population de + 65 ans (%) par secteur SMUR.....	41
Carte 11 : Secteurs SMUR avec une ou plus d'une UMH.....	42
Carte 12: Implantation régionale des "trauma center" français et des hôpitaux disposant d'un service d'urgence	46
Carte 13: Activité des SMUR en Ile de France	48
Carte 14 : Représentation spatiale des lieux de survenue des TCG en fonction des circonstances lésionnelles .	63
Carte 15 : Accessibilité géographique théorique des secteurs SMUR administratifs en période de Jour avec trafic routier dense (rush)	86
Carte 16 : Accessibilité géographique des secteurs SMUR administratifs en période de Jour et de nuit.....	90
Carte 17 : Interventions primaires/100000 habitants par secteurs SMUR	98
Carte 18 : Ratio des interventions rapportées au nombre d'UMH de chaque secteur SMUR.....	101
Carte 19 : Population (milliers) par secteur SMUR rapportée au nombre d'UMH du SMUR	103
Carte 20 : Population des + 65 ans (milliers) par secteur SMUR rapportée au nombre d'UMH.....	104
Carte 21 : Ratio superficie en km ² par nombre d'UMH pour chacun des secteurs SMUR	105
Carte 22 : Ratio kilomètres de route par nombre d'UMH pour chacun des secteurs SMUR.....	106
Carte 23 : Accessibilité moyenne pondérée (minutes) par la population pour chaque secteur SMUR.....	109
Carte 24 : Carte du nombre théorique maximal d'interventions réalisables par territoire SMUR/24 h	111
Carte 25 : Taux d'activité réelle/activité théorique par nombre d'UMH pour chaque secteur SMUR.....	111
Carte 26 : Représentation de l'activité des TCG survenus dans chaque secteur SMUR et des TCG pris en charge par un SMUR hors secteur	114
Carte 27 : Accessibilité moyenne des communes au SMUR de secteur selon l'organisation actuelle des SMUR	123
Carte 28 : Représentation spatiale de la réorganisation des secteurs SMUR en fonction d'une optimisation par l'accessibilité	125
Carte 29 : Représentation de l'accessibilité par secteur SMUR en fonction du scénario d'optimisation par l'accessibilité	127
Carte 30 : Représentation spatiale des secteurs SMUR en fonction du scénario optimisé par la disponibilité .	128
Carte 31 : Représentation de l'accessibilité selon le scénario d'optimisation par disponibilité	128
Carte 32 : Représentation de l'accessibilité et de l'organisation de chaque secteur SMUR selon le scénario mixte d'optimisation par le temps de trajet le plus court et le ratio population/UMH le plus homogène	131
Carte 33 : Représentation spatiale comparative de l'organisation des secteurs SMUR et de l'accessibilité selon l'organisation actuelle (modèle dit administratif), l'optimisation par accessibilité et l'optimisation par le ratio population/UMH.....	132

Bibliographie

-
- ¹ Murray CJ, Lopez AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020 : Global Burden of Disease Study. *Lancet* 1997;349:1498-1504
- ² Dutton RP, Stansbury LG, Leone S, Kramer E, Hess JR, Scalea TM. Trauma Mortality in Mature Trauma Systems: Are We Doing Better? An Analysis of Trauma Mortality Patterns, 1997–2008. *J Trauma*. 2010;69: 620–626
- ³ Chiara O, Scott JD, Cimbanassi S, Marini A, Zoia R, Rodriguez A, Scalea T and the Milan Trauma Death Study Group. Trauma deaths in an Italian urban area: an audit of pre-hospital and in-hospital trauma care. *Injury, Int. J. Care Injured* 2002;33:553–562
- ⁴ Cothren CC, Moore EE, Hedegaard HB, Meng K. Epidemiology of Urban Trauma Deaths: A Comprehensive Reassessment 10 Years Later. *World J Surg* 2007; 31:1507–1511
- ⁵ Katsaragakis S, Theodoraki ME, Toutouzas K, Drimousis PG, Larentzakis A, Stergiopoulos S, Aggelakis C, Lapidakis G, Massalis I, Theodorou D. The Implementation of a National Trauma Registry in Greece. Methodology and Preliminary Results. *J Trauma*. 2009;67: 1421–1425
- ⁶ Brain Injury Association of America. Traumatic brain injury: time to end the silence [Editorial]. *Lancet Neurol* 2010; 9: 331
- ⁷ The Brain Trauma Foundation. Guidelines for the management of traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2007;24:1-106
- ⁸ Prise en charge des traumatisés crâniens graves à la phase précoce. Recommandation pour la pratique clinique. *Ann Fr Anesth Réanim* 1999;18:11-159
- ⁹ Fakhry SM, Trask AL, Waller MA, Watts DD. Management of brain injury patients by an evidence based medicine protocol improves outcomes and decreases hospital charges. *J Trauma* 2004;56:492-500
- ¹⁰ Georgoff P, Mehgan S, Mirza K, Stein SC. Geographic variations in outcomes from severe traumatic brain injury. *World Neurosurgery* 2010;74:331-45
- ¹¹ Roozenbeek B, Chiu YL, Lingsma HF, Gerber LM, Steyerberg EW, Ghajar J, Maas AI. Predicting 14-Day Mortality after Severe Traumatic Brain Injury: Application of the IMPACT Models in the Brain Trauma Foundation TBI-trac_ New York State Database. *Journal of Neurotrauma* 2012 ; 29:1
- ¹² Rochette LM, Conner KA, Smith GA. The contribution of traumatic brain injury to the medical and economic outcomes of motor vehicle-related injuries in Ohio. *Journal of Safety Research* 2009; 40 :353–358
- ¹³ Rouxel JMP, Tazarourte K, Le Moigno S, Ract C, Vigué B. Prise en charge préhospitalière des traumatisés crâniens. *Ann Fr Anesth Réanim* 2004;23:6-14
- ¹⁴ Bouhours G, Lehoussie T, Mylonas J, Lacroix G, Gondret C, Savio C, Couillard C, Beydon L. Evaluation de la regulation prehospitaliere et prise en charge initiale des traumatisés crâniens graves dans la region des Pays-de-la-Loire : Etude prospective, multicentrique. *Ann Fr Anesth Réanim* 2008;27 :397-404
- ¹⁵ Terkelsen CJ, Sørensen JT, Maeng M, Jensen LO, Tilsted HH, Trautner S, Vach W, Johnsen SP, Thuesen L, Lassen JF. System Delay and Mortality Among Patients With STEMI Treated With Primary Percutaneous Coronary Intervention. *JAMA* 2010;304(7):763-771
- ¹⁶ Westerhout CM, Bonnefoy E, Welsh RC, Steg PG, Boutitie F, Armstrong PW. The influence of time from symptom onset and reperfusion strategy on 1-year survival in ST-elevation myocardial infarction: A pooled analysis of an early fibrinolytic strategy versus primary percutaneous coronary intervention from CAPTIM and WEST. *Am Heart J* 2011;161:283-90
- ¹⁷ Stiell IG, Spaite DW, Field B, Nesbitt LP, Munkley D, Maloney J, Dreyer J, Toohey LL, Campeau T, Dagnone E, Lyver M, Wells GA for the OPALS Study Group. Advanced Life Support for Out-of-Hospital Respiratory Distress. *N Engl J Med* 2007;356:2156-64

-
- ¹⁸ Albright KC, Branas CC, Meyer BC, Matherne-Meyer DE, Zivin JA, Lyden PD, Carr BG. Acute Cerebrovascular Care in Emergency Stroke Systems. *Arch Neurol*. 2010;67:1210-1218
- ¹⁹ Jackson RJH, Nolan JP. Improving outcome in out-of-hospital cardiac arrest: impact of bystander cardiopulmonary resuscitation and prehospital physician care. *Critical Care* 2011, 15:101
- ²⁰ Marson AC, Thomson JC. The influence of prehospital trauma care on motor vehicle crash mortality. *J Trauma* 2001;50:917-21
- ²¹ Carr BG, Branas CC, Metlay JP, Sullivan AF, Camargo CA Jr. Access to emergency care in the United States. *Ann Emerg Med*. 2009;54(2):261-269
- ²² Branas CC, MacKenzie EJ, Williams JC, et al. Access to trauma centers in the United States. *JAMA*. 2005;293(21):2626-2633
- ²³ Hameed MS, Schuurman N, Razek T, Boone D, Van Heest R, Taulu T, Lakha N, Evans DC, Brown DR, Kirkpatrick AW, Stelfox HT, Dyer D, van Wijngaarden-Stephens M, Logsetty S, Nathens AB, Charyk-Stewart T, Rizoli S, Tremblay LN, Brenneman F, Ahmed N, Galbraith E, Parry N, Girotti MJ, Pagliarello G, Tze N, Khwaja K, Yanchar N, Tallon JM, Trenholm AI, Tegart C, Amram O, Berube M, Hameed U, Simons RK, for the Research Committee of the Trauma Association of Canada. Access to Trauma Systems in Canada *J Trauma*. 2010
- ²⁴ Gomez D, Berube M, Xiong W, Ahmed N, Haas B, Schuurman N, Nathens. Identifying Targets for Potential Interventions to Reduce Rural Trauma Deaths: A Population-Based Analysis. *J Trauma*. 2010;69: 633–639
- ²⁵ Hsia RY, Wang E, Torres H, Saynina O, Wise PH. Disparities in Trauma Center Access Despite Increasing Utilization: Data From California, 1999 to 2006. *J Trauma*. 2010;68: 217–224
- ²⁶ Gonzalez RP, Cummings GR, Shanna H M, Mulekar MS, Rodning CB. EMS Relocation in a Rural Area Using a Geographic Information System Can Improve Response Time to Motor Vehicle Crashes. *J Trauma* 2011;71:1023-26
- ²⁷ Duchateau FX, Verronneau T, Chollet C, Ricard-Hibon A, Samain E, Marty J. Evaluation des délais d'intervention du SMUR Beaujon –Hauts-de-Seine. *JEUR* 2004 ; 17 :47-48
- ²⁸ Duchateau FX, Garnier-Connois D, Ricard-Hibon A, Josseaume J, Casalino E. Response time evaluation for emergency medical service as a part of its performance. *Emerg Med J* 2012 as 10.1136/emered-2012-201714
- ²⁹ Penchansky R, Thomas JW. The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction. *Med Care*. 1981;19:127-140
- ³⁰ Teixeira PG, Inaba K, Hadjizacharia P, Brown C, Salim A, Rhee P, Browder T, Noguchi TT, Demetriades D. Preventable or Potentially Preventable Mortality at a Mature Trauma Center. *J Trauma*. 2007;63:1338 –1347
- ³¹ Masella AC, Pinho VF, Passos ADC, Netto ACS, Rizoli S, Sandro Scarpelini S. Temporal Distribution of Trauma Deaths: Quality of Trauma Care in a Developing Country. *J Trauma*. 2008;65:653– 658
- ³² Wu X, Hu J, Zhuo L, Fu C, Hui G, Wang Y, Yang W, Teng L, Lu S, Xu G. Epidemiology of Traumatic Brain Injury in Eastern China, 2004: A Prospective Large Case Study. *J Trauma*. 2008;64:1313–1319
- ³³ Haeusler JMC, Tobler B, Arnet B, Huesler J, Zimmermann H. Pilot Study on the Comprehensive Economic Costs of Major Trauma: Consequential Costs Are Well in Excess of Medical Costs. *J Trauma*. 2006;61:723–731
- ³⁴ Ikeda N, Inoue M, Iso H, Ikeda S, Satoh T, Noda M, Mizoue T, Imano H, Saito E, Katanoda K, Sobue T, Tsugane S, Naghavi M, Ezzati M, Shibuya K Adult Mortality Attributable to Preventable Risk Factors for Non-Communicable Diseases and Injuries in Japan: A Comparative Risk Assessment. *PLoS Med* 2012 9(1): e1001160. doi:10.1371/journal.pmed.1001160
- ³⁵ O'Keeffe T, Shafi S, Sperry JL, Gentilello LM. The Implications of Alcohol Intoxication and the Uniform Policy Provision Law on Trauma Centers; A National Trauma Data Bank Analysis of Minimally Injured Patients. *J Trauma*. 2009;66:495– 498
- ³⁶ Hadjizacharia P, Green DJ, Plurad D, Chan LS, Law J, Inaba K, Demetriades D. Cocaine Use in Trauma: Effect on Injuries and Outcomes. *J Trauma*. 2009;66:491– 494

-
- ³⁷ Demetriades D, Murray J, Sinz B, Myles D, Chan L, Sathyaragiswaran L, Noguchi T, Bongard FS, Cryer GH, Gaspard DJ. Epidemiology of Major Trauma and Trauma Deaths in Los Angeles County. *J Am Coll Surg* 1998;187:373–383
- ³⁸ Tagliaferri F, Compagnone C, Korsic M, Servadei F, Kraus J. A systematic review of brain injury epidemiology in Europe. *Acta Neurochir* 2006;148:255-68
- ³⁹ Potenza BM, Hoyt DB, Coimbra R, Fortlage D, Holbrook T, Hollingsworth-Fridlund P, and the Trauma Research and Education Foundation. The Epidemiology of Serious and Fatal Injury in San Diego County Over an 11-Year Period. *J Trauma*. 2004;56:68–75
- ⁴⁰ Shafi S, Parks J, Gentilello L. Cost Benefits of Reduction in Motor Vehicle Injuries With a Nationwide Speed Limit of 65 Miles Per Hour (mph). *J Trauma*. 2008;65:1122–1125.
- ⁴¹ Wilson C, Willis C, Hendrikz JK, Bellamy N. Speed enforcement detection devices for preventing road traffic injuries (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2006, Issue 2. Art. No.: CD004607. DOI: 10.1002/14651858.CD004607.pub2.
- ⁴² Redelmeier DA, Yarnell CJ, Thiruchelvam D, Tibshirani RJ. Physicians’ Warnings for Unfit Drivers and the Risk of Trauma from Road Crashes. *N Engl J Med* 2012;367:1228-36.
- ⁴³ Masson F, Michel Thicoipe M, Aye P, Mokni T, Senjean P, Schmitt V, Dessalles PH, Cazaugade M, Labadens P. and the Aquitaine Group for Severe Brain Injuries Study. Epidemiology of Severe Brain Injuries: A Prospective Population-Based Study. *J Trauma*. 2001;51:481–489.
- ⁴⁴ Tazarourte K, Cesaréo E. Traumatisme crânien, perte de connaissance chez le sujet âgé. In *Médecine D’urgence et sujet âgé* Booddaerts et Ray. 2012
- ⁴⁵ Thompson HJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, Wang J, Nathens AB, MacKenzie EJ. Evaluation of the effect of intensity of care on mortality after traumatic brain injury. *Crit Care Med* 2008; 36:282–290
- ⁴⁶ Pieracci F, Eachampati SR, Shou J, Hydo LJ, Barie PS. Use of long-term anticoagulation is associated with traumatic intracranial haemorrhage and subsequent mortality in elderly patients hospitalised after falls: analysis of the New York State administrative database. *J Trauma* 2007;63:519-24
- ⁴⁷ Close J, Ellis M, Hooper R. Prevention of falls in the elderly trial (PROFET): a randomized controlled trial. *Lancet* 1999; 353:93-7
- ⁴⁸ Mock C, Joshipura M, Arreola-Risa C, Quansah R. An Estimate of the Number of Lives that Could be Saved through Improvements in Trauma Care Globally. *World J Surg* 2012 36:959–963
- ⁴⁹ Nathens AB, Brunet FP, Maier RV. Development of trauma systems and effect on outcomes after Injury. *Lancet* 2004; 363: 1794–801
- ⁵⁰ Roudsari B, Nathens AB, Cameron P, Civil I, Gruen RL, Koepsell TD, Lecky FE and al. International comparison of prehospital trauma care systems. *Injury, Int. J. Care Injured* (2007) 38, 993–1000
- ⁵¹ Lerner EB, Moscati RM. The Golden Hour : scientific fact or medical « urban legend »? *Acad Emerg Med* 2001;8:758-60
- ⁵² Seamon MJ, Fisher CA, Gaughan J, Lloyd M, Bradley KM, Santora TA, Pathak AS, Goldberg AJ. Prehospital Procedures Before Emergency Department Thoracotomy: “Scoop and Run” Saves Lives. *J Trauma*. 2007;63:113–120
- ⁵³ Funder KS, Petersen JA, Steinmetz J. On-scene time and outcome after penetrating trauma. An observational study. *Emerg Med J* 2011;28:797-801
- ⁵⁴ Yeguiayan JM, Garrigue D, Binquet C, Jacquot C, Duranteau J, Martin C, Rayeh F, Riou B, Bonithon-Kopp C, Freysz M. The FIRST (French Intensive Care Recorded In Severe Trauma) Study Group. Medical pre-hospital management reduces mortality in severe blunt trauma: a prospective epidemiological study. *Critical Care* 2011, 15:R34
- ⁵⁵ Newgard CD, Schmicker RH, Hedges JR, Trickett JP, Davis DP, Bulger EM, Aufderheide TP, Minei JP, Hata JS, Gubler KD, Brown TB, Yelle JD, Bardarson B, Nichol GI, and the Resuscitation Outcomes Consortium

Investigators. Emergency Medical Services Intervals and Survival in Trauma: Assessment of the “Golden Hour” in a North American Prospective Cohort. *Ann Emerg Med* 2010;55:235-246

⁵⁶ McDermott FT, Cordne SM, David J. Cooper DJ. Management Deficiencies and Death Preventability of Road Traffic Fatalities Before and After a New Trauma Care System in Victoria, Australia. *J Trauma*. 2007;63:331–338

⁵⁷ Chesnut RM, Marshall SB, Piek J, Blunt BA, Klauber MR, Marshall LF. Early and late systemic hypotension as a frequent and fundamental source of cerebral ischemia following severe brain injury in the Traumatic Coma Data Bank. *Acta Neurochir* 1993;59(suppl):121-125

⁵⁸ Moppett IK. Traumatic brain injury: assessment, resuscitation and early management. *Br J Anaesth* 2007; 99: 18–31

⁵⁹ Hammell CL, Henning JD. Prehospital management of severe traumatic brain injury. *BMJ* 2009;338:b1683

⁶⁰ Jayarama S, Sethi D. Advanced trauma life support training for ambulance crews. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2010, Issue 1. Art. No.: CD003109. DOI: 10.1002/14651858.CD003109.pub2

⁶¹ Haas B and Nathens AB. Pro/con debate: Is the scoop and run approach the best approach to trauma services organization? *Critical Care* 2008, 12:224 (doi:10.1186/cc6980)

⁶² Salomone JP, Ustin JS, McSwain NE, Jr., Feliciano DV. Opinions of Trauma Practitioners Regarding Prehospital Interventions for Critically Injured Patients. *J Trauma*. 2005;58:509 –517

⁶³ Bulger EM, Nathens AB, Rivara FP, MacKenzie EM, Sabath DR, Jurkovich GJ. National Variability in Out-of-Hospital Treatment After Traumatic Injury. *Ann Emerg Med*. 2007;49:293-301

⁶⁴ Nichol G, Thomas E, Callaway CW, Hedges J, Powell JL, Aufderheide TP, Rea T, Lowe R, Brown T, Dreyer J, Davis D, Idris A, Stiell I. Regional Variation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest Incidence and Outcome. *JAMA* 2008;300(12):1423-1431

⁶⁵ Simons R, Brasher P, Taulu T, Iakha N, Molnar N, Caron N, Schuurman N, Evans D, Hameed M. A population based analysis of injury related deaths and access of trauma care in rural remote Northwest British Columbia. *J Trauma* 2010;69:11-19

⁶⁶ Joynt KE, Harris Y, Orav EJ, Jha AK. Quality of care and patient outcomes in critical access rural hospitals. *JAMA* 2011;306:45-52

⁶⁷ Gomes E, Araújo R, Carneiro A, Dias C, Costa-Pereira A, Lecky FE. The importance of pre-trauma centre treatment of life-threatening events on the mortality of patients transferred with severe trauma. *Resuscitation* 2010 ;81: 440–445

⁶⁸ MacKenzie EJ, Hoyt DB, Sacra JC, Jurkovich GJ, Carlini AR, Teitelbaum SD, Teter, Jr H. National Inventory of Hospital Trauma Centers. *JAMA*. 2003;289:1515-1522

⁶⁹ Sampalis JS, Lavoie A, Boukas S: "Trauma center designation : initial impact on trauma related mortality". *J Trauma* 1995;39:232-239

⁷⁰ MacKenzie EJ, Rivara FD, Jurkovich GJ, Nathens AB, Frey KP, Egleston BL, Salkever DS, Scharstfein DO. A national evaluation on the effect on trauma-center care mortality. *N Engl J Med* 2006;354:366-78

⁷¹ Nathens AB, Jurkovich GJ, Maier AB, Grossman DC, Mackenzie EJ, Moore M, Rivara FP. Relationship between trauma center volume and outcome. *JAMA* 2001;285:1164-71

⁷² Nathens AB, Jurkovich GJ, Cummings P, Rivara FP, Maier RV. The Effect of Organized Systems of Trauma Care on Motor Vehicle Crash Mortality. *JAMA*. 2000;283:1990-1994

⁷³ Tallon JM, Fell DB, Karim SA, Ackroyd-Stolarz S, Petrie D. Influence of a province-wide trauma system on motor vehicle collision process of trauma care and mortality : a 10 year follow-up evaluation. *Can J Surg* 2012;55:8-14

⁷⁴ Nathens AB, , Jurkovich GJ, Mackenzie EJ, Rivara FP. A Resource-Based Assessment of Trauma Care in the United States. *J Trauma*. 2004;56:173–178

⁷⁵ Nirula R, Maier R, Moore E, Sperry J, Gentilello L. Scoop and Run to the Trauma Center or Stay and Play at the Local Hospital: Hospital Transfer’s Effect on Mortality. *J Trauma*. 2010;69: 595–601

-
- ⁷⁶ Garwe T, Cowan LD, Neas BR, Sacra JC, Albrecht RM. Directness of Transport of Major Trauma Patients to a Level I Trauma Center: A Propensity-Adjusted Survival Analysis of the Impact on Short-Term Mortality. *J Trauma*. 2011;70: 1118–1127
- ⁷⁷ Haas B, David Gomez D, Zagorski B, Stukel TA, Rubenfeld GD, Nathens AB. Survival of the Fittest: The Hidden Cost of Undertriage of Major Trauma. *J Am Coll Surg* 2010;
- ⁷⁸ Nakahara S, Matsuoka T, Ueno M, Mizushima Y, Ichikawa M, Yokota J, Yoshida K. Predictive Factors for Undertriage Among Severe Blunt Trauma Patients: What Enables Them to Slip Through an Established Trauma Triage Protocol? *J Trauma*. 2010;68: 1044–1051
- ⁷⁹ Tazarourte K, Imbernon C, Fontaine D, Bertozzi N. Le Samu fait-il perdre du temps aux traumatisés graves ? In *Mises au point en Anesthésie-Réanimation*. Ed MAPAR 2003 ; 60-67
- ⁸⁰ Petrovic T, Tazarourte K, Adnet F, Lapandry C, Lapostolle F. Syndrome coronaire aigu avec élévation du segment ST : stratégies de prise en charge en préhospitalier. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie* 2010
- ⁸¹ Glickman SW, Cairns CB, Chen AY, Peterson ED, Roe MT, Hill C, Durham NC Delays in fibrinolysis as primary reperfusion therapy for acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Am Heart J* 2010;159:998-1004.e2.
- ⁸² De Letter A, Sapir D, Beauvoit S, Tourtier JP, Lapostolle F, Tazarourte K. Syndrome coronarien aigu: angioplastie, thrombolyse, les deux ? In *Mises au point en Anesthésie-Réanimation*. Ed MAPAR 2011 ; 100-115
- ⁸³ Adnet F, Lapostolle F. International EMS Systems: France. *Resuscitation* 2004 ; 63 : 7–9
- ⁸⁴ Pochmaliki G, Letarnec JY, Franchi JP, Empana JP, Genest M, Foucher R, Compagnon F, Jouven X, Lardoux H, Guize L. Prise en charge de la mort subite dans un département semi-rural : la Seine et Marne : DEFI 77. *Arch Cœur et vaisseaux* 2007 ;100 :838-44
- ⁸⁵ Lerner EB, Rea T, Bobrow BJ, Acker III JE, Berg RA, Brooks SC, Cone DC, Gay M, Gent LM, Mears G, Nadkarni VM, O'Connor RE, Potts J, Sayre MR, Swor RA, Travers AH, on behalf of the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. Emergency Medical Service Dispatch Cardiopulmonary Resuscitation Prearrival Instructions to Improve Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2012, 125:648-655:
- ⁸⁶ Ageron FX, Levrat A., Savary D. S'unir et s'évaluer pour améliorer la qualité des soins aux traumatisés graves. Le TRENAU : Trauma system du Réseau Nord Alpin des Urgences. e-mémoires de l'académie nationale de chirurgie 2009 ; 8 : 02-6.
- ⁸⁷ Masméjean EH, Faye A, Alnot JY, Mignon AF. Trauma care systems in France. *Injury, Int. J. Care Injured* 2003 ; 34 : 669–673
- ⁸⁸ Institut de l'aménagement urbain Ile de France. www.iaudf.fr
- ⁸⁹ Institut de l'aménagement urbain Ile de France. Données 2010 IAU-IdF. www.iaudf.fr
- ⁹⁰ Institut aménagement et d'urbanisme Ile de France. La circulation routière en Île-de-France. Évolution des flux et conditions de circulation dans la zone centrale. www.iau-idf.fr
- ⁹¹ Josseaume J, Duchateau FX, Burnod A, Pariente D, Beaune S, Leroy C, Judde de la Rivière E, Huot-Maire V, Ricard-Hibon A, Juvin P, Mantz J. Observatoire du sujet âgé de plus de 80 ans pris en charge par le service mobile d'urgence et de réanimation. *Ann Fr Anesth Réanim* 2011 ;30 :553-8
- ⁹² Duchateau FX, Burnod A, Dahmani S, Delpierre S, Ricard-Hibon A, Mantz J. Out of hospital interventions by the French Emergency medical service are associated with a high survival in patients aged 80 year or over. *Intensive Care Med* 2008
- ⁹³ Favereau E. Décès dans l'Essonne, le récit du SAMU. *Libération* www.liberation.fr/.../0101308646-deces-dans-l-essonne-le-recit-du-s...
- ⁹⁴ Guide de bonnes pratiques dans les relations SAMU-Réanimation. ARS Ile de France 2009
- ⁹⁵ Données Répertoire Opérationnel des Ressources (ROR) Ile de France.

-
- ⁹⁶ Compagnone C, d'Avella D, Servadei F, Angileri F, Brambilla G, Conti C, Cristofori L, Delfini R, Denaro L, Ducati A, Gaini SM, Stefini R, Tomei G, Tagliaferri F, Trincia G, Tomasello F. Patients with moderate head injury: a prospective multicenter study of 315 patients. *Neurosurgery* 2009;64:690–697
- ⁹⁷ SROS 3 Ile de France 2004. www.arhif.org
- ⁹⁸ Grall JY : Rapport d'évaluation du plan Urgence 2004-08. Ministère de la Santé
- ⁹⁹ Prasad K. The Glasgow coma scale: a critical appraisal of its clinimetric properties. *J Clin Epidemiol* 1996;49:755-763
- ¹⁰⁰ Menegazzi JJ, Davis EA, Sucov AN, Paris PM. Reliability of the Glasgow coma scale when used by emergency physicians and paramedics. *J Trauma* 1993;34:46-48
- ¹⁰¹ Davis DP, Serrano JA, Vilke GM, Sise MJ, Kennedy F, Eastman AB, Velky T, Hoyt DB. The predictive value of field versus arrival glasgow coma scale score and triss calculations in moderate-to-severe traumatic brain injury. *J Trauma* 2006; 60: 985–990
- ¹⁰² Vink R, Bullock M R. Traumatic brain injury: therapeutic challenges and new directions. (Editorial) *Neurotherapeutics* 2010; 7:1-2
- ¹⁰³ Colantonio A, Croxford R, Farooq S, Laporte A, Coyte PC. Trends in Hospitalization Associated With Traumatic Brain Injury in a Publicly Insured Population, 1992-2002. *J Trauma*.2009; 66:179–183
- ¹⁰⁴ Aegerter P, Boumendil A, Tazarourte K, Vigué B, Dolveck F, Weiss JJ, Azouvi P. Epidémiologie du traumatisme crânien grave en Ile de France. *Revue d'épidémiologie et de santé publique* 2008 ;5 S, 264 [résumé]
- ¹⁰⁵ Utomo WK, Gabbe BJ, Simpson PM, Cameron PA. Predictors of in-hospital mortality and 6-month functional outcomes in older adults after moderate to severe traumatic brain injury. *Injury* 2009;40: 973-77
- ¹⁰⁶ Mosenthal AC, Lavery RF, Addis M, Kaul S, Ross S, Marburger R, Deitch EA, Livingstone DH. Isolated traumatic brain injury: age is an independent predictor of mortality and early outcome. *J Trauma* 2002; 52:907-11
- ¹⁰⁷ Regel G, Lobenhoffer P, Grotz M, Pape HC, Lehmann U, Tscherne H. Treatments results of patients with multiple trauma : an analysis of 3406 cased treated between 1972 and 1991 at a German Level I Trauma center. *J Trauma* 1995;38:70-78
- ¹⁰⁸ Tian HI, Guo Y, Hu J, Rong BY, Wang G, Gao WW et al. Clinical characterization of comatose patients with cervical spine injury and traumatic brain injury. *J Trauma* 2009; 67:1305-10
- ¹⁰⁹ Barratt H, Wilson M, Moore MF, Raine R. The implications of the NICE guidelines on neurosurgical management for all severe head injuries: systematic review. *Emerg Med J* 2010; 27:173-78
- ¹¹⁰ Smits M, Dippel DWJ, Steyeberg EW, de Haan GG, Dekker HM et al. Predicting intracranial traumatic findings on computed tomography with minor head injury: the CHIP prediction rule. *Ann Intern Med* 2007;146:397-405
- ¹¹¹ Livingstone DH, Lavery RF, Mosenthal AC, Knudson MM, Lee S, Morabito D, Manley GT, Nathens A, Jurkovitch G, Hoyt D, Coimbra R. Recovery at one year following isolated traumatic brain injury: a western trauma association prospective multicenter trial. *J Trauma* 2005; 59:1298-1304
- ¹¹² Tokutomi T, Miyagi T, Ogawa T, Ono J-I, Kawamata T, Sakamoto T, Shigemori M, Nakamura N. Age-associated increase in poor outcomes after traumatic brain injury: a report from the japan neurotrauma data bank. *J Neurotrauma* 2008; 25:1407-14
- ¹¹³ Petroni G, Quaglino M, Lujan S, Kovalevski L, Rondina C, Videtta W, Carney N. Early prognosis of severe traumatic brain injury in an urban argentinian trauma center *J Trauma* 2010;68: 564–570
- ¹¹⁴ Myburgh J, Cooper DJ, Finfer SR, Venkatesh B, Jones D, Higgins A, Bishop N, Higglet T. Epidemiology and 12-months outcomes from traumatic brain injury in Australia and New Zealand. *J Trauma* 2008;64:4
- ¹¹⁵ Tien HC, Cunha JRF, Wu SN, Chughtai T, Trenblay LN, Brenneman FD, Rizoli SB. Do trauma patients with a Glasgow coma scale score of 3 and bilateral fixed and dilated pupils have any chance of survival? *J Trauma* 2006;60:274-78

-
- ¹¹⁶ Stein SC, Georgoff P, Meghan S, Mizra K, Sonnad SS. 150 Years of Treating Severe Traumatic Brain Injury: A Systematic Review of Progress in Mortality. *J Neurotrauma* 2010;27:1343–1353
- ¹¹⁷ Mass AIR, Harrison-Felix CJ, Menon D, Adelson PD, Balkin T, Bullock R, Engel DC, Gordon W, Langlois-Oman J, Lew HL, Robertson C, Temkin N, Maladka A, Verfaelle M, Wainwright M, Wright DW, Schwab K. Standardizing data collection in traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2011;28:177-87
- ¹¹⁸ Chang JJ, Youn TS, Benson D. Physiologic and functional outcome correlates of brain tissue hypoxia in traumatic brain injury. *Crit Care Med* 2009; 37:283–290
- ¹¹⁹ Bernard SA, Nguye V, Cameron P, Masci K, Fitzgerald M, Coope D Jr, Walker T, Myle P, Murray L, Taylor D, Smith K, Patrick I, Edington J, Bacon A, Rosenfeld, JV, Judson R. Prehospital Rapid Sequence Intubation Improves Functional Outcome for Patients With Severe Traumatic Brain Injury A Randomized Controlled Trial. *Ann Surg* 2010;252:959–965
- ¹²⁰ Tazarourte K, Ghout I, Matéo J, Weiss JJ, Aergenter P, Azouvi P, Lescot T, Vigué B and the french committee of Paris-TBI). Prehospital hypotension remains a major prognosis after traumatic brain injury. *Urgence* 2012
- ¹²¹ McHugh GS, Engel DC, Butcher I, et al. Prognostic value of secondary insults in traumatic brain injury: results from the IMPACT study. *J Neurotrauma* 2007; 24: 287–93
- ¹²² Tazarourte K, Atchabahian A, Jean-Pierre Tourtier, Jean-Stéphane David, Catherine Ract, Dominique Savary, Mehran Monchi, Bernard Vigué. Pre-hospital transcranial Doppler in severe traumatic brain injury: a pilot study. *Acta Anesthesiol Scandinav* 2011 ; 55:422-28
- ¹²³ Ract C, Le Moigno S, Bruder N, Vigué B. Transcranial doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury. *Intensive Care Med* 2007;33: 645–651
- ¹²⁴ Franschman G, Peerdeman SM, Andriessen TMJC, Greuters S, Toor AE, Vos PE, Bakker FC, Loer SA, Boer C. for the Amstredam traumatic brain injury (Alarm-TBI) investigators. Effects of secondary prehospital risk factors on outcome in severe traumatic brain injury in the context of fast access to trauma care. *J Trauma* 2010;71:826-83
- ¹²⁵ Daniel P. Davis DP, Peay J, Serrano JA, Buono C, Vilke GM, Sise MJ, Kennedy F, Eastman AB, Velky T, Hoyt DB. The Impact of Aeromedical Response to Patients With Moderate to Severe Traumatic Brain Injury. *Ann Emerg Med.* 2005;46:115-122
- ¹²⁶ Seelig JM, Becker DP, Miller JD, Greenberg RP, Ward JD, Choi SC. Traumatic acute subdural hematoma: major mortality reduction in comatose patients treated within four hours. *N Engl J Med.* 1981;304: 1511–1518
- ¹²⁷ Patel HC, Bouamra O, Woodford M, King AT, Yates DW, Lecky FE, on behalf of the Trauma Audit and Research Network. Trends in head injury outcome from 1989 to 2003 and the effect of neurosurgical care: an observational study. *Lancet* 2005; 366: 1538–44
- ¹²⁸ Brown JB, Stassen, NA, Cheng JD, Sangosanya AT, Bankey PE, Gestring ML. Trauma Center Designation Correlates With Functional Independence After Severe But Not Moderate Traumatic Brain Injury. *J Trauma.* 2010;69: 263–269
- ¹²⁹ DuBose JJ, Browder T, Inaba K, Teixeira PGR, Chan LS ; Demetriades D. Effect of Trauma Center Designation on Outcome in Patients With Severe Traumatic Brain Injury. *Arch Surg.* 2008;143(12):1213-1217
- ¹³⁰ Härtl R, Gerber LM, Iacono L, Ni Q, Lyons K, Ghajar J. Direct Transport Within An Organized State Trauma System Reduces Mortality in Patients With Severe Traumatic Brain Injury. *J Trauma.* 2006;60:1250 –1256
- ¹³¹ Tiesman H, Young T, Torner JC, McMahan M, Peek-Asa C, Fielder J ? Effects of a rural trauma system on traumatic brain injuries. *J Neurotrauma* 2007;24:1189-97
- ¹³² Bulger EM, Nathens AB, Rivara FP, Moore M, MacKenzie EJ, Jurkovich GJ. Management of severe head injury: institutional variations in care and effects on outcome. *Crit Care Med* 2002;30:1870-76
- ¹³³ Faul M, Wald MM, Rutland-Brown W, Sullivent EE, Sattin RW. Using a cost-benefit analysis to estimate outcomes of a clinical treatment guidelines : testing the brain trauma foundation guidelines for the treatment of severe traumatic brain injury. *J Trauma* 2007;63:1271-78

-
- ¹³⁴ Franschman G, Peerdeman SM, Greuters S, et al. ALARM-TBI investigators Prehospital endotracheal intubation in patients with severe traumatic brain injury: guidelines versus reality. *Resuscitation* 2009;80:1147–51.
- ¹³⁵ Samar A, Tazarourte K. enquête prospective nationale auprès des médecins urgentistes pour la connaissance des recommandations sur la prise en charge des traumatismes crâniens graves. Thèse de médecine ; Paris XI 2011
- ¹³⁶ Weiss JJ. Prise en charge des traumatismes crâniens graves en Ile de France. Enquête rétrospective en 2001. Rapport de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Ile de France. 2003
- ¹³⁷ Azouvi P, Vigué B, Tazarourte K, Aegerter P, Weiss JJ. PHRC traumatisme crâniens graves en Ile de France. PHRC AOM04 0480
- ¹³⁸ Wilson JTL, Pettigrew LEL, Teasdale GM. Structured interviews for the Glasgow Outcome Scale and the Extended Glasgow Outcome Scale: guidelines for their use. *J Neurotrauma* 1998;15:573–85
- ¹³⁹ Osler T, Baker SP, Long W. A modification to the Injury Severity Score that both improves accuracy and simplifies scoring. *J Trauma*. 1997;43:922–926
- ¹⁴⁰ Demetriades D, Kuncir E, Murray J, Velmahos G, Rhee P, Chan L. Prognostic value of Head AIS and Glasgow Coma Scale: Analysis of 7,764 head injuries. *J Am Coll Surg*. 2004;199:216 –222
- ¹⁴¹ Marshall LF, Eisenberg HM, Jane JA, Luerksen TG, Marmarou A, Foulkes MA. A new classification of head injury based on computerized tomography. *J Neurosurg* 1991;75:14-19
- ¹⁴² Sartorius D, Le Manach Y, David JS, Rancurel E, Smail N, Thicoïpe M, Wiel E, Ricard-Hibon A, Berthier F, Gueugniaud PY, Riou B. Mechanism, Glasgow Coma Scale, Age, and Arterial Pressure (MGAP): A new simple prehospital triage score to predict mortality in trauma patients. *Crit Care Med* 2010; 38:831– 837
- ¹⁴³ Lescot T, Ghout I, Mateo J, Tazarourte K, Bosserelle V, Bordenave L, Azouvi P, Weiss JJ, Puybasset L, Aegerter P, Vigué B for the PARIS-TBI Study investigators. Effect of neurotrauma centre admission on functional outcome in severe traumatic brain injury patients: the paris-tbi prospective multicenter cohort study. *Soumis dec 2012*
- ¹⁴⁴ Vigué B, Ract C, Tazarourte K. The first 24 hours after severe head trauma Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine. 2012. Edited By JL Vincent. Springer
- ¹⁴⁵ Rayan N, Barnes S, Fleming N, Kudryakov R, Ballard D, Gentilello LM, MD, Shafi S. Barriers to compliance with evidence-based care in trauma. *J Trauma*. 2012;72: 585–593.
- ¹⁴⁶ Guagliardo MF. Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics* 2004, 3:3
- ¹⁴⁷ Hewko J, Smoyer tomic KE, Hogson MJ, , Measuring neighbourhood spatial accessibility to urban amenities: does aggregation error matter ?, *Environment & Planning A*, 2002;34;1185-1206
- ¹⁴⁸ Fortney J, Rost K, JAMES Warren J., Comparing Alternative Methods of Measuring Geographic Access to Health Services. *Health Services & Outcomes Research Methodology* 2000;2 ; 173-184
- ¹⁴⁹ Durkin M, Mcelroy J, Guan H, Bigelow W, Brazelton T. Geographic analysis of traffic injury in Wisconsin: impact on case fatality of distance to level I/II trauma care, *Wisconsin Medical Journal*, 2005Vol. 104(2), 26-31
- ¹⁵⁰ Berke Em, Shi X. Computing travel time when exact address is unknown: a comparison of point and polygon ZIP code approximation methods, *International Journal of Health Geographics* 2009, Vol. 8(23), 9
- ¹⁵¹ Henneman PI, Garb JJ, Capraro Ga, Li H, Smithline Ha & Wait Rb. Geography And Travel Distance Impact Emergency Department Visits, *The Journal Of Emergency Medicine*, 2011, Vol. 40(3), 333-339
- ¹⁵² Kalogirou S, Foley R. Health, place and health: modelling accessibility to hospitals in Ireland, *Irish Geography* 2006,, Vol. 39(1), 52-68
- ¹⁵³ Henry KA, Boscoe FP. “Estimating the Accuracy of Geographical Imputation.” *International Journal of Health Geographics* 2008;7: 3
- ¹⁵⁴ Jones SG, Ashby AJ, Momin SR, Naidoo A. Spatial Implications Associated with Using Euclidean Distance Measurements and Geographic Centroid Imputation in Health Care Research. *Health Research and Educational Trust DOI: 10.1111/j.1475-6773.2009.01044.x*

-
- ¹⁵⁵ Phibbs CS, Luft HS. Correlation of travel time on roads versus straight line distance. *Med Care Res Rev* 1995; 52: 532–542
- ¹⁵⁶ Shahid R, Bertazon S, Knudtson ML, GhaliWA. Comparison of distance measures in spatial analytical modeling for health service planning. *BMC Health Services Research* 2009, 9:200 doi:10.1186/1472-6963-9-200
- ¹⁵⁷ Frizzelle BG, Evenson KR, Rodriguez DA, Laraia BA. The importance of accurate road data for spatial applications in public health: customizing a road network. *International Journal of Health Geographics* 2009, 8:24 doi:10.1186/1476-072X-8-24
- ¹⁵⁸ ROUTE 500® Descriptif de contenu – Institut national de géographie décembre 2009
- ¹⁵⁹ Galvagno Jr SM, Haut ER, Zafar SN, Millin MG, Efron DT, Koenig Jr GJ, Baker SP, Bowman SM, Pronovost PJ, Haider AH. Association Between Helicopter vs Ground Emergency Medical Services and Survival for Adults With Major Trauma. *JAMA*. 2012;307(15):1602-1610
- ¹⁶⁰ Schuurmam N, Fiedler RS, Grzybowski SCW, Grund D. Defining rational hospital catchments for non-urban areas based on travel-time. *International Journal of Health Geographics* 2006, 5:43 doi:10.1186/1476-072X-5-43
- ¹⁶¹ Haynes R, Jones AP, Sauerzapf V, Zhao H. Validation of travel times to hospital estimated by GIS. *International Journal of Health Geographics* 2006, 5:40
- ¹⁶² Brabyn L, Skellys C. Modeling population access to New Zealand public hospitals. *International Journal of Health Geographics* 2002, 1:3
- ¹⁶³ Christie S, Fone D. Equity of access to tertiary hospitals in Wales: a travel time analysis. *Journal of Public Health Medicine* 2003; 25 : 344–350
- ¹⁶⁴ Carr BG, Caplan JM, Pryor JP, Branans CC. A meta-analysis of prehospital care times for trauma. *Prehosp Emerg Care*. 2006;10(2):198-206
- ¹⁶⁵ Hilal M. Temps d'accès aux équipements au sein des bassins de vie des bourgs et petites villes. *ÉCONOMIE ET STATISTIQUE* 2007 ; 402 :41-56
- ¹⁶⁶ Des ambulanciers du Samu accusés d'excès de vitesse. www.leparisien.fr Edition nationale 29/11/2010
- ¹⁶⁷ Adams AS, Soumerai SB, Lomas J, Ross-Degnan D. Evidence of self-report bias in assessing adherence to guidelines. *Int J Qual Health Care*.1999;11:187-92
- ¹⁶⁸ Patel AB, Waters NM, Blanchard IE, Doig CJ. A validation of ground ambulance pre-hospital times modeled using geographic information systems. *International Journal of Health Geographics* 2012, 11:42 doi:10.1186/1476-072X-11-42
- ¹⁶⁹ Hackney JK, Bernard M, Bindra S, Axhausen KW. Predicting road system speeds using spatial structure variables and network characteristics. *J Geograph Syst* 2007 9:397–417
- ¹⁷⁰ Apparicio P, Abdelmajid M, Rivas M, Shearmur R. Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues. *International Journal of Health Geographics* 2008, 7:7 doi:10.1186/1476-072X-7-7
- ¹⁷¹¹⁷¹ Nathens AB, Maier RV, Jurkovich GJ, Monary D, Rivara FP, Mackenzie EJ. The Delivery of Critical Care Services in US Trauma Centers: Is the Standard Being Met? *J Trauma*. 2006;60:773–784
- ¹⁷² Shen YC, Hsia RY. Association Between Ambulance Diversion and Survival Among Patients With Acute Myocardial Infarction. *JAMA*. 2011;305(23):2440-2447
- ¹⁷³ Ahn KO, Shin SD, Cha WC, Jun C, Lee TS, Pirrallo RG. A model for the association of the call volume and the unavailable-for-response interval on the delayed ambulance response for out-of-hospital cardiac arrest using a geographic information system. *Prehospital Emergency Care* 2010;14:469–476
- ¹⁷⁴ Livingston D, Marques-Baptista AM, Brown R, Liu J, Merlin MA. Prehospital intervention probability score: a novel method for determining necessity of emergency medical service units. *American Journal of Emergency Medicine* 2010 28, 552–560

-
- ¹⁷⁵ Gonzalez RP, Cummings GR, Harlan SM, Mulekar MS, Rodning CB. EMS Relocation in a Rural Area Using a Geographic Information System Can Improve Response Time to Motor Vehicle Crashes. *J Trauma*. 2011;71:1023–1026
- ¹⁷⁶ Vigneron E. Les inégalités de santé dans les territoires français : Etat des lieux et voies de progrès. Elsevier 2011
- ¹⁷⁷ Sommers BD, Baicker K, Epstein AM. Mortality and Access to Care among Adults after State Medicaid Expansions. *N Engl J Med* 2012;367:1025-34
- ¹⁷⁸ Haider AH, Chang DC, Efron DT, Haut ER, Crandall M, Cornwell EE III. Race and insurance status as risk factors for trauma mortality. *Arch Surg*. 2008;143(10):945-949
- ¹⁷⁹ Rutledge R, Fakhry SM, Baker CC, Weaver N, Ramenofsky M, Sheldon GF, Meyer AA. A Population-Based Study of the Association of Medical Manpower with County Trauma Death Rates in the United States. *Annals of surgery* 1994 219, No. 5, 547-567
- ¹⁸⁰ Patterson PD, Probst JC, Moore CG. Expected Annual Emergency Miles per Ambulance: An Indicator for Measuring Availability of Emergency Medical Services Resources. *The Journal of Rural Health* 2006 ;22 :102-10
- ¹⁸¹ Agence nationale pour l'appui et la performance. Améliorer l'organisation des centres 15. Meah Octobre 2008, p 89. www.anap.fr
- ¹⁸² Su S, Shih CL. Resource reallocation in an emergency medical service system using computer simulation. *Am J Emerg Med* 2002;20:627-634
- ¹⁸³ Sasaki S, Comber AJ, Suzuki H, Brunsdon C. Using genetic algorithms to optimise current and future health planning - the example of ambulance locations. *International Journal of Health Geographics* 2010, 9:4
- ¹⁸⁴ Martin D, Wrigley H, Barnett S, Roderick P: Increasing the sophistication of access measurement in a rural healthcare study. *Health Place* 2002, 8:3-13
- ¹⁸⁵ Walsh SJ, Page PH, Gesler WM. Normative Models and Healthcare Planning: Network-Based Simulations Within a Geographic Information System Environment. *HSR: Health Services Research* 1997;32:2 ;243-60
- ¹⁸⁶ Tazarourte K, Sapir D, Laborne FX, Briole N, Letarnec JY, Atchabahian A, Cornu JF, Monchi M, Jabre P, Combes X. Refractory cardiac arrest in a rural area: mechanical chest compression during helicopter transport. *Acta Anaesthesiol Scand* 2012
- ¹⁸⁷ Blackwell TH, Kaufman JS Response Time Effectiveness: Comparison of Response Time and Survival in an Urban Emergency Medical Services System. *Academic Emergency Medicine* 2002; 9:288–295
- ¹⁸⁸ Blackwell TH, Kline JA, Willis JJ, Hicks GM. Lack of association between prehospital response times and patient outcomes. *Prehospital Emergency Care* 2009;13:444–450
- ¹⁸⁹ Blanchard IE, Doig CJ, Hagel BE, Anton AR, Zygun DA, Kortbeek JB, Powell DG, Williamson TS, Fick GH, Innes GD. Emergency medical services response time and mortality in an urban setting. *Prehospital Emergency Care* 2012;16:142–151
- ¹⁹⁰ Hock Ong EM, Chiam TF, Peng Ng FS, Sultana P, Lim SH, Sieu-Hon Leong B, Kein Ong VY, Ching Tan EC, Tham LP, Yap S, Anantharaman V, on behalf of the Cardiac Arrest Resuscitation Epidemiology (CARE) Study Group. Reducing Ambulance Response Times Using Geospatial–Time Analysis of Ambulance Deployment. *Acad Emerg Med* 2010; 17:951–957
- ¹⁹¹ Marisol Touraine lance le chantier des urgences. [Communiqué des Affaires sociales et de la santé du 16 octobre 2012](#)