HAL
open science

Analyse épidémiologique des arrêts cardiaques traumatiques,quelles implications pour les recommandations internationales?

Joséphine Escutnaire

To cite this version:

Joséphine Escutnaire. Analyse épidémiologique des arrêts cardiaques traumatiques,quelles implications pour les recommandations internationales?. Médecine humaine et pathologie. Université du Droit et de la Santé - Lille II, 2017. Français. NNT : 2017LIL2S026 . tel-01787158

HAL Id: tel-01787158

https://theses.hal.science/tel-01787158

Submitted on 7 May 2018

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

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

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE

ECOLE DOCTORALE 446 BIOLOGIE-SANTE

Thèse de Doctorat d'Université

Discipline : épidémiologie, santé publique, recherche clinique et technologies biomédicales

Spécialité : Pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquées à la santé

Soutenue publiquement le 13 Septembre 2017 à 14H

A la Faculté Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)

Par Joséphine ESCUTNAIRE

Analyse épidémiologique des arrêts cardiaques traumatiques.

Quelles implications pour les recommandations internationales ?

Devant le jury composé de :

Monsieur le Professeur Pierre-Yves GUEUGNIAUD, Président

Monsieur le Professeur Pierre MOLS, Rapporteur
Madame le Docteur Agnès RICARD-HIBON, Rapporteure

Monsieur le Professeur Frédéric ADNET, Examinateur
Madame le Professeur Marie-Pierre LETERME-FLAMENT, Examinatrice
Madame le Docteur Evgéniya BABYKINA, Examinatrice

Monsieur le Professeur Hervé HUBERT, Directeur de thèse
Monsieur le Professeur Karim TAZAROURTE, Co-directeur de thèse

Monsieur le Docteur Michaël GENIN, Invité

Celui qui choisit la raison pour guide honorera les sciences pour renforcer son jugement.

Testament de Platon – Neuvième Livre

REMERCIEMENTS

Je ne saurais débuter ce délicat exercice que constitue la rédaction de ces traditionnels remerciements sans commencer par vous, cher Professeur, Chef, Maître. Tout d'abord parce que vous êtes un exceptionnel directeur de thèse, mais également parce que vous êtes un formidable être humain. Même si vous avez probablement dû me répéter des dizaines de fois que je ne devais ma réussite qu'à moi-même, je ne peux m'empêcher de penser que c'est aussi grâce à vous. Vous avez su me rassurer (et j'en avais besoin), me conseiller, m'apprendre le métier et m'aider à grandir professionnellement, et surtout, humainement. Vous avez été d'une patience inestimable durant ces trois dernières années, même quand je faisais des phrases beaucoup trop longues, quand je posais cent questions à la minute et quand je buvais beaucoup (trop) de café. Que la Force soit avec vous, Maître.

Cher Karim, je tiens à vous exprimer ma plus profonde reconnaissance pour m'avoir permis de travailler sur cette passionnante thématique, pour m'avoir accompagnée avec une telle bienveillance dès mes premiers pas dans le monde de la recherche, pour votre attitude toujours enthousiaste, même (et surtout) dans mes moments de doutes.

Cher Professeur Mols, chère Docteur Ricard-Hibon, je vous remercie vivement pour votre disponibilité malgré vos très nombreux engagements. C'est un honneur pour moi que vous soyez partie prenante dans l'évaluation de mon travail.

Cher Professeur Gueugniaud, merci de m'avoir ouvert la voie royale dans le monde de la médecine d'urgence. Je vous remercie également pour vos conseils et vos encouragements tout au long de ce difficile exercice qu'est la thèse.

Cher Professeur Adnet, merci infiniment pour nos échanges, pour votre confiance et votre les opportunités que vous m'avez permis de saisir alors même que je ne fais que débuter.

Chère Professeur Flament, merci pour vos conseils, votre confiance, et votre disponibilité,

Chère Génia, c'est avec une profonde joie (et avec un stress tout aussi conséquent) que je te propose le fruit de mes trois ans de travail. Merci pour ta disponibilité, ta précieuse expertise et tes conseils.

Cher Michaël, merci pour ta disponibilité, ton aide et ta patience face à mes très (trop) nombreuses interrogations méthodologiques et existentielles.

Merci à l'ED biologie-santé de m'avoir permis de réaliser cette thèse par le biais d'une allocation recherche.

A ma famille, évidement, Maman, Papa, si cet accomplissement vous rend fiers, alors je suis la plus heureuse des filles. A l'avenir, j'essaierai de moins vous ennuyer avec mes trucs médicaux et mes machins statistiques, même si je ne peux pas vous assurer que je ne me lancerai pas, un jour, dans un second travail de thèse sur les méthodes de représentation de la transparence dans la peinture italienne du quinzième siècle.

A Nathan, Tiphaine, Hélène, Laurent, Lou, Pierre, Evelyne et Pépé Jean. Je ne suis peut-être pas toujours la plus facile des sœurs, nièces, cousines ou des petites-filles mais je vous aime tous très fort.

A Camille, ma sœur de cœur, ma BFF et ma psychothérapeute à mi-temps. Je suis une geek, accro à la caféine, psychorigide, misanthrope, beaucoup trop sérieuse et névrosée mais grâce à toi je suis une geek, accro à la caféine, psychorigide, moins misanthrope et beaucoup moins névrosée. Merci d'avoir été à mes côtés depuis que j'ai failli te noyer quand on était en 6ème.

A Valentine et Marion, compagnonnes de galère et de réussites. On a partagé de sacrés moments toutes les trois. Mon instinct de Mère Theresa et moi-même sommes infiniment reconnaissants pour votre amitié et votre soutien. Promis je vais essayer d'arrêter d'utiliser des mots savants pour faire croire que je suis intelligente alors que je ne sais même pas me servir d'un ouvre-boîte.

A mes amis, Hombeline, Ju', Clément, Valentin, Cassandre, Morgane, Amandine, Victor, Baptiste, les Petits-Pédestres, Jean-Baptiste, Sophie, Laury, Paul-George, Steven, Sylvie, Marjorie, Anne-France, Isa, Sophie, Virginie, Ambroisine, Claire, Jérôme et les autres. Vous êtes des anges de me supporter ;-)

A mes collègues, amis et mentors, Aurélie et Christian (ne changez rien, vous êtes géniaux), Cyrielle (merci pour le coup de pouce), Ben (merci pour ton oreille attentive), Audrey, Caroline, Christophe « Monsieur le Député », Florent, Ludivine, Maria, Madame le Professeur Deram, la Team RESCUe-RESUVal, Monsieur le Professeur Wiel, Monsieur le Doyen Franck-Olivier Denayer. Si je rédige ces mots aujourd'hui, c'est parce que vous m'avez passionnée quand j'étais votre étudiante, que vous avez été aux petits soins avec moi tout au long ou durant les derniers mois de ma thèse, que vous m'avez permis de réaliser un autre rêve qui est celui d'enseigner et que vous avez contribué à étancher ma débordante soif de connaissances.

A Lucifer, mon petit chat. Je ne sais pas si ce que je te raconte t'intéresse mais, en tout cas, tu m'as accompagnée dans ce travail de jour comme de nuit (parfois même jusqu'au bureau) et tes doux ronrons m'ont été d'un grand soutien.

GLOSSAIRE

AC : Arrêt Cardiaque

ACM : Arrêt Cardiaque Médical

ACSCOT : American College of Surgeons Committee on Trauma

ACT : Arrêt Cardiaque Traumatique

AHA : American Heart Association

AIS : Abbreviated Injury Scale

AJUR : All-Japan Utstein Registry

ALS : Advanced Life Support

BLS : Basic Life Support

CARES : Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival

CCTIRS : Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche en Santé

CNIL: Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CPC : Cerebral Performance Categories

CRRA : Centre de Réception et de Régulation des Appels

DAE : Défibrillateur Automatique Externe

DAI : Défibrillateur Automatique Implantable

DAS : Différence Absolue Standardisée

DDAC : Donneur Décédé d'Arrêt Cardiaque

DSA : Défibrillateur Semi-Automatique

ECG : Electrocardiogramme

ELS : Extracorporeal Life Support

EMS : Emergency Medical Service

EMT : Emergency Medical Technician

ERC : European Resuscitation Council

EtCO2: End-Tidal Carbone Dioxyde

EuReCA : European Registry of Cardiac Arrest

FV : Fibrillation Ventriculaire

GCS : Glasgow Coma Scale

ILCOR : International Liaison Committee on Resuscitation

IOT : Intubation Orotrachéale

ISS : Injury Severity Score

MAPAR : Mise au Point en Anesthésie-Réanimation

MCE : Massage Cardiaque Externe

NAEMSP : National Association of Emergency Medical Services Physicians

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PAROS : Pan-Asian Resuscitation Outcome Study

QALY : Quality-Adjusted Life Year

RACS : Reprise d'Activité Cardiaque Spontanée

RCP : Réanimation Cardio-Pulmonaire

RéAC : Registre électronique des Arrêts Cardiaques

ROC : Resuscitation Outcome Consortium

RSP : Rythme Sans Pouls

SAMU : Service d'Aide Médicale d'Urgence

SAUV : Service d'Accueil des Urgences Vitales

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

SMUR : Service Mobile d'Urgence et de Réanimation

SROS : Schéma Régional de l'Organisation des Soins

SSPI : Salle de Surveillance Post-Interventionnelle

TOR : Termination Of Resuscitation

TV : Tachycardie Ventriculaire

UMH : Unité Mobile Hospitalière

USIC : Unité de Soins Intensifs Cardiologiques

VACAR : Victorian Ambulances Cardiac Arrest Registry

VSAV : Véhicule de Secours et d'Assistance aux Victimes

VVC : Voie Veineuse Centrale

VVP : Voie Veineuse Périphérique

VALORISATION DES TRAVAUX DE THESE

PUBLICATIONS

J. Escutnaire, P. Bargain, K. Tazarourte, C. El Khoury, E. Babykina, C. Vilhelm, E. Wiel, N. Segal, P.Y. Gueugniaud, H. Hubert, GR-RéAC. Epidemiology of Cardiac arrests in airports: Four years results of the French national cardiac arrest registry. *British Journal of Medicine and Medical Research*, 2016, 15(8), p. 1-8.

F. Adnet, M.N. Triba, S.W. Borron, F. Lapostolle, H. Hubert, P.Y. Gueugniaud, **J. Escutnaire**, A. Guenin, A. Hoogvorst, C. Marbeuf-Gueye, P.G. Reuter, N. Javaud, E. Vicaut, S. Chevret. Cardiopulmonary resuscitation duration and survival in out-of-hospital cardiac arrest patients. *Resuscitation*, 2016, 111, p. 74-81.

H. Hubert, **J. Escutnaire**, P. Michelet, E. Babykina, C. El Khoury, K. Tazarourte, C. Vilhelm, C. Di Pompéo, L. El Hiki, B. Guinhouya, P.Y. Gueugniaud, GR-RéAC. Can we identify termination of resuscitation criteria in cardiac arrest due to drowning: results from the French National Out-of-hospital Cardiac Arrest Registry. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 2016, 22, p. 924-931.

P. Cassan, **J. Escutnaire**, J. Mansourati, E. Babykina, D. Meyran, E. Aliot, C. Dos Santos, H. Hubert. Does basic life support training program simplification fosters retention of life saving manoeuvres? *Signa Vitae, 2016*, 11(1), p. 33-55.

H. Hubert, K. Tazarourte, E. Wiel, D. Zitouni, C. Vilhelm, **J. Escutnaire**, P. Cassan, P.Y. Gueugniaud, GR-RéAC. Rationale, methodology and implementation of the French national out-of-hospital cardiac arrest registry (RéAC). *Prehospital Emergency Care*, 2014, 18(4), p. 511-519.

ARTICLES SOUMIS

J. Escutnaire, F. Ducrocq, A. Singier, V. Baert, E. Babykinaa, C. Dumont, C. Vilhelm, P. Mols, J.B. Marc, N. Segal, H. Hubert, GR-RéAC. Can we characterize patients in cardiac arrest consecutive to hanging? An approach towards care and survival. *Critical Care Medicine*, (soumis).

LETTRE A L'EDITEUR (PUBLIEES)

J. Escutnaire, H. Hubert, P.Y. Dubien, P.Y. Gueugniaud. Early identification of patients with out-of-hospital cardiac arrest with no chance of survival and consideration for organ donation. *Annals of Internal Medicine*, 2017

COMMUNICATIONS

Congrès internationaux

J. Escutnaire, E. Babykina, K. Tazarourte, L. Jacob, H. Hubert, M. Doukhan, PY. Gueugniaud, GR-RéAC. Cardiac arrest by hanging: who are the survivors? Resuscitation 2015, Prague, Czech Republic, 29-31 October, 2015. *Resuscitation*, 2015, 96(suppl 1): p. 99

J. Escutnaire, N. Segal, M. Menay, P. Bargain, P. Mannhart, JL. Caron, L. Villain-Coquet, H. Hubert. Airports: out-of-hospital chain of survival laboratory? AHA 2015, Orlando, Florida, USA, 7-11 November, 2015. *Circulation*, 2015, 132(suppl 3): A19946

Congrès nationaux

J. Escutnaire, E. Babykina, K. Tazarourte, L. Jacob, H. Hubert, M. Doukhan, PY. Gueugniaud. Arrêt cardiaque sur pendaison : qui sont les survivants ? Congrès National d'Anesthésie et de Réanimation SFAR 2015, Paris, 17-19 septembre 2015. *Annales Françaises d'Anesthésie et de réanimation,* 2015, V1(S1): p. A28

J. Escutnaire, M. Menay, P. Bargain, P. Mannhart, JL. Caron, H. Hubert. Aéroport : laboratoire de la chaine de survie extrahospitalière ? Congrès National d'Anesthésie et de Réanimation SFAR 2015, Paris, 17-19 septembre 2015. *Annales Françaises d'Anesthésie et de réanimation,* 2015, V1(S1): p. A289

J. Escutnaire, M. Nawfal Triba, H. Hubert, PY. Gueugniaud, A. Guenin, JM. Agostinucci, F. Lapostolle, F. Adnet. Survie des arrêts cardiaques extra-hospitaliers en fonction des durées combinées de no flow et de low flow. Congrès Urgence 2016, Paris, 1-3 juin 2016

J. Escutnaire, V. Baert, S. Lagadec, J.B. Marc, C. Dumont, K. Tazarourte, H. Hubert, GR-RéAC. Etat des lieux de l'arrêt cardiaque du patient présentant un traumatisme crânien. Une cause perdue ? Congrès Urgence 2017, Paris, 31 mai-2 juin 2017

J. Escutnaire, V. Baert, C. Vilhelm, J.B. Marc, E. Babykina, P.Y. Gueugniaud, H. Hubert, GR-RéAC. Etat des lieux du don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque traumatique en France. Congrès Urgence 2017, Paris, 31 mai-2 juin 2017

TABLE DES MATIERES

Remerciements 4
Glossaire 6
Valorisation des travaux de thèse 9
Publications 9
Articles soumis 9
Lettre à l'éditeur (publiées) 10
Communications 10
Congrès internationaux 10
Congrès nationaux 10
Résumé 14
Abstract 16
Contexte 18
1. Les systèmes de prise en charge de l'urgence préhospitalière 18
1.1. Le système anglo-américain 20
1.2. Le système franco-allemand 24
1.3. Deux systèmes incomparables et incompatibles ? 27
2. L'arrêt cardiaque 30
2.1. L'arrêt cardiaque extrahospitalier : généralités 30
2.2. Le grand public, un rôle prépondérant 41
2.3. Recommandations internationales de prise en charge de l'arrêt cardiaque extrahospitalier 46
2.4. Registres de l'arrêt cardiaque 54
3. La problématique de l'arrêt cardiaque traumatique 65
3.1. Caractérisation de l'arrêt cardiaque traumatique 65
3.2. Un consensus autour de la prise en charge, mais un débat toujours existant 78
3.3. Un état de l'art complexe 90
3.4. Objectif de la thèse 92
Matériel et méthode 93
1. Population étudiée 93
1.1. Critères d'inclusion : 93
1.2. Critères d'exclusion : 93
1.3. Constitution des groupes d'ACT : 95
2. Recueil des données 96

3. Aspects éthiques 96
4. Qualité des données 96
5. Variables utilisées 97
6. Statistiques 97
6.1. Analyses descriptives 97
6.2. Analyses comparatives 98
6.3. Appariement des populations 98
7. Logiciels statistiques 102
Résultats 103
1. L'arrêt cardiaque traumatique : description générale 103
1.1. Les victimes d'arrêts cardiaques traumatiques 103
1.2. Les victimes d'ACT : le traumatisme crânien isolé 112
1.3. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TC et traumatisme thoraco-abdomino-pelvien 118
1.4. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TC, TTA et traumatisme des membres 123
1.5. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TC et TM 128
1.6. Les victimes d'ACT : le traumatisme thoraco-abdomino-pelvien 132
1.7. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TTA et TM 137
1.8. Les victimes d'ACT : le traumatisme des membres 142
1.9. Focus sur le rythme initial des patients vivants à J+30 147
2. Comparaison de la survie sur populations appariées par modèle de propension 149
2.1. Comparaison des deux populations avant appariement 149
2.2. Appariement sur le score de propension 151
Discussion 155
1. Caractéristiques de l'arrêt cardiaque traumatique : notre population et la littérature 155
1.1. Le patient et l'arrêt cardiaque 155
1.2. Les témoins et les premiers maillons de la chaîne de survie 157
1.3. La prise en charge médicalisée 158
1.4. Le devenir des patients 158
2. Arrêt cardiaque traumatique et arrêt cardiaque médical : vraiment le même pronostic ? 159
2.1. Survie des patients dans les différents groupes de caractérisation lésionnelle 161
2.2. Problématique du rythme initial et de son impact sur la survie 162

3. Caractéristiques de la prise en charge d'un arrêt cardiaque traumatique 165
3.1. La réanimation cardiopulmonaire de base 165
3.2. La réanimation cardiopulmonaire spécialisée 167
4. Proposition d'arbre décisionnel : Vers une première approche d'aide a la décision 172
5. Don d'organe 174
5.1. La filière DDAC 174
5.2. La filière DDME 176
6. Limites de l'étude 176
6.1. Données de registre 176
6.2. Taille de la population 177
6.3. Méthodologie adoptée 178
6.4. Comparabilité à la littérature 179
Conclusion 180
Table des figures 182
Liste des tableaux 183
References 185
Annexes 198
Annexe 1 : Fiche d'intervention RéAC 199
Annexe 2 : fiche de suivi J30 202

RESUME

Introduction : Le pronostic des victimes d'arrêts cardiaques traumatiques (ACT) est considéré comme très péjoratif et la « futilité » d'une réanimation est souvent évoquée chez ces patients. Les recommandations internationales concernant leur prise en charge font l'objet d'un réel débat. L'objectif de cette thèse est de fournir des données épidémiologiques à grande échelle de ces patients, de leur prise en charge et de leur survie afin d'orienter les recommandations.

Matériel et Méthode : Etude nationale multicentrique basée sur les données du Registre national français des arrêts cardiaques (RéAC). Tous les ACT survenus entre le 01/07/2011 et le 01/01/2016 dont les données étaient disponibles dans la base RéAC étaient inclus. La première étape consistait en la description de la population. La seconde partie consistait en la comparaison de la population d'ACT à une population d'AC médicaux (ACM) avant et après appariement sur score de propension.

Résultats : Sur la période choisie, 3303 patients ont été inclus. Trois quarts des victimes d'ACT étaient des hommes et l'âge médian était de 45 ans. L'ACT survenait hors domicile dans 75,9% des cas. Un témoin était présent lors de l'AC dans 54,3% des cas mais ils n'initiaient une réanimation cardiopulmonaire (RCP) que chez 31,8% des victimes. A l'arrivée du SMUR, 86,9% des patients étaient en asystolie, 5,9% présentaient un rythme sans pouls, 1,4% un rythme choquable et 5,8% une activité efficace. Une RCP spécialisée avait été initiée chez 71,3% des patients, au décours ou à l'issue de laquelle 16,5% avaient eu une reprise d'activité cardiaque spontanée. A l'admission, 14,5% étaient en vie. A J+30, 1,5% (n=51) avaient survécu dont 67,4% avec un bon pronostic neurologique. Parallèlement, 48 patients (1,4%) avaient fait l'objet d'un prélèvement d'organes dans le cadre d'un prélèvement à cœur arrêté (n=8) ou d'un prélèvement sur patient en état de mort encéphalique (n=40).

Sur la même période, 42628 ACM ont été inclus. Cette population était statistiquement plus âgée, plus féminine et l'ACM survenait davantage à domicile. Les patients étaient plus pris en charge par les témoins, les pompiers et le SMUR. A l'admission comme à J+30, les victimes d'ACM survivaient plus (Odds-ratio des ACT respectivement

0,629[0,570;0,695]; p<10-3 et 0,253[0,191;0,335]; p<10-3). Après appariement, 2449 paires ont été obtenues. Ainsi, sur populations appariées, les victimes d'ACT survivaient statistiquement moins que les victimes d'ACM. Leurs chances de survie étaient 2,4 fois moindres à l'admission (OR : 0,416[0,359;0,482]; p<10-3) et 6 fois moindres à J+30 (OR : 0,168[0,117;0,241]; p<10-3).

Discussion : Les caractéristiques des victimes d'ACT incluses sont comparables à une partie du corpus bibliographique, notamment européen. On constate des faiblesses dans la chaîne de survie qui ont été évoquées par ailleurs. Les taux de survie sont faibles, parfois même en comparaison de la littérature. Cependant, on retrouve des survivants, quels que soient le rythme et les caractéristiques lésionnelles, fait contestant, en particulier, la bibliographie américaine ainsi que les recommandations en découlant. Toutefois, dans un contexte quasi-expérimental, les chances de survie des ACT étaient significativement inférieures aux ACM, contredisant certaines des rares études antérieures. Ainsi, les recommandations européennes qui soulevaient ces lacunes peuvent bénéficier de ce nouvel apport.

Conclusion : Les ACT ont des taux de survie significativement inférieurs aux ACM toutes choses égales par ailleurs. Néanmoins, ils suggèrent qu'il est pertinent de proposer une RCP préhospitalière pour ces patients. Les résultats nous permettent de nous positionner davantage dans le sens proposé par les recommandations européennes qu'en celui proposé par les Etats-Unis. Toutefois, ces nouvelles données pourraient permettre de les affiner. Enfin, Il est important de garder à l'esprit que le don d'organe n'est pas anecdotique dans cette population jeune.

Mots-clefs : arrêt cardiaque ; traumatisme ; registre ; épidémiologie ; recommandations

ABSTRACT

Introduction: Traumatic cardiac arrests (TCA) prognosis is known to be dismal and resuscitation attempts "futility" is often discussed. Hence, resuscitation international guidelines regarding their care are frequently debated. This PhD work objective is to provide large scale epidemiological data on these patients, on their care and survival in order to bring matter for orientating the forthcoming guidelines.

Material and Methods: National multicentre study based on the French national cardiac arrest registry (RéAC) data. All TCA which occurred between the 01/07/2011 and 01/01/2016 for which RéAC data were available were included. The first step consisted in a description of the TCA population. The second one consisted in a comparison of TCA to medical CA (MCA) before and after propensity score matching.

Results: On the selected time span, 3303 TCA victims were included. Three quarter of them were males and the median age was 45. TCA occurred out of home in 75,9% cases. Bystander(s)' presence was recorded in 54,3% cases. Yet, only 31,8% provided a basic life support. At mobile medical teams' arrival, 86,9% of patients were in asystole, 5,9% had a pulseless electrical activity, 1,4% had a shockable rhythm and 5,8% had an effective activity. An advanced life support was attempted in 71,3% of patients and 15,6% sustained a return of spontaneous activity. At hospital admission, 14,5% were alive. At Day 30, 1,5% (n=51) survived among which 67,4% had a good neurological outcome. Besides, 48 patients (1,4%) gave their organs, in non-beating heart framework (n=8) or in encephalic death organ retrieval framework (n=40).

On the same period, 42628 MCA were included. This population was significantly older, more feminine and most of them occurred at home. Patients were more often cared by bystanders, firemen and medical teams. At hospital admission and at 30 days, their survival chances were higher than in TCA population (TCA OR respectively 0,629[0,570;0,695]; p<10-3 and 0,253[0,191;0,335]; p<10-3). After adjustment, TCA survival odds were even lower than in MCA: 2,4 times lower at admission (OR: 0,416[0,359;0,482]; p<10-3) and 6 times lower at day 30 (OR: 0,168[0,117;0,241]; p<10-3).

Discussion: Included TCA characteristics are coherent with a part of the bibliographical corpus, mostly European. We observe weaknesses in the TCA chain of survival which were also described elsewhere. Survival rate are indeed low, sometimes even regarding some other studies. However, we record survivors regardless of initial recorded rhythm of lesional characteristics. This fact particularly questions American literature and guidelines. However, in a quasi-experimental context, TCA odds of survival were significantly lower than MCA, contradicting the scarce literature dealing with this issue. Therefore, European guidelines that raised these shortcomings can henceforth benefit from this new contribution.

Conclusion: TCA have significantly lower survival rates than MCA all things being equal. Still, prehospital life support initiation does seem relevant in these patients. These results enable us to position ourselves more in favour of European guidelines than in American ones. Yet, this new information could help to refine them. Finally, we can also keep in mind that organ donation is not anecdotical in this young population.

Key-words: cardiac arrest; traumatism; registry; epidemiology; guidelines

CONTEXTE

1. LES SYSTEMES DE PRISE EN CHARGE DE L'URGENCE PREHOSPITALIERE

Un système de prise en charge de l'urgence préhospitalière peut être défini comme « un système proposant des moyens humains et matériels, un savoir-faire et des infrastructures pour la mise à disposition coordonnée et prompte d'un service sanitaire et sécurisé d'assistance aux victimes d'une maladie ou blessure soudaine » [1]. Ainsi l'objectif d'un système de prise en charge de l'urgence préhospitalière se concentre autour de la dispensation d'une prise en charge adaptée aux victimes d'une maladie ou blessure mettant en danger leur vie ou leur intégrité dans le but d'éviter une morbi-mortalité prévisible.

Dans les pays développés et de plus en plus dans les pays en développement, ces systèmes sont si avancés et tellement mis à contribution que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime qu'ils sont à la fois, d'évidence, partie intégrante du système de soin, mais également un rouage à la fois fondamental et névralgique [2]. En effet, la prise en charge préhospitalière des urgences est devenue une porte d'entrée prioritaire vers les services de soins hospitaliers. De plus, dans les pays ou ces systèmes sont à la fois profondément ancrés depuis plusieurs dizaines d'années, le personnel dédié peut administrer des médicaments (vasopresseurs, morphiniques, antiarythmiques, etc.), effectuer des gestes médicaux invasifs et complexes immédiatement (pose de voie, y compris intraosseuse, thoraco(s)tomies, intubations orotrachéales, etc.) voire prendre des décisions et prononcer des jugements tels que l'arrêt d'une réanimation ou la déclaration du décès en dehors du cadre hospitalier *stricto sensu* [3, 4].

Si les systèmes de prise en charge préhospitaliers ont été formalisés dès le début des années 50, la notion de prise en charge de l'urgence médicale sur le terrain est bien plus ancienne. Ainsi dès le milieu du XVIIIème siècle, le naturaliste français René-Antoine Ferchault de Réaumur attire l'attention du public sur la prise en charge des noyés dans son « avis au peuple pour donner les secours à ceux que l'on croit noyés ». Sous

l'impulsion de scientifiques alors contemporains, la notion d'urgence apparaît, toujours concernant la prise en charge des noyés, notamment à travers les écrits de Tissot et du médecin anglais John Hunter qui formalise la notion d'assistance respiratoire. Enfin, c'est en 1773 que les premières formations « grand public » aux gestes de secours voient le jour, accompagnées par l'installation de coffrets de réanimation des victimes de noyades le long des berges de la Seine [5].

La première description d'une organisation systémique de la prise en charge attestée des victimes de maladies ou de blessures extrahospitalières date des grandes campagnes Napoléoniennes. En effet, c'est le chirurgien militaire Dominique-Jean Larrey qui formalise un plan d'évacuation des soldats blessés vers des dispensaires de terrain afin d'y être soignés. Ce système se basait sur la mise en place « d'ambulances » embarquant des personnels spécialement formés au transport et à l'administration des premiers soins. Outre-Atlantique, les concepts de Larrey seront repris par le médecin militaire Jonathan Letterman lors de la guerre de Sécession. Devant la baisse drastique de la morbi-mortalité des blessures de guerre, les premiers systèmes de prise en charge de l'urgence préhospitalière à destination des civils virent le jour dès la seconde moitié du XIXème siècle [6]. Ces services n'étaient, en revanche, ni reproductibles ni clairement définis puisque chaque municipalité organisait celui-ci comme elle pouvait.

C'est à la fin des années 1950 que les premières tentatives d'harmonisation furent imaginées aussi bien en France qu'aux Etats-Unis. Ainsi depuis les années 60, les systèmes de prise en charge de l'urgence préhospitalière ont évolué en deux modèles principaux comprenant tous deux de nombreuses variantes afin de faire coïncider au maximum celui-ci avec les spécificités culturelles, démographiques, sociales et géographiques du pays [7, 8]. Le premier modèle, anglo-américain, est basé sur la philosophie du « scoop and run ». Le but de ce modèle est de proposer un temps d'intervention court et transporter le patient vers l'hôpital le plus vite possible. On retrouve ce type de prise en charge aux Etats-Unis [6], au Canada [9], en Australie [10], en Nouvelle-Zélande [7] ou encore dans les Emirats Arabes Unis [11]. A l'inverse, le système franco-allemand trouve ses racines dans la culture du « stay and play ». Le but de ce mode de prise en charge n'est plus d'amener le patient à l'hôpital, mais l'hôpital au patient. Ce modèle fait intervenir des médecins en préhospitalier qui disposent d'un arsenal technique et thérapeutique avancé sur le lieu même de l'intervention. Le cursus

des intervenants en préhospitalier varie d'un pays à l'autre, mais la présence d'un personnel médical est très fréquemment retrouvée. Fortement implanté en Europe, les pays disposant de ce système au sens strict sont la France [12], l'Allemagne [13], l'Autriche [14], la Grèce [15] ou encore Malte [16].

Bien que ces deux modèles existent pour servir le même objectif, leurs divergences les rendent complètement différents sur bien des points qui seront détaillés ci-après. Enfin, quelques pays possèdent un système hybride de prise en charge faisant appel à la fois à des concepts issus du modèle anglo-américain et du modèle franco-allemand [17, 18].

1.1. Le système anglo-américain

Le premier programme de formation à la prise en charge de l'urgence préhospitalière a vu le jour à la fin des années 1950 à Chicago. Il s'agissait de former des pompiers aux premiers secours. Aujourd'hui, on considère que c'est ce modèle de formation qui posa les bases de la structuration des services médicaux d'urgence (EMS) et de la formation des paramedics américains appelés « emergency medical technicians » (EMT).

1.1.1. La coordination des moyens d'intervention

Aux Etats-Unis, un numéro unique permet de requérir n'importe quel service d'urgence, quelle que soit sa nature dont l'appel aux pompiers, à la police ou à un service de prise en charge de l'urgence médicale. Il s'agit du 911, d'abord implémenté pour test à Chicago en 1977. Aujourd'hui, 99% de la population est couverte par ce service. Quel que soit le lieu de l'appel ou la nature du téléphone utilisé, celui-ci est automatiquement géolocalisé par le centre de régulation « dispatch center », permettant un relais rapide pour intervention. Le pourcent restant non couvert par ce service nécessite l'utilisation d'un numéro de téléphone à 7 chiffres qui diffère en fonction de la nature de l'urgence.

Lorsque l'urgence est de nature médicale, l'opérateur transfert l'appel à un régulateur appelé « emergency medical dispatcher ». Son rôle est à la fois de répondre aux sollicitations de l'appelant, à transmettre les informations et à garder contact avec les équipes de terrain (EMT), mais aussi de conseiller l'appelant, par exemple en lui expliquant la marche à suivre pour réaliser les premiers gestes de secours. Bien qu'un seul et même régulateur puisse assurer ces trois missions, dans les dispatch centers

urbains, celles-ci sont souvent divisées entre deux agents. Dans ce cas, l'un s'occupe de la transmission des informations aux EMT et du feed-back en temps réel et l'autre reste au contact de l'appelant. Cette régulation n'est pas médicalisée, contrairement à celle réalisée dans les systèmes dérivés du modèle franco-allemand que nous détaillerons ultérieurement.

Bien que cette organisation soit la plus répandue aux Etats-Unis, elle ne fait pas l'objet d'une réglementation au niveau national et seuls 18 Etats possèdent une standardisation réglementaire concernant ces centres de régulation.

1.1.2. Les « Emergency Medical Technicians »

Le système des services médicaux d'urgence américains n'est pas un système national ni même systématiquement fédéral, ainsi il existe des variations locales même au sein d'un même Etat. Cependant, il y a quatre niveaux de formation chez les intervenants dans l'urgence préhospitalière de ce système. Dans l'ordre du niveau de formation, on dénombre :

- les premiers intervenants,
- les EMT-Basic (EMT-B) formés aux premiers soins,
- les EMT-Intermédiaires (EMT-I),
- les EMT-Paramedics (EMT-P).

Les premiers intervenants « first responders » peuvent être sur les lieux de l'urgence en quelques dizaines de secondes ou en quelques minutes. Ils ne sont pas des EMT à proprement parler, mais constituent le maillage le plus fin en termes de prise en charge de l'urgence extrahospitalière. Ils dépendent généralement d'agences publiques de sécurité et non d'un hôpital ou d'une caserne de pompier. Ils sont uniquement formés aux premiers soins basiques tels que l'accouchement sans complications, la prise en charge des blessures ouvertes et de fractures, mais surtout la réanimation cardio-pulmonaire de base et l'utilisation d'un défibrillateur.

Les EMT-B constituent le niveau de prise en charge le plus répandu dans les ambulances américaines. Ils peuvent réaliser les mêmes gestes que les premiers intervenants auxquels sont ajouté une formation spécifique à la ventilation y compris par intubation orotrachéale (bien que l'étude de Sayre *et al.* [19] ait montré près de 50% d'échec

d'intubation chez ces EMT), au triage en cas de situation couvrant plusieurs victimes (accidents de la route, catastrophes de masse) et au transfert des patients. Les programmes de formation de ces EMT varient grandement d'un Etat à un autre.

Les EMT-I doivent être titulaires d'une formation d'EMT-B au préalable dans la plupart des Etats américains. A leur formation de base vient s'ajouter le plus souvent une formation à la pose de voie intraveineuse, au monitoring de l'activité cardiaque et autres paramètres vitaux et à la défibrillation manuelle. Dans certains états, les EMT-I peuvent également administrer des médicaments, mais cette habilitation dépend grandement des systèmes réglementaires étatiques et locaux.

Enfin, les EMT-P ou « paramedics » constituent le niveau le plus élevé de formation à la prise en charge préhospitalière. Bien qu'il existe un programme de formation minimale au niveau fédéral, le contenu des formations peut varier de manière substantielle d'un état à un autre [6, 20]. Leur formation est très transversale et couvre bien des champs médicaux et paramédicaux, mais la grande partie du programme est couverte par la prise en charge spécialisée de l'urgence vitale (Advanced Life Support) y compris en situations particulières comme en pédiatrie (Paediatric Life Support) ou en termes de prise en charge du patient traumatisé (Trauma Life Support). En ce sens, les EMT-P peuvent réaliser un grand nombre d'actes techniques avancés ainsi que l'administration de médicaments.

1.1.3. Le rôle du médecin

Dans l'organisation initiale du système de prise en charge de l'urgence médicale préhospitalière, le personnel médical était fortement impliqué à plusieurs niveaux. On citera par exemple leur intervention directement au chevet du patient dans certains cas et dans certains Etats. En effet, on retrouvait dans les années 60 les « heartmobiles », des ambulances équipées pour la prise en charge de l'infarctus du myocarde [21], embarquant médecins et infirmiers et basé sur un modèle irlandais [22]. L'implication des médecins était également directe dans la formation des EMT et tout particulièrement des paramedics. Au fur et à mesure, les compétences et le champ d'expertise des paramedics s'étant très nettement agrandis, les médecins furent de moins

en moins impliqués dans le système américain, laissant les paramedics prendre en charge ce système de manière déléguée.

Cependant, l'expertise médicale n'a pas complètement disparu du paysage de l'urgence préhospitalière américaine. Aujourd'hui, les médecins peuvent encore être sollicités via deux parcours. Le premier parcours implique une collaboration directe entre un médecin (ou parfois un infirmier spécialement formé) et les EMT. Cela peut se produire en situation exceptionnelle, laissant par exemple un doute à un paramedic quant à la marche à suivre pour la prise en charge d'une victime. Ainsi, le médecin pourra le conseiller sur le protocole à adopter ou sur les amendements à réaliser vis-à-vis des procédures préexistantes. Ce parcours implique généralement un contact direct entre les deux corps de métier, physiquement ou par téléphone. Le second parcours est indirect et le plus souvent employé. C'est celui qui est suivi en routine. Si les médecins ne se déplacent pas sur place et n'interviennent que très peu directement dans la formation des EMT, ce sont eux qui établissent les protocoles de prise en charge standards. Ces médecins sont représentés par un directeur médical. Dans la plupart des Etats américains qui fonctionnent sur le modèle « classique », il y a un directeur médical par EMS. En plus de la rédaction de procédures, ces médecins ont également la responsabilité de l'assurance qualité du système et de la formation professionnelle continue de tous les corps de métier de leur EMS [6, 21].

1.1.4. Les trauma centers

Lorsque les équipes sont confrontées à la prise en charge d'un patient atteint d'un traumatisme grave, il existe un protocole qui permet aux EMT de ne pas ramener le patient dans un petit hôpital proche. Il conviendrait alors de le diriger vers une structure de plus grande taille dotée d'un « trauma center ». Ces hôpitaux ont alors des infrastructures, des matériels et des savoir-faire spécifiquement rassemblés pour pouvoir prendre en charge un traumatisme grave de manière optimale. Ils emploient, pour la plupart, des « trauma teams » composées de chirurgiens et d'anesthésistes disponibles 24h sur 24 et 7 jours sur 7. Des blocs opératoires spécialisés sont également à disposition. La direction d'un patient vers ces trauma centers dépend de nombreux critères que les paramedics ont la charge d'évaluer. Il existe plusieurs échelles de calcul de la gravité

utilisées aux Etats-Unis. Parmi elles on peut décrire l'une des plus utilisées : l'échelle RTS « revised trauma score » proposée par Champion *et al*. en 1989. Celle-ci prend en compte le rythme respiratoire, le volume d'expansion de la paroi thoracique, la pression artérielle systolique et le score de Glasgow (GCS) [23, 24].

1.2. Le système franco-allemand

Le système de prise en charge de l'urgence préhospitalière français est un système médicalisé à deux niveaux. Le système est dichotomisé de façon à ce que le territoire soit couvert par deux types de maillages. Le premier, le plus fin, c'est-à-dire géographiquement au plus proche de la population, peut prendre en charge les urgences préhospitalières de manière prompte et basique. Le second, plus large, intervient dans un deuxième temps afin de médicaliser le patient. Toutefois, afin de coordonner les deux niveaux, le déclenchement des services de prise en charge préhospitaliers est géré de manière centralisée.

1.2.1. La coordination des moyens d'intervention

La coordination de ces deux niveaux est assurée grâce à des plateformes de centralisation appelées Services d'Aide Médicale d'Urgence (SAMU). C'est dans ces centres que toutes les demandes d'aide médicale en préhospitalier arrivent grâce au numéro national « 15 » créé en 1978. Le numéro d'urgence européen « 112 », permet également de contacter cette plateforme. Des personnels médicaux et non-médicaux de régulation sont présents dans chaque SAMU 24H/24 et 7 jours sur 7. Le rôle de ces SAMU via le Centre de Réception et de Régulation des Appels (CRRA) est de recevoir les appels santé afin de déterminer et déclencher la réponse adaptée le plus rapidement possible. Des médecins régulateurs auront pour charge de déclencher le cas échéant les équipes préhospitalières (de premiers secours et/ou de médicalisation) et d'assister/conseiller l'auteur de l'appel en attendant l'arrivée des secours si besoin. Actuellement, ces SAMU sont basés dans les grands hôpitaux (Centres Hospitaliers ou Centres Hospitaliers Universitaires), généralement dans les villes préfectorales, et chacun d'entre eux est responsable du déploiement des moyens d'intervention pour une zone donnée définie par le Schéma Régional d'Organisation des Soins (SROS). Cependant, il est également possible que

celui-ci soit notifié en second lieu pour une intervention hors zone par exemple par un SAMU voisin, si l'ensemble des moyens de secours est déjà déployé et/ou nécessite un renfort. L'ensemble de l'activité des SAMU est soumis à un cadre réglementaire défini par les articles L6311-1 et L6311-2 du Code de Santé Publique. On comptait en 2015 selon SAMU-Urgence de France 102 SAMU [25].

1.2.2. Les premiers secours

Le premier niveau est composé « d'ambulances » responsables des premiers secours, c'est-à-dire de la prise en charge initiale et rapide des urgences (Basic Life Support) qui sont basées dans les casernes de pompiers et donc sous la responsabilité des Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS). On les appelle Véhicules de Secours et d'Assistance aux Victimes (VSAV). Celles-ci ne comptent pas de personnel médical à bord et pas nécessairement un personnel paramédical. Cependant, le personnel à bord est formé aux gestes de secours (par exemple : compressions thoraciques, ventilation au ballon). Le maillage du territoire concernant ces ambulances de premiers secours est tel que les temps d'intervention sont courts. La littérature relate des temps d'intervention compris en moyenne entre 6 et 10 minutes en milieu urbain [26, 27] et entre 10 et 15 minutes en milieu semi-rural [26, 28]. Les temps d'intervention pouvaient être nettement plus longs dans certains milieux ruraux [28]. Lorsqu'un VSAV est envoyé, le médecin régulateur est immédiatement notifié, ce qui lui permet ensuite de juger s'il est nécessaire de déclencher une prise en charge médicalisée supplémentaire.

1.2.3. La prise en charge médicalisée

Le second niveau, responsable de la médicalisation du patient sur place, si la situation le requiert (Advanced Life Support), est également composé d'ambulances. A la différence du premier niveau, pour chaque intervention, un médecin est systématiquement présent et il est assisté d'au moins un infirmier et un ambulancier. Ce second niveau appelé Service Mobile d'Urgence et de Réanimation (SMUR) a été créé en 1955. Il avait initialement pour vocation la prise en charge les victimes d'accidents de la route et d'assurer les transferts des patients entre deux structures de soin. Etant donnés les résultats positifs de ces premiers SMUR, leur nombre a drastiquement augmenté les

années qui suivirent pour finalement couvrir l'ensemble de la France au milieu des années 60 [12, 29]. Afin de répondre à une demande croissante de la population en termes de prise en charge de l'urgence préhospitalière [12, 25], chaque SMUR est au moins composé d'une Unité Mobile Hospitalière (UMH) qui est à même de transporter au moins un médecin et un infirmier (ou infirmer anesthésiste). Celui-ci est conduit par un ambulancier spécialement formé. Il peut également transporter un étudiant en médecine ou en soins infirmiers en plus de l'équipe obligatoire. Il est du rôle de cette UMH d'apporter l'hôpital et toutes ses ressources nécessaires au chevet du patient, qu'elles soient humaines, médicales, techniques ou de conseil. La médicalisation du patient peut alors se faire directement sur les lieux. Ainsi, des actes médicaux, invasifs (par exemple : intubation, pose de voie, pose de drain thoracique, thrombolyse), ou non (récupération des antécédents du patient, réalisation d'ECG, examen médical) peuvent être réalisés sur place. Il est de la tâche du régulateur de se tenir informé des disponibilités en termes de lits dans le service adéquat afin de transmettre, en temps réel, cette information à l'équipe embarquée. Cette récupération d'information se fait via les hôpitaux présents dans la zone géographique déterminée par le SROS. Un planning existe en amont afin de calculer cette disponibilité par service (par exemple : réanimation polyvalente, cathétérisme, déchocage, neurochirurgie) et en fonction de paramètres temporels tels que l'aspect diurne ou nocturne de l'intervention ou la période de l'année. Toutes les ressources de la zone géographique dédiée et même en dehors de celle-ci au besoin sont accessibles en situation d'urgence, quel que soit la nature de l'établissement potentiellement receveur (public ou privé). Enfin, certains SMUR disposent d'UMH spécialisées, par exemple en pédiatrie ou en néonatalogie, et disposent à la fois d'équipements et de moyens humains spécifiques à ces prises en charge particulières. SAMU-Urgences de France dénombrait pas moins de 428 SMUR au niveau national pour un total de 700 équipes terrestres et 42 Héli-SMUR [25]. Toujours selon SAMU-Urgences de France, 98% de la population serait couverte par ces services.

1.2.4. Quelques exemples de divergences mineures au niveau européen

Le système de prise en charge avec médicalisation sur place est le plus répandu en Europe. De plus, de nombreux pays non européens développés ou en voie de développement fonctionnent sur un mode comparable. Cependant, on remarque quand même quelques divergences organisationnelles. Par exemple le système allemand [13], et par extension les systèmes belges et luxembourgeois qui lui ressemblent beaucoup, ne possède pas de SAMU centralisé qui pourrait agir au niveau des Länder allemands ou au niveau des provinces belges, mais des CRRA locaux intégrés directement à l'hôpital. De plus, à la différence des 3 plateformes d'appel urgent existantes en France (15 pour les urgences médicales, 18 pour les pompiers, 17 pour la police), ces pays n'en possèdent que deux, une pour les secours (doublée par le 112, numéro européen), une pour la police. Ainsi les permanenciers de régulation médicale ne transmettent pas les appels à des médecins comme en France. Il s'agit de pompiers ou d'agents de la protection civile spécialement formés. La régulation médicale est alors directement réalisée « a postériori » au sein des SMUR et non directement auprès de la plateforme 112. En revanche, l'Autriche possède un SAMU par région. Le SAMU de Vienne possède une régulation médicale. Au niveau préhospitalier, tout comme chez les Allemands, les ambulances autrichiennes peuvent embarquer des « Rettungssanitäter », équivalents aux EMT-B américains, des « Notfallsanitäter » équivalent aux EMT-P et des médecins. Il s'agit d'un système de prise en charge à géométrie variable. En fonction du régulateur, il pourra être déclenché un véhicule transportant soit au moins un médecin soit au moins un paramedic en fonction de la gravité de l'urgence [14].

1.3. Deux systèmes incomparables et incompatibles ?

1.3.1. Une absence de standards internationaux

Bien que leur mission soit la même, tout semble opposer le modèle franco-allemand au modèle anglo-américain. De plus, beaucoup d'études ont tenté de comparer ces deux systèmes de prise en charge en termes de rapport coût-efficacité, mais aussi en termes de vies gagnées. Cependant, il semble que ces études aient abouti à la conclusion que ces deux systèmes ne sont pas comparables du fait qu'ils n'interviennent ni de la même

façon ni sur les mêmes critères. De plus, l'existence de peu de standards internationaux d'évaluation de moyens et de résultats ne permet pas de réaliser d'études dont la portée serait telle qu'elle mettrait un point final aux discussions qui tournent autour de la pertinence de ces systèmes [7]. En effet, un large pan de la littérature traitant des systèmes internationaux de prise en charge de l'urgence préhospitalière est constitué par des études tentant de comparer les deux modes de prise en charge. Pourtant ces études donnent des résultats très contradictoires [7, 8, 18, 30].

Le traitement de cette thématique est assez ancien puisque les premières études tentant de comparer ces deux systèmes datent des années 90. Par exemple, au décours de son étude sur le développement des systèmes de prise en charge de l'urgence préhospitalière dans le monde, Arnold [31] arrive déjà à cette conclusion qu'il semble difficile, voire impossible, de conduire une étude comparative pertinente. L'étude de Dick en 2003 qui a pour but de comparer les deux systèmes conclut en demi-teinte sur le fait que la seule conclusion que l'on puisse tirer d'un tel travail est que le système franco-allemand engendre moins de dépenses en termes de part du produit intérieur brut par tête que le système anglo-saxon [8]. Dans le cadre d'un benchmarking des différentes options à destination des pays en développement qui souhaiteraient mettre en place un système structuré de prise en charge des urgences préhospitalières, Roudsari *et al.* [18, 30] ont réalisé une étude comparative des modes de prise en charge des patients traumatisés en préhospitalier. Cette évaluation, réalisée dans 9 pays dont 5 fonctionnant sur un système anglo-américain et 4 sur un système franco-allemand, a conclu sur l'amélioration des taux de survie en préhospitalier chez les patients victimes de traumatismes graves, mais sans toutefois que l'impact sur la survie à la sortie de l'hôpital soit significatif. En 2011, Fischer *et al.* publient les résultats d'une étude comparative de la performance des deux systèmes tenant compte de 5 critères identifiés et définis par l'European Emergency Data projet (EED-Project) [32]. L'étude conduite sur 4 ans et dans 4 villes. Deux villes (Coventry (Grande-Bretagne) et Richmond, Virginie (Etats-Unis)) possédaient un système anglo-saxon et deux autres (Bonn Allemagne) et Cantabria (Espagne)) fonctionnaient sur le système franco-allemand. Les EMS couvrant les agglomérations anglaises, allemandes et américaines étaient déclenchés en environnement purement urbain et l'EMS espagnol intervenait également en milieu semi-rural. Au terme de l'inclusion de près de 6300 patients dont plus de 2000 souffraient d'un arrêt cardiaque

extrahospitalier, les auteurs ont conclu que la présence de véhicules médicalisés embarquant du personnel médical semblait aboutir à des taux de survie plus importants chez les patients en arrêt cardiaque (35% de survie à l'admission à Bonn vs 30% à Cantabria vs 12% à Coventry vs 9% à Richmond). Cependant, les auteurs relevaient également de nombreuses limites engendrées par les divergences de prise en charge et les nombreux déterminants de la survie d'un arrêt cardiaque.

1.3.2. Quelles implications pour la prise en charge de l'arrêt cardiaque ?

Bien que les divergences en termes d'organisation de la prise en charge de l'urgence préhospitalière semblent rendre les résultats issus d'études supranationales incomparables, l'arrêt cardiaque est une pathologie particulièrement monitorée et fait l'objet de recommandations de prise en charge au niveau international. En effet, l'International Liaison Committee On Resuscitation (ILCOR), qui assure la coordination entre les différentes sociétés savantes de la thématique en matière de techniques et de protocoles de réanimation, propose des recommandations de prises en charge de l'arrêt cardiaque qui soient applicables par le plus grand nombre, quelle que soit la nature du système de prise en charge de l'urgence préhospitalière.

2. L'ARRET CARDIAQUE

2.1. L'arrêt cardiaque extrahospitalier : généralités

2.1.1. Physiopathologie de l'arrêt cardiaque

2.1.1.1. Physiopathologie

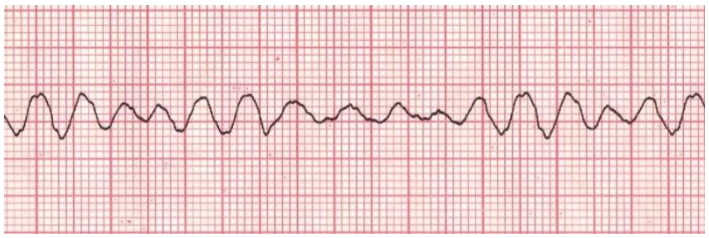
L'arrêt cardiaque (AC) peut être défini par l'interruption, souvent soudaine, de l'activité d'une des composantes de l'appareil cardiovasculaire. Il peut donc s'agir du cœur et/ou des vaisseaux sanguins. C'est devant ce constat que nous pouvons aussi retrouver, dans la littérature, le terme « arrêt cardiocirculatoire ». L'absence de circulation sanguine engendrée par cette défaillance peut provoquer la mort des tissus et organes en quelques minutes si une circulation, même modérément efficace, n'est pas restaurée. Lorsque cette restauration n'est pas efficace ou est trop tardive, le patient peut survivre au prix de séquelles neurologiques dont la plus sévère est représentée par un état végétatif chronique [33].

2.1.1.2. Rythmes de l'arrêt cardiaque

Contrairement à la croyance populaire, l'arrêt cardiaque n'est pas nécessairement défini par un arrêt pur et simple des contractions myocardiques par absence de stimulation électrique. En effet, quatre types de rythmes peuvent être associés à un arrêt cardiaque. Le rythme sous-jacent doit donc être analysé par électrocardiogrammes (ECG) afin de pouvoir déterminer la marche à suivre pour réanimer la victime de la manière la plus adéquate possible. On distingue alors :

- La fibrillation ventriculaire (FV)

La fibrillation ventriculaire peut être définie comme une contraction rapide, anarchique et asynchrone des fibres myocardiques ventriculaires. Le cœur est alors incapable d'assurer l'éjection du sang dans les vaisseaux.



1. ECG montrant une fibrillation ventriculaire

On estime que dans les premières minutes de l'arrêt cardiaque, la FV serait le rythme le plus représenté. Une FV serait souvent le rythme initial enregistré dans les cas d'AC survenant dans un contexte d'infarctus du myocarde, la fibrillation survenant en phase aiguë, d'hypothermie, d'embolie pulmonaire, ou encore, d'électrisation. Il s'agit d'un rythme dit « choquable ». Ainsi l'administration d'une défibrillation est envisageable dans l'optique de resynchroniser la contraction des fibres musculaires. Si la défibrillation est réalisée rapidement, la fibrillation serait un des rythmes dont l'issue est la meilleure pour les victimes [34].

- La tachycardie ventriculaire sans pouls (TV)

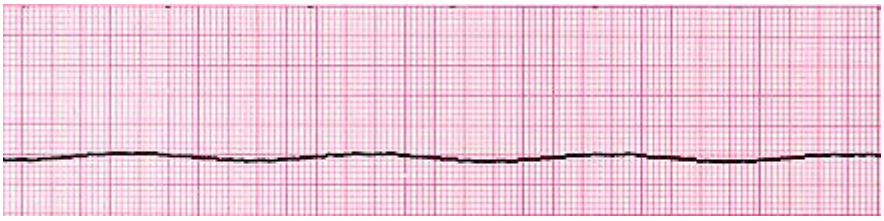
Une tachycardie sévère et prolongée (>150 et parfois jusqu'à plus de 200 bpm chez l'adulte) peut entraîner les mêmes complications qu'une FV, c'est-à-dire l'incapacité du cœur à faire circuler le sang et donc la disparition du pouls. En outre, il est fréquent que celle-ci évolue en FV si elle n'est pas traitée rapidement.

2. ECG montrant une tachycardie ventriculaire

Autre rythme choquable, les étiologies et la prise en charge sont similaires à la fibrillation ventriculaire.

- L'asystolie

L'asystolie est une interruption totale de l'activité électrique cardiaque ainsi que des contractions myocardiques. Dans ce contexte, la circulation est nulle. Elle peut à la fois être le signe d'une cause sous-jacente extrêmement grave (traumatisme sévère, trouble de la conduction grave) ou d'un AC prolongé. Toute activité électrique ayant disparu, la défibrillation n'est pas indiquée dans les cas d'asystolie. C'est le rythme le plus grave et le pronostic de ces patients est souvent sombre [35].



3. ECG montrant une asystolie

On retrouve un tableau similaire lorsque les patients présentent une bradycardie extrême (<20 bpm), un rythme aussi lent ne permettant pas l'irrigation des tissus et organes. Ces cas de bradycardies présentant des complexes agoniques traduisent une souffrance myocardique et sont souvent associés à une intoxication médicamenteuse, une endocrinopathie, un déséquilibre électrolytique ou à un trouble du rythme [33].

- L'activité électrique sans pouls, parfois appelée rythme sans pouls ou dissociation électromécanique.

Dans les cas d'activité électrique sans pouls, on constate, dans la majorité des cas, une activité électrique *a priori* normale, mais sans activité mécanique du myocarde. Le mécanisme exact de ce type de rythme est, encore aujourd'hui, mal compris. On le constatera principalement dans un contexte traumatique (tamponnade cardiaque, hypovolémie, pneumothorax), dans un contexte anoxique, ou encore dans le cas d'un trouble électrolytique. En présence d'une activité électrique physiologique, ce rythme n'est pas choquable.

2.1.2. Epidémiologie et enjeux

L'arrêt cardiaque est considéré comme la plus extrême des urgences. Il mène généralement au décès immédiat ou à très court terme du patient si celui-ci n'est pas pris en charge dans les plus brefs délais par les témoins puis par les services de secours spécialisés [36, 37]. Au-delà du risque élevé de décès, le patient peut également présenter de très lourdes séquelles neurologiques (conséquence de l'hypoxie cérébrale) [38]. L'arrêt cardiaque serait responsable de plus de 600 000 décès par an dans les pays industrialisés et on admet qu'il est responsable d'environ 275 000 décès par an en Europe [39] dont 40 000 à 50 000 décès par an en France (toutes étiologies confondues) [26, 40, 41]. Bien qu'il ne soit dorénavant plus irréversible, son pronostic reste très péjoratif, en particulier lorsque celui-ci survient en dehors du contexte hospitalier, soit dans environ 85% des cas [26].

2.1.2.1. Incidence de l'arrêt cardiaque extrahospitalier

La méta-analyse de Berdowski *et al. [42]*, réalisée en 2010, regroupant pas moins de 67 études conduites entre 1990 et 2009, retrouvait une incidence globale de 83,7 cas par an pour 100 000 personnes. Les auteurs relevaient toutefois que l'incidence globale observée variait grandement d'une zone géographie à l'autre. Ainsi l'incidence la plus faible était retrouvée dans les pays asiatiques (incidence moyenne 52,5 cas par an pour 100 000 habitants) puis en Europe (86,4), en Amérique du Nord (98,1) et enfin en Australie qui possédait l'incidence la plus élevée avec une incidence de 112.9 cas d'arrêts cardiaques par an pour 100 000 personnes. L'étude européenne menée par le réseau des registres de l'arrêt cardiaque (EuReCA-One) [43, 44] retrouvait des résultats similaires. En effet, ce travail de recueil réalisé au décours du mois d'octobre 2014 faisait état d'une incidence globale européenne de 84 arrêts cardiaques par an pour 100 000 habitants. Les variations d'un pays à l'autre étaient également importantes, par exemple, l'étude EuReCA-One montrait une amplitude d'incidence de 19 à 104 arrêts cardiaques par an pour 100 000 habitants.

En France on estime que celle-ci devrait se situer autour de 60 cas par an pour 100 000 personnes (résultats EuReCA-One). L'étude de Luc *et al*. retrouvait, quant à elle, une incidence de 61.5, deux fois plus élevée chez l'homme que chez la femme. Ces résultats

étaient légèrement inférieurs à ceux observés dans la seule étude française traitant du sujet dans la littérature puisque l'incidence observée à Saint-Etienne entre 1991 et 1992 était de 66,5 arrêts cardiaques par an pour 100 000 habitants [45]. Globalement, la France se rapproche de la plupart d'autres pays européens tels que l'Autriche, les Pays-Bas ou la Norvège [20, 39, 42, 43, 46].

2.1.2.2. Caractéristiques des populations touchées

Au niveau mondial, les hommes sont plus touchés que les femmes, comme Bougouin *et al.* en font la synthèse dans une méta-analyse en 2015 [47]. En Europe, la proportion d'hommes observée est d'environ 65%. L'étude EuReCA-One [43] reportait 66,3% d'hommes et des précédentes études infranationales européennes faisaient état de résultats comparables. On retrouvait par exemple 70% d'hommes chez les victimes d'arrêt cardiaque en Ecosse [48], 73% en Autriche [49], 80% au Royaume-Uni [50] et 67% au Danemark [51]. En France, l'incidence de l'arrêt cardiaque est quasiment deux fois plus élevée chez l'homme (80,7 versus 43,7 cas d'arrêts cardiaques par an pour 100 000 habitants) aboutissant à 65,4% d'hommes [26]. Une répartition relativement similaire est reportée par Ong *et al.* en 2015 basée sur les données du registre panasiatique des arrêts cardiaques (PAROS) [52]. Toutefois, les auteurs observent une variation importante de la répartition en termes de sexe avec une proportion d'hommes de 57% au Japon et de 81% dans les Emirats Arabes Unis. Ces différences peuvent être expliquées par la démographie de ces pays, mais également par l'âge moyen de survenue de l'arrêt cardiaque.

L'âge moyen des victimes d'un arrêt cardiaque connaît également de nombreuses variations. En effet, celui-ci dépend de nombreux facteurs. Ces différences sont souvent mises en relation avec des facteurs démographiques tels que le sexe [48, 49, 51-55], la cause de l'arrêt [26, 56, 57], les antécédents médicaux du patient [58, 59]. On retrouve également des variations imputées à des spécificités territoriales telles que la région d'habitation des patients [20, 60] ou le niveau d'urbanisation de leur lieu de résidence [52]. Ainsi, les femmes seraient statistiquement plus âgées. Ceci est au moins en partie induit par le rôle protecteur de leurs hormones durant une partie de leur vie [55, 61]. Les personnes plus jeunes seraient plus concernées par les arrêts cardiaques de causes non

médicales [56] accidentelles [57, 62] ou suicidaires [63, 64]. Enfin, les arrêts survenant à domicile concerneraient des personnes plus âgées [65, 66].

Globalement, même si d'une étude à l'autre l'âge varie en fonction des critères retenus, l'âge moyen de survenue d'un arrêt cardiaque semble se situer entre 60 et 70 ans. Au niveau européen, l'étude EuReCA-One retrouvait un âge moyen de 67 ans. Précédemment, d'autres études de plus petite envergure avaient déjà trouvé des moyennes similaires (67 ans en Irlande (national) [67], 65 ans en France (national) [26], 66 ans en République Tchèque (Bohème orientale) [68], entre 67 et 77 ans selon la région en Suède [69] ou encore 64 aux Pays-Bas (Agglomération d'Amsterdam) [70]). A travers le monde la moyenne d'âge est similaire. Aux Etats-Unis, les nombreuses études menées au décours des années 80-90 synthétisées sous forme de méta-analyse par Eisenberg *et al.* ainsi que les résultats plus récents issus des registres américains de l'arrêt cardiaque (CARES et ROC) soulignaient également un âge moyen de 62-67 ans [71-74]. Dans les autres parties du monde, les registres nationaux et supranationaux font état d'âges de survenue compris entre 50 et 72 ans. Globalement, le Japon présente des moyennes d'âge plus élevées qu'ailleurs dans le monde. Ainsi selon les régions et les études du registre japonais de l'arrêt cardiaque (AJUR) celui-ci serait compris entre 70 [42, 75] et 78 ans [60]. Israël est un autre pays qui enregistre une moyenne d'âge élevée pour l'arrêt cardiaque puisque l'âge moyen enregistré par Ginsberg *et al.* était de 73 ans [76]. Ces deux pays imputent notamment l'élévation de la moyenne d'âge au fait que la population est plus féminine que dans la littérature avec respectivement 57% d'hommes au Japon et 56,6% en Israël. Enfin, le registre panasiatique de l'arrêt cardiaque (PAROS) montre un âge moyen compris entre 49 et 72 ans, les âges les plus faibles étant représentés par les Emirats Arabes Unis et la Malaisie, les âges les plus élevés par Taiwan et le Japon [52]. La moyenne globale était de 61 ans.

La localisation de l'arrêt cardiaque extrahospitalier est également un élément important qui prend tout son sens lorsqu'il s'agit de le mettre en regard des politiques internationales de sensibilisation, de formation et de prise en charge, qu'elle soit immédiate ou avancée. En effet, de nombreuses études montrent que la plupart des arrêts cardiaques surviennent à domicile plutôt que sur la voie publique, au travail [77] ou dans un lieu public tel que les aéroports ou les gares [78, 79]. Les résultats de l'étude EuReCA-One montraient que la survenue de l'arrêt cardiaque extrahospitalier avait lieu

à domicile dans près de 70% des cas à domicile. Ce taux était comparable à celui retrouvé en France en région parisienne par Marijon *et al*. [78] et au niveau national au sein du registre français de l'arrêt cardiaque (RéAC) [26]. La répartition semble être également proche de celle décrite au Japon puisque plusieurs études, dont celle de Iwami *et al.* [75] montrent que près de trois quarts des arrêts cardiaques extrahospitaliers surviennent à domicile ou dans un lieu privé. On retrouve des données semblables en Amérique du Nord [71, 74]. Seule l'étude de Moon *et al.* indiquait une survenue inférieure à domicile avec seulement 60% d'arrêts enregistrés dans des propriétés privées [80] à Phoenix en Arizona. Une étude canadienne faisait état d'une survenue plus élevée à domicile, celle de Siddiq *et al.* qui enregistrait une survenue dans plus de 80% des cas à domicile dans la région de Toronto [81]. La même tendance était observée en Australie. Lijovic *et al.* faisaient état de 79% de survenue à domicile dans la région de Victoria sur une période de dix années entre 2002 et 2013 [82]. Toutefois, ces trois dernières études excluaient la population pédiatrique qui semble avoir davantage d'arrêts cardiaques dans les lieux et sur la voie publics [83-87]. De plus, l'étude américaine de Moon excluait également les causes traumatiques d'arrêts cardiaques.

2.1.2.3. Taux de survie

A l'instar de son incidence, les taux de survie à 30 jours de l'arrêt cardiaque dépendent de nombreux facteurs et oscillent actuellement autour de 6% [39, 43, 51, 52, 60]. Bien qu'il s'agisse d'un enjeu majeur de santé publique dans la majorité des pays industrialisés, peu d'améliorations de ce taux ont été observées sur ces 20 dernières années [52, 56, 69, 88]. Toutefois, des études révèlent l'amélioration de ces taux de survie dans certains contextes, notamment via la mise en œuvre de systèmes de prise en charge particuliers spécifiques au management de l'arrêt cardiaque extrahospitalier.

L'étude suédoise de Stromsoe *et al.* [69] menée sur l'ensemble du territoire en 2015 a obtenu des taux de survie doublés en l'espace de 20 ans (1992 – 2011), passant de 4,8% à 10,7%. Le renforcement des premiers maillons de la chaîne de survie c'est-à-dire la reconnaissance de l'arrêt cardiaque et la mise en œuvre d'une réanimation précoce par les premiers témoins a très largement contribué à obtenir cette amélioration substantielle [89, 90]. De même, le papier de Lai *et al.* révèle une multiplication par deux

de la survie à 30 jours entre 2001 et 2012 à Singapour [91]. En effet, celui-ci est passé de 1,6% à 3,2% entre la première étude menée entre 2001 et 2002 et la seconde réalisée entre 2011 et 2012. L'article justifie cette évolution favorable par un ensemble d'améliorations dans la prise en charge de l'arrêt cardiaque extrahospitalier. Dans un premier temps, Lai *et al.* font référence à la réanimation immédiate grâce au déploiement de défibrillateurs grand public et à l'implémentation de campagnes de sensibilisation et de formation des citoyens. Dans un second temps, ils mettent l'accent sur la réorganisation des équipes de prise en charge médicalisées. En effet, le nombre d'ambulances a été augmenté de 20% et les techniciens paramédicaux assurant la prise en charge des urgences préhospitalières ont été formés à l'injection d'adrénaline et au positionnement correct du masque laryngé.

La méta-analyse de Sasson *et al.* a identifié un certain nombre de facteurs pronostics de survie à 30 jours pour les arrêts d'étiologie cardiaque sur populations adultes [92] qui corroborent les observations suédoises et singapouriennes. Cependant, cette analyse, incluant des études conduites entre 1950 et 2008, montre également que les taux de survie (7,6% au global) n'ont pas vraiment connu d'évolution ces trente dernières années. L'équipe de Sasson ajoute même une composante économique à la méta-analyse puisqu'elle pose la question de la futilité d'une prise en charge dans certains cas d'arrêts cardiaques extrahospitaliers sans pour autant préciser lesquels.

2.1.2.4. Impact économique de l'arrêt cardiaque

Depuis ces dernières décennies, l'évolution des prises en charge et le développement de techniques de réanimation avancées ont permis la mise à disposition de moyens efficaces et déployables à grande échelle pour la prise en charge de l'arrêt cardiaque extrahospitalier. Toutefois, l'hyperspécialisation des techniques et l'augmentation des populations couvertes par les équipes médicales de prise en charge ont également fait grandement s'alourdir l'impact économique que représente l'arrêt cardiaque extrahospitalier dans les pays industrialisés. L'investigation des cas d'arrêt cardiaque dont la réanimation serait futile est une piste déjà explorée dans certaines parties du monde dont l'objectif est, à terme, de faire baisser ces coûts. Cependant, avant de pouvoir déterminer quels sont les cas d'arrêt cardiaque dont la réanimation serait dans

tous les cas un échec, il semble primordial de connaître le coût moyen engendré par les prises en charge et le devenir économique des patients réanimés avec succès ou éventuellement ceux qui pourraient, par exemple, faire l'objet d'un don d'organe et impacter directement le devenir d'autres patients.

Un certain nombre d'études se sont déjà penchées sur la question, principalement dans les années 90. Par exemple, l'équipe de Valenzuela [93] montrait, dans une analyse coût-efficacité que ce rapport était supérieur à celui des chirurgies cardiaques lourdes, du traitement du cancer du foie, des os ou encore de la leucémie aiguë qui étaient des pathologies pour laquelle la problématique du non-traitement n'était en aucun cas envisageable. A l'inverse, toujours aux Etats-Unis, Suchard *et al.* estimaient en 1999 que le coût de l'arrêt cardiaque extrahospitalier était bien trop élevé au regard du nombre de patients réanimés avec succès. Selon eux, l'investigation de critères très sélectifs de non-réanimation ou d'abandon de celle-ci devrait être une priorité [94] puisque coûtant, par projection, chaque année une perte nette de 58 millions de dollars dans des tentatives de réanimations infructueuses à court terme au niveau national. Cette étude corroborait les travaux de Lee *et al*. qui mettaient en évidence une étude coût-utilité défavorable. En effet, le coût moyen par année de vie gagnée ajustée par la qualité de vie (QALY) était de 225 892 dollars pour un produit intérieur brut annuel *per capita* de 87 450 dollars en 1995 (année de l'étude) [95].

On remarque cependant que les différences importantes dans les systèmes de prise en charge de l'urgence hospitalière sont à l'origine de variations toutes aussi substantielles dans leurs coûts. Ainsi, si le fardeau économique de l'arrêt cardiaque semble trop important dans certains pays tels que les Etats-Unis, ce n'est pas le cas partout. Par exemple, quelques années avant les travaux américains de Valenzuela et de Suchard, l'étude suédoise de Jakobsson *et al*. montrait que le coût direct moyen par patients réanimé infructueusement était d'environ 1 800 dollars et que celui d'un survivant était de 14 700 dollars. L'équipe scandinave montrait également que le financement de cette problématique sous forme d'impôt cela ne coûterait que 0,07 euro par an et par personne, évoquant de fait un coût parfaitement absorbable pour la société [96].

De manière générale, en Europe, la question de la non-réanimation reste peu soulevée, à l'exception des non-réanimations demandées via directives anticipées ou de signes incompatibles avec la vie. La problématique de l'impact économique de la prise en

charge de l'arrêt cardiaque extrahospitalier reste cependant entière. Ainsi, une étude néerlandaise conduite entre 2005 et 2008 évoquait un coût de 1183 à 1968 dollars par patient décédé et de 8 112 à 12 471 dollars chez les survivants [97]. Celle-ci corroborait donc les coûts estimés vingt ans auparavant en Suède. Naess *et al.* se sont penchés en 2004 sur le coût des patients réanimés avec succès (avec retour d'activité cardiaque spontanée sur place). Cette étude de près de 20 ans retrouvait en moyenne 6,13 années de vie gagnées par patient sorti vivant de l'hôpital pour un coût moyen d'environ 40 662 dollars par patient soit environ 6 632 dollars par année de vie gagnée. Ils insistaient particulièrement sur le coût important de la prise en charge extrahospitalière initiale, mais également sur le coût relativement modéré de la prise en charge hospitalière. En effet, les patients ne demeuraient pas longtemps dans les services de réanimation et soins intensifs et peu d'entre eux avaient un devenir neurologique défavorable [98]. Au-delà de cette notion de coût direct, il est important de noter qu'il existe également un coût d'opportunité non négligeable (coût représentant la non-disponibilité d'une ressource pour réaliser quelque chose lorsque celle-ci est déjà utilisée pour faire autre chose). Ainsi, les équipes de secours médicalisés sont des ressources rares qui doivent être utilisées avec discernement. Une étude allemande, traitant également de l'impact économique de la prise en charge des patients survivant à long terme, publiée en 2008, retrouvait une valeur assez similaire puisque le coût moyen de la prise en charge était de 49 952 dollars soit environ 10 000 dollars par année de vie gagnée. L'équipe à l'origine de cette étude a également réalisé le calcul en ajustant les années de vie gagnées par la qualité de vie (QALY), retrouvant un coût de 13 956 dollars par année de vie avec une bonne qualité de vie.

Au Japon, Fukuda *et al.* faisaient état de coûts de prise en charge de l'arrêt cardiaque extrahospitalier très hétérogènes en fonction de la situation [99]. En effet, l'équipe s'est intéressée à la prise en charge de tous les types d'arrêts cardiaques extrahospitaliers, non réanimés compris. Ainsi, le coût moyen d'un arrêt non réanimé pour lequel l'équipe s'était déplacée était de 434 dollars, pour un arrêt réanimé, mais sans succès (c'est-à-dire un patient décédé à l'issue de la prise en charge, pendant le transport ou à l'admission) 1 735 dollars, un patient admis à l'hôpital, mais décédé en réanimation 4 869 dollars et enfin un survivant entre 28 097 et 31 161 dollars en fonction de la durée de séjour. Le coût moyen par victime était de 1 857 dollars. L'équipe montrait également que les coûts

étaient sensiblement plus faibles chez les personnes âgées (>80 ans) quelle que soit l'issue de la prise en charge. Fukuda *et al.* justifiaient cela par le fait que les personnes âgées bénéficiaient moins souvent de techniques médicales avancées (transfusions, ECMO, cathétérisme, implantation de pacemaker/ défibrillateur, etc.).

Enfin, l'équipe de Ginsberg *et al.* a également réalisé une étude coût-utilité détaillée en tenant compte des coûts engendrés par la prise en charge préhospitalière, hospitalière et post-hospitalière en différenciant les coûts imputables aux survivants avec un pronostic neurologique pauvre (CPC 3-5) et ceux avec un pronostic favorable (CPC 1-2). Le coût total des prises en charge pour 3355 patients inclus sur une durée de 5 ans s'élevait à 39 millions de dollars. L'équipe jugeait le système de prise en charge de l'arrêt cardiaque israélien extrêmement coût-efficace et coût-utile. En effet, le coût de la prise en charge préhospitalière était faible, quelle que soit l'issue de celle-ci puisque représentant 10% de l'enveloppe. Finalement, le coût par année de vie en bonne santé (DALY évitée) des survivants était de 28 864 dollars. Comparé au produit intérieur brut annuel *per capita* de 33 261 dollars, l'investissement était absorbable par la société. En revanche, Ginsberg *et al.* attiraient l'attention sur le coût absolument disproportionné engendré par les 93 survivants avec un pronostic neurologique défavorable qui représentait à lui seul 55% de l'enveloppe soit 16,3 millions de dollars. L'équipe justifiait cette proportion importante de survivants avec un pronostic neurologique défavorable de par leur culture proche de la culture européenne peu disposée à aborder la notion de « termination of resuscitation ». Malheureusement, il n'a pas été retrouvé dans la littérature d'information à ce sujet au niveau français.

Bien que la littérature soit relativement fournie en termes d'évaluation de l'impact économique de la problématique de l'arrêt cardiaque extrahospitalier, la question des critères de non-réanimation reste assez peu documentée. En effet si certaines équipes américaines tentent de définir ces critères d'abstention de réanimation ou d'abandon de celle-ci [100-104] tels que des durées de no-flow longues, des rythmes non choquables ou certaines natures d'arrêt cardiaque, principalement pour des raisons économiques, bon nombre de pays restent réfractaires à l'idée de standardiser de telles décisions, préférant laisser ces décisions aux équipes médicales comme en Europe [105], ou interdire purement et simplement cette décision en préhospitalier comme au Japon [99].

2.2. Le grand public, un rôle prépondérant

Sans prise en charge immédiate et adaptée, l'issue de l'AC est souvent fatale [106, 107]. On estime qu'à chaque minute passée sans mise en place de manœuvres de réanimation cardio-pulmonaire (RCP), période appelée no-flow, les chances de survie diminuent d'environ 10% [36]. La RCP a pour objectif de faire circuler le sang, et donc l'oxygène. Plus cette période de no-flow est longue, plus le risque de décès à court terme et de séquelles neurologiques subséquentes à l'hypoxie augmente. C'est pourquoi la mise en place rapide des manœuvres de réanimation est une condition *sine qua non* pour limiter la mortalité immédiate et les lourdes séquelles neurologiques parfois associées aux arrêts cardiaques récupérés [36, 108-111].

Depuis qu'elles existent, les recommandations mettent un accent particulier sur le rôle prépondérant du premier témoin, et donc du grand public, dans la prise en charge de l'arrêt cardiaque extrahospitalier, érigeant de fait la thématique au rang d'enjeu majeur de santé publique. Pourtant les concepts liés à la physiologie et à la prise en charge de l'arrêt cardiaque peuvent sembler a priori d'une complexité insurmontable pour permettre aux communautés scientifiques et médicales gravitant autour de cette thématique d'impliquer le témoin dans la mise en place d'une véritable « chaîne de survie » de l'arrêt cardiaque [69, 112, 113]. Ainsi, dès le début des années soixante cette chaîne de survie a été conceptualisée à la fois pour permettre au grand public d'appréhender les gestes à mettre en place, mais également pour éveiller une véritable conscience collective autour de cette thématique.

2.2.1. La chaîne de survie, quatre maillons essentiels

Sa forme est mise à jour régulièrement au gré de l'évolution des recommandations. Actuellement, elle est composée de quatre maillons qu'il convient d'enchaîner le plus rapidement et le plus efficacement possible afin de limiter la durée du no-flow [36] et d'optimiser la période de low-flow [37, 114] au maximum. Ces maillons sont :

- La reconnaissance de l'arrêt cardiaque et l'appel au secours
- La mise en œuvre d'une réanimation cardio-pulmonaire (RCP)
- La défibrillation précoce
- La prise en charge spécialisée

4. Chaîne de survie préhospitalière

2.2.1.1. Reconnaître un arrêt cardiaque et appeler au secours

Lorsque survient un arrêt cardiaque, le patient peut présenter des signes d'agonie tels qu'une respiration bruyante et irrégulière appelée gasps ou des convulsions dans un premier temps. Toutefois, dans l'immense majorité des cas, il se trouvera en état de mort apparente. Il est alors hypotonique, inconscient et ne réagit pas à la stimulation (parole, douleur, lumière, etc.). Il présente une mydriase, ne respire pas, n'a pas de pouls (carotidien ou fémoral) et est généralement cyanosé.

De manière générale, si un témoin est confronté à une personne inconsciente qui ne respire pas normalement il doit commencer la RCP après avoir appelé le 15. Le régulateur pourra affiner le diagnostic en conséquence. Il pourra, par exemple en cas de gasps que le témoin non formé pourrait interpréter comme une respiration normale, ou en cas de convulsions, demander l'initiation d'une RCP.

2.2.1.2. La mise en œuvre d'une réanimation cardio-pulmonaire (RCP)

Une fois que les secours sont prévenus, le témoin doit mettre en place le plus vite possible une réanimation cardio-pulmonaire. En effet, chaque minute compte et un arrêt pris en charge immédiatement voit ses chances de survie s'accroître substantiellement [36]. Il s'agit de réaliser des compressions thoraciques de façon à faire circuler le sang dans le corps de la victime. La perfusion tissulaire n'est ainsi pas idéale, mais possible. L'addition d'une ventilation par insufflations (bouche-à-bouche) n'est pas conseillée en premier lieu, mais si le témoin se sent capable de réaliser celles-ci, il convient d'accompagner les compressions thoraciques d'un bouche-à-bouche. L'ensemble de ces gestes doit être réalisé en interaction avec l'agent de régulation qui peut, si besoin, guider le témoin par téléphone [109].

2.2.1.3. La défibrillation précoce

Dès que possible et si un défibrillateur grand public (défibrillateur automatique externe (DAE) ou, plus rarement, défibrillateur semi-automatisé (DSA)) est accessible, il faut placer les électrodes. Il n'est pas nécessaire d'avoir une formation de secourisme pour utiliser un défibrillateur. De plus, celui-ci servira également de guide vocal pour la réalisation de la réanimation cardio-pulmonaire de base. Le défibrillateur analysera alors le rythme et déterminera s'il est choquable. Le cas échéant, celui-ci pourra choquer. Le défibrillateur grand public guidera ensuite la reprise de la réanimation si besoin jusqu'au prochain cycle de deux minutes au décours duquel il interrompra brièvement les compressions thoraciques afin de réanalyser le rythme. Le témoin doit ensuite reprendre la RCP jusqu'au retour d'activité cardiaque spontanée et à l'obtention de signes de réveil, ou jusqu'à l'arrivée des secours professionnels si le défibrillateur ne choque pas et ne permet pas de retrouver une activité cardiocirculatoire organisée ou si la fibrillation persiste.

La pose rapide d'un défibrillateur grand public permettrait d'obtenir des chocs plus efficaces et permettrait de sauver environ une personne sur deux si celui-ci délivre un choc [110].

2.2.1.4. La prise en charge spécialisée

Si le patient n'a pas repris un rythme et une respiration, il convient de continuer la RCP jusqu'à l'arrivée des secours qui prendront en charge le patient. La chaîne de survie doit être mise en place, quel que soit le type d'arrêt cardiaque à la fois le plus rapidement et le plus efficacement possible.

2.2.2. Formation du grand public aux gestes qui sauvent

Dans la majorité des cas d'arrêts cardiaques survenant en présence d'au moins un témoin, celui-ci n'est ni un personnel médical ni un secouriste professionnel. Ainsi, en dépit de l'efficacité largement admise d'une réanimation qualitative et immédiate réalisée par ces témoins [107], elle reste malheureusement relativement peu fréquemment mise en place. Une revue de littérature réalisée par Vaillancourt *et al.* en 2008 démontrait des taux de RCP immédiate excédant rarement les 20% [115]. La peur de mal faire, la réticence à effectuer un bouche-à-bouche, l'aspect impressionnant d'être confronté à une personne ne montrant aucun signe de vie étaient des raisons souvent invoquées. L'équipe expliquait alors ces taux faibles de RCP témoin et ces peurs induites par différents facteurs. Le premier facteur, et le plus souvent mis en avant, était les taux de formation relativement faibles au sein des témoins. D'autres études incluses dans cette revue de littérature faisaient mention de grandes différences d'accessibilité aux formations en fonction de paramètres tels que l'âge des témoins potentiels, leur lieu de résidence ou encore leur catégorie socioprofessionnelle.

Ainsi, des campagnes de formation apparaissent, avec pour but de former le maximum de personnes à ces gestes. Toutefois, la question des populations cibles chez lesquelles il conviendrait d'initier une telle démarche en priorité reste ouverte. En effet, beaucoup de systèmes étatiques et/ou fédéraux ont choisi d'investir leurs efforts dans la promotion de ces formations dans le cadre du système éducatif. Par exemple, de plus en plus d'Etats américains rendent la formation à la réanimation cardio-pulmonaire obligatoire dans les lycées, faisant de cette certification un prérequis obligatoire pour pouvoir prétendre au diplôme du baccalauréat (graduation) [116]. En 2015, 21 Etats[1] avaient rendu obligatoire

[1] Alabama, Arkansas, Delaware, Georgie, Idaho, Illinois, Iowa, Louisiane, Maryland, Minnesota, Mississippi, New Jersey, Caroline du Nord, Oklahoma, Rhodes Island, Tennessee, Texas, Utah, Vermont, Virginie, Washington.

cette formation, menant le nombre de lycéens formés à plus d'un million par an. L'American Heart Association (AHA), initiatrice du projet, avait vu en cette prise de position la possibilité de pallier nombre de problématiques soulevées concernant l'accessibilité aux formations. Cette volonté est également partagée par de nombreux pays européens qui tendent à faire entrer, ou l'ont déjà fait, la formation aux gestes qui sauvent dans les étapes éducatives obligatoires pour des centaines de milliers d'élèves chaque année [117-120]. Une autre approche a cependant également été largement documentée : la formation à destination des familles de patients à haut risque cardiaque. Bien qu'ayant un grand nombre d'avantages, il est un aspect important que la formation à destination des élèves et des étudiants ne permet pas de corriger. La majorité des programmes de formation s'adressent ou attirent essentiellement des populations jeunes. Or ce sont ces mêmes populations qui sont les moins susceptibles d'être confrontées à un arrêt cardiaque [121, 122]. En effet, plusieurs études ont démontré que les arrêts cardiaques surviennent majoritairement à domicile et touchent des personnes relativement âgées [43, 74, 123], donc plus susceptibles d'être secourues par un témoin également âgé. Ces mêmes témoins sont assez peu susceptibles d'avoir suivi une formation récente, si tant est qu'ils en aient suivi une [124]. Dans ce cadre, un grand nombre d'équipes s'est intéressé à la formation à destination des familles de patients à haut risque cardiaque. Dans sa revue de la littérature réalisée sur l'ensemble des études traitant du sujet, l'équipe de Cartledge a recueilli 807 entrées dont 26 ont pu être comparées [125]. Ces études, menées entre 1986 et 2011 au niveau mondial, s'intéressaient à différents critères de jugements allant de la diminution de l'anxiété lors de la réalisation d'une RCP au devenir de la victime. Malgré un faible niveau de preuve soulevé par les auteurs, trois aspects positifs importants ont été avancés : la diminution de l'anxiété, la diminution de la réticence à agir et l'augmentation de la perception qu'ont les témoins de leur propre performance. En revanche, cette méta-analyse n'a pas conclu sur l'éventuelle amélioration des taux de survie.

2.3. Recommandations internationales de prise en charge de l'arrêt cardiaque extrahospitalier

Parce que l'arrêt cardiaque extrahospitalier a souvent une issue fatale, sa prise en charge est très encadrée et fait l'objet de recommandations précises qui sont révisées tous les 5 ans. Elles sont émises par l'International Liaision Commitee On Resuscitation (ILCOR) composée, entre autres, de l'European Resuscitation Council (ERC) et de l'American Heart Association (AHA). La dernière version date d'octobre 2015 [105, 126].

2.3.1. La prise en charge immédiate (Basic Life Support)

Dans leur version la plus récente, l'accent a fortement été mis sur l'importance de savoir reconnaître un arrêt cardiaque et l'implémentation à la fois prompte et efficace de manœuvre de réanimation par les premiers témoins. Or, ceux-ci sont souvent de simples témoins, sans connaissance médicale a priori et pas systématiquement formés aux gestes qui sauvent. Ainsi, les recommandations 2015 insistent fortement sur les interactions entre ces témoins et les régulateurs, autant dans le fond que dans la forme. Ainsi dès lors que le régulateur suspecte un arrêt cardiaque, c'est-à-dire que le patient se trouverait en état de mort apparente ou présentant une respiration agonique et une absence de réponse aux stimuli, il doit inciter le(s) témoin(s) sur place à mettre en place le plus rapidement possible une réanimation cardio-pulmonaire (RCP).

Ainsi la mise en place de compressions thoraciques est le minimum standard. La fréquence des compressions doit être de 100 à 120 par minute et la profondeur adéquate de 5 à 6 cm chez l'adulte moyen. Le témoin doit apporter une attention particulière au relâchement complet du thorax entre chaque compression. De plus, il est nécessaire de rappeler au témoin de placer, si possible, la victime sur sol dur avant d'initier la réanimation. Ensuite, si le témoin s'en sent capable, il convient de lui proposer d'alterner compressions thoraciques et ventilation (bouche à bouche) sur une séquence de 30/2 tout en veillant à ne pas interrompre les compressions thoraciques plus de 10 secondes pour réaliser les insufflations. Le conseil européen de réanimation insiste également sur le fait que la littérature actuelle ne permet pas de présupposer de la supériorité d'une des deux méthodes (avec ou sans insufflations) et donc de proposer une modification du standard.

La défibrillation grand public fait également l'objet d'une mise en exergue. En effet, le tout-venant peut désormais se servir d'un défibrillateur automatique externe en libre accès (en France depuis le 4 mai 2007) via le Décret n°2007-705 du 4 mai 2007 relatif à l'utilisation des défibrillateurs automatisés externes par des personnes non médecins[2]. L'ERC rappelle qu'une défibrillation prompte après le collapsus de la victime permettrait d'obtenir des taux de survie avoisinant les 50%. Ainsi la nécessité de mettre en place des campagnes d'information et de formation au sujet de la défibrillation et des gestes qui sauvent en général est également rappelée. Enfin, ces étapes doivent être mises en place aussi bien sur l'adulte que sur l'enfant.

Dispositions particulières pédiatriques

Les modifications à apporter pour prodiguer une RCP de base idéale dans un contexte pédiatrique sont mineures. Ainsi l'ERC conseille de commencer la réanimation par 5 insufflations puis d'enchaîner avec la séquence classique 30 compressions thoraciques / 2 insufflations (ou à défaut uniquement des compressions) pendant une minute avant d'aller chercher de l'aide si le témoin était seul. La fréquence des compressions doit être la même que chez l'adulte (100-120 compressions thoraciques par minute). Il convient simplement d'adapter la profondeur des compressions thoraciques en fonction de la taille et de la corpulence de l'enfant (pas plus de 5 cm chez l'enfant et 4 chez le nourrisson). De manière générale, la profondeur des compressions, quels que soient l'âge et le gabarit de la victime, ne doit pas excéder un tiers de l'épaisseur thoracique. L'ERC conseille d'utiliser deux doigts pour réaliser les compressions thoraciques chez le nourrisson de moins d'un an puis une à deux mains chez l'enfant plus âgé afin d'obtenir la profondeur adaptée. Si le témoin n'est pas formé, la séquence classique peut être appliquée en adaptant simplement la profondeur des compressions thoraciques.

[2]https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=8C63FF1F593D792C157673227A91F25A.tpdila18v_1?cidTexte=JORFTEXT000000278696&dateTexte=20161103&categorieLien=id#JORFTEXT000000278696 (consulté le 21 Octobre 2016)

2.3.2. La prise en charge médicalisée (Advanced Life Support)

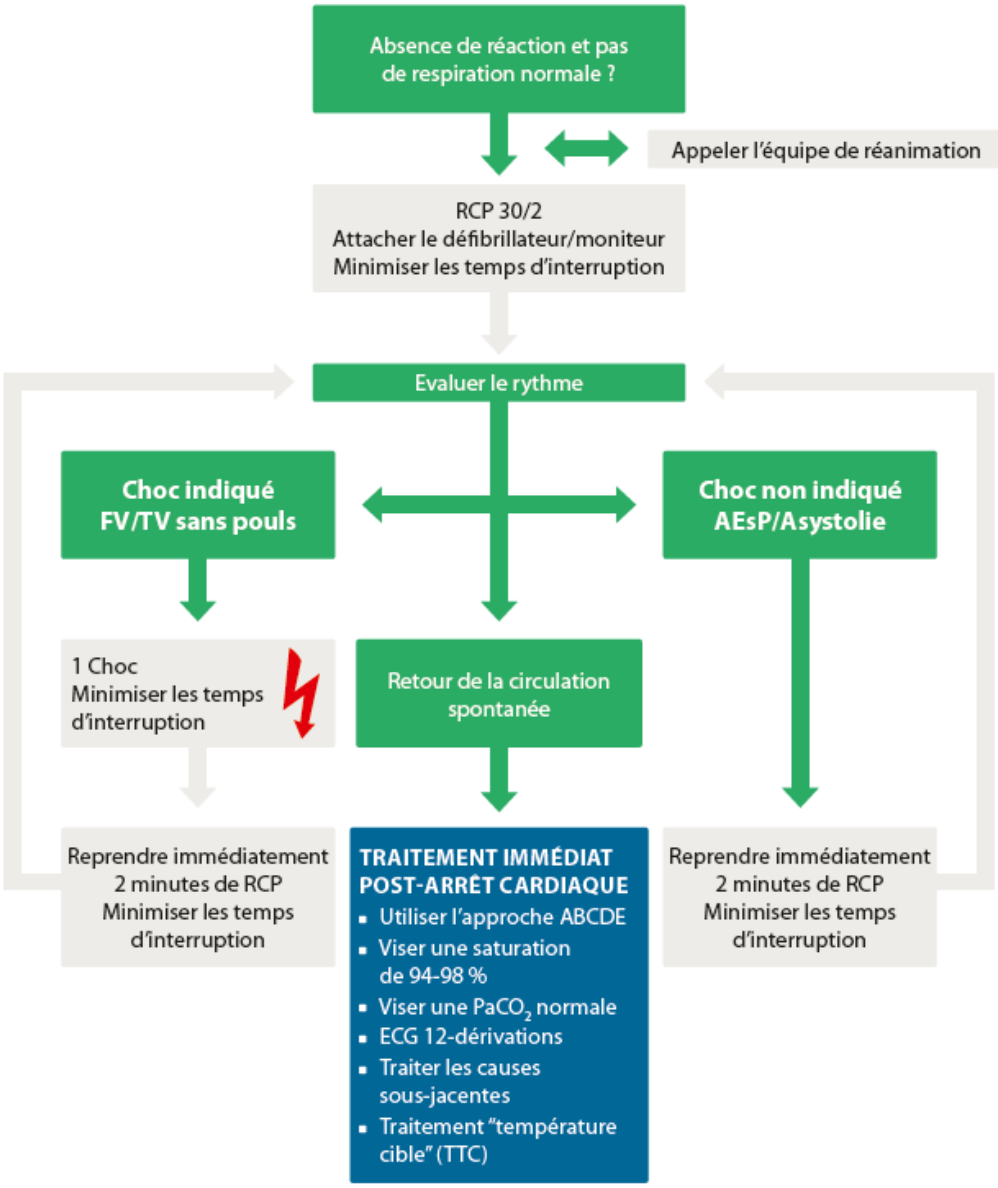
A la différence de la prise en charge de base par les témoins[3], la prise en charge médicalisée comporte de nombreuses spécificités relatives à la nature de l'arrêt cardiaque qui ne seront pas détaillées dans cette section. Les recommandations 2015 ne diffèrent pas grandement des recommandations précédentes (recommandations 2010), mais mettent quand même l'accent sur l'amélioration de l'implémentation de directives précédentes. Quelques précisions/modifications font quand même l'objet d'une mise en lumière. Tout d'abord, l'importance de l'ininterruption des compressions thoraciques durant la prise en charge médicalisée est relevée. En effet, les compressions ne doivent être interrompues que brièvement et uniquement pour les actes type intubation et défibrillation. A l'arrivée des équipes médicales (SMUR), il convient de prendre le relais des témoins déjà sur place en poursuivant les compressions thoraciques, en initiant ou en poursuivant la ventilation selon la séquence 30 compressions / 2 insufflations jusqu'à la mise à disposition d'un défibrillateur. A ce sujet, la défibrillation doit être préférablement réalisée à l'aide de patchs adhésifs même si l'utilisation des palettes n'est pas exclue par l'ILCOR. Quelle que soit la nature du rythme, un intérêt particulier doit être apporté à la ventilation du patient. Dégager les voies aériennes supérieures est la priorité en début de réanimation spécialisée si non déjà fait précédemment. L'utilisation d'une sonde d'intubation semble être la meilleure option pour s'assurer de ce dégagement, auquel cas les compressions ne doivent pas être interrompues plus de 5 secondes lors du passage de la sonde entre les cordes vocales. A défaut, un dispositif supra-glottique peut être utilisé pour ventiler la victime. En effet, l'état de l'art actuel ne saurait confirmer que l'intubation donne de meilleurs taux de survie qu'une ventilation supra-glottique. Dans tous les cas, le monitoring du patient ne doit en aucun cas être négligé, en particulier la capnie qui reste le marqueur fiable de la bonne ventilation (positionnement de la sonde, identification d'une hypo/hyperventilation) et d'une reprise d'activité cardiaque spontanée. Après analyse du rythme et en fonction du profil de celui-ci (choquable ou non) la prise en charge différera.

[3] Et, dans certains systèmes mixtes, comme en France, la prise en charge réalisée en amont du SMUR par les pompiers ou autres secouristes professionnels

EUROPEAN RESUSCITATION COUNCIL

Réanimation Cardiaque Avancée

Belgian Resuscitation Council



DURANT LA RCP

- Assurer des compressions thoraciques de haute qualité
- Minimiser les temps d'interruption des compressions thoraciques
- Donner de l'oxygène
- Utiliser la capnographie
- Compressions thoraciques en continu quand les voies aériennes sont sécurisées
- Accès vasculaire (intraveineux ou intraosseux)
- Donner de l'adrénaline toutes les 3-5 minutes
- Administrer l'amiodarone après 3 chocs

TRAITER LES CAUSES RÉVERSIBLES

Hypoxie	Thrombose - coronaire ou pulmonaire
Hypovolémie	Pneumothorax sous Tension
Hypo-/hyperkaliémie/troubles métaboliques	Tamponnade cardiaque
Hypo-/hyperthermie	Toxiques

CONSIDÉRER

- L'échographie
- Les compressions thoraciques mécaniques pour faciliter le transport ou le traitement
- Angiographie coronaire et intervention coronaire percutanée
- Réanimation cardio-pulmonaire extracorporelle

5. Algorithme de prise en charge spécialisée (ALS) de l'arrêt cardiaque

2.3.2.1. Rythme choquable

Si la victime présente une fibrillation ventriculaire ou une tachycardie ventriculaire sans pouls, le défibrillateur doit être chargé tandis qu'un membre de l'équipe poursuit la prise en charge déjà initiée. Lorsque le défibrillateur est prêt, il convient de choquer la victime en prenant garde à vérifier que personne n'est en contact avec le patient. Les directives relatives à l'énergie à allouer à la défibrillation ne changent pas, l'ERC recommandant de débuter par une énergie d'au moins 150 joules en augmentant au fur et à mesure l'énergie du choc si la fibrillation persiste. Le conseil insiste particulièrement sur le délai d'interruption des compressions lors de la délivrance du choc, exhortant les équipes à ne pas dépasser les 10 secondes au maximum, et même 5 secondes dans l'idéal. Après l'administration du choc, il convient de reprendre la réanimation par compressions/insufflations selon la séquence 30/2 pendant 2 minutes avant de tester à nouveau le rythme. Si la fibrillation/tachycardie persiste, on retente une défibrillation avec une énergie plus importante (150-360 J). On peut réitérer cette séquence deux fois. Si un accès veineux (voie veineuse périphérique) ou osseux (voie intraosseuse) est disponible, il est recommandé d'injecter 300 milligrammes d'amiodarone et 1 milligramme d'adrénaline. Ceci permettra d'augmenter le flux sanguin, sensibilisant alors l'organisme à la prochaine défibrillation. A nouveau, les recommandations 2015 poussent à prêter une attention toute particulière au monitoring de la victime pendant la réanimation spécialisée, notamment à la capnographie qui permettra alors de déceler une reprise d'activité cardiaque spontanée (RACS) sans avoir à interrompre les compressions. En cas de doute sur le rythme, l'injection d'adrénaline est à proscrire. En l'absence de RACS, il convient de poursuivre, quel que soit le rythme observé, de poursuivre l'injection d'adrénaline à la dose d'un milligramme toutes les 3 à 5 minutes jusqu'à obtention d'une RACS. Concernant la ventilation, l'implémentation d'une sonde d'intubation ne doit en aucun cas retarder la défibrillation, en cas de difficulté, la mise en place de l'intubation peut être préférée à l'issue de la RACS, laissant place à un système de ventilation supra-glottique en premier lieu.

Enfin, si durant la prise en charge la fibrillation/ tachycardie ventriculaire sans pouls dégénère en asystolie, il est recommandé de poursuivre la réanimation en suivant l'algorithme de prise en charge de l'arrêt cardiaque avec rythme non choquable.

2.3.2.2. Rythme non choquable

On distingue deux types de rythmes non choquables, l'activité électrique sans pouls et l'asystolie. L'ERC accorde un intérêt particulier à rappeler que dans ces deux cas de figure les chances de survie sont minces en l'absence de cause réversible identifiée. Dans tous les cas, il est recommandé de continuer la prise en charge après évaluation du rythme par la répétition de la séquence 30 compressions / 2 insufflations sur une durée de deux minutes. A l'issue de ces 2 minutes et en cas d'activité électrique sans pouls, il convient de rechercher un pouls, en cas d'asystolie de continuer la RCP. Au moindre doute sur le rythme cardiaque, poursuivre la RCP semble la meilleure option.

Dès la mise à disposition d'une voie veineuse ou intraosseuse, il convient d'injecter 1 milligramme d'adrénaline puis de réitérer la manœuvre tous les cycles, soit toutes les 3 à 5 minutes jusqu'à obtention d'un rythme choquable ou d'une RACS.

2.3.3. Les médicaments de l'arrêt cardiaque

2.3.3.1. Les vasopresseurs

Le recours à l'adrénaline fait l'objet de nombreuses interrogations du fait de sa possible implication dans les séquelles, en particulier neurologiques, post-réanimation, liées à l'hypoperfusion résultant de la vasoconstriction. De plus, aucune étude ne permet d'attester clairement de l'amélioration de la survie à la sortie de l'hôpital des patients pris en charge avec adrénaline versus placébo. Toutefois, au regard du bénéfice identifié à court terme (RACS), l'utilisation de ce vasopresseur reste recommandée. De plus, aucune association de l'adrénaline à un autre vasopresseur n'a démontré d'intérêt à court ou à moyen terme.

2.3.3.2. L'amiodarone et les antiarythmiques

Tout comme pour l'adrénaline, l'état de l'art en matière d'étude de l'intérêt de l'utilisation des antiarythmiques reste limité, en particulier concernant l'étude de son impact (positif ou négatif) sur la survie à la sortie de l'hôpital. Toutefois, l'amiodarone a démontré un intérêt certain à court terme dans le cas de la prise en charge d'un arrêt cardiaque sur fibrillation ventriculaire ou tachycardie ventriculaire sans pouls. Ainsi

l'injection de cet antiarythmique à la posologie de 300 milligrammes en cas de tachycardie ventriculaire persistant après la délivrance de trois chocs est recommandée. En cas d'indisponibilité d'amiodarone, la lidocaïne peut être utilisée.

2.3.3.3. Les fibrinolytiques

L'embolie pulmonaire aiguë est une cause réversible d'arrêt cardiaque et le recours aux fibrinolytiques est une option envisageable dans ce cas précis. La littérature, bien que limitée, a montré un intérêt si dans le contexte d'embolie pulmonaire un fibrinolytique est utilisé et associé à une réanimation de plus de soixante minutes. L'ERC insiste donc sur la poursuite systématique de la réanimation en l'absence de signes incompatible avec la vie jusqu'à 90 minutes dès lors qu'un fibrinolytique est utilisé.

2.3.3.4. Le remplissage vasculaire

L'hypovolémie est une autre cause réversible d'arrêt cardiaque. De plus il s'agit d'une cause fréquente d'activité électrique sans pouls, un rythme au pronostic sombre. Ainsi, le traitement de cette cause d'arrêt cardiaque est une priorité absolue. Dans les premiers instants de la réanimation, il conviendrait de donner la priorité à l'utilisation de solutés cristalloïdes qui permettent de retrouver une perfusion tissulaire adéquate. Les colloïdes ne doivent être utilisés qu'en seconde intention ou dans des cas particuliers tels que la grossesse (auquel cas c'est le soluté de référence) ou la présence d'un choc hypovolémique grave (auquel cas il peut être utilisé en combinaison avec les cristalloïdes).

2.3.4. Décision de non-réanimation et interruption de l'ALS

La question des circonstances dans lesquelles les équipes préhospitalières peuvent s'abstenir de débuter une ALS ou l'interrompre est une problématique majeure dont les enjeux touchent aussi bien des notions médicales, économiques qu'éthiques. A cette fin, l'ERC propose deux issues : l'abstention de réanimation/interruption de réanimation (« Termination of Resuscitation ») ou la considération d'un transport à cœur arrêté pour une poursuite de prise en charge hospitalière [127].

Ainsi, la non-réanimation d'une victime d'AC doit être envisagée si :

- La sécurité de l'équipe n'est pas assurée,
- Le patient présente des lésions incompatibles avec la vie (principalement dans l'arrêt cardiaque de cause traumatique telle que la décapitation) ou de signes d'AC prolongé tels que la présence d'un état de décomposition, de lividités cadavériques ou encore de *rigor mortis*,
- Le patient fait l'objet de directives anticipées de non-réanimation ou des éléments corroborent son souhait de ne pas être réanimé (ex. : témoignage de la famille ou de proches).

L'interruption des efforts de réanimation peut être proposée si l'équipe constate une asystolie persistante pendant plus de 20 minutes avec absence de RACS à quelque moment que ce soit et l'absence de causes réversibles restant à traiter (hypovolémie, hypothermie, etc.).

Enfin, un transport du patient à cœur arrêté peut être envisagé pour tout patient :

- Présentant un AC en présence de l'équipe médicale d'urgence,
- Présentant au moins une RACS durant l'ALS (soutenue ou non)
- Présentant une fibrillation ventriculaire ou tachycardie ventriculaire sans pouls réfractaire
- Si une cause réversible d'AC non traitable sur place est présente.

L'ERC insiste sur le fait que cette décision de transport à cœur non-battant doit être prise rapidement, dans l'idéal dans les 10 minutes qui suivent l'initiation de la réanimation spécialisée si aucune RACS n'a été constatée. Ces recommandations restent ouvertes et adaptables en fonction de l'organisation du traitement de l'urgence préhospitalière d'un pays à un autre.

2.3.5. Les techniques alternatives de prise en charge

2.3.5.1. Les compressions thoraciques automatisées

Les dispositifs de compressions thoraciques automatiques peuvent être envisagés comme alternative aux compressions manuelles. Toutefois, l'ERC ne les recommande pas en routine. Ils revêtent en revanche un intérêt certain si la réanimation dure

longtemps, si le terrain est accidenté ou si les conditions pour des compressions manuelles ne sont pas optimales, par exemple lors du transport du patient. L'interruption des compressions manuelles doit être la plus courte possible lors de l'installation d'un dispositif de compressions thoraciques automatique, quel qu'il soit.

2.3.5.2. La réanimation cardio-pulmonaire extracorporelle

L'ERC précise dans une section dédiée à cette procédure que l' « Extracorporeal Life Support (ELS) » peut constituer une alternative envisageable de secours lorsque toutes les procédures recommandées se révèlent inefficaces ou si une intervention spécifique telle qu'une angioplastie ou une thrombectomie doit être réalisée sur patient à cœur non-battant. Toutefois, l'état de l'art ne permet pas de définir si en l'état le recours à l'ELS présente de réels avantages. Ainsi le conseil exhorte la communauté européenne à mettre en place des études randomisées et des registres [128] afin d'investiguer dans quelles circonstances cette procédure pourrait avoir de réels avantages tout en maîtrisant les coûts et les risques.

2.4. Registres de l'arrêt cardiaque

L'arrêt cardiaque est une problématique majeure de santé publique. En effet, en plus d'être associé à une forte mortalité et des coûts de prise en charge qui peuvent se révéler importants, on estime que celui-ci est responsable de près de 4 à 6 millions de décès par an dans le monde soit près de la moitié de la mortalité imputée aux maladies cardiovasculaires [129, 130]. Dans ce contexte, des recommandations de prise en charge de plus en plus précises et structurées sont nées. L'ILCOR a été créé en 1993 afin de permettre aux différentes sociétés scientifiques de travailler de concert à la création de recommandations harmonisées au niveau international. Ces règles ont pour objectif ultime d'améliorer les chances de survie du patient via sept aspects[4] de la réanimation cardiopulmonaire (RCP) et de la prise en charge de l'urgence cardiovasculaire (Emergency Cardiovascular Care - ECC). La création et la recherche de consensus autour

[4] La RCP de base (BLS), la RCP spécialisée (ALS), le traitement du syndrome coronarien aigu, la BLS et l'ALS pédiatriques, la RCP néonatale, l'éducation/formation/implémentation des premiers intervenants (EIT) et l'organisation des prompts secours.

des bonnes pratiques à appliquer pour prendre en charge l'arrêt cardiaque sont réalisées via une étude rigoureuse de la littérature existante autour des différentes thématiques relatives à cette urgence vitale. Toutefois, les résultats issus de cas clinique, de travaux infranationaux et nationaux ainsi que les recherches réalisées dans le cadre d'essais randomisés ont montré leur limite très tôt dans le processus d'harmonisation des recommandations de prise en charge [131, 132].

Une limite importante des résultats issus d'essais randomisés contrôlés est la survenue d'évènements imprévisibles liés à une prise en charge ou un traitement dans une population en situation réelle. En effet, la population générale est très hétérogène en comparaison de celles qui sont incluses dans le cadre d'essais. A l'inverse, une étude en situation réelle ne saurait démontrer un effet escompté en « situation idéale ». Ainsi les éléments apportés par les essais randomisés contrôlés et par les études observationnelles ne répondent pas aux mêmes objectifs. Dans le cas de la réanimation cardio-pulmonaire, il y a des paramètres dont l'efficacité ne saurait être évaluée que par le biais d'essais cliniques et d'autres uniquement via l'observation en situation réelle à très grande échelle. Dans un article traitant des limites du recours aux essais cliniques sur l'arrêt cardiaque extrahospitalier [133], Sanders explique une partie de ces limites par le fait qu'un essai randomisé n'est pas en mesure de répondre à tous les enjeux posés par un problème qui a trait à la santé publique. Il écrit d'ailleurs qu'il « existe des limites inhérentes à l'étude de la science de la réanimation [de l'arrêt cardiaque] par le biais d'essais cliniques même lorsque [celui-ci] est bien construit et conduit avec rigueur ». Les travaux de McNally confortent ceux de Sanders trois ans plus tard. Il conclut sur le fait qu'il est nécessaire de revoir le rôle des essais randomisés contrôlés et des études observationnelles que ceux-ci ont sur la recherche de l'amélioration des taux de survie dans l'arrêt cardiaque. Ainsi « Le but de la réanimation est de sauver des vies, la conduite de travaux de recherche doit aider à atteindre ce but et ne pas devenir le but lui-même » [134].

Une seconde limite des essais cliniques vient du coût que ceux-ci engendrent. Or, l'ILCOR a pour vocation de proposer des recommandations qui soient en accord avec la littérature scientifique, mais également prenant en compte les spécificités organisationnelles, géographiques, culturelles, économiques et systémiques de chaque pays. Dans ce cadre, il est apparu nécessaire de réaliser un travail important

d'optimisation des pratiques et de réduction des coûts de prise en charge, d'éducation et de formation, de déploiement de moyens et de développement de réseaux ressources. Toutefois, avant de pouvoir réaliser cette étape cruciale dans le but d'améliorer la survie des patients, il est nécessaire de connaître l'existant puisqu'on ne peut améliorer ce que l'on connaît (measure, improve, measure, improve…). Cet état de fait a mené la Rescucitation Academy à définir dix étapes cruciales afin de remplir cet objectif au coût le plus faible possible. La première de ces dix étapes est donc l'analyse de l'existant. La solution préconisée est l'implémentation de registres sur l'arrêt cardiaque.

2.4.1. La solution « registre »

L'intérêt du registre par rapport à l'élaboration d'une mesure à un temps donné est sa capacité à pouvoir permettre une analyse en continu et *de facto* de déterminer si l'implémentation d'une mesure d'amélioration a réellement eu un effet bénéfique sur un critère donné. Le but est de pouvoir ensuite identifier de nouveaux leviers et de nouvelles pistes d'amélioration possibles, d'implémenter ceux qui sont judicieux (analyse du coût humain, organisationnel, financier) et de mesurer à nouveau si l'effet escompté est réel. Cette collecte d'informations relative à l'arrêt cardiaque basée sur le concept de la roue de Deming [135] permet de déterminer quels sont les besoins découlant d'un état des lieux afin de renforcer chaque maillon de la chaîne de survie. Einsenberg soulignait l'intérêt de l'implémentation d'un registre de l'arrêt cardiaque dans le cadre d'une prise de température du système de prise en charge de l'urgence préhospitalière dans son intégralité [136]. Il s'inscrivait ici dans la logique aristotélicienne de « qui peut le plus, peut le moins ». En effet, si un arrêt cardiaque est correctement pris en charge, alors on peut supposer que toutes les autres urgences médicales le sont également dans le sens où celui-ci est considéré comme la condition la plus grave. Il est alors défini comme un indicateur de la performance globale de tout un système. De plus, un registre de l'arrêt cardiaque doit faire bien plus que simplement rapporter si le patient a survécu ou non. Il se veut, par essence, outil d'analyse de tous les aspects de la thématique, depuis la description démographique de la population touchée à l'issue de l'arrêt cardiaque en prenant en compte tout le processus de prise en charge et donc toute la chaîne de survie.

En France, un registre est défini par l'arrêté du 6 novembre 1995[5] comme « *recueil continu et exhaustif de données nominatives intéressant un ou plusieurs événements de santé dans une population géographiquement définie, à des fins de recherche épidémiologique et de santé publique par une équipe ayant les compétences appropriées* ». En ce sens, il faut voir l'implémentation d'un tel outil comme un moyen efficace et fiable pour identifier si le système est performant ou s'il nécessite des évolutions. De plus, cet outil permet également de déterminer spécifiquement quels sont les cas dans lesquels le système réussit à remplir son objectif et dans lesquels des ajustements sont requis [137]. Au niveau international, l'American Heart Association (AHA) a reconnu l'importance primordiale de l'implémentation de registres de l'arrêt cardiaque en 2010 [134]. Elle a également souligné quels éléments semblaient essentiels au maintien et/ou au développement de systèmes de prise en charge de haute qualité. Ces outils étaient : l'implémentation d'outils de mesure, la mise en œuvre d'un benchmarking autour de la thématique et la nécessité de pouvoir proposer un retour d'information à l'ensemble des populations concernées (professionnels et grand public).

2.4.2. Vers la nécessité de s'harmoniser : le style d'Utstein

Les recommandations éditées par l'ILCOR se voulant applicables auprès du plus grand nombre de systèmes de prise en charge possible, il est vite apparu nécessaire de réaliser une veille quant à la thématique, au plus près des réalités du terrain. Les registres peuvent tenir ce rôle. Ainsi, il est devenu fondamental de travailler sur une méthode de recueil qui soit simple, reproductible et assez précise pour que le maximum d'aspects de la thématique de l'arrêt cardiaque extrahospitalier soit susceptible d'être étudié. Le mode de recueil retenu est le « style de recueil uniformisé de l'information relative à l'arrêt cardiaque », dit « style d'Utstein ». Celui-ci a été proposé en 1991 et tient son nom d'une conférence coorganisée en 1990 par les sociétés européennes de cardiologie, d'anesthésie et de médecine d'urgence. Celle-ci s'est tenue dans l'abbaye d'Utstein en Norvège [138]. L'adoption d'un style standardisé de recueil devait permettre une meilleure compréhension de l'arrêt cardiaque, faciliter les comparaisons intra et intersystèmes, partager et faire bénéficier chacun des forces et des faiblesses de chaque

[5] https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000005619815

organisation pour finir par devenir un outil reconnu d'amélioration continue de la qualité.

La création de l'ILCOR et la parution de recommandations de prise en charge qui se veulent applicables par le plus grand nombre a renforcé l'intérêt d'adopter un tel outil et a favorisé la création d'autres styles de recueil « Utstein-like » applicable à des sous-thématiques relatives à l'arrêt cardiaque telles que la réanimation pédiatrique [139], la réanimation de l'arrêt cardiaque intrahospitalier [140] ou encore la prise en charge post-réanimatoire [141].

Dans sa version actuelle, le style d'Utstein s'intéresse à 5 grands aspects de l'arrêt cardiaque extrahospitalier [142]. Ces thématiques sont :

- Le système de prise en charge de l'urgence extrahospitalière ;
- La régulation médicale et le déploiement des moyens de secours ;
- Le patient ;
- Le processus de réanimation ;
- Le devenir du patient.

Chaque thématique est composée de plusieurs variables divisées en deux sections. La première section constitue le « cœur » du modèle. Il s'agit d'informations fondamentales que chaque registre utilisant ce style doit recueillir de manière standardisée. La seconde section est constituée d'éléments « supplémentaires » qui sont composés de variables illustratives dont le renseignement est optionnel et permet d'apporter des précisions aux éléments présentés dans le cœur du modèle. La définition et le mode de recueil de ces informations subsidiaires sont à l'appréciation du registre.

2.4.2.1. Le système de prise en charge de l'urgence extrahospitalière

Cette partie porte sur la description du ou des système(s) de prise en charge de l'urgence préhospitalière couverts par le registre ainsi que la population couverte. Dans la section « cœur » seront retrouvés des items tels que la population totale couverte, le nombre d'arrêts cardiaques reportés, le nombre d'arrêts cardiaques pour lesquels une RCP a été initiée, le nombre d'arrêts cardiaques pour lesquels il n'y en a pas eu ainsi que toute information relative à la description du ou des système(s) de prise en charge qui soit

jugé pertinent. Les données complémentaires sont représentées par des variables telles que la déclinaison des causes de non-réanimation (ex. : patient décédé, directives anticipées de non-réanimation, décision médicale de non-réanimation avec éventuelles réponses aux règles justifiant l'abstention et/ou l'arrêt des efforts de réanimation appelée « Termination Of Resuscitation rules») ou encore la description des processus d'analyse de la qualité ou des systèmes d'information utilisés par les centres de régulation.

2.4.2.2. La régulation médicale et le déploiement des moyens de secours

Cette thématique est consacrée à la description du fonctionnement de la régulation médicale lors de la prise en charge d'un arrêt cardiaque. Le style d'Utstein n'est composé que de données obligatoires pour cette section. Il s'agit de la description du motif d'appel auprès de la régulation, de l'identification a priori de l'arrêt, ainsi que de la délivrance ou non d'une assistance téléphonique pour la mise en œuvre d'une éventuelle BLS par le premier témoin sur place.

2.4.2.3. Le patient

Cette partie traite de la description du patient et de l'arrêt cardiaque en lui-même. La section principale compte huit items. Il s'agit du sexe et de l'âge du patient, de la présence ou non d'un témoin lors de la survenue de l'évènement, le lieu de l'arrêt (domicile, lieu de travail, voie publique, etc.), la mise en œuvre d'une BLS par le témoin, la pose d'un défibrillateur automatique externe (DAE), le premier rythme cardiaque monitoré et l'étiologie de l'arrêt cardiaque. Une section complémentaire est proposée afin d'apporter plus de précision à la démographie des victimes. Elle porte essentiellement sur le report des éventuelles comorbidités ou antécédents médicaux du patient, la présence d'un syndrome coronarien aigu avec décalage sus-ST ou encore la présence d'un défibrillateur automatique implantable (DAI).

2.4.2.4. Le processus de réanimation

L'ensemble des items principaux sont relatifs aux informations recueilles au regard des différents maillons de la chaîne de survie (BLS témoins/secouristes et ALS) tels que les temps d'intervention, le délai de défibrillation, l'induction d'une hypothermie, l'injection de médicaments, la réalisation d'une angioplastie. De nombreuses variables illustratives sont suggérées. Parmi elles, on retrouve le type de ventilation, le nombre de chocs délivrés, les délais entre la survenue de l'arrêt, la mise en œuvre de la RCP et l'injection de médicaments, toute information relative à la qualité de la BLS, le type d'accès (veineux, intraosseux, autre), l'utilisation d'une planche à masser, la mise en place d'un ELS/ECMO ainsi que des paramètres biologiques (pH, lactates, glucose, scores neurologiques, etc.).

2.4.2.5. Le devenir du patient

Cette dernière partie est consacrée à la description de la survie du patient et aux suites post-réanimatoires. Le style compte 4 items obligatoires relatifs à cette thématique : la survenue d'une reprise d'activité cardiaque spontanée (RACS) durant la réanimation, la survie immédiate, la survie à moyen terme[6] et l'évaluation du devenir neurologique du patient[7]. Les informations subsidiaires suggérées sont nombreuses et sont principalement centrées autour de la description du transport du patient, des circonstances du décès et du recours au don d'organe le cas échéant.

Le style original proposé lors de la conférence d'Utstein en 1990 s'est avéré relativement complexe et parfois trop contraignant pour en faire un vrai outil fédérateur. Celui-ci a donc été simplifié et partiellement remanié en 2004 afin de mieux répondre aux spécificités et aux besoins des différentes communautés de la médecine d'urgence, de la cardiologie et de l'anesthésie-réanimation [140]. Cette mise à jour a grandement contribué à l'essor de registres régionaux, nationaux et supranationaux qui ont vu le jour depuis et ont basé le recueil de l'information sur ce style simplifié. Une dernière mise à jour a eu lieu en 2014, posant ainsi les bases du style d'Utstein actuel [142].

---

[6] Le style d'Utstein préconise la réalisation du suivi du statut vital à trente jours après l'arrêt cardiaque ou à la fin de l'hospitalisation (décès ou sortie de l'hôpital) si celle-ci a lieu entre J0 et J30.

[7] Celui-ci doit être réalisé en même temps que l'évaluation du dernier statut vital par le biais du score de performance cérébrale (CPC).

2.4.3. Les registres internationaux de l'arrêt cardiaque

Les nombreux arguments en faveur de la mise en place de registres capables d'analyser l'existant sur la thématique de pathologies telles que l'arrêt cardiaque [134, 143] ainsi que la création du style d'Utstein [142] ont permis d'encourager la mise en place de tels outils dans de nombreux pays.

Si un grand nombre de registres épidémiologiques infranationaux ont commencé à voir le jour, sur diverses thématiques dès les années 70[8], principalement à la suite d'initiatives locales, les premières bases de données traitant de l'arrêt cardiaque et de la mort subite ont vu le jour dès l'implémentation du style d'Utstein. De tels registres locaux ont été lancés dans le monde entier. On notera, par exemple le registre français de Saint-Etienne, implémenté dès 1991 [45], celui d'Helsinki, implémenté en 1994 [144] ou encore le registre japonais de la région d'Osaka, lancé en 1998 [143]. C'est également dans les années 1990 que les premiers registres « Utstein » d'envergure nationale sur la problématique de l'arrêt cardiaque extrahospitalier ont été constitués [143, 145]. La simplification du modèle d'Utstein a encore encouragé davantage d'initiatives, telles que la création de registres de grande ampleur comme les registres supra-étatiques ROC [88] et CARES [123] aux Etats-Unis ou nationaux comme certains registres faisant partie du réseau panasiatique des registres de l'arrêt cardiaque (PAROS) [52] ou encore le registre français de l'arrêt cardiaque (RéAC)[26], membre fondateur du réseau européen des registres de l'arrêt cardiaque (EuReCA) [44].

2.4.4. Le registre français de l'arrêt cardiaque

2.4.4.1. Les objectifs du registre

Le registre national français de l'arrêt cardiaque (Registre électronique des Arrêts Cardiaques – RéAC) a vu le jour en 2011 sur les bases d'un projet datant de 2009. Il a d'abord été testé dans les deux SMUR rattachés aux centres hospitaliers universitaires de Lille et de Lyon pour être ensuite progressivement nationalement déployé dès le

[8] Bulletin épidémiologique du Ministère du Travail et des Affaires Sociales, Sous-Direction à la Veille Sanitaire, 1997.

second semestre 2012. Ses objectifs principaux étaient définis en cohérence avec les opportunités conceptualisées notamment par l'AHA [134] , l'ERC [146] ou encore Gueugniaud *et al.* en France [137] :

- L'analyse de la survie globale des victimes d'arrêts cardiaques extrahospitaliers et de leur prise en charge,
- L'évaluation de l'efficacité de la chaîne de survie et de chacun de ses maillons,
- L'évaluation des réanimations cardio-pulmonaires de base (BLS) et avancée (ALS),
- La création d'indicateurs de qualité de la prise en charge,
- L'identification de zones et de périodes « à haut risque d'arrêts cardiaques »
- Le développement d'un groupe de recherche et de support à la recherche épidémiologique sur la thématique.

Ces objectifs répondent à la problématique des faibles taux de survies constatés dans l'arrêt cardiaque. Ainsi, par l'analyse des données épidémiologiques, il serait possible d'améliorer les pratiques de prise en charge et donc les taux de survie des patients.
Au-delà de ces objectifs généraux, des objectifs ponctuels et/ou subsidiaires peuvent s'ajouter, par exemple pour aider les pouvoirs publics à répondre à l'émergence d'une problématique liée à la thématique.

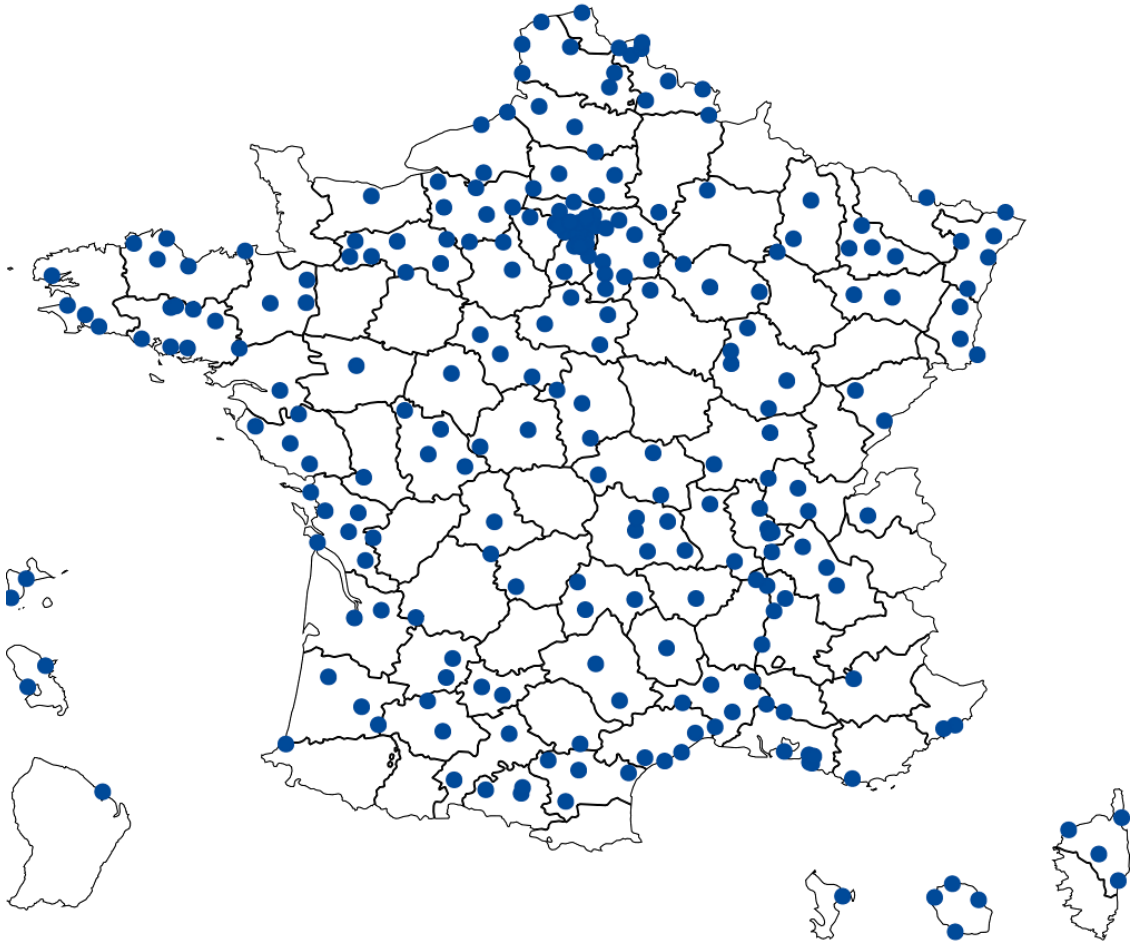
2.4.4.2. Population concernée

Compatible avec le style d'Utstein, le RéAC recense les arrêts cardiaques survenant chez tous les patients présentant un arrêt cardiaque extrahospitalier, quel que soit leur âge, leur sexe ou encore l'étiologie de l'arrêt dès lors qu'un déclenchement SMUR a eu lieu [26].

2.4.4.3. Recueil des données

Le recueil des données est réalisé par les SMUR dont la participation au registre est volontaire. A chaque déclenchement SMUR dont le motif est un arrêt cardiaque ou tout autre motif aboutissant à un arrêt cardiaque, l'équipe doit remplir une fiche d'intervention spécifique suivant les différentes étapes du style d'Utstein [26, 142]. Cette

fiche, se substituant aux fiches d'interventions préalablement utilisées en routine, devra ensuite être reportée au format informatique sur la partie sécurisée du site internet du registre. Une fiche complémentaire est à compléter par les équipes à trente jours de la date d'arrêt cardiaque lorsque le patient a été admis en vie à l'hôpital. Ce suivi doit également être reporté en ligne.



6. Carte des SAMU/SMUR participant au Registre électronique des Arrêts Cardiaques (RéAC)

Au 01/01/2016, 94 SAMU et 292 SMUR répartis en 161 réseaux de saisie ont permis l'inclusion de plus de 53 000 arrêts cardiaques avec un rythme moyen de 1500 inclusions par mois. Le registre contribue également de manière ponctuelle aux diverses études menées par le consortium à l'initiative de la création d'EuReCA [43, 44]

2.4.5. Le réseau européen des registres de l'arrêt cardiaque : EuReCA

La volonté de créer un mouvement fédérateur autour de la thématique en Europe est née de l'observation de telles expériences ailleurs dans le monde, notamment des registres CARES [123], ROC [73] ou encore PAROS [52], posant les bases des premiers registres de grande ampleur. De plus, l'absence d'une telle entité en Europe ne permettait pas d'obtenir des chiffres précis et pourtant fondamentaux en termes d'épidémiologie tels que l'incidence de la pathologie ou encore les taux de survie à court (taux de RACS, survie à l'admission) et à moyen terme (taux de survie à trente jours post-AC)[43]. Ces premiers chiffres ont pu être obtenus à l'issue de l'étude de lancement de cette coopération européenne (EuReCA-One) dont l'objectif était le recueil exhaustif des données relatives aux arrêts cardiaques extrahospitaliers pendant un mois en 2014. Cette première approche a permis à vingt-sept pays européens de contribuer, en fonction de leurs moyens, à l'approfondissement de nos connaissances épidémiologiques sur la thématique. La population couverte dans le cadre de l'étude était de 175 millions de personnes soit environ 35% de l'ensemble de la population de ces 27 nations participantes. A l'heure actuelle, cette collaboration internationale évolue encore, permettant de confirmer les informations obtenues dans le cadre d'EuReCA-One (lancement de l'étude EuReCA-Two prévu pour fin 2017) et de travailler sur des thématiques particulières telles que l'analyse de la prise en charge des arrêts cardiaques dans des circonstances rares. En effet, cette large initiative permet, entre autres avantages, de recueillir suffisamment de cas pour explorer des sous-thématiques à l'incidence faible ou aux circonstances très précises.

L'arrêt cardiaque traumatique (ACT) fait partie de ces sous-thématiques que des grandes bases de données permettraient d'explorer, permettant ainsi aux différentes communautés scientifiques de la thématique d'appréhender les divers enjeux posés par la thématique.

3. LA PROBLEMATIQUE DE L'ARRET CARDIAQUE TRAUMATIQUE

3.1. Caractérisation de l'arrêt cardiaque traumatique

L'ILCOR et l'European Resuscitation Council définissent l'arrêt cardiaque traumatique comme l'absence de respiration spontanée ou la présence d'une respiration agonique (gasps) et l'absence de circulation et de pouls chez un patient ayant fait l'objet d'un traumatisme [147]. En Europe, l'arrêt cardiaque traumatique représenterait environ 10 à 12% des arrêts cardiaques extrahospitaliers [26, 43, 148]. Il est également la conséquence la plus grave survenant chez 7% des patients atteints de polytraumatismes [149]. Cette définition paraît a priori simple, mais il existe aujourd'hui une absence d'harmonisation quant à la caractérisation de ces arrêts cardiaques particuliers.

3.1.1. Le style d'Utstein et la définition de l'arrêt cardiaque traumatique

Si les études épidémiologiques de grande ampleur reposant sur l'implémentation de registres, à l'exemple d'EuReCA-One, sont un moyen efficace et peu-onéreux [72] de connaître l'existant avant de tenter d'en améliorer certains aspects, le cas de l'arrêt cardiaque connaît actuellement une limite importante. Dans sa dernière version [142], le style d'Utstein découpe la grande thématique de l'arrêt cardiaque en 7 grandes catégories :

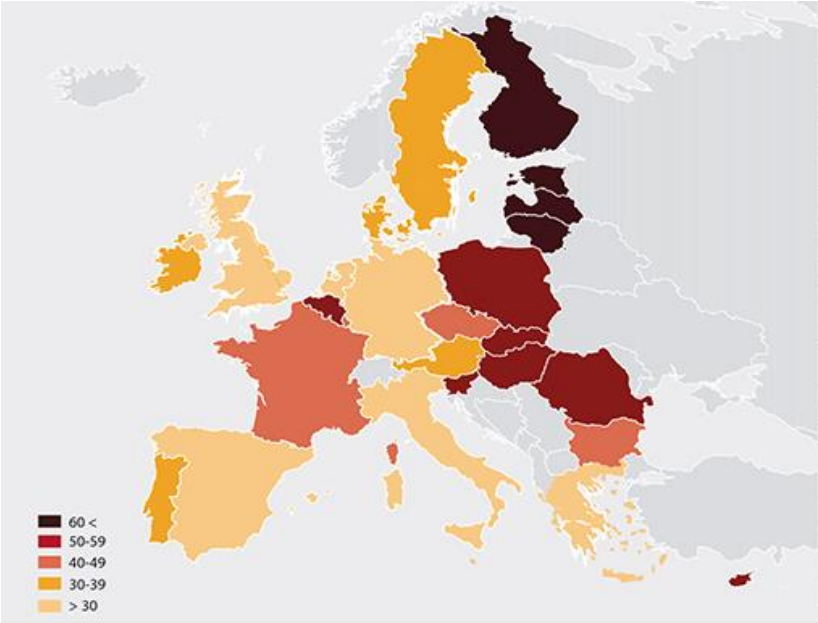
- L'arrêt cardiaque de cause médicale (facultativement subdivisible en AC médical de cause cardiaque et de cause non cardiaque)
- L'arrêt cardiaque sur noyade,
- L'arrêt cardiaque sur électrocution,
- L'arrêt cardiaque sur intoxication (ex. : overdose),
- L'arrêt cardiaque asphyxique (suffocation, pendaison, strangulation),
- L'arrêt cardiaque traumatique,
- L'arrêt cardiaque de cause inconnue.

Le style d'Utstein ne propose pas de différencier les causes ou mécanismes pouvant mener à la survenue d'un arrêt cardiaque traumatique et la plupart des études épidémiologiques excluent systématiquement tous les arrêts cardiaques de cause traumatique voire de cause non médicale. Ce sont donc des études spécifiques qui traitent de la problématique et nous permettent d'appréhender les différents enjeux posés par cette problématique.

3.1.2. Epidémiologie de l'arrêt cardiaque traumatique

3.1.2.1. Le traumatisme comme cause majeure de décès

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, les traumatismes sont la 6ème cause de décès la plus fréquente dans le monde et la première chez les moins de 45 ans [150]. En Europe, c'est la 4ème cause après les maladies cardiovasculaires, les cancers et les maladies respiratoires chroniques. Bien que l'incidence de ces décès consécutifs à des traumatismes soit en baisse chez les moins de 45 ans, et plus particulièrement chez les moins de 15 ans, celle-ci est en constante augmentation chez les personnes âgées de plus de 65 ans [151]. Toujours selon l'OMS, en 2013, la France était le 13ème pays d'Europe le plus touché par les décès provoqués par des traumatismes, ceux-ci étant responsables de 37 décès pour 100 000 habitants par an, soit environ 9% du total des décès constatés cette même année.



Country	Standardised injury death rate	Injury deaths in % of all cases of death
Lithuania	132	13%
Estonia	97	11%
Latvia	90	9%
Finland	64	11%
Slovenia	59	10%
Hungary	59	6%
Poland	58	7%
Romania	53	6%
Slovakia	52	6%
Cyprus	51	6%
Belgium	50	8%
Czech Republic	49	7%
France	44	9%
Luxembourg	40	8%
Bulgaria	40	4%
Austria	39	7%
Sweden	38	7%
Ireland	37	6%
Denmark	35	5%
Portugal	33	5%
Greece	29	5%
Germany	28	5%
Italy	28	5%
United Kingdom	27	5%
Malta	27	5%
Netherlands	26	5%
Spain	25	5%
EU-27	37	6%

7. Part des décès provoqués par les traumatismes en Europe[9]

3.1.2.2. Caractérisation de la gravité d'un traumatisme : prise en charge des patients traumatisés

La problématique dans les cas de patients traumatisés est double. En effet, quand une victime d'un traumatisme grave fait un AC, il convient de prendre en charge cet arrêt cardiaque le plus rapidement possible puisqu'il s'agit d'une urgence extrême, mais une prise en charge adéquate impliquera souvent le traitement prioritaire de la cause de l'arrêt, c'est-à-dire le traumatisme en lui-même.

La caractérisation des patients atteints de traumatismes est au centre de toute stratégie de prise en charge [152]. En effet, l'évaluation de la gravité de la victime est fondamentale pour mettre en place une prise en charge adéquate, pour choisir vers quel type de structure/service il devra être orienté, mais également pour prioriser une action sur une autre. Dans le cadre d'une contribution aux MAPAR[10], Schaal et Riaux distinguent 4 éléments devant figurer à l'analyse d'un patient victime de traumatisme :

Le premier d'entre eux est le terrain du patient, c'est-à-dire ses caractéristiques intrinsèques telles que son âge et la présence d'une pathologie préexistante. Ce premier

[9] Source : Organisation Mondiale de la Santé - EuroStats 2013

[10] Mise au Point en Anesthésie-Réanimation

élément est repris dans certains scores de triage (comme le TRISS), mais pas dans l'intégralité d'entre eux.

Le second est la caractérisation du mécanisme lésionnel. On y retrouve la dichotomie traumatisme pénétrant *vs* traumatisme fermé. Une notion de cinétique y est adjointe, principalement pour caractériser les accidents de la voie publique et les chutes. Cet élément-là doit être analysé par l'équipe de prise en charge dès son arrivée sur place.

Le troisième aspect est le bilan lésionnel. Il s'agit ici de caractériser les lésions. Cette analyse doit être conduite et, si besoin, réajustée en temps réel. En effet, sur le terrain préhospitalier, les moyens diagnostics sont limités et les équipes peuvent être amenées à découvrir des lésions a priori invisibles en cours de prise en charge. Il existe deux scores lésionnels principaux, Abbreviated Injury Scale (AIS) [153] et Injury Severity Score (ISS) [154], mais d'autres, dérivés des deux premiers, ont été proposés. La limite de ces échelles est le fait qu'elles se basent sur de nombreux critères qui ne sont disponibles qu'après l'hospitalisation (résultats d'imagerie, etc.). Ainsi, leur utilisation a priori semble difficile.

Enfin, le dernier élément est l'analyse des variables cliniques. L'objectif est de caractériser les conséquences des lésions sur l'organisme de la victime. Trois principales défaillances sont recherchées : la défaillance hémodynamique (pression artérielle, fréquence cardiaque), la défaillance neurologique (via l'utilisation du score de Glasgow) et la défaillance respiratoire. L'arrêt cardiaque est l'issue la plus grave, c'est-à-dire celle dans laquelle ces trois défaillances sont constatées.

3.1.2.3. Démographie de l'arrêt cardiaque traumatique

Dans la littérature, l'arrêt cardiaque traumatique touche une population jeune et particulièrement masculine. Celle-ci est nettement plus comparable à la population générale présentant des traumatismes sévères à celle faisant l'objet d'un arrêt cardiaque. En effet, on retrouve entre 70 et 80% d'hommes pour un âge médian oscillant généralement entre 35 et 55 ans. La méta-analyse de Zwingmann *et al.* faisant état de ces taux recueillis entre 1981 et 2010, principalement aux Etats-Unis, a notamment relevé une proportion d'hommes de 77,8% pour un âge moyen de 39,4 ans. Il n'y avait pas d'évolution substantielle de ces valeurs dans le temps [155]. Entre 2000 et 2009, l'équipe

australienne de Deasy et al. relevait un âge médian de 36 ans et une forte proportion d'hommes (77,5%) [156]. Au niveau européen, on retrouve des données similaires. Par exemple, l'étude de Huber-Wagner *et al.* [149] conduite sur 757 patients entre 1993 et 2004 montre une population composée à 70,7% d'hommes avec un âge moyen de 40,3 ans. Une autre étude allemande conduite par l'équipe de Gräsner [157] entre 1993 et 2010, sur deux registres allemands[11], met en évidence respectivement 73,1% et 72,2% d'hommes pour un âge moyen de 44 ans et de 51,2 ans. Outre-Manche, l'étude anglo-galloise de Barnard *et al.* [158] conduite entre 2009 et 2015 sur les données du Trauma Audit and Research Network (TARN) fait également état de résultats comparables avec une proportion d'hommes de 72,8% pour un âge médian de 49 ans. Enfin, en France, David *et al.* retrouvaient en 2007 un âge médian de 42 ans pour 77% d'hommes et mettait en avant des différences statistiquement significatives lors de la comparaison avec les patients victimes d'arrêts cardiaques d'origine médicale.

La répartition des lieux de survenue de l'arrêt cardiaque traumatique est également différente de l'arrêt cardiaque médical. En effet, si ce dernier a majoritairement à domicile [26, 43, 75, 78], ce n'est pas le cas de l'arrêt cardiaque traumatique qui survient majoritairement sur la voie et dans les lieux publics. L'étude nippone de Moriwaki *et al.* retrouvait 61% des arrêts cardiaques traumatiques survenant sur la voie publique [159]. L'étude taiwanaise de Chien et al. retrouvait 70,7% des ACT en dehors du domicile, Gräsner retrouvait une occurrence majoritaire sur la voie publique (32,6%) et dans les lieux publics (31,5%) [157]. En Australie, la voie publique était également le lieu principal de l'arrêt traumatique (52,4%), devant les lieux publics (24,1%) dans la région de Melbourne (Deasy, 2012 [156]), donnée corroborée par l'étude de Beck *et al.* menée dans la région de Perth entre 1997 et 2014 puisque 77,4% des arrêts cardiaques traumatiques survenaient en dehors du domicile [56].

A l'image de l'arrêt cardiaque médical, l'arrêt cardiaque traumatique est souvent décrit par le biais du rythme initial enregistré à l'arrivée des secours (médicalisés ou non en fonction du système de prise en charge)[142]. Sur cet aspect également, l'arrêt cardiaque traumatique se distingue de l'arrêt cardiaque d'origine médicale. En effet, si l'arrêt cardiaque médical présente fréquemment une fibrillation ventriculaire ou un autre

[11] Le German Resuscitation Registry (GRR) et le Trauma Registry of the German Society for Trauma Surgery (TR-DGU)

rythme de type choquable (≈6%-20% au niveau mondial [26, 43, 52, 56, 148] et jusqu'à 45% quand l'étiologie est cardiaque [160]), l'arrêt cardiaque traumatique est bien plus souvent lié à l'absence totale d'activité électrique (asystolie) ou une activité électrique sans circulation efficace (rythme sans pouls, dissociation électromécanique). Par exemple, Hubert *et al.* retrouvaient en France moins d'un pourcent de rythmes choquables à l'arrivée du SMUR [26] quand l'arrêt était d'étiologie traumatique. Dans d'autres pays comme l'Australie, Israël, le Japon ou encore l'Inde, les taux étaient également du même ordre (1-3%) [56, 156, 159, 161, 162]. Ces taux varient en fonction du contexte de l'arrêt et du délai présent entre l'arrêt cardiaque et l'enregistrement du rythme initial. En effet, dans les systèmes de prise en charge de l'urgence préhospitalière, tels que le modèle franco-allemand, mènent à un relevé plus tardif du rythme initial et a donc pour conséquence une augmentation de la proportion de rythmes non choquables.

3.1.2.4. Etiologies de l'arrêt cardiaque traumatique

Si le style d'Utstein ne propose pas de division au sein de l'arrêt cardiaque traumatique [142], la plupart des études traitant de cette problématique propose un découpage traumatisme pénétrant/traumatisme fermé qui peut ensuite être illustré par d'autres variables telles que le contexte ou le mécanisme de l'arrêt cardiaque.

La répartition « fermé/pénétrant » :

Il existe de réelles disparités dans la part que représentent les lésions pénétrantes au sein de la population de l'arrêt traumatique. En effet, en fonction du pays, voire de la région ou encore de la caractérisation géographique du territoire concerné (par exemple : rural vs urbain), cette proportion peut passer du simple au décuple.

Aux Etats-Unis, on retrouve des taux d'arrêts cardiaques dont l'étiologie est pénétrante dans environ 30% des cas avec des variations reportées parfois importantes. Par exemple, Kenneth *et al.* [155] retrouvaient une cause pénétrante dans 37% des cas en 1982,

Rosemurgy *et al.* dans 30,5% en 1993 [163], Falcone *et al.* 11,3% des cas en 1995[12] [164], Stratton *et al.* 56,5% des cas[13] en 1998 [155].

Les taux obtenus ailleurs dans le monde sont nettement inférieurs et en particulier en Europe occidentale et en Europe du Nord où moins de 10% des arrêts cardiaques traumatiques surviennent dans un contexte de lésion pénétrante. On retrouve par exemple 5,4% d'ACT pénétrants en France dans l'étude de Faucher *et al.* [165] ou encore 6,4% en Allemagne dans l'étude de Gräsner [157].

En Australie, Deasy enregistrait dans sa cohorte 19,9% d'ACT pénétrants dans la région de Melbourne [156] et Willis 11% [166]. A Taiwan, la part de l'origine pénétrante dans l'arrêt cardiaque traumatique observée par Chien *et al.* [114] était de 4,3%.

Lorsque l'arrêt cardiaque traumatique touchait la population pédiatrique (<18 ans), l'étiologie était plus souvent de type fermé, y compris aux Etats-Unis qui retrouvaient une part de l'arrêt cardiaque pénétrant quasiment similaire aux autres pays industrialisés. Dans sa méta-analyse, Zwingmann [155] reportait une proportion d'ACT pénétrant de 13,9% dans une population pédiatrique de l'Etat de Virginie (Perron *et al. 2001* [167]), de 14% dans la population pédiatrique issue du registre britannique TARN (Crewdson *et al.* 2004 [168]) ou encore de 6% à Taiwan (Lin et al. 2007 [169]).

Une illustration plus fine de la problématique :

Certaines équipes ont proposé un découpage plus fin des différentes étiologies possibles de l'arrêt cardiaque traumatique. Cependant, la discrimination de ces différentes étiologies n'étant pas standardisée, par exemple via un modèle « Utstein-like », il n'existe pas vraiment de cohérence au sein des différentes études réalisées sur le sujet.

Au début des années 1980, Shimazu *et al.* découpaient, dans leur étude portant sur 267 patients, l'AC traumatique en ACT pénétrant et ACT fermé, mais exposaient également la localisation de la/des lésion(s) [170]. L'étude britannique de Lockey *et al.* [171] réalisée entre 1994 et 2004 s'intéressait principalement aux mécanismes provoquant les lésions (accident de la voie publique, arme blanche, rixe, etc.), tout comme l'étude de Barnard *et al.* [158] qui relevait 6 mécanismes différents (accident de la voie publique, chute <2m,

[12] Résultats obtenus sur population ayant bénéficié du déploiement d'une équipe de secours héliportée.
[13] Résultats obtenus sur population ayant bénéficié d'une réanimation.

chute >2m, traumatisme pénétrant par arme blanche ou à feu, choc/explosion, autre) ayant pour conséquence l'arrêt cardiaque traumatique. La cause principale au sein de cette population de patients victimes d'arrêt cardiaque traumatique préhospitalier était l'accident de la voie publique (41,1%) devant la chute (37,7%) et les traumatismes pénétrants (10,8%). Kleber *et al.* relevaient 6 causes d'arrêts cardiaques traumatiques dans une étude portant sur 52 patients [172]. Une cause a pu être définie chez 46 d'entre eux, les 6 restants n'ayant pas eu de cause clairement établie (12%). L'hypovolémie était responsable de 48% des ACT, le pneumothorax de tension 13%, l'hypoxie traumatique 13% également, la tamponnade cardiaque de 10%, l'embolie pulmonaire et le *commotio cordis* se partageaient les 17% restants.

D'autres équipes, telles que les équipes germanophones de Huber-Wagner [149] ou celle de Gräsner [157] proposaient de ne découper l'arrêt cardiaque traumatique que par aspect pénétrant/fermé en illustrant toutefois leur gravité par les scores ISS et AIS à l'instar de l'étude récente de Barnard *et al.* [158]. Cet état de fait est en partie justifié par le recours à des données issues de registres des traumatismes et non de l'arrêt cardiaque.

3.1.3. Les taux de survie et leur évolution à travers le monde

Le pronostic de l'arrêt cardiaque traumatique est très souvent considéré comme catastrophique. La plupart des études réalisées sur le sujet depuis les années 1980 retrouvent des taux de survie extrêmement variables compris entre 0 et 7,6% avec une moyenne de 2% de survie. Le nombre conséquent d'études ayant porté sur la thématique ne montre pas de tendance significative à l'augmentation dans le temps.

Etats-Unis :

Le taux de survie retrouvé chez les patients victimes d'arrêts cardiaques traumatiques aux Etats-Unis est compris entre 0 et 3,2% [155]. Plusieurs équipes américaines mettent d'ailleurs en avant un taux de survie ou de survie avec un bon pronostic neurologique nul [163, 173, 174] associé à des coûts de prise en charge extrêmement élevés. Bien que retrouvant un taux global de survie de 3,7% au sein de leur cohorte, Stockinger et McSwain [175] relevaient un taux de survie nul chez la sous-population des patients présentant un traumatisme pénétrant en asystolie et sans respiration spontanée. Ils concluaient sur la nécessité d'appliquer les « termination of resuscitation » (TOR) [176,

177] publiées en 2003 par la NAEMSP-ACSCOT[14] et de déclarer ces patients « décédés sur place » à l'arrivée des équipes de paramedics.

D'autres études, comme celles menées par Aprahramian *et al.* ainsi que Fulton *et al.*, respectivement en 1985 et en 1995, retrouvaient des taux de survie supérieurs de 3,2% et 2,4% chez les patients en ACT [178, 179]. Ces derniers mettaient même en évidence, sur une population de 245 patients, une absence de corrélation entre mécanisme du traumatisme, âge du patient, lieu de l'arrêt et pronostic de la victime. L'équipe relevait également des coûts de prise en charge « non excessifs ». Pickens *et al.* démontraient en 2005 un pronostic favorable chez 7,6% des patients de leur cohorte, mais celle-ci ne comprenait que des patients transportés vers un trauma center [180]. Ils mettaient en lien un score de Glasgow >3 en fin de prise en charge, une réactivité pupillaire et la présence d'une activité respiratoire ou électrique avec un pronostic favorable, mais ils insistaient également sur le fait que ces critères n'étaient pas exclusifs pour la survie. Ils concluaient leur étude en exhortant les équipes à ne pas appliquer les recommandations de TOR nord-américaines en l'absence de données supplémentaires abondant dans leur sens.

Tarmey *et al.* [181] ont mené une étude similaire dont la vocation était de définir des critères pronostiques de survie chez les patients présentant un AC traumatique dans un contexte de médecine militaire. Ces travaux ont révélé des taux de 7,7% en 2011. La grande proportion d'arrêts cardiaques traumatiques pénétrants, la prise en charge spécialisée, dont les gestes hémostatiques et leur mise en place précoce étaient les facteurs principaux pronostiques, mais non exclusifs de survie.

Asie :

Les études japonaises des équipes de Shimazu et de Moriwaki retrouvaient des taux de survie respectifs de 2,6% et de 3% à 17 ans d'écart [159, 170]. Parmi les 7 patients survivants dans la cohorte monocentrique de Shimazu *et al.*, 4 (1,5%) avaient pu quitter l'hôpital avec un devenir neurologique favorable. Les mécanismes responsables de l'arrêt cardiaque n'étaient pas corrélés avec le devenir des victimes. Toutefois, la localisation

[14] National Association of EMS Physicians (NAEMSP) et l'American College of Surgeons Committee on Trauma (ACSCOT)

des lésions avait un impact sur la survie. En effet, parmi les patients présentant un ACT fermé, seules les victimes d'une atteinte crânienne isolée avaient survécu. Shimazu avait même conclu sur l'aspect irrécupérable des autres patients polytraumatisés. Concernant les victimes d'ACT pénétrant, ceux ayant reçu une plaie à la tête ou au cou n'avaient pas non plus survécu. L'étude de Moriwaki incluait 477 patients présentant un ACT fermé pris en charge par les services de secours de l'hôpital universitaire de Yokohama. Le profil et les taux de survie des patients ont permis à l'équipe de conclure sur l'absence de corrélation entre le rythme initial relevé à l'arrivée des secours paramédicaux et une durée de réanimation adéquate de 20 minutes. Ils laissaient cependant une porte ouverte à la mise en œuvre de techniques expérimentales / plus agressives de réanimation ou de prolongation de la durée de celle-ci au cas par cas.

L'étude taiwanaise menée par Lin *et al.* sur 424 victimes d'arrêts cardiaques traumatiques relevait 2,1% de survie à 30 jours post-AC dont 56% survivaient avec un bon pronostic neurologique [182]. Pourtant, parmi cette population, 98% des patients étaient victimes d'AC fermés et seuls 5,9% d'entre eux avaient bénéficié d'une BLS réalisée par un témoin.

Europe :

L'étude britannique de Lockey *et al.* [171] menée sur 909 patients et sur 10 ans se base sur un système de prise en charge médicalisé et sur une aire relativement urbanisée. Le taux de survie enregistré était de 7,5%. La population comprenait des AC traumatiques selon la définition d'Utstein, mais également des victimes d'AC sur pendaison, noyades, asphyxie traumatique, ou encore électrocution. La comptabilisation de ces arrêts cardiaques théoriquement exclus si l'on s'en tenait au style d'Utstein est en partie responsable de ce taux de survie particulièrement élevé d'après les auteurs. En effet, dans leur population, les patients victimes d'ACT hypoxémiques (pendaisons, noyades, asphyxie traumatique) avaient un taux de survie global de 17%. Ils relevaient également un taux de survie non négligeable dans leur population d'arrêts cardiaques traumatiques pénétrants, particulièrement chez ceux qui avaient bénéficié d'une thoracotomie (11,8%). L'équipe britannique concluait d'ailleurs sur l'absence de différence entre la survie des ACT et celle des AC d'étiologie médicale.

L'équipe française de David *et al.* a tenté de répondre à cette question via une étude proposant la comparaison d'un groupe de 268 patients victimes d'ACT vs 2642 patients en arrêt cardiaque médical pris en charge en extrahospitalier [148]. Le pronostic n'était différent ni à 30 jours (2,2% vs 2,8%), ni à 1 an (1,9% vs 2,5%) entre les deux cohortes. Le pronostic neurologique était également comparable bien qu'obtenu sur une population restreinte (33,3% vs 50% des patients survivant à 1 an). Malgré des taux de survie plus faibles, l'équipe abondait dans le même sens que Lockey *et al.* et proposait de procéder à une réanimation spécialisée en tenant compte des mêmes critères entre AC traumatiques et médicaux en dépit des recommandations de TOR proposées par la NAEMSP-ACSCOT.

Les deux études germanophones menées respectivement par Huber-Wagner *et al.* et Grasner *et al.* confortaient cette position partagée par leurs confrères européens [149, 157]. Si Gräsner *et al.* relevaient des taux de survie de 7% à la sortie de l'hôpital, 2% avec un bon pronostic neurologique, l'autre équipe mettait l'accent sur les aspects de la prise en charge médicalisée favorisant la survie chez des patients victimes d'arrêts cardiaques consécutifs à des traumatismes sévères (pose de drains thoraciques, thoracostomie, expansion volémique voire transfusions). Ainsi, les deux équipes déconseillent vivement aux praticiens de suivre à la lettre les recommandations de TOR américaines et de plutôt suivre les mêmes que celles proposées pour la prise en charge des arrêts cardiaques d'étiologies médicales tout en y ajoutant une expertise professionnelle médicale propre à la prise en charge traumatologique.

L'équipe madrilène de Leis *et al.* a conduit une étude similaire entre 2006 et 2009 [183]. Le taux global de survie avec bon pronostic neurologique des patients était de 6,6%. Ces taux de survie étaient statistiquement différents en fonction de la classe d'âge à laquelle appartenaient les victimes. Il était le plus élevé chez les enfants (23,1%) que chez les adultes et les personnes âgées (respectivement 5,7% et 3,7%). Leis *et al.* concluaient leur étude sur l'analyse des rythmes initialement recueillis par les équipes de secours chez les patients survivants. Ainsi, ils défendaient la réanimation spécialisée des victimes d'arrêts cardiaques traumatiques dans les mêmes conditions que les arrêts cardiaques médicaux, quel que soit le rythme initial puisque tous avaient des chances de survie. A l'instar de Huber-Wagner *et al.* [149], l'équipe espagnole mettait également l'accent sur

les procédures médicales spécifiques telles qu'un remplissage vasculaire agressif et une prise en charge sans délai, particulièrement dans le contexte pédiatrique.
Enfin, l'étude récente de Barnard *et al*. relevait un taux de survie global de 7,5% dans des conditions proches de celle de leurs confrères britanniques [158]. L'équipe relevait néanmoins que 13% des survivants à J+30 étaient décédés peu après, toujours à l'hôpital. Au final, les survivants avaient majoritairement un bon pronostic neurologique puisque près de 65% d'entre eux ne présentaient pas de séquelles. Une prise en charge médicalisée sur place avait été mise en place chez un quart des patients inclus et l'odd-ratio de la survie à J+30 était de 1,5, mais sans être statistiquement significatif. En revanche, tout comme la majorité des auteurs européens ayant travaillé sur la thématique depuis la parution des recommandations de TOR, Barnard *et al.* insistaient sur la nécessité d'une réanimation prompte et agressive de ces patients, particulièrement en termes de traitement des causes de l'arrêt cardiaque en elles-mêmes (prise en charge de l'hémorragie, décompression thoracique, etc.).

Australie :

L'étude menée par Deasy *et al.* entre 2000 et 2009 sur plus de deux mille patients donnait également des pistes encourageantes [156]. En effet, ils enregistraient une survie de 5,1% chez les patients inclus, sans toutefois pouvoir évaluer le devenir neurologique de la plupart des survivants. Parmi les cinq patients dont le devenir à un an était connu, deux avaient un pronostic neurologique favorable avec peu ou pas de séquelles. Deux étaient dépendants et un était dans le coma. L'étude montrait, via une régression logistique, que la présence de témoin au moment de l'arrêt était associée à des taux de survie près de trois fois supérieurs et qu'une action immédiate de ces mêmes témoins pouvait également mener à une multiplication par six de ces taux. Enfin, l'équipe du registre de l'arrêt cardiaque de la région de Victoria (VACAR) soulignait que la mise en place de mesures de traitement des lésions responsables de l'arrêt cardiaque était utile et que le transport à cœur arrêté des patients était également utile puisque sur 19 transports sous planche à masser, 12 patients avaient survécu à trente jours.
Une autre étude australienne menée entre 1997 et 2014 par Beck *et al.* relevait des taux de survie nettement plus faibles (1,8%), mais pas inexistants [56]. A l'image de David *et*

al. [148], l'équipe avait proposé une comparaison de leur population de patients victimes d'arrêt cardiaque traumatique vs arrêt cardiaque médical. La survie globale était plus faible (1,8% vs 8,7%), mais la prise en charge l'était elle aussi. Parmi les survivants à 30 jours, 77,8% avaient un rythme initial non choquable de type rythme sans pouls et 44,4% avaient bénéficié d'une prise en charge par les témoins. Finalement, 66,7% des survivants avaient un bon pronostic neurologique. Tout comme leurs confrères du VACAR, l'équipe exhortait la communauté paramédicale préhospitalière australienne à réanimer les patients en AC traumatique en l'absence de signes incompatibles avec la vie et à prêter une attention toute particulière à la prise en charge des lésions responsables de l'arrêt, notamment en cas de choc hémorragique puisque ces patients survivaient mieux quand un traitement précoce de celui-ci était initié en préhospitalier.

3.1.4. La problématique autour de la survie dans l'arrêt cardiaque traumatique

Les taux de survie reportés dans la littérature traitant de l'arrêt cardiaque traumatique sont très variables d'une étude à l'autre. En effet, si certains auteurs font état de taux de survie catastrophiques, voire inexistants [163, 166, 174, 184], d'autres retrouvent des résultats bien plus encourageants [56, 156, 158, 159, 170, 178, 182, 183], voire comparables aux arrêts cardiaques de cause médicale [148, 171]. Le biais le plus important que l'on retrouve y compris dans la méta-analyse conduite par Zwingmann *et al.* [155] est le problème du dénominateur et plus particulièrement l'absence d'harmonisation en termes de critères d'inclusion et d'exclusion. En effet, la majorité des études exclut les patients non réanimés [148, 159, 178] voire non transportés [149, 156, 183] alors que d'autres incluaient tous les patients, réanimés ou non [56, 171]. De plus, la définition de l'arrêt cardiaque elle-même reste assez évasive. Certaines études définissent l'arrêt cardiaque de la même manière que le style d'Utstein le fait à l'heure actuelle [142][15], d'autres incluent dans la définition d'un arrêt traumatique les patients victimes de noyades, de strangulation ou de pendaisons par exemple [171]. Le lieu de la prise en

[15] A savoir, l'absence de respiration spontanée ou la présence d'une respiration agonique (gasps) et l'absence de circulation et de pouls chez un patient ayant fait l'objet d'un traumatisme à l'exclusion des patients victimes de noyade, d'asphyxie de cause externe ou encore d'électrocution.

charge réanimatoire est également différent d'une étude à l'autre. En effet, si certains systèmes sont organisés tels que la prise en charge médicalisée soit implémentée sur place [148, 149, 157, 171, 183], d'autres mettent en place les manœuvres spécialisées pendant le transport ou à l'arrivée dans un trauma center ou dans un service d'accueil [159, 163, 170, 174, 178]. Ces facteurs peuvent mener à comparer des taux de survie initialement incomparables tels quels. Par exemple, Huber-Wagner *et al.* enregistraient un taux de survie global de 17,2% sur leur population de 757 patients en arrêt traumatiques [149]. Cette étude excluait les patients déclarés décédés sur place et non transportés. Dans leur analyse de sous-groupe des patients présentant un arrêt cardiaque traumatique selon la définition de l'ERC [147] (absence de pouls, de respiration spontanée et score de Glasgow =3), le taux de survie était de 7,7%. Nous remarquons le même genre de design dans l'étude de Deasy qui reporte un taux de survie de 5,1%. Toutefois, parmi les 2187 patients identifiés en AC traumatique, seuls 545 sont pris en compte pour l'analyse finale du taux de survie, soit 24,9% de l'effectif.
Ces divergences de critères d'inclusion ne nous permettent pas de statuer sur un taux de survie global sur une population harmonisée. A la lumière de ces résultats et dans ce contexte, l'ILCOR recommande aux équipes préhospitalières de prendre en charge ces patients, quelle que soit la gravité de leur statut.

3.2. Un consensus autour de la prise en charge, mais un débat toujours existant

3.2.1. Les recommandations de prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique

Malgré des études aux résultats discordants au niveau international et le manque d'harmonisation dans les populations étudiées, l'ILCOR est parvenu à créer un consensus autour des recommandations de prise en charge. Globalement, il est demandé aux équipes préhospitalières de prendre en charge les arrêts cardiaques traumatiques comme des arrêts cardiaques d'une autre étiologie via l'algorithme universel de prise en charge spécialisée (ALS) tout en portant une attention particulière au traitement des causes réversibles de l'arrêt [147].

3.2.1.1. Position de l'ILCOR au regard des critères de non-réanimation

L'ILCOR ne relève pas de facteurs prédicteurs de survie dans l'arrêt cardiaque traumatique qui soient suffisamment robustes pour pouvoir statuer en faveur de certains critères en l'absence ou en présence desquels il serait possible de s'abstenir de mettre en place une réanimation spécialisée. Toutefois, l'ILCOR relève quelques critères associés à un devenir positif tels que la présence initiale ou la récupération rapide d'un rythme cardiaque organisé, d'une respiration et de pupilles réactives à l'arrivée de l'équipe d'intervention [185]. De faibles durées de réanimation et d'intervention en général étaient également associées dans la littérature avec des taux de survie plus élevés. Toutefois, bien que se basant en grande partie sur la méta-analyse de Zwingmann *et al.* [155] pour documenter les recommandations 2015, l'ILCOR admet que la variabilité importante rencontrée dans les différentes populations incluses dans la littérature mène à l'étude de taux de survie très variables (0%-27%). Les taux de survie évoqués étaient les meilleurs lorsque les patients présentaient un rythme initial choquable, c'est-à-dire une fibrillation ventriculaire ou une tachycardie ventriculaire sans pouls (36,4% de survie à J30 avec un bon pronostic neurologique) vs 7% chez les patients présentant initialement une dissociation électromécanique et 2,7% chez les patients en asystolie [183]. Le comité reportait également certaines études dans lesquelles le taux de mortalité était de 100% en cas de rythmes non choquables [163, 174, 184].

Dans ces conditions d'incertitude, l'ILCOR préconise la considération de l'abstention de réanimation si le patient présente les critères suivants :

- Absence de signes de vie dans les 15 minutes précédant l'initiation de l'ALS,
- Traumatisme massif incompatible avec la survie (ex : décapitation, plaie pénétrante au cœur, traumatisme crânien sévère entraînant l'atteinte du tissu cérébral)

Ou l'arrêt des tentatives de réanimation dans les cas suivant :

- Absence de RACS après prise en charge des causes réversibles d'arrêt cardiaque (ex. : hypovolémie, tamponnade cardiaque)

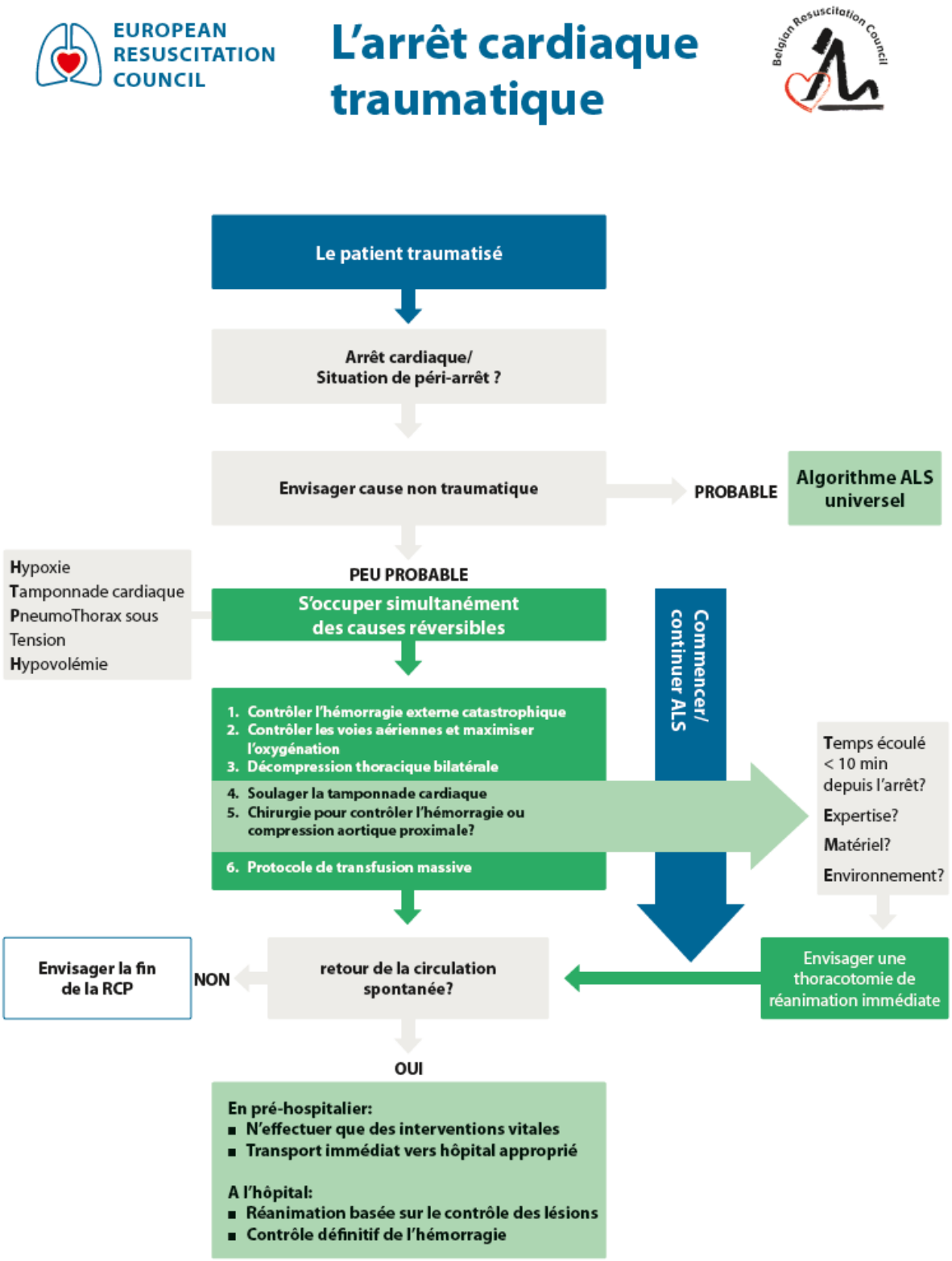
- Absence de toute activité cardiaque après vérification par ultrasons.

En l'absence de ces critères, la réanimation devrait être mise en œuvre et poursuivie comme pour un arrêt cardiaque d'étiologie non traumatique.

3.2.1.2. Réanimation spécialisée de l'arrêt cardiaque traumatique

L'ILCOR propose de mettre l'emphase sur l'identification des causes de l'arrêt cardiaque en premier lieu et notamment les causes réversibles ayant déclenché celui-ci. Parmi elles, on va retrouver l'hypoxie, le pneumothorax de tension, la tamponnade cardiaque et l'hypovolémie. Dans ce cadre, il est recommandé de donner la priorité à la prise en charge de ces étiologies puisque les gestes de réanimation comme le massage cardiaque sont probablement moins efficaces chez les patients en état de choc (hémorragique) que chez les normovolémiques. L'ILCOR recommande de procéder à ces manœuvres de réversion sur place, quel que soit le type de système de prise en charge de l'urgence préhospitalière avant de transporter le patient.

L'algorithme de prise en charge du patient en arrêt cardiaque traumatique est présenté ci-après [147]:



8. Algorithme de prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique (ACT)

3.2.1.3. Prise en charge des causes réversibles de l'arrêt cardiaque traumatique

Prise en charge de l'hypovolémie

L'hémorragie massive est l'une des causes principales d'arrêt cardiaque traumatique. Elle a été identifiée dans près de 50% de cas chez Kleber *et al.* [172] Dans ce cadre, l'ILCOR propose d'adopter le principe du 'damage control'. Il s'agit ici de procéder en trois étapes :

- La correction de l'hypotension via le remplissage vasculaire
- L'hémostase
- Le traitement chirurgical 'damage control'

La première étape consiste en la correction de l'hypotension consécutive au choc hémorragique. Il s'agit ici de gérer l'hémorragie, c'est-à-dire de compresser la zone par pression externe ou par garrot si possible et/ou (si impossible de comprimer la zone) mettre en place un remplissage vasculaire permettant le retour du pouls radial tout en conservant une hypotension modérée (hypotension permissive) jusqu'à l'hémostase. Cette étape fait consensus chez les praticiens du domaine bien que le niveau de preuve dans la littérature reste faible. Ainsi, surtout chez les patients en arrêt cardiaque traumatique fermé, l'hypotension permissive semblerait avoir donné des résultats encourageants en médecine militaire et civile. Le consensus propose de viser une pression artérielle systolique comprise entre 80 et 90 mmHg sauf chez les patients traumatisés crâniens qui requièrent une pression plus haute du fait de l'augmentation de la tension intracrânienne. Dans tous les cas, le maintien de l'hypotension ne devrait pas excéder 60 minutes.

L'hémostase doit être mis en place le plus tôt possible, dès l'arrivée à l'hôpital voire même en préhospitalier. Elle consiste en l'injection de produits sanguins labiles pour limiter l'exsanguination qui pourrait résulter d'une coagulopathie post-traumatique.

Enfin, la dernière étape est le management de l'exsanguination par transfusion massive qui devrait être réservée aux centres de prise en charge hospitaliers adéquats.

L'hypoxémie :

L'hypoxémie concernerait en moyenne 13% des patients en arrêt cardiaque traumatique [172](dont la plupart entreraient dans le critère asphyxie de cause externe du style d'Utstein [142]). Dans ces cas-ci, la gestion des voies aériennes supérieures et l'implémentation d'une ventilation contrôlée sont primordiales. Comme l'intubation des patients en arrêt traumatique est une procédure dont le taux d'échec est relativement élevé, l'ILCOR envisage le recours à l'utilisation de dispositifs supraglottiques si l'intubation n'est pas réalisable dans l'immédiat.

Le pneumothorax de tension :

Toujours d'après Kleber [172], 13% des cas d'arrêts cardiaques traumatiques présenteraient un pneumothorax de tension. Le traitement de cette cause sous-jacente d'arrêt cardiaque implique la mise en œuvre de mesures de décompression. L'ILCOR recommande le recours à la thoracostomie bilatérale au niveau du 4ème espace intercostal.

La tamponnade cardiaque :

La présence d'une tamponnade serait à l'origine de 10% des arrêts cardiaques traumatiques. Dans le cas d'une tamponnade survenant dans le cadre d'un traumatisme pénétrant, il serait envisageable d'avoir recours à une thoracotomie dite « de sauvetage ». Le niveau de preuve dans les cas d'arrêts cardiaques reste faible, mais cette technique a donné des résultats encourageants [149, 186-191]. Cette thoracotomie devrait avoir lieu après l'arrivée à l'hôpital chez des patients qui présentent les critères suivants :

- ACT fermé avec une RCP préhospitalière inférieure à 10 minutes
- ACT pénétrant avec plaie au niveau du torse et une RCP préhospitalière inférieure à 15 minutes

Les recommandations font état de taux de survie approchant les 15% chez les patients en ACT pénétrant ayant bénéficié d'une thoracotomie (35% chez ceux présentant une plaie au cœur isolée). Ces taux de survie étaient drastiquement plus faibles dans les cas d'arrêts cardiaques traumatiques fermés (0-2%) [187, 188, 192]. Bien que prudentes, les recommandations suggèrent de penser à la mise en œuvre d'une thoracotomie

directement sur place chez les patients ne pouvant atteindre de structure adéquate dans les 10 à 15 minutes suivant l'ACT si ceux-ci présentent un traumatisme thoracique. Toutefois, l'ILCOR rappelle que si les 4 règles suivantes (expertise, équipement adéquat, environnement maîtrisé, délais courts) ne sont pas respectées, les risques excéderaient les bénéfices attendus. Ainsi, si l'équipe se retrouve dans l'incapacité de procéder à une manœuvre de ce type, il serait envisageable de procéder à une péricardiocentèse (de préférence réalisée sous guidage échographique).

Outre la prise en charge spécialisée des causes, les arrêts cardiaques traumatiques devraient bénéficier des mêmes prises en charge que les arrêts cardiaques médicaux. Les recommandations mettent cependant en lumière l'aspect primordial des timings dans ce type de prise en charge (notamment dans les cas d'hémorragies massives et de tamponnades). Ainsi, la porte reste ouverte pour l'implémentation d'algorithmes spécifiques, en particulier un système de « *scoop and run*[16] » avec un transfert rapide dans une structure type trauma center ou déchocage chirurgical pour une prise en charge immédiate des étiologies sous-jacentes.

3.2.3. Le positionnement de la NAEMSP-ACSCOT

Bien que l'algorithme de prise en charge en lui-même fasse consensus, la National Association of EMS physicians (NAEMSP) et l'American College of Surgeons Committee On Trauma (ACSCOT) ne partagent pas le même avis en ce qui concerne les critères qui devraient permettre aux urgentistes de s'abstenir de mettre en place et/ou de mettre fin à toute forme de réanimation spécialisée dans les cas d'AC traumatiques. Ces préconisations conjointement publiées en 2003 par la NAEMSP et l'ACSCOT font état de 14 points importants qui définissent les situations dans lesquelles les victimes d'arrêts cardiaques traumatiques ne devraient pas être réanimées et/ou les efforts de réanimation devraient être interrompus. Ces instructions concernaient la population

[16] Système particulier consistant en la mise en œuvre de mesures basiques de stabilisation du patient sur place et pendant le transport, réservant la prise en charge spécialisée aux services d'admission experts (trauma centers, déchocages, etc.). Ce système est adapté de l'organisation de la prise en charge de l'urgence préhospitalière anglo-saxonne.

adulte. Devant la forte prévalence de l'ACT dans la population pédiatrique[17], 4 groupes d'experts[18] ont proposé des recommandations spécifiques en 2014.

3.2.3.1. Genèse de la problématique

Les premières études évoquant clairement la problématique de l'absence de chances de survie chez les victimes d'arrêt cardiaque traumatique datent du début des années 1990. Par exemple, dans une étude menée par Rosemurgy *et al.* [163] entre 1989 et 1991 et incluant 138 patients en ACT ayant bénéficié d'une ALS, 100% des patients n'avaient pas survécu [163]. La mise en œuvre de méthodes onéreuses, de protocoles de transports aériens (chez 43% des patients) et la proportion de patients ayant fait l'objet d'un prélèvement d'organes et/ou de tissus (11/138 soient 8%) résultaient en un coût de prise en charge important. En effet, les auteurs faisaient état d'un coût agrégé de plus de 870 000 dollars pour cette centaine d'individus. La létalité catastrophique de la pathologie ainsi que le faible recours au prélèvement de tissus (qui ne concernait que les cornées) ne justifiaient pas, pour les auteurs, une consommation aussi importante de temps, de moyens humains, techniques et financiers. Ainsi, Rosemurgy *et al.* exhortaient les décideurs à s'interroger sur le « coût de la futilité » et si celui-ci était effectivement absorbable par la société.

Cette position était renforcée la même année par l'analyse de Kellermann *et al.* qui s'intéressaient aux critères de non-réanimation en eux-mêmes et aux divergences qui existaient alors d'un Etat à un autre au sein des Etats-Unis [194]. En effet, si les correspondants des services mobiles d'urgence (EMS) laissaient la possibilité aux équipes paramédicales de ne pas mettre en place de réanimation en présence d'un patient manifestement décédé, la définition même de ce terme ne faisait pas consensus. Les auteurs rappelaient d'ailleurs qu'aucune analyse empirique, concernant l'aspect approprié de cette règle et du jugement des équipes, n'avait jamais été menée. Ainsi, en

---

[17] Un tiers des décès pédiatriques aux Etats-Unis résulteraient d'un traumatisme et 2% des déclenchements d'EMS pédiatriques le seraient pour un arrêt d'étiologie traumatique (193. Martin, J.A., et al., *Annual summary of vital statistics: 2006.* Pediatrics, 2008. **121**(4): p. 788-801.)

[18] L'ACSCOT, la NAEMSP et deux instances spécifiques au domaine pédiatrique : l'American College of Emergency Physicians – Pediatric Emergency Medicine Committee et l'American Academy of Pediatrics – Committee on Pediatric Emergency Medicine.

l'absence de recommandations et de critères clairs, les paramedics se voyaient souvent contraints d'initier une ALS sur place et de transporter des patients alors même qu'ils n'avaient aucune chance de survie [sic], menant à des taux de survie quasi-nuls, voire inexistants, alors même que les moyens alloués étaient onéreux. Sans donner de critères clairs, Kellerman concluait sur la nécessité de conduire davantage de travaux en ce sens afin d'allouer les ressources où elles étaient requises et non à des fins inutiles. Entre 1993 et 2002 [94, 179, 185, 195], plusieurs études menées principalement aux Etats-Unis ont tenté de préciser ces critères.

C'est en 2003 que les deux structures (NAEMSP et ACSCOT) ont proposé les premières recommandations de « Termination of Resuscitation » (TOR) des patients en AC traumatique à l'usage du monde de l'urgence extrahospitalière [177].

3.2.3.2. Les règles de 'Termination of Resuscitation"

Tableau 1. Règles de "Termination of Resuscitation" de la NAEMSP-ACSCOT

Recommandation		**Population concernée**		**Avis ILCOR**
		Adultes	Pédiatrie	
1	Une abstention de réanimation devrait être envisagée, quel que soit le type d'ACT, en présence de signes d'incompatibilité avec la survie du patient (ex. : décapitation, hémi-corporectomie)	Oui	Oui	Oui
2	Une abstention de réanimation devrait être envisagée, quel que soit le type d'ACT, en présence de signes évoquant un arrêt cardiaque prolongé (ex : signes de décomposition, lividité cadavérique/*rigor mortis*)	Oui	Oui	Oui
3	Une réanimation standard doit être envisagée si le mécanisme du traumatisme ne semble pas lié à l'arrêt cardiaque (à moins que 1 ou 2 s'applique)	Oui	Oui	Oui
4	Une abstention/interruption de réanimation des patients victimes d'ACT **fermés** devrait être envisagée si les équipes préhospitalières enregistrent l'absence de respiration, de pouls et d'activité électrique organisée à l'ECG à leur arrivée.	Oui	Non	Non
5	Les victimes d'un traumatisme **pénétrant** retrouvées sans pouls et apnéiques devraient immédiatement faire l'objet de recherches d'autres signes de vie sur place tels que : réflexes pupillaires, mouvements spontanés, activité électrique organisée à l'ECG. Si le patient présente au moins un de ces signes, la réanimation et le transport devraient être envisagés. En leur absence, une abstention/interruption de réanimation pourrait être décidée.	Oui	Non	Non

Recommandation		Population concernée		Avis ILCOR
		Adultes	Pédiatrie	
6	Une interruption de réanimation doit être envisagée, quel que soit le traumatisme, chez les patients ayant fait leur arrêt cardiaque en présence des équipes de secours n'ayant pas eu de RACS dans les 15 minutes suivant l'initiation de la réanimation.	Oui	Oui°	Oui*
7	Si le temps de transport vers un centre de prise en charge adapté est estimé à plus de 15 minutes, les patients devraient être envisagés irrécupérables et faire l'objet d'une considération d'arrêt des efforts de réanimation	Oui	Non	Non
8	Les recommandations de protocoles de prise en charge des patients éligibles pour transport devraient rester à la charge des EMS en fonction de leur organisation. Les critères à prendre en considération sont des facteurs tels que le temps estimé de transport, l'offre de soins spécialisés disponibles (trauma centers), la possibilité de mettre en place immédiatement (sur place ou dans le véhicule de transport) une gestion des voies aériennes et ventilation ou encore la pose de voie (voie veineuse en premier lieu).	Oui	Oui	Oui†
8 bis	Un transport immédiat vers un service d'accueil approprié doit être mis en place pour tout patient ayant fait l'objet de signes positifs de vie avant l'arrêt cardiaque traumatique (ex : arrêt devant témoin) chez lequel une réanimation a été débutée dans les 5 minutes post-AC sur place. Une procédure de RCP incluant ventilation spécialisée et pose de voie doit être initiée pendant le transport.	Non	Oui	NA
9	Une réanimation standard devrait être mise en place chez les patients victimes d'électrocution de noyades et/ou d'hypothermie en portant une attention particulière à l'hypothermie et à la façon dont elle pourrait altérer le pronostic (à moins que 1 ou 2 s'applique).	Oui	Oui	Oui
10	Les équipes de secours (médicalisées ou para-médicalisée) devraient se tenir régulièrement à jour en ce qui concerne les recommandations et protocoles pouvant les guider dans le processus de décision de non-réanimation.	Oui	Oui	Oui
11	Tous les protocoles de TOR développés dans les centres devraient faire l'objet d'une validation médicale de la part du directeur de l'EMS. Un contrôle en ligne de l'aspect approprié du protocole peut être nécessaire.	Oui	Oui	n/c
12	Les politiques et protocoles de TOR doivent inclure une notification d'obstacle médico-légal aux autorités compétentes et une information à la médecine légale pour mise à disposition du corps (examen approfondi) le cas échéant.	Oui	Oui	‡
13	Les familles des patients décédés doivent pouvoir accéder aux ressources dont elles pourraient avoir besoin (incluant aumônerie, assistance sociale ou juriste). Idem pour les équipes de secours dans un but de débriefing.	Oui	Oui	≈Oui

Recommandation		Population concernée		Avis ILCOR
		Adultes	Pédiatrie	
14	L'adhésion aux politiques et protocoles gouvernant les règles de TOR devrait faire l'objet d'un monitorage dans un objectif d'amélioration continue de la qualité des soins.	Oui	Oui	‡

NA : non applicable ; n/c : non communiqué ou non évoqué en ces termes

° Oui si absence de RACS sur place >30 minutes et durée de transport estimée à > 30 minutes. Dans ce cas, chercher consentement de la famille si possible. Si le moindre doute sur les circonstances et/ou les délais, transporter le patient [196].

* Oui si asystolie persistant plus de 20 minutes sur place, absence de RACS et absence de cause réversible. Eventuellement envisager rapidement transport à cœur arrêté [127].

† Oui, mais recommandations similaires à celles applicables aux patients en AC d'origine non traumatique.

‡ En fonction de la réglementation éthique en vigueur dans le pays.

3.2.3.3. L'étude des recommandations de TOR à travers le monde

La définition de critères restreints encadrant la mise en œuvre d'une réanimation cardio-pulmonaire chez les patients traumatisés a soulevé un débat important parmi les communautés urgentistes au niveau international. Si certaines équipes (principalement européennes et australiennes) rejettent en bloc l'application de tels critères [56, 101, 103, 148, 149, 156-158, 161, 166, 183], d'autres équipes corroborent les résultats sur lesquels se basent ces recommandations [103, 195, 197, 198].

C'est l'étude de Lockey qui, en Europe, fait consensus en défaveur des règles de TOR nord-américaines [171]. Il s'agit notamment d'une des études incluant le plus grand nombre de patients victimes d'arrêts cardiaques traumatiques avec 909 dossiers étudiés. Sur les 68 survivants à 30 jours après l'arrêt cardiaque, 13 patients entraient initialement dans les critères de TOR proposés par la NAEMSP-ACSCOT. Ces patients étaient principalement victimes d'ACT pénétrants retrouvés apnéiques, sans pouls et sans activité électrique organisée. Ainsi, les auteurs rejetaient toute possibilité d'adhérer à ces recommandations américaines. Malheureusement, les auteurs n'avaient pas eu la possibilité d'étudier leur devenir neurologique et intégraient au groupe des patients en ACT des victimes d'asphyxies traumatiques (pendaisons, suffocation, noyades) qui sont

exclus du style d'Utstein [142]et font l'objet de critères de non-réanimation standards, à la fois pour l'ILCOR pour la NAEMSP et l'ACSCOT [147, 177, 196].

L'étude de Chien *et al.* menée à Taïwan sur une durée de 16 mois et sur 396 patients s'intéressait principalement à la durée maximale d'ALS recommandée pas la NAEMSP et l'ACSCOT dans la prise en charge des AC traumatiques qui était de 15 minutes [114]. En effet, au-delà de cette durée, les deux instances déclaraient que les chances d'obtenir une récupération d'activité cardiaque spontanée s'effondraient et que même si l'on constatait une RACS, le pronostic des patients restait néanmoins catastrophique, la survie avec un devenir neurologique favorable étant nulle. L'équipe enregistrait, en effet, des taux de survie globaux faibles dans la population des patients traumatisés (2,3% de survie à 30 jours, 0,8% avec un pronostic neurologique favorable). Toutefois, deux tiers des patients survivant sans séquelles avaient bénéficié d'un retour d'activité circulatoire plus de quinze minutes après l'initiation d'une ALS. Ces durées n'excédant pas 20 minutes, les auteurs recommandaient de se ranger aux critères de TOR proposés par l'ILCOR. Une autre étude, cette fois-ci menée sur 4 ans, basée sur les données du registre taïwanais, s'intéressait aux règles de TOR dans leur globalité et leur mise en place sur le terrain, à l'image de l'étude menée aux Etats-Unis par O'Brien *et al.* [198, 199]. La complexité des préconisations de réanimation proposées par la NAEMSP-ACSCOT ne permettant pas une mise en œuvre dans la région, les auteurs proposaient une règle alternative, ne limiter l'application des recommandations de TOR aux patients adultes (>18 ans) atteints de traumatismes pénétrants et en asystolie à l'arrivée des équipes de secours. Si la létalité globale des patients en ACT était de 95,6% (854/893), elle était de 100% parmi les 459 patients présentant ces critères. Chiang *et al.* proposaient donc de ne s'abstenir de mettre en place une ALS que si les patients présentaient ces critères particuliers en lieu et place des critères 4 à 8 des recommandations de TOR [199].

Une autre étude japonaise se basait sur l'analyse globale des recommandations américaines appliquées au système de prise en charge nippon dont l'organisation se rapproche de celui des Etats-Unis [200]. En effet, si en Amérique du Nord les équipes peuvent décider si oui ou non un patient doit être réanimé, ce n'est pas le cas au Japon. Ainsi, il était primordial d'étudier la problématique afin que les pouvoirs publics disposent d'arguments pour éventuellement changer les recommandations locales si cela s'imposait. Bien que la forte valeur prédictive positive des règles de TOR (BLS et

ALS) soit encourageante pour la prise en charge des arrêts cardiaques traumatiques en pré hospitalier, celle-ci n'était pas équivalente à celle obtenue aux Etats-Unis ou encore au Canada [92, 102, 201-203] aussi bien dans le contexte traumatique que non traumatique. Ainsi, les auteurs proposaient la mise en place de règles dérivées des préconisations nord-américaines, mais adaptées au contexte japonais [204].
Dans ce contexte et à la vue de résultats contradictoires émergeant de toutes parts, la question de la non-réanimation de ces arrêts cardiaques spécifiques reste entière.

3.3. Un état de l'art complexe

3.3.1. Un problème d'harmonisation

La littérature sur laquelle se basent les recommandations internationales de l'International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) et le positionnement de la NAEMSP-ACSCOT est relativement faible.
Les études épidémiologiques de grande envergure sont reconnues comme des outils à la fois performants et peu onéreux pour acquérir une connaissance de l'existant via diverses cartographies :

- Connaissance de l'incidence de la pathologie
- Connaissance de la population touchée et de l'arrêt cardiaque (âge, genre, anamnèse de l'arrêt cardiaque, etc.)
- Connaissance des circonstances de survenue
- Connaissance de la prise en charge (BLS et ALS)
- Connaissance du devenir des patients (y compris leur devenir neurologique)

Cette analyse de l'existant est la condition exclusive qui peut permettre l'amélioration des pratiques et l'allocation de moyens techniques, humains et financiers à la prise en charge d'un tel challenge. Pourtant, dans le cas de l'arrêt cardiaque traumatique, la majorité des études sont de taille modeste, comptant tout au plus quelques centaines de patients. Une partie d'entre elles est d'ailleurs le fruit d'équipes isolées et est *de facto* conduite en monocentrique.
De plus, le manque de standardisation dans le recueil des informations au sein des études de la thématique ne permet, ni de baser les recommandations sur une seule

définition de l'arrêt cardiaque traumatique, ni une analyse harmonisée du contexte de celui-ci. En effet, certaines définissent l'arrêt cardiaque traumatique comme le fait le style d'Utstein (telles que les pendaisons, les noyades et les strangulations), d'autres restent plus globales et incluent dans la population étudiée ces causes asphyxiques. L'ILCOR lui-même classifie ces étiologies et leur traitement dans la section réservée aux origines traumatiques. Ensuite, les populations elles-mêmes sont hétérogènes : inclusion ou exclusion des ACT pédiatriques, inclusion des patients non réanimés, voire non transportés, différenciation des ACT pénétrants et fermés, etc., tous ces critères ne font l'objet d'aucune forme de consensus au sein de la littérature traitant de la thématique, rendant l'état de l'art particulièrement complexe. Enfin, les différences inhérentes aux organisations de la prise en charge de l'urgence préhospitalière au niveau mondial couplé aux limites propres à la tenue de ces études rendent la rédaction de recommandations et d'algorithmes de prise en charge difficile.

3.3.2. Quelle solution proposer ?

La réponse à la problématique soulevée par de nombreuses communautés du monde de la médecine d'urgence et de la réanimation ne peut passer que par la caractérisation de ce qu'est un arrêt cardiaque traumatique. En effet, la validation d'un mode de description du traumatisme permettant de créer des groupes de patients comparables semble s'imposer comme un prérequis indispensable si nous voulons rendre les études menées comparables et reproductibles. Ensuite, l'analyse de la prise en charge (BLS, ALS et prise en charge post-réanimatoire) de ces patients pourrait alors être réalisée sur ces groupes et sur de grandes populations afin de pouvoir bénéficier de données épidémiologiques précises. Enfin, l'analyse des taux de survie, de l'état neurologique des patients et de l'éventuel recours aux filières particulières comme le don d'organe, au sein de chaque groupe et au regard de leur prise en charge, pourrait alors permettre de définir d'éventuels critères pronostiques de survie et/ou exclusifs à un taux de 100% de mortalité.

Dans ce cadre, et uniquement dans ce cadre, il serait alors possible de pouvoir prétendre à une optimisation du recueil des connaissances de l'existant en matière d'arrêt cardiaque traumatique et donc d'offrir une base plus solide à la mise en œuvre

d'amélioration des pratiques actuelles, à l'expérimentation de nouvelles techniques comme préconisées par l'ILCOR et à l'apport d'éventuels éléments solutionnant la question des critères justifiant une non-réanimation.

3.4. Objectif de la thèse

La finalité de ce travail de thèse est de proposer des éléments de réponse qui pourraient permettre de surmonter les nombreuses difficultés décisionnelles, organisationnelles et opérationnelles auxquelles sont confrontées les équipes de prise en charge de l'urgence préhospitalière lorsque celles-ci sont amenées à prendre en charge un arrêt cardiaque d'étiologie traumatique. L'objectif principal est de fournir des données épidémiologiques descriptives des patients en ACT, de leur prise en charge et de leur survie afin de pallier les faiblesses de la littérature traitant de la thématique. La littérature est également divisée sur de nombreux aspects relatifs à la problématique de l'arrêt cardiaque tels que les critères pronostiques de survie, le recours au don d'organe ou encore la réalité ou non d'une différence significative entre ACT et AC non-traumatiques en termes de survie. Ainsi, les objectifs secondaires sont :

- La réalisation d'une analyse de la survie grâce à la création d'une méthode de stratification des arrêts cardiaques traumatiques adaptée des méthodes utilisées dans la littérature du traumatisme et de l'arrêt cardiaque,
- L'étude du recours au don d'organe chez les patients en arrêt cardiaque traumatique.
- L'investigation des taux de survie comparés sur populations appariées entre arrêts cardiaques traumatiques et arrêts cardiaques médicaux.

MATERIEL ET METHODE

1. POPULATION ETUDIEE

Cette étude observationnelle, nationale et multicentrique a été conduite sur les données du Registre électronique des Arrêts Cardiaques (RéAC) inclues de manière prospective entre le 1er juillet 2011 et le 1er janvier 2016. Cette étude est divisée en trois parties : une première partie descriptive de l'arrêt cardiaque traumatique en général (tous ACT confondus), une seconde partie s'intéressant à la description des différentes classes d'ACT et une dernière partie correspondant à l'analyse comparative de la survie chez les patients en arrêt cardiaque traumatique *versus* arrêt cardiaque médical sur populations appariées.

1.1. Critères d'inclusion :

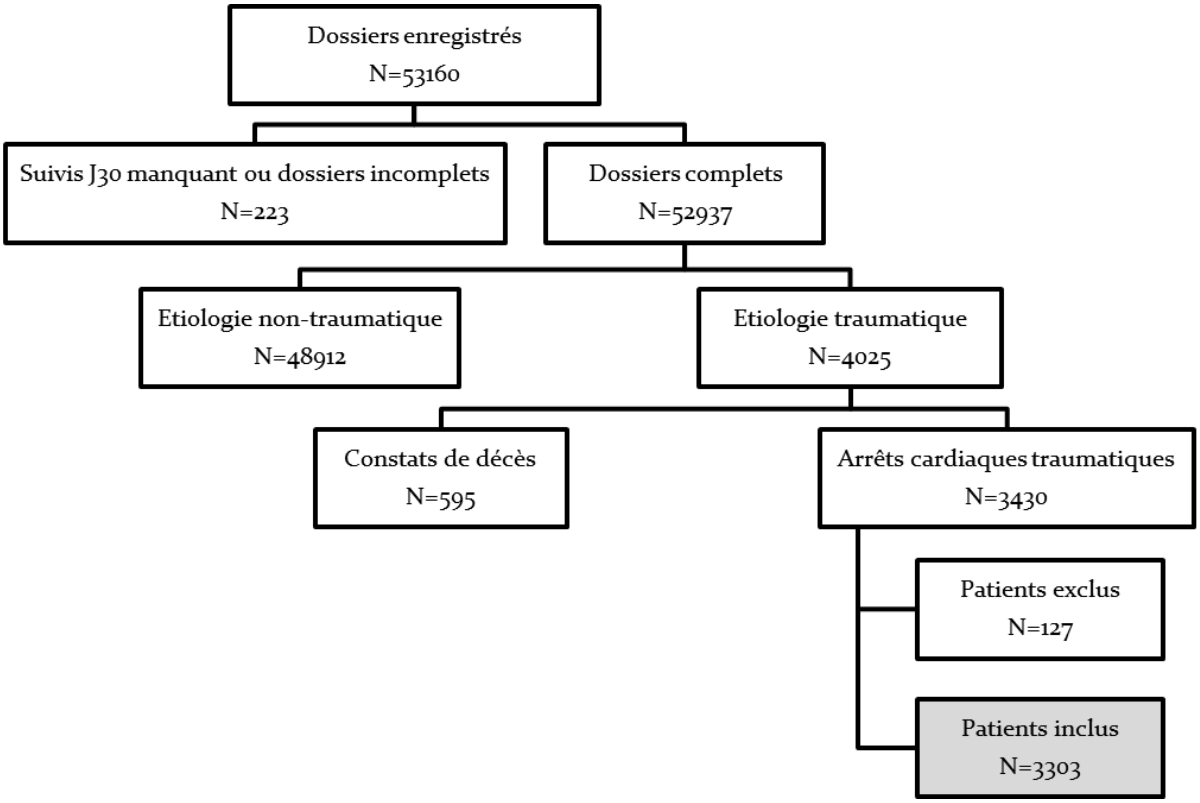
Tous les patients victimes d'arrêts cardiaques traumatiques extrahospitaliers dont les données étaient enregistrées dans la base de données du RéAC selon la définition d'Utstein étaient éligibles, quel que soit leur âge ou la mise en œuvre d'efforts de réanimation.

1.2. Critères d'exclusion :

Les patients présentant au moins l'un des critères suivants ont été exclus de l'analyse :

- Signes positifs de mort à l'arrivée du SMUR (lividités cadavériques, décomposition, *rigor mortis*)
- Signes d'un arrêt prolongé avec absence de toute forme de réanimation quelle qu'elle soit (No-Flow >1 heure et aucune réanimation (BLS et ALS)
- Arrêt cardiaque d'étiologie traumatique exclue de la définition d'Utstein (asphyxies traumatiques, électrocutions, noyades, etc.)
- Dossiers incomplets (manque d'information concernant un critère nécessaire à la clôture du dossier dans les bases du registre)

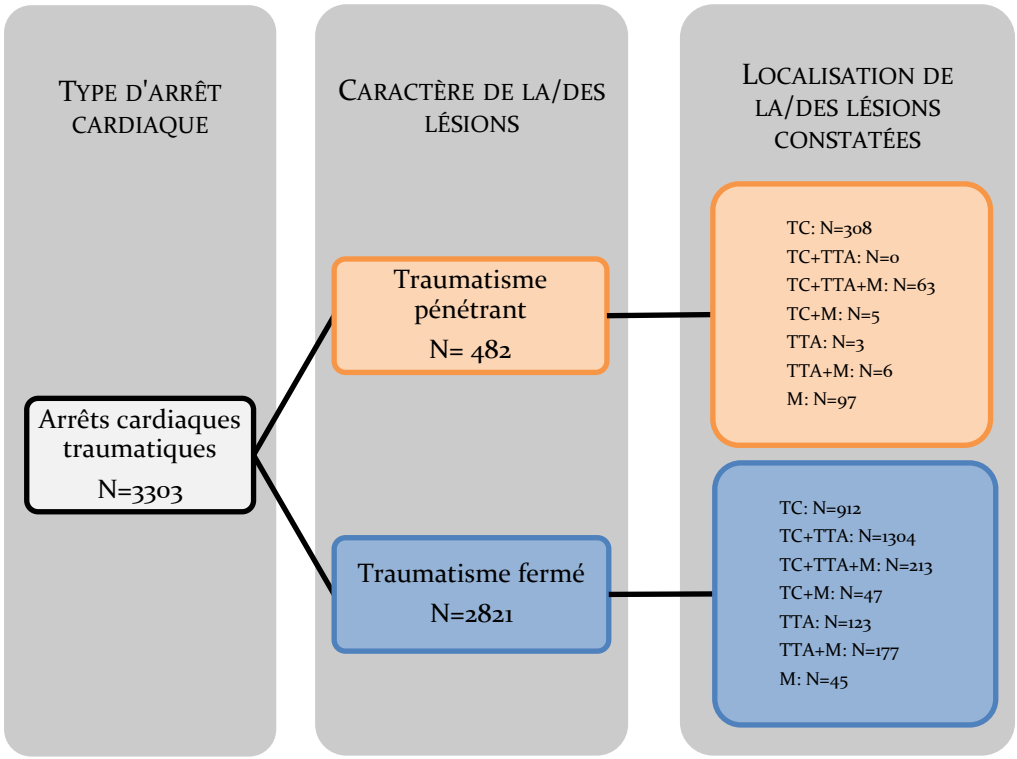
- Devenir du patient à J+30 inconnu.



9. Diagramme des flux de l'étude

Sur la période d'inclusion, 53 160 dossiers ont été saisis dans la base du RéAC. Parmi eux, 4 025 dossiers ont été identifiés comme des arrêts cardiaques traumatiques selon le style d'Utstein. Au total, 595 correspondaient à des patients déjà décédés à l'arrivée du SMUR (critères d'exclusion 1 et 2). L'analyse a porté sur 3 303 ACT, 127 dossiers ayant été exclus, car jugés inexploitables (données contradictoires, délais aberrants, absence d'informations tangibles sur la cause de l'arrêt cardiaque ou des mécanismes responsables).

1.3. Constitution des groupes d'ACT :



TC : Traumatisme crânien ; TTA : Traumatisme thoraco-abdomino-(pelvien) ; M : (Traumatisme) des membres

10. Constitution des groupes d'ACT

La méthode suivie dans le cadre de la constitution de groupes de patients en ACT se base sur la littérature de l'AC et sur celle portant sur la caractérisation des patients atteints de traumatismes sévères. Dans un premier temps, les patients ont été stratifiés en fonction de l'aspect pénétrant ou fermé du traumatisme. Ensuite, les sous-groupes ont été définis grâce à la localisation de la ou des lésions constatées lors de la prise en charge ainsi que des associations entre ces lésions (13 sous-groupes au total, un groupe ne comptant que des arrêts traumatiques fermés) afin d'apporter une homogénéité supplémentaire. Dans un dernier temps, ces 13 groupes ont été décrits d'un point de vue étiologique (cause provoquant le traumatisme) et clinique (rythme initial constaté). La description des patients, de leur prise en charge, de leur survie et la comparaison de ceux-ci à des ACM a été réalisée en fonction de ces 13 groupes.

2. RECUEIL DES DONNEES

Les données ont été recueillies au sein de la base de données du registre électronique des arrêts cardiaques. Ces données proviennent des SAMU-SMUR participant au registre, soit plus de 90 SAMU et 290 SMUR de métropole et d'outre-mer répartis en une centaine de réseaux de saisie.

3. ASPECTS ETHIQUES

La mise en place du Registre électronique des Arrêts Cardiaques a été approuvée par le Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche en Santé (CCTIRS) et la Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL, Autorisation numéro 910946). Cette étude a le statut de registre à visée d'évaluation médicale qui ne requiert pas le consentement du patient.

4. QUALITE DES DONNEES

L'ensemble des données bénéficie d'un contrôle qualité réalisé sur deux niveaux.

- Contrôle systématique de tous les dossiers à partir de la recherche de valeurs « incompatibles » entre les différents critères d'évaluation et de données aberrantes. Ce travail est intégralement automatisé et informatisé (techniques de tri croisé et de recherche de valeurs). Il entraîne l'expertise complète des dossiers comportant des anomalies.
- Contrôle complet de 10% des dossiers (tirés au sort) de la base de données du RéAC. Ce travail est réalisé par un Attaché de Recherche Clinique en coopération avec les équipes médicales.

5. VARIABLES UTILISEES

Les variables utilisées dans le cadre de cette analyse sont issues soit des critères proposés par le style d'Utstein soit des variables illustratives supplémentaires disponibles dans la base de données du RéAC (Annexes 1 & 2). Les différents items abordés sont divisibles en plusieurs sections :

- Les variables descriptives du patient (2 items)
- Les variables descriptives du terrain (2 items)
- Les variables descriptives du traumatisme et de l'arrêt cardiaque (5 items)
- Les variables descriptives de la prise en charge de base (BLS) (9 items)
- Les variables descriptives de la prise en charge spécialisée (ALS) (18 items)
    - Variables relatives à l'aspect standard de la réanimation spécialisée de l'arrêt cardiaque (4 items)
    - Variables relatives à l'aspect spécialisé de la réanimation de l'arrêt cardiaque, du traumatisme et de leurs causes (14 items)
- Les variables descriptives de l'issue de l'arrêt cardiaque (transport, survie, don d'organe) (14 items, dont 2 traitant du don d'organe)

Au total, 50 items ont été étudiés.

6. STATISTIQUES

6.1. Analyses descriptives

L'analyse descriptive des différents groupes d'ACT mentionnés précédemment a été exprimée en fréquence pour les variables qualitatives. La description des caractéristiques quantitatives a été exprimée en moyenne et écart-type ou en médiane [1er quartile ; 3ème quartile] en fonction de leur distribution. Cette distribution a été testée par le test de Kolmogorov-Smirnov.

6.2. Analyses comparatives

L'analyse comparative des arrêts cardiaques avant appariement menée sur les critères confondants a été réalisée par tests de Fisher, Chi-2, tests T de Student ou U de Mann et Whitney en fonction de leur nature et de leur distribution.

6.3. Appariement des populations

L'appariement des deux populations étudiées (AC traumatique vs AC médical) a été conduit à l'aide d'un score de propension. Les variables retenues dans le cadre de la création de ce modèle étaient au nombre de 14. Le choix de ces critères s'est effectué sur la base de leur pertinence clinique, statistique et méthodologique.

Tableau 2 : Liste et dictionnaire des facteurs confondants sélectionnés

1	GENDER	Sexe du patient (1 : masculin ; 2 : féminin)
2	AGE	Age du patient (en années)
3	WITNESS	Présence d'un témoin lors de l'arrêt cardiaque (1 : oui ; 0 : non)
4	SMUR_RT	Délai d'intervention du SMUR (en minutes)
5	ACLS_TIME	Durée de la réanimation spécialisée (en minutes)
6	LOCATION	Lieu de l'arrêt cardiaque (1 : domicile ; 2 : lieu travail ; 3 : voie publique ; 4 : lieu public ; 5 : aéroport ; 6 : gare ; 7 : établissement sanitaire ou médico-social ; 8 : autre)
7	I_CPR	Réalisation d'une RCP immédiate par les témoins (1 : oui ; 0 : non)
8	W_CPR	Réalisation d'une RCP par les témoins (1 : oui ; 0 : non)
9	SP_CPR	Réalisation d'une RCP par les sapeurs-pompiers (1 : oui ; 0 : non)
10	RHYTHM	Premier rythme cardiaque enregistré à l'arrivée du SMUR (1 : asystolie ; 2 : rythme sans pouls ; 3 : fibrillation ventriculaire/tachycardie ventriculaire sans pouls ; 4 : activité spontanée)
11	SMUR_CPR	Réalisation d'une RCP par le SMUR (1 : oui ; 0 : non)
12	INTUBATION	Réalisation d'une intubation orotrachéale lors de la RCP SMUR (1 : oui ; 2 : non, mais ventilation au masque ; 3 : non, pas de ventilation entreprise)

13	ROUTE	Voie d'injection utilisée lors de la RCP SMUR (1 : intraosseuse ; 2 : voie veineuse périphérique ; 3 : voie veineuse centrale ; 4 : endotrachéale ; 5 : pas de voie d'injection)
14	ADRENALINE	Administration d'adrénaline durant la RCP SMUR (1 : oui ; 0 : non)

6.3.1. Méthode employée pour l'appariement

Deux problématiques se sont imposées lorsque la méthode a été choisie. En effet, à la différence d'une situation d'essai clinique, les patients appartiennent à un groupe ou à un autre (ici traumatique ou médical) en fonction de la nature d'un évènement, celui-ci ne leur est pas attribué de manière randomisée (par exemple un groupe thérapeutique expérimentale *vs* thérapeutique de référence/placebo). Ainsi, l'impact de la nature de l'arrêt cardiaque sur le critère de jugement (ici la survie à l'admission et la survie à 30 jours post-AC) peut être influencé par des critères confondants tels que le sexe, l'âge ou encore le rythme cardiaque à l'arrivée du SMUR. De plus, des données manquantes étaient relevées lors de l'analyse des critères confondants. Ainsi 13,4% des individus présentaient au moins une variable manquante sur l'un des 14 critères confondants. La littérature recommande de procéder à une méthode d'imputation statistique si ce seuil dépasse les 5% [205]. A ce titre, il a été décidé de mettre en œuvre la méthode proposée par Mattei [206] détaillée ci-après.

6.3.1.1. Notation

Soit Y le devenir du patient (1 si celui-ci survit, 0 si celui-ci décède), Z le type d'arrêt cardiaque (1 si celui-ci est de nature traumatique, 2 si celui-ci est médical) et X (X1, X2, [...], Xp) les critères confondants potentiellement liés au devenir Y et au type d'arrêt cardiaque Z. L'ensemble de ces 14 critères concernés est présenté en tableau 2.

6.3.1.2. Méthode d'imputation des données manquantes

Une méthode d'imputations multiples a été employée pour parvenir à prendre en compte les données manquantes au sein de l'ensemble des critères confondants X [205]. Cette méthode consistait en expliquant chaque variable manquante pour un critère Xj

(j=1 à p) grâce aux autres critères confondants dont la donnée n'était pas manquante via une méthode de régression (régression linéaire dans les cas de variables Xj quantitatives et de régressions logistiques binaires pour les variables binaires qualitatives). Ainsi, les données manquantes ont pu être remplacées par les valeurs prédites par la régression correspondante. K jeux de données imputés ont été générés aléatoirement suivant la méthode sus-décrite (K=10 étant donné que 10 jeux de donnés ont été jugés suffisant dans le cadre de cette méthode).

6.3.1.3. Méthode d'appariement

Création du modèle

Un score de propension a été utilisé pour apparier des paires de patients, considérant les arrêts cardiaques traumatiques comme cas et arrêts cardiaques médicaux comme contrôles. Le score de propension est défini par PS=P [Z=1|X] et a été obtenu par régression logistique. Celui-ci peut être défini comme étant la probabilité qu'un patient ait un arrêt cardiaque d'une nature particulière (ici traumatique) au regard des critères confondants. Deux patients sont considérés comme une paire si la différence entre leurs scores de propension respectifs est plus petite qu'une distance prédéfinie appelée *caliper* (0,2 x la déviation standard du score de propension) [207]. Cela implique alors que ces deux patients appariés sont similaires au regard de ces critères confondants et ne diffèrent que par la nature de l'arrêt cardiaque (traumatique chez les cas, médicale chez les témoins). Ceci permet alors de présumer de l'impact du type d'arrêt cardiaque sur la survie sans facteur confondant.

Validation du modèle

Le score de propension a pour objectif de limiter l'effet des critères confondants dans l'explication du/des critères de jugement. Les patients sont considérés adéquatement appariés si on constate une diminution de la différence absolue standardisée (*absolute standardized difference* - DAS) entre les critères confondants.

La DAS est calculée comme suit :

1. Pour les variables quantitatives :

$$DAS = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_0^2}{2}}} \times 100$$

$\bar{x}_1 = moyenne\ de\ la\ variable\ x\ dans\ le\ groupe\ cas$

$\bar{x}_0 = moyenne\ de\ la\ variable\ x\ dans\ le\ groupe\ non\ contrôle$

$S_1^2 = variance\ de\ la\ variable\ x\ dans\ le\ groupe\ cas$

$S_0^2 = variance\ de\ la\ variable\ x\ dans\ le\ groupe\ contrôle$

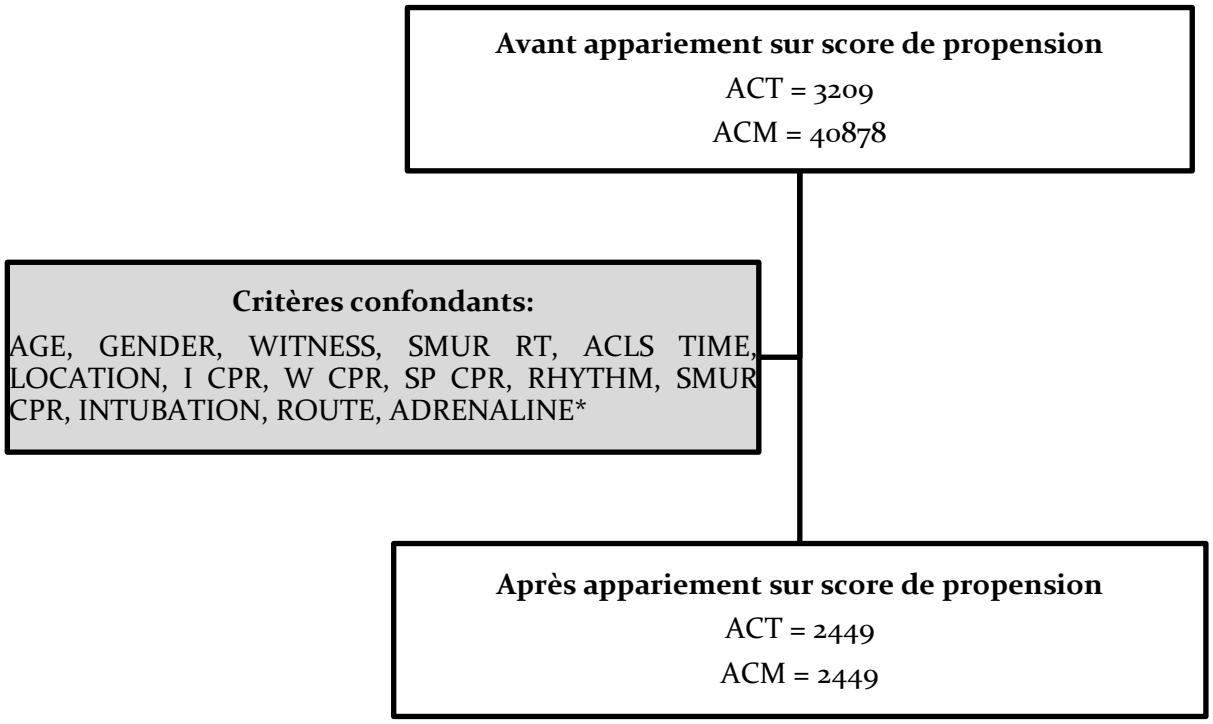
2. Pour les variables dichotomiques :

$$DAS = \frac{(\hat{p}_{(1)x} - \hat{p}_{(0)x})}{\sqrt{\frac{\hat{p}_{(1)x}(1 - \hat{p}_{(1)x}) + \hat{p}_{(0)x}(1 - \hat{p}_{(0)x})}{2}}} \times 100$$

$\hat{p}_{(0)x} = fréquences\ observées\ de\ la\ variable\ x\ dans\ le\ groupe\ contrôle$

$\hat{p}_{(1)x} = fréquences\ observées\ de\ la\ variable\ x\ dans\ le\ groupe\ cas$

D'après Rosenbaum et Rubin [208], un score de propension adéquat permettrait d'obtenir des DAS ≤20% pour l'ensemble des critères confondants. Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi de retenir une DAS limite de 10%.



*Définitions disponibles en tableau 2.

11. Diagramme des flux du modèle de propension

6.3.1.4. Regroupement des résultats

L'appariement a été réalisé pour les K jeux de données. Les K régressions logistiques conditionnelles ont permis d'obtenir les odds-ratio associés aux devenirs des patients (à l'admission et à J30) en fonction de la nature de l'arrêt cardiaque. La moyenne de ces odds-ratio a été calculée pour ne garder que l'odd-ratio global et son intervalle de confiance.

Une p-value <0,05 était retenue pour déterminer une différence statistiquement significative.

7. LOGICIELS STATISTIQUES

Toutes les statistiques ont été effectuées sur le logiciel IBM © SPSS © Statistics v19.0 (description/comparaison) et sur le logiciel R © (modèle de propension, génération des résultats post-appariement).

RESULTATS

1. L'ARRET CARDIAQUE TRAUMATIQUE : DESCRIPTION GENERALE

1.1. Les victimes d'arrêts cardiaques traumatiques

1.1.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT :

Plus des trois quarts de la population touchée par l'arrêt cardiaque traumatique étaient composés d'hommes. L'âge médian était de 45 ans. La majorité des ACT survenait en dehors du domicile avec 62,3% d'entre eux enregistrés sur la voie publique et 12,1% dans les lieux publics (centres commerciaux, établissements publics ou privés, restaurants, lieux de culte, etc.).

L'ACT survenait en présence d'au moins un témoin dans la 66,3% des cas (54,3% devant grand public et 12,0% devant professionnel du secours[19]). L'arrêt cardiaque était une conséquence d'un traumatisme pénétrant dans 14,6% des cas (4,1% causés par une plaie par arme blanche, 9,7% par une arme à feu et 0,8% par un autre mécanisme pénétrant[20]). Dans les cas d'arrêts cardiaques provoqués par un traumatisme fermé, la majorité d'entre eux (68,7%) survenaient dans un contexte de traumatisme à haute cinétique (31,8% d'accidents de la voie publique, 1,5% de défenestrations et 35,4% de polytraumatismes d'autre cause). Les autres traumatismes (17,7%) avaient eu lieu dans d'autres contextes tels que des agressions ou rixes, des brûlures, des chocs hémorragiques ou encore des traumatismes par écrasement ou des délabrements de membres. Les principaux résultats sont synthétisés en tableau 3.

[19] Secouriste, sapeur-pompier ou SMUR

[20] Machines de chantier, machines agricoles ou attaques de requin par exemple

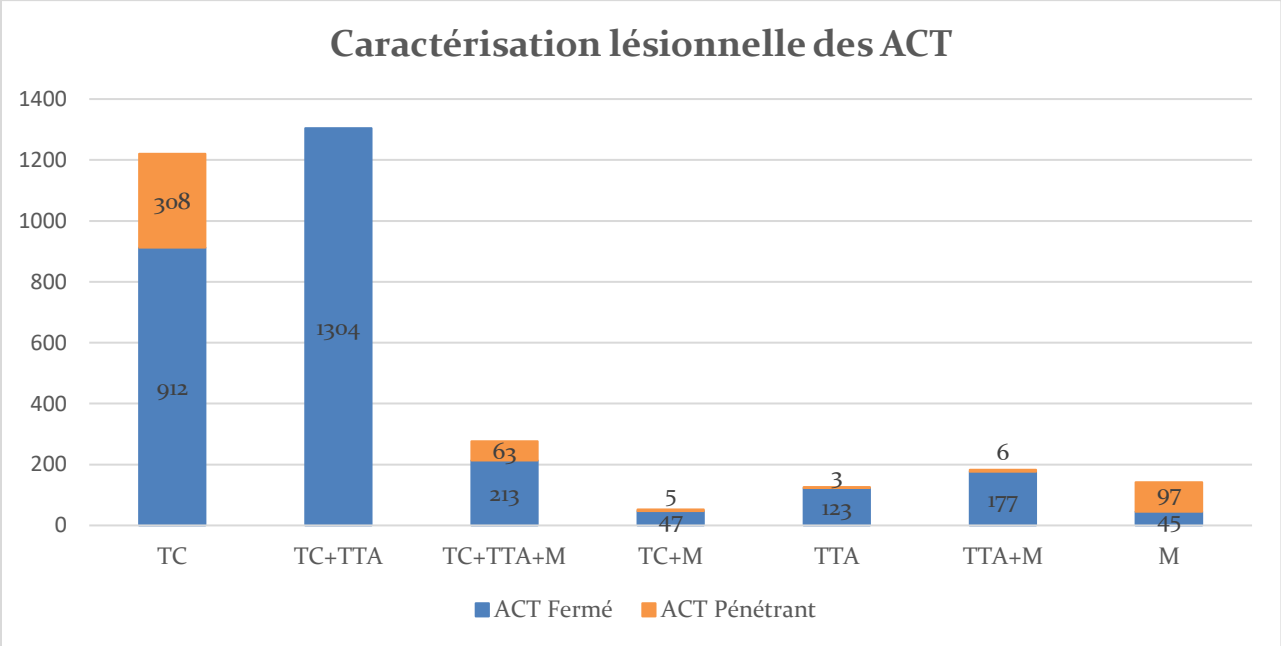
Tableau 3. Contexte des ACT

Arrêts cardiaques traumatiques (ACT) N=3303		
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	45 [28;64]
	Sexe : Masculin ; n(%)	2480 (75,1)
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	796 (24,1)
	Voie publique ; n(%)	2057 (62,3)
	Lieu public ; n(%)	400 (12,1)
	Etablissement de santé ; n(%)	50 (1,5)
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	1116 (33,7)
	Grand public ; n(%)	1792 (54,3)
	SP ou SMUR ; n(%)	395 (12,0)

SP : sapeur-pompier

1.1.2. Caractérisation lésionnelle de l'ACT :

La majorité des patients en ACT présentaient des lésions non pénétrantes (85,4%) dont la plupart avaient au moins un traumatisme crânien (2476 patients soit 74,9% *vs* 345 soit 10,5%). Une illustration plus fine des caractéristiques lésionnelles est présentée dans la figure 12.



12. Caractérisation lésionnelle de l'ACT

ACT : arrêt cardiaque traumatique ; TC : traumatisme crânien ; TTA : traumatisme thoraco-abdomino-(pelvien) ; M : membre

1.1.3. Prise en charge initiale de l'arrêt cardiaque traumatique :

Au sein de la population des victimes d'arrêts cardiaques traumatiques, 31,8% avaient bénéficié d'une BLS réalisée par les témoins. Une prise en charge a été initiée par des sapeurs-pompiers ou des secouristes chez près de trois quarts des patients. Leur délai médian d'arrivée sur les lieux était de 8 minutes.

Le SMUR arrivait dans un délai médian de 17 minutes. Le rythme majoritaire enregistré par les équipes médicalisées à leur arrivée était l'asystolie (86,9%) devant le rythme sans pouls (5,9%) et une fibrillation ventriculaire ou une tachycardie ventriculaire sans pouls (1,4%). Les autres patients (5,8%) avaient déjà repris une activité cardiaque spontanée à l'arrivée du SMUR. Une ALS a été initiée chez 71,3% des patients. L'ensemble des informations relatives à la prise en charge initiale des victimes d'ACT est disponible dans le tableau 4.

Tableau 4. Prise en charge de l'ACT

Arrêts cardiaques traumatiques (ACT) N=3303		
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	907 (27,5)
	RCP témoin ; n(%)	1049 (31,8)
	Compressions thoraciques ; n(%)	541 (51,6)
	CT+Ventillation ; n(%)	508 (48,4)
Défibrillation témoin	Pose de DAE ; n(%)	261 (7,9)
	Choc DAE ; n(%)	17 (0,5)
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	8 [4;12]
	RCP SP ; n(%)	2438 (73,8)
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	1738 (52,6)
	Choc DAE ; n(%)	28 (0,8)
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	2602 (86,9)
	Rythme sans pouls ; n(%)	176 (5,9)
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	47 (1,4)
	Activité spontanée ; n(%)	168 (5,8)
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	17 [11;26]
	RCP SMUR ; n(%)	2354 (71,3)
Délais	No-flow ; M[Q1;Q3] (minutes)	7 [1;13]

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.1.4. Caractérisation de la prise en charge spécialisée de l'ACT :

Parmi les 2354 patients ayant bénéficié d'une réanimation spécialisée (ALS), 97,2% ont eu un massage cardiaque. Une ventilation a été mise en place dans 96,7% des cas, la majorité étant intubée (93,7%). L'impossibilité de réaliser une intubation orotrachéale a été enregistrée chez 2,0% des patients et le délai médian d'intubation était de 3 minutes. Une voie a été posée chez 98,7% des victimes d'ACT parmi lesquelles 82,5% ont eu une voie veineuse périphérique, 14,7% une intraosseuse. L'injection d'adrénaline a été constatée chez 91,0% des patients pour une dose médiane de 5 mg. Le délai médian d'injection[21] était de 5 minutes.

Un remplissage vasculaire a été mentionné chez près de la moitié des patients. La plupart des patients ayant eu une prise en charge de ce type avaient reçu uniquement des cristalloïdes (64,7%) devant l'association de cristalloïdes et colloïdes (28,9%). La prise en charge spécialisée comptait un abord du thorax dans 21,7% des cas, comprenant majoritairement la mise en œuvre d'une thoracostomie unilatérale ou bilatérale (13,9%) ou une décompression thoracique (6,2%).

L'ensemble des résultats est présenté en tableau 5.

[21] Délai calculé entre l'arrivée du SMUR sur place et l'injection du premier bolus d'adrénaline.

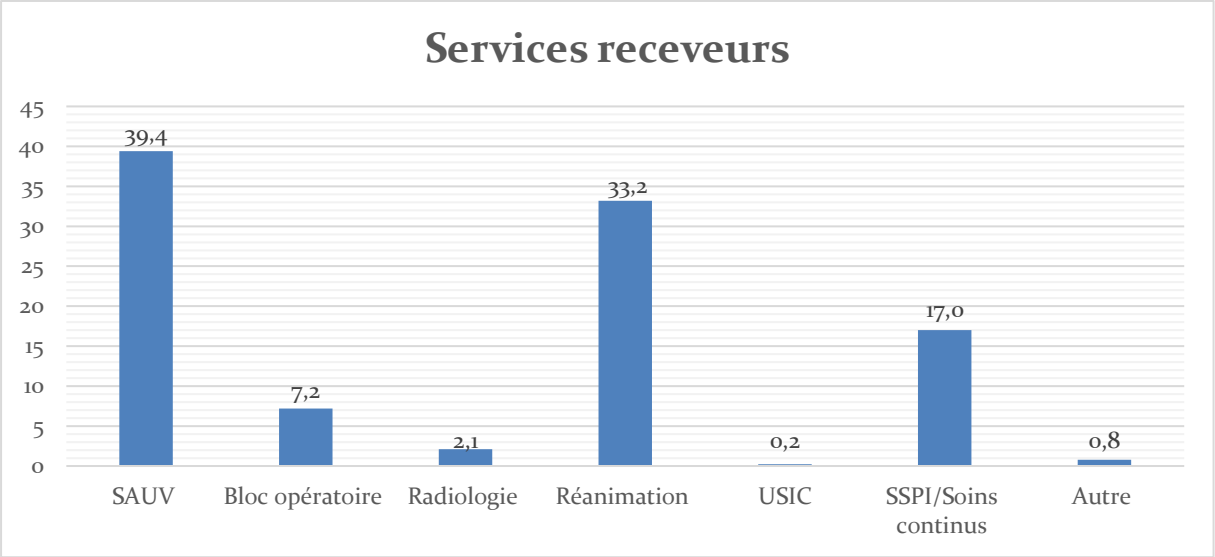
Tableau 5. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT

ACT réanimés par le SMUR N=2354		
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	2046 (97,2)
	MCE automatique ; n(%)	144 (6,1)
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	2324 (96,7)
	Intubation ; n(%)	2206 (93,7)
	Intubation impossible ; n(%)	47 (2,0)
	Délai d'intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	3 [1;7]
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	347 (14,7)
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	1941 (82,5)
	Voie veineuse centrale ; n(%)	24 (1,0)
	Endotrachéale ; n(%)	11 (0,5)
	Pas de voie ; n(%)	31 (1,3)
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	2142 (91,0)
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	5 [3;8]
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	5 [3;10]
	Délai d'injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	5 [3;8]
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	1119 (47,5)
	Cristalloïdes ; n(%)	700 (64,7)
	Colloïdes ; n(%)	69 (6,4)
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	313 (28,9)
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	1000 [500;1500]
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	511 (21,7)
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mmHg)	12 [6 ;29]

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.1.5. Devenir des victimes d'ACT :

A l'issue de leur prise en charge, un retour d'activité cardiaque spontanée (RACS) a été constaté chez 16,5% des patients dans un délai médian de 13 minutes suivant l'initiation de leur prise en charge médicalisée. 15,7% des patients avaient été transportés vers un centre receveur parmi lesquels 12,4% l'avaient été à cœur arrêté. A l'admission, 14,5% des patients étaient en vie (activité spontanée ou sous planche à masser). Le service receveur privilégié était le service d'accueil des urgences vitales (39,4%) devant les services de réanimation polyvalents (33,2%) et les soins continus (17,0%) (Figure 14).



13. Services receveurs des victimes d'ACT

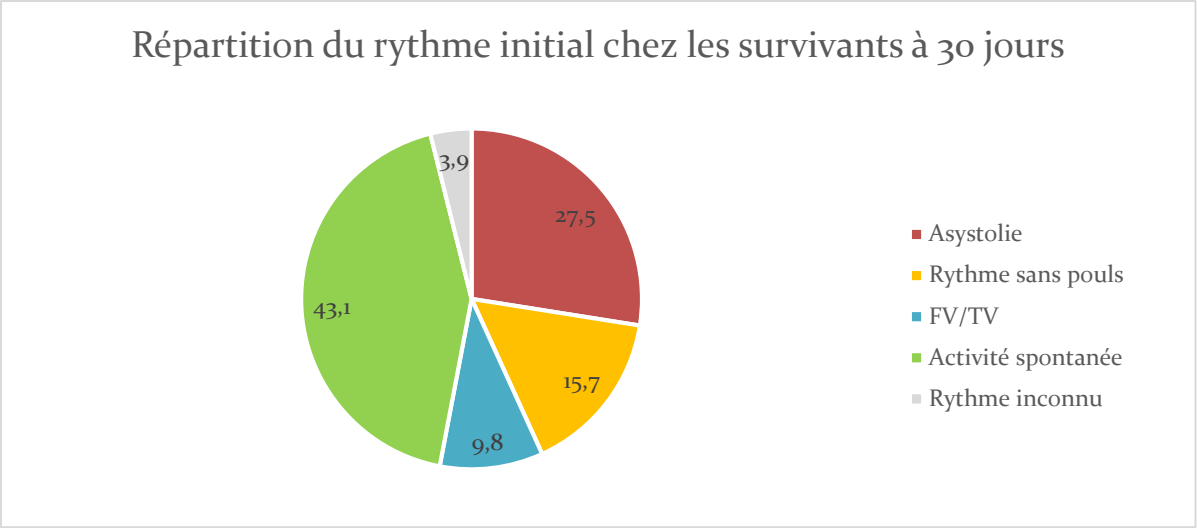
Trente jours après la survenue de l'arrêt cardiaque traumatique, 51 (1,5%) patients avaient survécu dont 31 (67,4%) avec un bon pronostic neurologique (Cerebral Performance Category 1 ou 2) (Tableau 6).

Tableau 6. Devenir des victimes d'ACT

Arrêts cardiaques traumatiques (ACT) N=3303		
RACS	RACS ; n(%)	546 (16,5)
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	13 [6;21]
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	518 (15,7)
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	18 [6;31]
	Transport ; n(%)	518 (15,7)
	Transport hélico ; n(%)	21/518 (4,1)
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	64/518 (12,4)
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	478 (14,5)
Service receveur	SAUV ; n(%)	185 (39,4)
	Bloc opératoire ; n(%)	34 (7,2)
	Radiologie ; n(%)	10 (2,1)
	Réanimation ; n(%)	156 (33,2)
	USIC ; n(%)	1 (0,2)
	SSPI/Soins continus ; n(%)	80 (17,0)
	Autre ; n(%)	4 (0,8)
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	7 (0,2)
	ECMO ; n(%)	0 (0)
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	51 (1,5)
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	31 (67,4)
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	15 (32,6)
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	8 (0,2)
	DO mort encéphalique ; n(%)	40 (1,2)

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

Parmi les 51 patients ayant survécu, 14 (27,5%) présentaient initialement une asystolie, 8 (15,7%) un rythme sans pouls, 5 (9,8%) un rythme choquable (fibrillation ventriculaire ou tachycardie ventriculaire sans pouls) et 22 (43,1%) avaient déjà repris une activité cardiaque spontanée à l'arrivée du SMUR (Figure 15). Toutefois, on enregistrait un pronostic neurologique favorable chez un patient initialement en asystolie sur deux, chez 85,7% des victimes avec un rythme sans pouls, chez 100% des patients qui présentaient un rythme choquable et chez 65% des victimes qui avaient une activité spontanée à l'arrivée du SMUR.

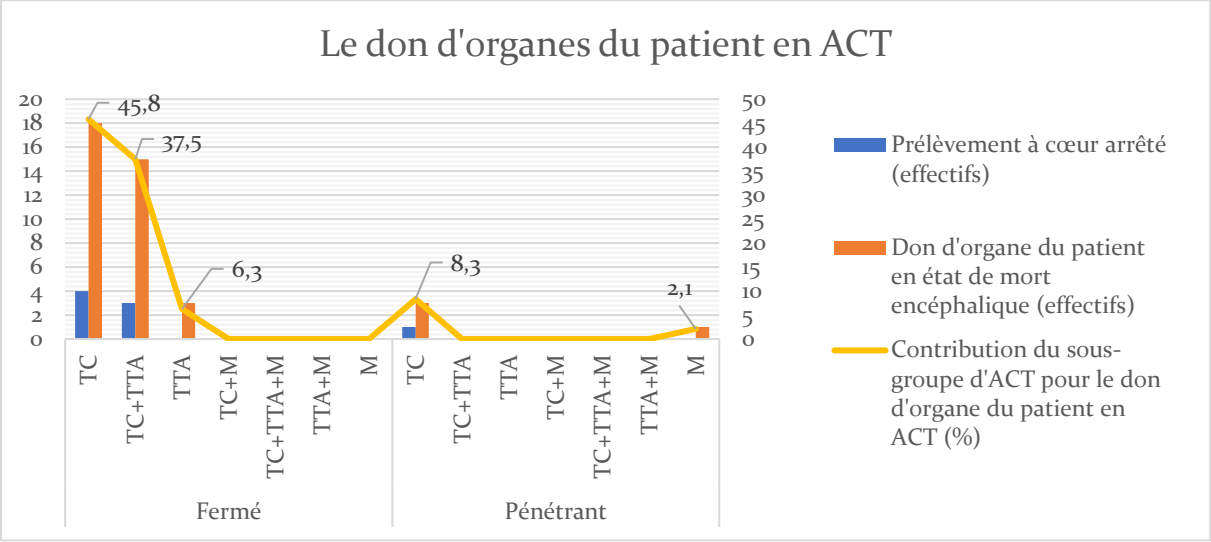


FV : fibrillation ventriculaire ; TV : tachycardie ventriculaire

14. Rythme initial des patients survivants à J30

1.1.6. Focus sur le don d'organes du patient décédé d'ACT

Quarante-huit patients ont fait l'objet d'un prélèvement d'organes (40 dans le cadre d'un don d'organe chez les patients en état de mort encéphalique et 8 patients dans le cadre d'un prélèvement à cœur arrêté) (Figure 16). Les patients qui présentaient un ACT consécutif à un traumatisme crânien isolé non pénétrant étaient les grands contributeurs à la thématique du don d'organe puisque 45,8% des patients prélevés appartenaient à cette catégorie.



TC : traumatisme crânien ; TTA : traumatisme thoraco-abdomino-(pelvien) ; M : membre

15. Etat des lieux du don d'organe des patients victimes d'ACT

Parmi les 48 patients concernés, 8 (16,7%) ont été prélevés dans le contexte de la filière DDAC (prélèvement à cœur arrêté) et 40 (83,3%) dans le cadre d'un prélèvement sur patient en état de mort encéphalique (DDME). L'âge médian des donneurs était de 28 ans ([20;38]ans) et 83,3% d'entre eux étaient des hommes. Parmi les 8 patients DDAC, 7 entraient dans la catégorie I de Maastricht[22] et 1 dans la catégorie II[23]. La durée médiane du no-flow de ces patients était de 2[1;3] minutes et la durée médiane de l'ALS de 21[15;31] minutes. Parmi les 8 patients DDAC, le délai médian s'écoulant entre l'initiation de la réanimation et l'arrivée à l'hôpital était de 66[41;79] minutes. Finalement, 7 donneurs avaient moins de 18 ans (1 DDAC, 6 DDME) et 5 avaient plus de 55 ans (1 DDAC, 4 DDME).

A partir de ce point, les analyses par sous-groupe seront présentées de la manière suivante : description démographique des patients, du contexte de l'arrêt cardiaque et des premiers gestes, analyse de la prise en charge spécialisée et du devenir des patients. Cette partie descriptive et comparative sera conclue par une analyse par rythme initial.

[22] Arrêt cardiaque en dehors de tout contexte de prise en charge médicalisée et pour lesquels la mise en œuvre de gestes de réanimation de qualité a été réalisée moins de 30 min après l'arrêt cardiaque, mais n'a pas permis une récupération hémodynamique.
[23] Arrêt cardiaque en présence de secours qualifiés, aptes à réaliser un massage cardiaque et une ventilation mécanique efficaces, mais dont la réanimation n'a pas permis une récupération hémodynamique.

1.2. Les victimes d'ACT : le traumatisme crânien isolé

Plus d'un tiers des patients en arrêt cardiaque traumatique présentait un traumatisme crânien isolé. Sur 1220 victimes, 912 (74,8%) présentaient un traumatisme crânien isolé fermé et 308 (25,2%) un traumatisme crânien pénétrant.

1.2.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT :

La population victime d'arrêt cardiaque traumatique consécutif à un traumatisme crânien isolé fermé était principalement masculine et relativement jeune. Toutefois, la population en ACT pénétrant était encore davantage composée d'hommes. Bien que l'ACT survienne souvent en dehors du domicile (64,5% sur la voie et dans les lieux publics chez les ACT sur TC fermé), celui-ci avait le plus souvent lieu à domicile dans le cas de traumatismes crâniens pénétrants. Deux tiers des arrêts cardiaques sur TC fermé survenaient en présence de témoins tandis que nous n'enregistrions aucune présence de témoins chez plus de la moitié des ACT sur TC pénétrant. Chez les victimes d'ACT sur TC fermé, les principales circonstances ayant mené à la survenue de ces lésions étaient les accidents de la voie publique, les chutes et les hémorragies intracrâniennes non pénétrantes qui représentaient plus de 85% des causes (respectivement 37,1%, 13,2% et 35,0%). Dans la population victime d'ACT sur TC pénétrant, les lésions responsables de l'arrêt cardiaque étaient provoquées par une arme à feu dans 90,9% des cas contre 4,2% par arme blanche. Les autres survenaient dans d'autres circonstances précédemment évoquées. L'ensemble des résultats descriptif est présenté en tableau 7.

Tableau 7: Contexte et caractérisation des ACT (TC isolé)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC isolé N=1220				
		Fermé N=912	Pénétrant N=308	p
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	53 [30;74]	55 [35;72]	0,291
	Sexe : Masculin ; n(%)	659 (72,3)	276 (89,6)	<0,001
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	293 (32,1)	209 (67,9)	<0,001
	Voie publique ; n(%)	468 (51,3)	71 (23,1)	
	Lieu public ; n(%)	120 (13,2)	26 (8,4)	
	Etablissement de santé ; n(%)	31 (3,4)	2 (0,6)	
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	305 (33,4)	181 (58,8)	<0,001
	Grand public ; n(%)	512 (56,2)	109 (35,4)	
	SP ou SMUR ; n(%)	95 (10,4)	18 (5,8)	

SP : sapeur-pompier

1.2.2. Prise en charge initiale de l'ACT :

Chez les patients dont l'arrêt était la conséquence d'un traumatisme crânien (TC) isolé non pénétrant, la mise en place d'une BLS immédiate avait été enregistrée dans 28,3% des cas contre 15,3% des ACT pénétrants (p<0,001). Deux fois plus de patients présentant un TC fermé avaient bénéficié d'une RCP par les témoins que les victimes d'ACT sur TC pénétrant (33,3% *vs* 17,9% ; p<0,001). A leur arrivée, les secouristes professionnels mettaient davantage en œuvre une RCP dans les cas de TC fermé que chez les victimes de TC pénétrants (79,5% *vs* 58,4% ; p<0,001). Nous retrouvions la même tendance à l'arrivée du SMUR. En effet, trois patients présentant un TC fermé sur quatre bénéficiaient d'une RCP spécialisée contre un sur deux chez les TC pénétrants (p<0,001). Le premier rythme constaté à l'arrivée des équipées médicales était le plus souvent l'asystolie dans les deux populations et nous ne trouvions pas de différence significative concernant le premier rythme enregistré entre TC fermé et TC ouvert. Le no-flow était statistiquement plus court chez les victimes d'AC consécutif à un TC isolé fermé (8 minutes *vs* 10 minutes ; p=0,006) (Tableau 8).

Tableau 8. Prise en charge de l'ACT (TC isolé)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC isolé N=1220				
		Fermé N=912	Pénétrant N=308	p
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	252 (28,3)	45 (15,3)	<0,001
	RCP témoin ; n(%)	304 (33,3)	55 (17,9)	<0,001
	Compressions thoraciques ; n(%)	180 (59,2)	29 (52,7)	0,595
	CT+Ventillation ; n(%)	124 (40,8)	26 (47,3)	
Défibrillation témoins	Pose de DAE ; n(%)	69 (7,6)	12 (3,9)	0,041
	Choc DAE ; n(%)	7 (0,8)	1 (0,3)	0,952
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	8 [5;12]	9 [5;14]	0,127
	RCP SP ; n(%)	725 (79,5)	180 (58,4)	<0,001
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	519 (56,9)	122 (39,6)	0,037
	Choc DAE ; n(%)	13 (1,4)	1 (0,3)	0,322
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	719 (85,1)	225 (89,3)	0,118
	Rythme sans pouls ; n(%)	45 (5,3)	15 (6,0)	
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	21 (2,5)	3 (1,1)	
	Activité spontanée ; n(%)	60 (7,1)	9 (3,6)	
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	18 [12;26]	17 [12;25]	0,502
	RCP SMUR ; n(%)	678 (74,3)	160 (51,9)	<0,001
Délais	No-flow ; M[Q1;Q3] (minutes)	8 [1;13]	10 [5;17]	0,006

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.2.3. Caractérisation de la prise en charge spécialisée de l'ACT :

Dans les deux populations victimes d'ACT consécutifs à des traumatismes crâniens, la RCP spécialisée comprenait dans l'immense majorité des cas un MCE, le plus souvent manuel, et une ventilation avec intubation. L'intubation orotrachéale était plus tardive chez les victimes de TC pénétrants (3 *vs* 5 minutes ; p=0,048). Les gestes relatifs à l'implémentation d'une RCP spécialisée généraliste étaient semblables dans les deux groupes. Les patients bénéficiaient de la mise en place d'une voie, principalement veineuse périphérique, très fréquemment (85,8% et 86,9% ; p=0,674), et recevaient de l'adrénaline dans des délais et des doses similaires. En revanche, les gestes spécifiques à la prise en charge de l'étiologie traumatique n'étaient pas mis en œuvre dans les mêmes proportions entre TC fermés et TC pénétrants. Une expansion volémique et un abord du thorax (thoracostomie uni- ou bilatérale chez plus de sept patients sur dix) étaient davantage mis en œuvre chez les victimes d'ACT consécutifs à un TC pénétrant. Le détail des résultats est présenté en Tableau 9.

Tableau 9. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC isolé)

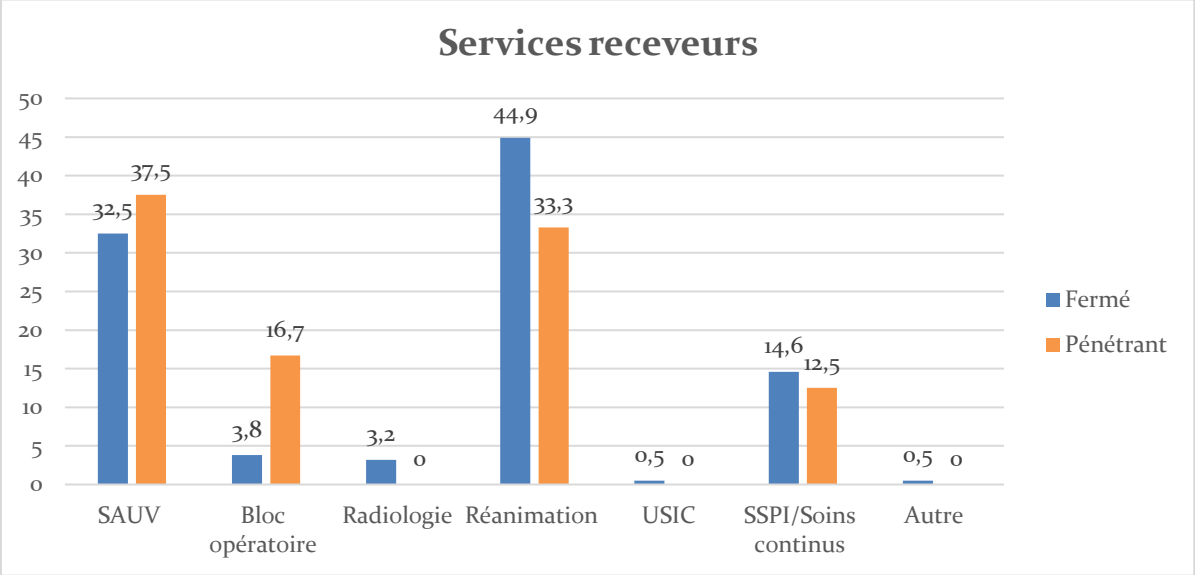
Arrêts cardiaques traumatiques : TC isolé (réanimés par le SMUR) N=838				
		Fermé N=678	Pénétrant N=160	p
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	570 (95,2)	136 (96,5)	0,509
	MCE automatique ; n(%)	55 (8,1)	8 (5,0)	0,411
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	672 (99,1)	157 (98,1)	0,384
	Intubation ; n(%)	634 (93,5)	145 (91,3)	0,302
	Intubation impossible ; n(%)	14 (2,1)	4 (2,5)	0,884
	Délai intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	3 [1;8]	5 [3;11]	0,048
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	75 (11,1)	17 (10,6)	0,674
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	582 (85,8)	139 (86,9)	
	Voie veineuse centrale ; n(%)	5 (0,7)	2 (1,3)	
	Endotrachéale ; n(%)	2 (0,3)	1 (0,6)	
	Pas de voie ; n(%)	14 (2,1)	1 (0,6)	
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	611 (90,1)	144 (90,0)	0,964
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	5 [2;8]	5 [2;8]	0,777
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	5 [2;9]	5 [3;10]	0,856
	Délai injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	5 [3;8]	5 [2;10]	0,602
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	265 (39,1)	73 (45,6)	0,020
	Cristalloïdes ; n(%)	192 (75,6)	46 (63,9)	0,140
	Colloïdes ; n(%)	13 (5,1)	5 (6,9)	
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	49 (19,3)	21 (29,2)	
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	1000 [500;1500]	1000 [500;1500]	0,324
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	69 (10,2)	29 (18,1)	0,005
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mm Hg)	15 [8;35]	12 [6;29]	0,129

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.2.4. Devenir des victimes d'ACT :

Durant ou à l'issue de la prise en charge, 23,9% les patients victimes d'ACT sur TC fermé avaient repris une activité cardiaque spontanée. Ces taux étaient significativement inférieurs chez les victimes de TC pénétrant (9,1% ; p<0,001). La RCP spécialisée préhospitalière, statistiquement plus longue chez les victimes d'ACT sur TC pénétrant, avait permis la survie sur place de 22,5% des TC fermés *versus* 9,7% des victimes d'ACT sur TC pénétrant (p<0,001). Tous les survivants avaient été transportés. Le transport à cœur arrêté était plus fréquent chez les patients en ACT sur TC pénétrant (26,7% des patients transportés *vs* 7,3% des patients en ACT fermé ; p=0,003).

Les patients transportés étaient orientés de la même façon quelle que soit l'étiologie de l'ACT et les services receveurs privilégiés étaient les réanimations (44,9% et 33,3%) et les services d'accueil des urgences vitales (SAUV) (32,4% et 37,5%) (Figure 17).



16. Services receveurs des victimes d'ACT sur TC isolé

A l'admission, deux victimes d'ACT sur TC fermé sur dix étaient en vie contre 8,4% de la population des patients présentant un TC pénétrant (p<0,001). Un patient (victime d'ACT sur TC fermé) avait été orienté dans un objectif de DDAC. Aucun, quel que soit le groupe, n'avait bénéficié d'une ECMO.

A trente jours, 1,9% des victimes d'ACT sur TC fermé étaient en vie vs 0,6% des victimes d'ACT sur TC pénétrant. Cette différence n'était statistiquement significative ni en termes de survie globale, ni en termes de pronostic neurologique (p-values respectivement égales à 0,138 et 0,635). Le prélèvement d'organes était réalisé dans les mêmes proportions entre ACT fermés et pénétrants (Tableau 10).

Tableau 10. Devenir des patients (TC isolé)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC isolé N=1220				
		Fermé N=912	Pénétrant N=308	p
RACS	RACS ; n(%)	218 (23,9)	28 (9,1)	<0,001
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	12 [5;20]	11 [5;23]	0,344
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	205 (22,5)	30 (9,7)	<0,001
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	21 [11;34]	22 [10;33]	<0,001
	Transport ; n(%)	205 (22,5)	30 (9,7)	<0,001
	Transport hélico ; n(%)	6/205 (2,9)	2/30 (6,7)	0,231
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	15/205 (7,3)	8/30 (26,7)	0,003
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	188 (20,6)	26 (8,4)	<0,001
Service receveur	SAUV ; n(%)	60 (32,4)	9 (37,5)	0,196
	Bloc opératoire ; n(%)	7 (3,8)	4 (16,7)	
	Radiologie ; n(%)	6 (3,2)	0 (0)	
	Réanimation ; n(%)	83 (44,9)	8 (33,3)	
	USIC ; n(%)	1 (0,5)	0 (0)	
	SSPI/Soins continus ; n(%)	27 (14,6)	3 (12,5)	
	Autre ; n(%)	1 (0,5)	0 (0)	
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	1 (0,1)	0 (0)	NA
	ECMO ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	17 (1,9)	2 (0,6)	0,138
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	9 (60,0)	2 (100)	0,635
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	6 (40,0)	0 (0)	
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	4 (0,4)	1 (0,3)	0,466
	DO mort encéphalique ; n(%)	18 (2,0)	3 (1,0)	0,496

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

1.3. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TC et traumatisme thoraco-abdomino-pelvien

Parmi les 3 303 patients inclus, 1304 (39,5%) souffraient d'un polytraumatisme incluant traumatisme crânien (TC) et traumatisme thoraco-abdomino-pelvien (TTA). Le mécanisme responsable des lésions et de l'ACT était fermé dans l'intégralité des cas.

1.3.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT :

Près de trois quarts de la population touchée par l'arrêt cardiaque traumatique était composés d'hommes. L'âge médian était de 41 ans. La survenue de l'arrêt cardiaque chez cette catégorie de patient était enregistrée sur la voie publique dans 81,7% des cas. Il survenait également en présence d'un témoin dans la 70,3% des cas. Un accident de la voie publique était incriminable de façon certaine dans 50,4%. D'autres mécanismes tels que les agressions, chutes ou encore défenestrations représentaient les autres causes (Tableau 11).

Tableau 11. Contexte et caractérisation des ACT (TC+TTA)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC +TTA N=1304			
		Fermé N=1304	Pénétrant N=0
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	41 [25;57]	NA
	Sexe : Masculin ; n(%)	974 (74,7)	NA
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	110 (8,4)	NA
	Voie publique ; n(%)	1065 (81,7)	NA
	Lieu public ; n(%)	116 (8,9)	NA
	Etablissement de santé ; n(%)	13 (1,0)	NA
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	387 (29,7)	NA
	Grand public ; n(%)	754 (57,8)	NA
	SP ou SMUR ; n(%)	163 (12,5)	NA

SP : sapeur-pompier

1.3.2. Prise en charge initiale de l'ACT :

Parmi les 1 304 patients inclus dans cette catégorie, 29,5% avaient bénéficié de la mise en œuvre d'une BLS immédiate par un témoin. L'utilisation d'un défibrillateur automatique a été enregistrée chez 10,5% des patients et un choc a été délivré chez 0,5% de la population. Une RCP a été initiée par les sapeurs-pompiers dans 57,6% des cas

après un délai d'arrivée médian de 8 minutes. Les secouristes avaient posé un DAE dans 53,3% des cas et un choc avait été délivré à l'issue de la pose dans 0,4% des cas.
Le délai médian d'arrivée du SMUR sur place était de 16 minutes et le premier rythme enregistré à leur arrivée était l'asystolie chez 87,6% des patients. Une ALS a été mise en place chez 74,9% des patients. Le no-flow médian enregistré était de 7 minutes. Les résultats détaillés sont disponibles dans le tableau 12.

Tableau 12. Prise en charge de l'ACT (TC+TTA)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC +TTA N=1304			
		Fermé N=1304	Pénétrant N=0
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	385 (29,5)	NA
	RCP témoin ; n(%)	436 (33,4)	NA
	Compressions thoraciques ; n(%)	227 (52,1)	NA
	CT+Ventillation ; n(%)	209 (47,9)	NA
Défibrillation témoins	Pose de DAE ; n(%)	113 (10,5)	NA
	Choc DAE ; n(%)	6 (0,5)	NA
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	8 [4;12]	NA
	RCP SP ; n(%)	751 (57,6)	NA
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	698 (53,5)	NA
	Choc DAE ; n(%)	5 (0,4)	NA
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	1015 (87,6)	NA
	Rythme sans pouls ; n(%)	65 (5,5)	NA
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	14 (1,2)	NA
	Activité spontanée ; n(%)	66 (5,7)	NA
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	16 [10;24]	NA
	RCP SMUR ; n(%)	977 (74,9)	NA
Délais	No-flow ; M[Q1;Q3] (minutes)	7 [1;13]	NA

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.3.3. Caractérisation de la prise en charge spécialisée de l'ACT

Parmi les patients pris en charge par le SMUR (N=977), des compressions thoraciques avaient été mises en place chez 89,6% d'entre eux. Une ventilation était enregistrée dans 98,8% des cas. La pose d'une voie dans l'optique d'injections de médicaments concernait 99,0% des patients parmi lesquels 82,4% avaient bénéficié d'une pose de voie veineuse périphérique et 14,6% d'une intraosseuse. Plus de neuf patients sur dix avaient eu de

l'adrénaline dont la dose médiane était de 6 mg. Un remplissage vasculaire concernait plus d'un patient sur deux. La substance la plus utilisée était les cristalloïdes (62,4%).
Un abord du thorax était relevé dans 28,1% des cas. Parmi les patients ayant bénéficié de cet élément de prise en charge, 67,3% avaient eu une thoracostomie et 35,3% une décompression thoracique (Tableau 13).

Tableau 13. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC+TTA)

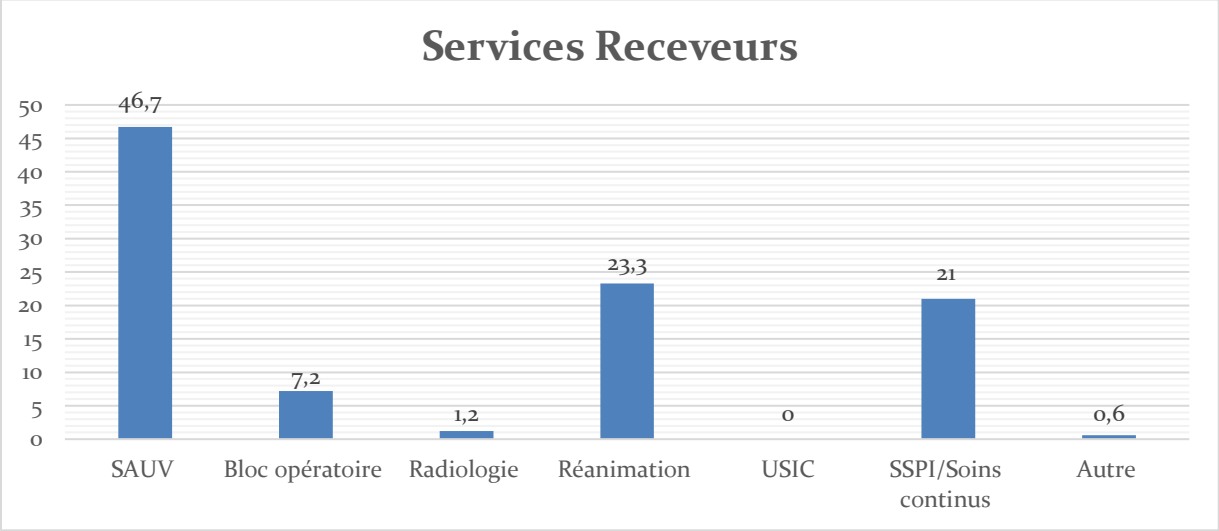
Arrêts cardiaques traumatiques : TC+TTA (réanimés par le SMUR) N=977			
		Fermé N=977	Pénétrant N=0
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	875 (89,6)	NA
	MCE automatique ; n(%)	47 (4,8)	NA
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	965 (98,8)	NA
	Intubation ; n(%)	922 (94,4)	NA
	Intubation impossible ; n(%)	15 (1,5)	NA
	Délai intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	3 [1;7]	NA
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	143 (14,6)	NA
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	806 (82,4)	NA
	Voie veineuse centrale ; n(%)	13 (1,3)	NA
	Endotrachéale ; n(%)	7 (0,7)	NA
	Pas de voie ; n(%)	10 (1,0)	NA
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	894 (91,5)	NA
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	5 [3;9]	NA
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	6 [3;10]	NA
	Délai injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	5 [2;8]	NA
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	491 (50,3)	NA
	Cristalloïdes ; n(%)	295 (62,4)	NA
	Colloïdes ; n(%)	36 (7,6)	NA
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	142 (30,0)	NA
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	1000 [500 ; 1750]	NA
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	275 (28,1)	NA
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mmHg)	11 [6;24]	NA

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.3.4. Devenir des victimes d'ACT :

Un retour d'activité cardiaque spontanée avait été observé chez 14,4% des patients. A l'issue de la prise en charge, 13,8% des patients étaient vivants et transportés vers un centre receveur. Parmi les patients transportés, 16,1% l'étaient sous planche à masser. Cinq patients ont fait l'objet d'une orientation immédiate dans le cadre d'un DDAC.

A l'admission, 12,9% des patients étaient en vie. Les services receveurs les plus couramment sollicités étaient le SAUV, la réanimation et les soins continus/SSPI (Figure 18).



17. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TC+TTA)

A trente jours post-ACT, 18 (1,4%) patients avaient survécu dont 62,5% avec un pronostic neurologique favorable. Dans ce sous-groupe, 18 patients (1,4%) avaient fait l'objet d'un prélèvement d'organes, 3 dans le cadre de la filière DDAC et 15 dans le cadre du prélèvement sur patient en état de mort encéphalique (Tableau 14).

Tableau 14. Devenir des victimes d'ACT (TC+TTA)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC +TTA N=1304			
		Fermé N=1304	Pénétrant N=0
RACS	RACS ; n(%)	188 (14,4)	NA
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	14 [6;24]	NA
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	180 (13,8)	NA
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	20 [7;31]	NA
	Transport ; n(%)	180 (13,8)	NA
	Transport hélico ; n(%)	7/180 (3,8)	NA
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	29/180 (16,1)	NA
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	168 (12,9)	NA
Service receveur	SAUV ; n(%)	78 (46,7)	NA
	Bloc opératoire ; n(%)	12 (7,2)	NA
	Radiologie ; n(%)	2 (1,2)	NA
	Réanimation ; n(%)	39 (23,3)	NA
	USIC ; n(%)	0 (0)	NA
	SSPI/Soins continus ; n(%)	35 (21,0)	NA
	Autre ; n(%)	1 (0,6)	NA
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	5 (0,4)	NA
	ECMO ; n(%)	0 (0)	NA
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	18 (1,4)	NA
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	10 (62,5)	NA
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	6 (37,5)	NA
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	3 (0,2)	NA
	DO mort encéphalique ; n(%)	15 (1,2)	NA

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

1.4. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TC, TTA et traumatisme des membres

Sur 3 303 patients, 126 (3,8%) présentaient un polytraumatisme associant TC, TTA et traumatisme des membres. Parmi eux, 123 avaient un mécanisme fermé et 3 un mécanisme pénétrant.

1.4.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT :

Les deux sous-populations (ACT fermé et ACT pénétrant) étaient jeunes (43 ans *vs* 30 ans ; p=0,904) et masculines (69,1% *vs* 100% ; p=249). La majorité des ACT survenaient sur la voie et dans les lieux publics. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes. Quel que soit le mécanisme d'ACT, fermé ou pénétrant, une absence de témoin au moment de l'arrêt cardiaque était constatée dans un tiers des cas. Les principales circonstances ayant mené à la survenue d'un polytraumatisme fermé comprenant une atteinte de la tête, du torse et des membres étaient les accidents de la voie publique (26,8%), les autres polytraumatismes (50,4%) (c.-à-d. écrasement, accidents de chantier) et les brûlures sévères (17,1%). Concernant les polytraumatismes pénétrants, tous avaient été provoqués par une arme blanche. Un descriptif détaillé est disponible dans le tableau 15.

Tableau 15. Contexte et caractérisation des ACT (TC+TTA+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC, TTA et TM N=126				
		Fermé N=123	Pénétrant N=3	p
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	43 [29;60]	30 [46 ;]	0,904
	Sexe : Masculin ; n(%)	85 (69,1)	3 (100)	0,249
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	20 (16,3)	1 (33,3)	0,984
	Voie publique ; n(%)	81 (65,9)	2 (66,7)	
	Lieu public ; n(%)	21 (17,0)	0 (0)	
	Etablissement de santé ; n(%)	1 (0,8)	0 (0)	
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	39 (31,7)	1 (33,3)	0,794
	Grand public ; n(%)	68 (55,3)	2 (66,7)	
	SP ou SMUR ; n(%)	16 (13,0)	0 (0)	

SP : sapeur-pompier

1.4.2. Prise en charge initiale de l'ACT :

Une RCP témoin immédiate était plus souvent initiée dans les cas d'ACT pénétrant que dans le cas des polytraumatismes fermés. On ne retrouvait pas de différence statistiquement significative dans la mise en œuvre retardée de ces gestes (30,1% *vs* 66,7% ; p=0,176). Deux tiers des victimes de chaque groupe avaient bénéficié d'une RCP initiée par les pompiers. A l'arrivée du SMUR, le rythme le plus souvent constaté était l'asystolie, jusqu'à 100% des cas dans le groupe des ACT pénétrants. Tous les patients du groupe pénétrant avaient eu une RCP spécialisée versus 58,5% des ACT fermés (p=0,148) (Tableau 16).

Tableau 16. Prise en charge de l'ACT (TC+TTA+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC, TTA et TM N=126				
		Fermé N=123	Pénétrant N=3	p
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	34 (27,6)	2 (66,7)	0,028
	RCP témoin ; n(%)	37 (30,1)	2 (66,7)	0,176
	Compressions thoraciques ; n(%)	16 (43,2)	1 (50,0)	0,851
	CT+Ventillation ; n(%)	21 (56,8)	1 (50,0)	
Défibrillation témoins	Pose de DAE ; n(%)	5 (4,1)	1 (33,3)	0,113
	Choc DAE ; n(%)	1 (0,8)	0 (0)	NA
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	10 [5;13]	9 [2 ;]	0,987
	RCP SP ; n(%)	82 (66,7)	2 (66,7)	1,000
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	61 (49,6)	1 (33,3)	0,671
	Choc DAE ; n(%)	1 (0,8)	0 (0)	NA
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	97 (78,9)	3 (100)	0,900
	Rythme sans pouls ; n(%)	11 (9,5)	0 (0)	
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	2 (1,7)	0 (0)	
	Activité spontanée ; n(%)	6 (5,2)	0 (0)	
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	17,50 [13;26]	29 [9 ;]	0,487
	RCP SMUR ; n(%)	72 (58,5)	3 (100)	0,148
Délais	No-flow ; M[Q1;Q3] (minutes)	7,50 [1;16]	0 [0 ;]	0,103

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.4.3. Caractérisation de la prise en charge spécialisée :

Lorsque les patients avaient bénéficié d'une réanimation médicalisée, 100% des patients du groupe pénétrant avaient pu être intubés. En revanche, dans le groupe des polytraumatisés fermés, l'intubation orotrachéale avait été impossible chez près d'un

patient sur dix. Tous les patients avaient eu une pose de voie. La majorité de ces poses se faisait en voie veineuse périphérique mais une proportion importante de poses de voies intraosseuse était constatée (respectivement 22,2% des poses de voies dans le groupe fermé et 33,3% dans le groupe pénétrant). Le remplissage vasculaire était fréquent. Dans le groupe des patients victimes d'ACT sur polytraumatismes fermés, 20,8% avaient eu un abord du thorax (thoracostomie). Une synthèse des résultats est disponible dans le tableau 17.

Tableau 17. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC+TTA+TM)

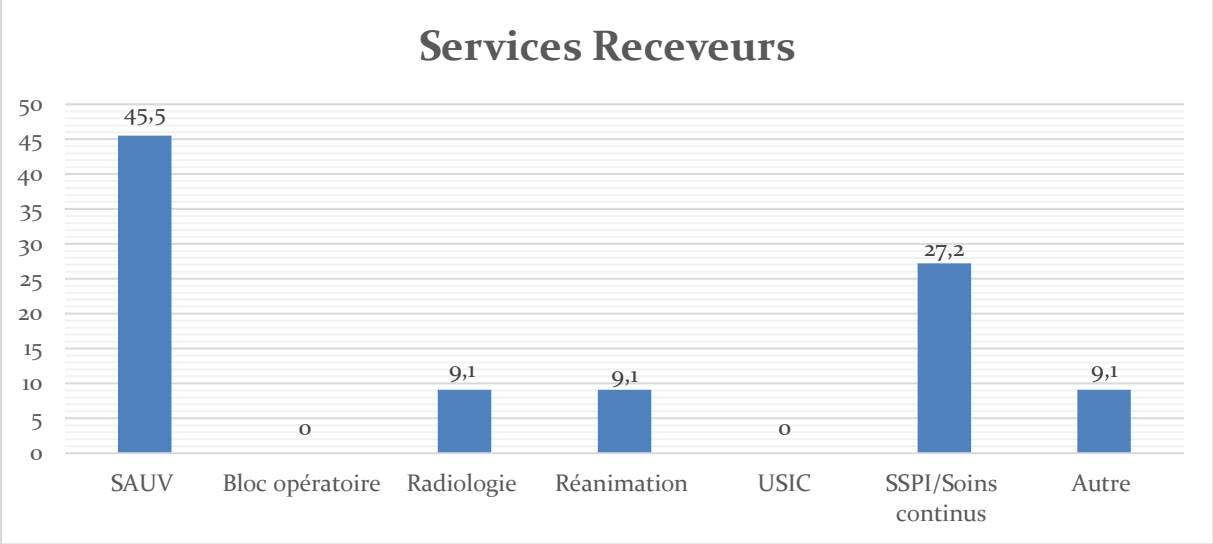
Arrêts cardiaques traumatiques : TC, TTA et TM (réanimés par le SMUR) N= 75				
		Fermé N=72	Pénétrant N=3	p
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	61 (84,7)	3 (100)	0,754
	MCE automatique ; n(%)	4 (5,6)	0 (0)	0,659
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	71 (98,6)	3 (100)	0,837
	Intubation ; n(%)	62 (86,1)	3 (100)	0,488
	Intubation impossible ; n(%)	7 (9,7)	0 (0)	0,398
	Délai intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	4 [3;8]	5 [1 ;]	0,580
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	16 (22,2)	1 (33,3)	0,652
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	56 (77,8)	2 (66,7)	
	Voie veineuse centrale ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Endotrachéale ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Pas de voie ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	65 (90,3)	2 (66,7)	0,194
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	5 [3;8]	6 [5 ;]	0,109
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	5 [3;10]	6 [5 ;]	0,815
	Délai injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	4 [2;10]	NR	NA
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	35 (48,6)	1 (33,3)	0,463
	Cristalloïdes ; n(%)	22 (62,9)	1 (100)	0,748
	Colloïdes ; n(%)	1 (2,9)	0 (0)	
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	12 (34,2)	0 (0)	
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	1000 [500;2000]	500 [500;500]	0,284
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	15 (20,8)	0 (0)	0,377
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mmHg)	13 [4,50;35]	5 [5;5]	0,442

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.4.4. Devenir des victimes d'ACT :

Dans le groupe des patients victimes de polytraumatismes pénétrants, aucun n'avait repris d'activité cardiaque spontanée et aucun n'avait été transporté. A l'inverse, 10,6% des patients du groupe fermé avaient eu une RACS au décours de la prise en charge. Douze patients (9,8%) étaient encore en vie à la fin de la prise en charge et avaient été

transportés. Tous ont été admis en vie à l'hôpital. Le service privilégié pour la réception de ces patients était le SAUV (45,5%) devant les soins continus/SSPI (27,2%) (Figure 19).



18. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TC+TTA+TM)

A trente jours de l'arrêt cardiaque, deux patients étaient encore en vie et avaient tous les deux un bon pronostic neurologique. Aucun patient n'avait fait l'objet d'un don d'organes (Tableau 18).

Tableau 18. Devenir des victimes d'ACT (TC+TTA+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC, TTA et TM N=126				
		Fermé N=123	Pénétrant N=3	p
RACS	RACS ; n(%)	13 (10,6)	0 (0)	0,552
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	8 [4;14]	NA	NA
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	12 (9,8)	0 (0)	0,570
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	18 [7;30]	24 [11 ;]	0,628
	Transport ; n(%)	12 (9,8)	0 (0)	0,570
	Transport hélico ; n(%)	2/12 (16,7)	0 (0)	NA
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	0/12 (0)	0 (0)	NA
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	12 (9,8)	0 (0)	NA
Service receveur	SAUV ; n(%)	5 (45,5)	NA	NA
	Bloc opératoire ; n(%)	0 (0)	NA	
	Radiologie ; n(%)	1 (9,1)	NA	
	Réanimation ; n(%)	1 (9,1)	NA	
	USIC ; n(%)	0 (0)	NA	
	SSPI/Soins continus ; n(%)	2 (27,2)	NA	
	Autre ; n(%)	1 (9,1)	NA	
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	0 (0)	NA	NA
	ECMO ; n(%)	0 (0)	NA	NA
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	2 (1,6)	0 (0)	NA
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	2 (100)	NA	NA
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	0 (0)	NA	
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
	DO mort encéphalique ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

1.5. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TC et TM

Parmi les 3 303 patients inclus, 52 (1,57%) présentaient un traumatisme thoraco-abdomino-pelvien associé à un traumatisme des membres. Le mécanisme fermé concernait 47 patients et le mécanisme pénétrant 5.

1.5.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT

Les deux populations, fermée et pénétrante, étaient majoritairement composées d'hommes. L'âge médian constaté dans la population des ACT fermés était de 38 ans. Dans la population victime d'ACT survenant dans un contexte de traumatisme pénétrant, celui-ci était de 57 ans. Dans les deux populations, la voie publique était le lieu de l'ACT le plus fréquent, en effet, huit ACT sur dix y survenaient. La présence d'un témoin était constatée dans 74,5% des cas dans le groupe fermé et dans 60,0% des cas dans le groupe pénétrant. Plus de la moitié des traumatismes fermés étaient causés par des chutes et défenestrations (66,0%) et près d'un quart dans le cadre d'accidents de la voie publique (23,1%). Dans le cas des arrêts consécutifs à un traumatisme pénétrant, deux arrêts (40,0%) étaient causés par des plaies par arme à feu, deux par arme blanche (40,0%) et un (20,0%) était d'une autre cause. Les résultats principaux sont présentés dans le tableau 19.

Tableau 19. Contexte et caractérisation des ACT (TC+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC et TM N=52				
		Fermé N=47	Pénétrant N=5	p
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	38 [25;52]	57 [33;73]	0,172
	Sexe : Masculin ; n(%)	35 (74,5)	4 (80,0)	0,786
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	3 (6,4)	0 (0)	0,066
	Voie publique ; n(%)	38 (80,9)	4 (80,0)	
	Lieu public ; n(%)	5 (12,7)	1 (20,0)	
	Etablissement de santé ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	12 (25,5)	2 (40,0)	0,515
	Grand public ; n(%)	26 (55,3)	3 (60,0)	
	SP ou SMUR ; n(%)	9 (19,2)	0 (0)	

SP : sapeur-pompier

1.5.2. Prise en charge initiale de l'ACT

Environ deux patients sur dix avaient bénéficié d'une RCP immédiate par les témoins. Au total, celle-ci était initiée chez 29,8% des patients du groupe fermé et 40% du groupe pénétrant (p=0,638). Les secouristes professionnels avaient initié une RCP de base chez 61,7% des patients en ACT fermé et 40% des patients en ACT pénétrant. A l'arrivée du SMUR, tous les patients du groupe pénétrant étaient en asystolie contre 91% des victimes appartenant au groupe des ACT sur traumatisme fermé (p=0,781). Une RCP spécialisée mise en œuvre par le SMUR était plus fréquente dans le groupe des patients en ACT sur traumatisme fermé (66,0% vs 20,0% ; p=0,045).

Tableau 20. Prise en charge de l'ACT (TC+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC et TM N=52				
		Fermé N=47	Pénétrant N=5	p
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	11 (23,4)	1 (20,0)	0,805
	RCP témoin ; n(%)	14 (29,8)	2 (40,0)	0,638
	Compressions thoraciques ; n(%)	6 (42,9)	1 (50,0)	0,849
	CT+Ventillation ; n(%)	8 (57,1)	1 (50,0)	
Défibrillation témoins	Pose de DAE ; n(%)	3 (6,4)	0 (0)	0,656
	Choc DAE ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	7 [2;10]	9 [4;11,50]	0,224
	RCP SP ; n(%)	29 (61,7)	2 (40,0)	0,347
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	23 (48,9)	0 (0)	0,046
	Choc DAE ; n(%)	1 (2,1)	0 (0)	NA
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	40 (91,0)	5 (100)	0,781
	Rythme sans pouls ; n(%)	2 (4,5)	0 (0)	
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Activité spontanée ; n(%)	2 (4,5)	0 (0)	
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	17 [11;20]	11 [7,50;33]	0,753
	RCP SMUR ; n(%)	31 (66,0)	1 (20,0)	0,045
Délais	No-flow ; M[Q1;Q3] (minutes)	6,50 [0;10]	12 [12;12]	0,205

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.5.3. Caractérisation de la prise en charge spécialisée

Tous les patients pris en charge dans le cadre d'une RCP médicalisée, quel que soit leur groupe, ont bénéficié de compressions thoraciques et d'une ventilation. Tous ont été intubés sauf un patient du groupe fermé chez qui celle-ci s'était avérée impossible. Le patient du groupe pénétrant pris en charge avait eu une pose de voie veineuse

périphérique. Dans le cas des patients de l'autre groupe, la voie d'abord la plus utilisée était également la voie veineuse périphérique (67,8%) mais 29% avaient eu une pose de voie intraosseuse. Tous avaient eu de l'adrénaline. Six patients sur dix du groupe fermé ainsi que le patient victime d'ACT sur traumatisme pénétrant avaient eu une expansion volémique. Enfin, 16,1% des patients du groupe fermé avaient eu un abord du thorax (4 thoracostomies et une pose de drain). Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 21.

Tableau 21. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC+TM (réanimés par le SMUR) N=32				
		Fermé N=31	Pénétrant N=1	p
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	31 (100)	1 (100)	NA
	MCE automatique ; n(%)	3 (9,7)	0 (0)	0,713
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	31 (100)	1 (100)	NA
	Intubation ; n(%)	30 (96,8)	1 (100)	0,855
	Intubation impossible ; n(%)	1 (3,2)	0 (0)	NA
	Délai intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	3 [2;7]	3 [3;3]	0,256
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	9 (29,0)	0 (0)	0,791
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	21 (67,8)	1 (100)	
	Voie veineuse centrale ; n(%)	1 (3,2)	0 (0)	
	Endotrachéale ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Pas de voie ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	31 (100)	1 (100)	NA
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	7 [3;10]	15 [15;15]	0,146
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	8 [3;10]	15 [15;15]	0,228
	Délai injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	7 [4;13]	4 [4;4]	0,391
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	18 (60,0)	1 (100)	0,419
	Cristalloïdes ; n(%)	13 (76,5)	1 (100)	0,860
	Colloïdes ; n(%)	1 (5,9)	0 (0)	
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	3 (17,6)	0 (0)	
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	500 [500;1000]	1000 [1000;1000]	0,391
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	5 (16,1)	0 (0)	0,662
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mmHg)	8 [5;23]	9 [9;9]	0,930

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.5.4. Devenir des victimes d'ACT

Quatre patients (8,5%) du groupe fermé avaient repris une activité cardiaque spontanée à l'issue de leur prise en charge. Ces patients avaient survécu à la prise en charge et avaient été transportés. A l'admission, les quatre patients transportés étaient encore en

vie (8,5%) dont un sous planche à masser. Tous les patients admis l'étaient en réanimation. A trente jours de l'arrêt cardiaque, un patient avait survécu (2,1%), mais celui-ci présentait un pronostic neurologique défavorable (CPC 4). Aucun patient n'avait fait l'objet d'un prélèvement d'organes.

Parmi les cinq patients du groupe ACT pénétrant, aucun n'avait survécu à l'issue de la prise en charge sur place et aucun n'avait fait l'objet d'une inclusion dans le cadre d'une filière DDAC (Tableau 22).

Tableau 22. Devenir des victimes d'ACT (TC+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TC et TM N=52				
		Fermé N=47	Pénétrant N=5	p
RACS	RACS ; n(%)	4 (8,5)	0 (0)	0,497
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	19 [6;31,50]	NA	NA
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	4 (8,5)	0 (0)	NA
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	29 [12;35]	NR	NA
	Transport ; n(%)	4 (8,5)	0 (0)	NA
	Transport hélico ; n(%)	1 (2,1)	0 (0)	NA
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	1 (2,1)	0 (0)	NA
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	4 (8,5)	0 (0)	NA
Service receveur	SAUV ; n(%)	0 (0)	NA	NA
	Bloc opératoire ; n(%)	0 (0)	NA	
	Radiologie ; n(%)	0 (0)	NA	
	Réanimation ; n(%)	4 (100)	NA	
	USIC ; n(%)	0 (0)	NA	
	SSPI/Soins continus ; n(%)	0 (0)	NA	
	Autre ; n(%)	0 (0)	NA	
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	0 (0)	NA	NA
	ECMO ; n(%)	0 (0)	NA	NA
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	1 (2,1)	0 (0)	NA
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	0 (0)	NA	NA
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	1 (100)	NA	
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
	DO mort encéphalique ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

1.6. Les victimes d'ACT : le traumatisme thoraco-abdomino-pelvien

Parmi les 3 303 patients inclus, 276 (8,4%) présentaient un traumatisme thoraco-abdomino-pelvien. Le mécanisme fermé concernait 213 patients et le mécanisme pénétrant 63.

1.6.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT

Les victimes d'ACT sur traumatisme thoraco-abdomino-pelvien fermé étaient significativement plus âgées que les patients en ACT sur traumatisme pénétrant (48 ans *vs* 40 ans ; p=0,026). Le groupe fermé comptait une proportion moins importante d'hommes (75,1% *vs* 88,9% ; p=0,020). Le lieu dans lequel survenait l'arrêt cardiaque était également significativement différent entre ACT sur traumatismes fermés et pénétrants. On enregistrait, par exemple, davantage d'AC à domicile dans la population des ACT pénétrants. La présence d'un témoin était enregistrée dans environ sept cas du dix dans les deux populations. Les accidents de la voie publique étaient les causes les plus souvent enregistrées (56,2%) devant les autres mécanismes tels que les chutes, défenestrations, rixes et agressions qui représentent 43,7% des causes dans la population des ACT fermés. Le traumatisme pénétrant était engendré par une arme à feu dans 58,7% des cas *versus* 41,3% par armes blanches (Tableau 23).

Tableau 23. Contexte et caractérisation des ACT (TTA)

Arrêts cardiaques traumatiques : traumatisme thoraco-abdomino-pelvien N=276				
		Fermé N=213	Pénétrant N=63	p
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	48 [32;63]	40 [21;56]	0,026
	Sexe : Masculin ; n(%)	160 (75,1)	56 (88,9)	0,020
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	42 (19,7)	25 (39,7)	0,021
	Voie publique ; n(%)	130 (61,0)	29 (46,0)	
	Lieu public ; n(%)	39 (18,4)	9 (14,3)	
	Etablissement de santé ; n(%)	2 (0,9)	0 (0)	
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	64 (30,0)	21 (33,3)	0,625
	Grand public ; n(%)	119 (55,9)	31 (49,2)	
	SP ou SMUR ; n(%)	30 (14,1)	11 (17,5)	

SP : sapeur-pompier

1.6.2. Prise en charge initiale de l'ACT

Dans les deux groupes, une RCP témoin était mise en place chez un peu plus de trois patients sur dix. Plus de 80% des patients étaient pris en charge par les pompiers, quel que soit le groupe auquel ils appartenaient. Le rythme le plus souvent enregistré à l'arrivée du SMUR était l'asystolie (87,5% et 93,6%). Les équipes médicales mettaient en œuvre une RCP spécialisée chez 81,7% des victimes d'ACT sur traumatisme thoraco-abdomino-pelvien fermé et dans 74,6% des cas dans la population des ACT sur traumatismes pénétrants. La différence n'était pas statistiquement significative. Une synthèse des résultats est présentée dans le tableau 24.

Tableau 24. Prise en charge de l'ACT (TTA)

Arrêts cardiaques traumatiques : traumatisme thoraco-abdomino-pelvien N=276				
		Fermé N=213	Pénétrant N=63	p
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	73 (34,3)	20 (31,7)	0,819
	RCP témoin ; n(%)	83 (39,0)	21 (33,3)	0,418
	Compressions thoraciques ; n(%)	35 (42,2)	7 (33,3)	0,471
	CT+Ventillation ; n(%)	48 (57,8)	14 (67,7)	
Défibrillation témoins	Pose de DAE ; n(%)	23 (14,8)	2 (3,2)	0,231
	Choc DAE ; n(%)	0 (0)	2 (3,2)	0,382
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	8 [4;13]	8 [3;10]	0,631
	RCP SP ; n(%)	176 (82,6)	51 (81,0)	0,760
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	125 (58,7)	34 (54,0)	0,389
	Choc DAE ; n(%)	3 (1,4)	0 (0)	0,182
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	174 (87,5)	58 (93,6)	0,580
	Rythme sans pouls ; n(%)	10 (5,0)	2 (3,2)	
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	1 (0,5)	0 (0)	
	Activité spontanée ; n(%)	14 (7,0)	2 (3,2)	
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	19 [12;27]	17 [10;21]	0,093
	RCP SMUR ; n(%)	174 (81,7)	47 (74,6)	0,216
Délais	No-flow; M[Q1;Q3] (minutes)	7 [1;14]	5 [0;12]	0,395

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.6.3. Caractérisation de la prise en charge spécialisée :

La prise en charge médicalisée des patients était globalement la même en dépit de différences de nature des lésions à l'origine de l'arrêt cardiaque. Parmi les patients pris en charge, les victimes de traumatismes fermés étaient davantage massées que leurs

homologues appartenant au groupe pénétrant (85,6% *vs* 83,0% ; p=0,002). La quasi-totalité des patients était ventilée et avait bénéficié d'une intubation orotrachéale. Tous les patients du groupe pénétrant avaient eu une pose de voie contre 96,6% dans le groupe fermé mais la différence n'était pas significative. La voie d'abord privilégiée était la voie veineuse périphérique mais le recours à l'intraosseuse était fréquent. Plus de neuf patients sur dix avaient reçu de l'adrénaline. Un remplissage vasculaire était initié dans environ un cas sur deux, principalement par le biais de solutés cristalloïdes. Un abord du thorax avait été réalisé chez 34,5% des ACT fermés et 27,7% des pénétrants (p=0,378). Tous les abords du thorax étaient des thoracostomies à l'exception de trois patients du groupe fermé qui avaient subi une thoracotomie de sauvetage (Tableau 25).

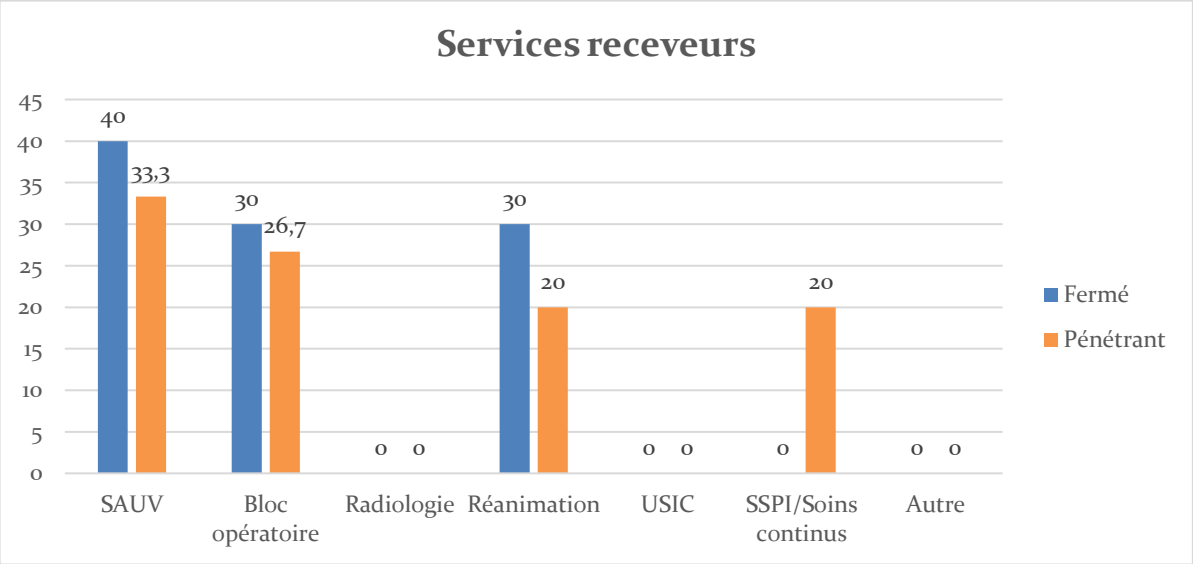
Tableau 25. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TTA)

Arrêts cardiaques traumatiques : TTA (réanimés par le SMUR) N=221				
		Fermé N=174	Pénétrant N=47	p
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	149 (85,6)	39 (83,0)	0,002
	MCE automatique ; n(%)	12 (6,9)	4 (10,5)	0,809
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	172 (98,9)	47 (100)	0,460
	Intubation ; n(%)	166 (95,4)	45 (95,7)	0,920
	Intubation impossible ; n(%)	2 (1,1)	0 (0)	0,666
	Délai intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	3 [1;7]	3 [2;9]	0,103
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	24 (13,8)	11 (23,4)	0,241
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	143 (82,2)	36 (76,6)	
	Voie veineuse centrale ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Endotrachéale ; n(%)	1 (0,6)	0 (0)	
	Pas de voie ; n(%)	6 (3,4)	0 (0)	
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	161 (92,5)	43 (91,5)	0,812
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	5 [3;10]	5 [3;10]	0,578
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	6 [3;10]	7 [3;10]	0,931
	Délai injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	5 [2;8]	5 [3;10]	0,242
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	85 (48,9)	24 (51,1)	0,815
	Cristalloïdes ; n(%)	53 (63,1)	18 (75,0)	0,556
	Colloïdes ; n(%)	5 (6,0)	1 (4,2)	
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	26 (30,9)	5 (20,8)	
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	1000 [750;1625]	1000 [500;2000]	0,919
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	60 (34,5)	13 (27,7)	0,378
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mmHg)	12 [6;25]	8 [5;19]	0,076

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.6.4. Devenir des victimes d'ACT :

Dans le groupe des traumatismes fermés, 22,1% des patients avaient eu une reprise d'activité cardiaque spontanée. C'était deux fois moins dans le groupe des victimes d'ACT sur traumatisme pénétrant (11,1%). Toutefois, la différence n'était pas significative. Le délai séparant l'initiation de la RCP spécialisée de la première RACS était statistiquement plus faible dans le groupe pénétrant (20 minutes *vs* 3 minutes ; p=0,006). Les 17,8% des patients victimes de traumatismes fermés encore en vie à l'issue de la médicalisation sur place avaient été transportés contre 12,7% des patients présentant un traumatisme pénétrant (p=0,342). A l'admission, 16,4% des patients du groupe fermé étaient en vie. Dans l'autre groupe, tous les patients transportés étaient encore en vie à l'admission. Dans les deux groupes, le service receveur privilégié était le SAUV devant le bloc et la réanimation (Figure 20).



19. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TTA)

A trente jours, 1,9% des patients du groupe fermé et 1,6% des patients du groupe pénétrant étaient en vie (p=0,879). Nous ne constatons pas de différence significative en termes de pronostic neurologique. Dans le groupe fermé, trois patients avaient donné leurs organes à l'issue de leur état de mort encéphalique (Tableau 26).

Tableau 26. Devenir des victimes d'ACT (TTA)

Arrêts cardiaques traumatiques : traumatisme thoraco-abdomino-pelvien N=276				
		Fermé N=213	Pénétrant N=63	p
RACS	RACS ; n(%)	47 (22,1)	7 (11,1)	0,054
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	20 [10;32]	3 [0;11]	0,006
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	38 (17,8)	8 (12,7)	0,342
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	26 [14;40]	16 [5;31]	0,021
	Transport ; n(%)	38 (17,8)	8 (12,7)	0,342
	Transport hélico ; n(%)	2/38 (5,3)	1/8 (12,5)	0,481
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	3/38 (7,9)	1/8 (12,5)	0,935
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	35 (16,4)	8 (12,7)	0,473
Service receveur	SAUV ; n(%)	16 (47,1)	3 (37,5)	0,946
	Bloc opératoire ; n(%)	2 (5,9)	1 (12,5)	
	Radiologie ; n(%)	1 (2,9)	0 (0)	
	Réanimation ; n(%)	8 (23,6)	2 (25,0)	
	USIC ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	SSPI/Soins continus ; n(%)	6 (17,6)	2 (25,0)	
	Autre ; n(%)	1 (2,9)	0 (0)	
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
	ECMO ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	4 (1,9)	1 (1,6)	0,879
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	3 (75,0)	1 (100)	0,901
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	1 (25,0)	0 (0)	
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
	DO mort encéphalique ; n(%)	3 (1,4)	0 (0)	0,372

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

1.7. Les victimes d'ACT : le polytraumatisme associant TTA et TM

Parmi les 3 303 patients victimes d'arrêts cardiaques traumatiques, 183 (5,5%) présentaient un traumatisme thoraco-abdomino-pelvien associé à un traumatisme des membres. Le mécanisme responsable était fermé dans 177 cas et pénétrant dans 6 cas.

1.7.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT

Les deux populations étaient majoritairement masculines (respectivement 70,1% et 100% chez les patients victimes d'ACT fermés et d'ACT pénétrants). L'âge médian des victimes appartenant au groupe fermé était de 44 ans *versus* 33 ans dans le groupe pénétrant (p=0,153). Les arrêts cardiaques sur traumatismes fermés survenaient davantage sur la voie publique tandis que les ACT consécutifs à un traumatisme pénétrant avaient majoritairement lieu dans les lieux recevant du public et à domicile (p=0,047). Les premiers survenaient en particulier dans un contexte d'accident de la voie publique (35,7%) ou de défenestrations (6,7%) tandis que les seconds avaient résulté d'un traumatisme par arme à feu (50%), d'une section de membre et plaies thoraciques (33,3%) ou d'une attaque de requin (16,7%). Deux patients sur trois appartenant au groupe fermé faisaient leur arrêt cardiaque devant témoin contre moins d'un sur trois dans le groupe pénétrant. Toutefois, cette différence n'était pas significative (Tableau 27).

Tableau 27. Contexte et caractérisation des ACT (TTA+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TTA+TM N=183				
		Fermé N=177	Pénétrant N=6	p
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	44 [31;59]	33 [10;49]	0,153
	Sexe : Masculin ; n(%)	124 (70,1)	6 (100)	0,112
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	17 (9,6)	2 (33,3)	0,047
	Voie publique ; n(%)	114 (64,4)	1 (16,7)	
	Lieu public ; n(%)	46 (26,0)	3 (50,0)	
	Etablissement de santé ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	47 (26,6)	4 (66,7)	0,086
	Grand public ; n(%)	102 (57,6)	2 (33,3)	
	SP ou SMUR ; n(%)	28 (15,8)	0 (0)	

SP : sapeur-pompier

1.7.2. Prise en charge initiale de l'ACT :

Une prise en charge était initiée par les témoins chez 27,1% des victimes de traumatismes fermés et 33,3% des victimes de traumatismes pénétrants. A leur arrivée sur place, les pompiers avaient mis en œuvre une RCP chez 51,4% des patients du groupe fermé et 83,3% des patients du groupe pénétrant (p=0,124). Au total, trois patients avaient pu être défibrillés avant l'arrivée du SMUR dans le groupe fermé (1 par les témoins puis les secours professionnels, 2 directement par les seconds). Le rythme le plus souvent enregistré à l'arrivée du SMUR était l'asystolie (89,4% chez les victimes de traumatismes fermés et 66,7% chez les victimes de traumatismes pénétrants). Les équipes médicales avaient significativement plus souvent initié une réanimation spécialisée chez les victimes d'ACT consécutifs à des traumatismes pénétrants (53,1% *vs* 100% ; p=0,023).

Tableau 28. Prise en charge de l'ACT (TTA+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TTA+TM N=183				
		Fermé N=177	Pénétrant N=6	p
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	41 (23,2)	1 (16,7)	0,663
	RCP témoin ; n(%)	48 (27,1)	2 (33,3)	0,737
	Compressions thoraciques ; n(%)	18 (37,5)	0 (0)	0,528
	CT+Ventillation ; n(%)	30 (62,5)	2 (100)	
Défibrillation témoins	Pose de DAE ; n(%)	12 (6,8)	0 (0)	0,419
	Choc DAE ; n(%)	1 (0,6)	0 (0)	NA
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	6 [2;12]	8[4;10]	0,707
	RCP SP ; n(%)	91 (51,4)	5 (83,3)	0,124
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	65 (36,7)	5 (83,3)	0,054
	Choc DAE ; n(%)	3 (1,7)	0 (0)	NA
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	152 (89,4)	4 (66,7)	0,134
	Rythme sans pouls ; n(%)	12 (7,1)	2 (33,3)	
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	1 (0,6)	0 (0)	
	Activité spontanée ; n(%)	5 (2,9)	0 (0)	
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	15[9;23]	19 [11;24]	0,460
	RCP SMUR ; n(%)	94 (53,1)	6 (100)	0,023
Délais	No-flow ; M[Q1;Q3] (minutes)	5[0;14]	10[10;12]	0,352

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.7.3. Caractérisation de la prise en charge spécialisée :

Les patients du groupe fermé ayant bénéficié d'une RCP spécialisée avaient été massés dans 85,1% des cas, dont 6,4% sous planche à masser. A l'inverse, un patient sur deux de

l'autre groupe n'avait pas eu de compressions thoraciques. Presque tous les patients avaient été ventilés et intubés. Au total, 4 patients n'avaient pas pu bénéficier de ce mode de ventilation et avaient été ventilés au masque. La voie d'abord privilégiée était la voie veineuse périphérique dans les deux groupes. Tous les patients du groupe pénétrant et 90,4% des patients du groupe fermé avaient reçu de l'adrénaline. Environ la moitié des victimes avaient eu une expansion volémique. Aucun patient victime de traumatisme pénétrant n'avait eu d'abord du thorax, en revanche plus d'un patient sur quatre du groupe fermé avait eu une thoracostomie ou une exsufflation (Tableau 29).

Tableau 29. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TTA+TM)

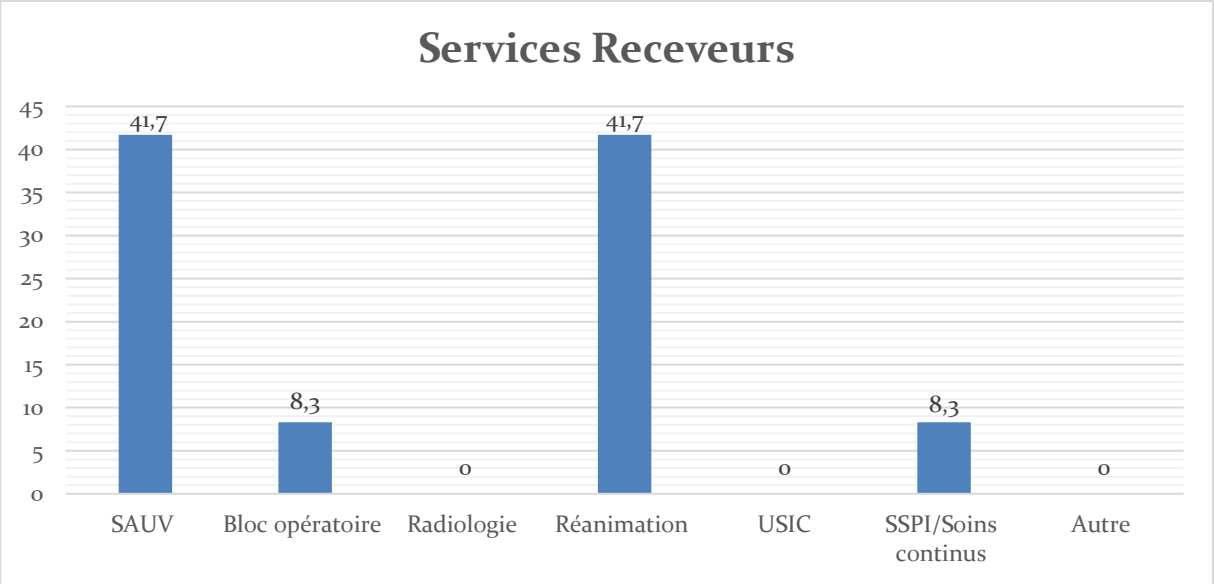
Arrêts cardiaques traumatiques : TTA+TM N=100				
		Fermé N=94	Pénétrant N=6	p
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	80 (85,1)	3 (50,0)	0,002
	MCE automatique ; n(%)	6 (6,4)	0 (0)	0,628
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	92 (97,9)	6 (100)	0,718
	Intubation ; n(%)	88 (93,6)	5 (83,3)	0,338
	Intubation impossible ; n(%)	3 (3,2)	1 (16,7)	0,455
	Délai intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	3 [1;8]	3 [1;7]	0,621
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	19 (20,2)	0 (0)	0,450
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	74 (78,7)	6 (100)	
	Voie veineuse centrale ; n(%)	1 (1,1)	0 (0)	
	Endotrachéale ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Pas de voie ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	85 (90,4)	6 (100)	0,071
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	5 [2;9]	2 [1;10]	0,286
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	5 [3;10]	3,5 [1;10]	0,333
	Délai injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	7 [3;13,5]	7 [4;10]	0,927
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	54 (57,4)	3 (50,0)	1,000
	Cristalloïdes ; n(%)	31 (60,8)	1 (33,3)	0,092
	Colloïdes ; n(%)	2 (3,9)	1 (33,3)	
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	18 (35,3)	1 (33,3)	
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	1000 [500;2000]	750 [500 ;]	0,532
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	26 (27,7)	0 (0)	0,134
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mmHg)	10 [3,5;21]	6[5 ;]	0,385

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.7.4. Devenir des victimes d'ACT :

Sur 177 patients appartenant au groupe fermé, 9,6% avaient présenté une reprise d'activité cardiaque spontanée au cours de la réanimation contre un (16,7%) dans le groupe des victimes d'ACT pénétrant. Treize patients (7,3%) du groupe ACT fermé

étaient en vie à l'issue de la prise en charge et avaient été transportés. Aucun patient de l'autre groupe n'avait survécu à l'issue de la prise en charge sur place.
Douze (6,8%) patients du groupe fermé étaient en vie à l'arrivée à l'hôpital. Le service d'accueil des urgences vitales (SAUV) et la réanimation accueillaient chacun 41,7% des patients (Figure 21). Aucun patient n'avait été pris en charge dans le cadre d'une filière DDAC ou n'avait bénéficié d'une ECMO.



20. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TTA+TM)

A trente jours, un patient avait survécu et il présentait un bon pronostic neurologique. Aucun patient n'avait fait l'objet d'un don d'organe (Tableau 30).

Tableau 30. Devenir des victimes d'ACT (TTA+TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : TTA+TM N=183				
		Fermé N=177	Pénétrant N=6	p
RACS	RACS ; n(%)	17 (9,6)	1 (16,7)	0,568
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	13 [7,5;18,75]	15[15;15]	0,543
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	13 (7,3)	0 (0)	0,491
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	17 [8,5;32]	10 [1;44,75]	0,822
	Transport ; n(%)	13 (7,3)	0 (0)	0,491
	Transport hélico ; n(%)	0 (0)	NA	NA
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	0(0)	NA	NA
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	12 (6,8)	NA	NA
Service receveur	SAUV ; n(%)	5 (41,7)	NA	NA
	Bloc opératoire ; n(%)	1 (8,3)	NA	
	Radiologie ; n(%)	0 (0)	NA	
	Réanimation ; n(%)	5 (41,7)	NA	
	USIC ; n(%)	0 (0)	NA	
	SSPI/Soins continus ; n(%)	1 (8,3)	NA	
	Autre ; n(%)	0 (0)	NA	
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	0 (0)	NA	NA
	ECMO ; n(%)	0 (0)	NA	NA
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	1 (8,3)	NA	NA
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	1 (100)	NA	NA
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	0 (0)	NA	
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	0 (0)	NA	NA
	DO mort encéphalique ; n(%)	0 (0)	NA	NA

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

1.8. Les victimes d'ACT : le traumatisme des membres

Parmi les 3303 patients traumatisés, 142 (4,3%) avaient eu un arrêt cardiaque suite à un traumatisme des membres. Le mécanisme fermé concernait 45 patients contre 97 pour le mécanisme pénétrant.

1.8.1. Contexte de l'ACT et population victime d'ACT

Les patients présentant un traumatisme fermé des membres étaient statistiquement plus âgés que leurs homologues du groupe pénétrant (56 ans *vs* 36 ans ; p<0,001). Les hommes étaient plus nombreux que les femmes dans les deux populations. L'arrêt cardiaque survenait à domicile chez 37,8% des victimes du groupe fermé et 58,8% des patients du groupe pénétrant. Toutefois, la répartition en termes de lieux de l'AC n'était pas statistiquement différente. Toutes les victimes d'ACT sur traumatisme fermé des membres avaient uniquement un délabrement tandis que 97,9% des victimes d'ACT sur traumatisme pénétrant des membres avaient reçu des plaies par arme blanche (Tableau 31).

Tableau 31. Contexte et caractérisation des ACT (TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : Traumatisme des membres N=142				
		Fermé N=45	Pénétrant N=97	p
Patient	Age ; M[Q1;Q3] (années)	56 [33;70]	36 [25;46]	<0,001
	Sexe : Masculin ; n(%)	33 (73,3)	65 (67,0)	0,448
Lieu de l'arrêt	Domicile ; n(%)	17 (37,8)	57 (58,8)	0,051
	Voie publique ; n(%)	20 (44,4)	34 (35,1)	
	Lieu public ; n(%)	7 (15,9)	6 (6,1)	
	Etablissement de santé ; n(%)	1 (2,2)	0 (0)	
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	16 (35,6)	37 (38,1)	0,615
	Grand public ; n(%)	19 (42,2)	45 (46,1)	
	SP ou SMUR ; n(%)	10 (22,2)	15 (15,5)	

SP : sapeur-pompier

1.8.2. Prise en charge initiale de l'ACT :

Trois patients sur dix avaient bénéficié d'une RCP initiée par les témoins, quel que soit le groupe auquel ils appartenaient. Les pompiers mettaient en œuvre une réanimation

chez 71,1% des victimes de traumatismes fermés et 80,4% des victimes de traumatismes pénétrants. Dans les deux populations, plus de huit patients sur dix étaient en asystolie à l'arrivée du SMUR et près d'un sur dix présentaient une activité électrique sans pouls. Les équipes médicalisées avaient initié une RCP spécialisée chez 82,2% des patients du groupe fermé et 76,3% des victimes du groupe pénétrant (Tableau 32).

Tableau 32. Prise en charge de l'ACT (TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : Traumatisme des membres N=142				
		Fermé N=45	Pénétrant N=97	p
Gestes témoins	RCP immédiate ; n(%)	12 (26,7)	30 (30,9)	0,781
	RCP témoin ; n(%)	14 (31,1)	31 (32,0)	0,920
	Compressions thoraciques ; n(%)	3 (21,4)	12 (38,7)	0,255
	CT+Ventillation ; n(%)	11 (78,6)	19 (61,3)	
Défibrillation témoins	Pose de DAE ; n(%)	7 (15,6)	14 (14,4)	0,634
	Choc DAE ; n(%)	0 (0)	1 (1,0)	NA
Gestes SP/Secouristes	Délai d'arrivée SP ; M[Q1;Q3] (minutes)	8 [0;12]	5 [1;11]	0,561
	RCP SP ; n(%)	32 (71,1)	78 (80,4)	0,217
Défibrillation SP	Pose de DAE ; n(%)	23 (51,1)	62 (63,9)	0,632
	Choc DAE ; n(%)	1 (2,2)	0 (0)	NA
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	34 (82,9)	76 (83,5)	0,289
	Rythme sans pouls ; n(%)	4 (9,8)	9 (9,9)	
	Fibrillation ventriculaire ; n(%)	3 (7,3)	2 (2,1)	
	Activité spontanée ; n(%)	0 (0)	4 (4,4)	
Intervention SMUR	Délai d'arrivée SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	16,5 [10;24]	15 [7;20]	0,087
	RCP SMUR ; n(%)	37 (82,2)	74 (76,3)	0,426
Délais	No-flow ; M[Q1;Q3] (minutes)	3,5 [0;13]	4 [0;11,5]	0,681

RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; CT : compressions thoraciques ; DAE : défibrillateur automatique externe ; SP : sapeur-pompier

1.8.3. Caractérisation de la prise en charge spécialisée :

Neufs patients sur dix pris en charge dans le cadre d'une RCP spécialisée avaient eu un massage cardiaque et plus de 95% d'entre eux avaient été ventilés. Trois patients (6,8%) du groupe pénétrant n'avaient pas pu être intubés. En outre, le délai d'intubation était significativement plus long chez ces derniers. La voie veineuse périphérique était la principale voie d'abord, mais 21,6% des patients du groupe fermé et 32,4% des patients du groupe pénétrant avaient eu une intraosseuse. Un remplissage vasculaire avait été effectué dans 62,2% des cas dans chacun des deux groupes. Enfin, un abord du thorax

avait été mis en œuvre chez 8,1% des victimes de traumatismes fermés et 21,6% des victimes de traumatismes pénétrants (Tableau 33).

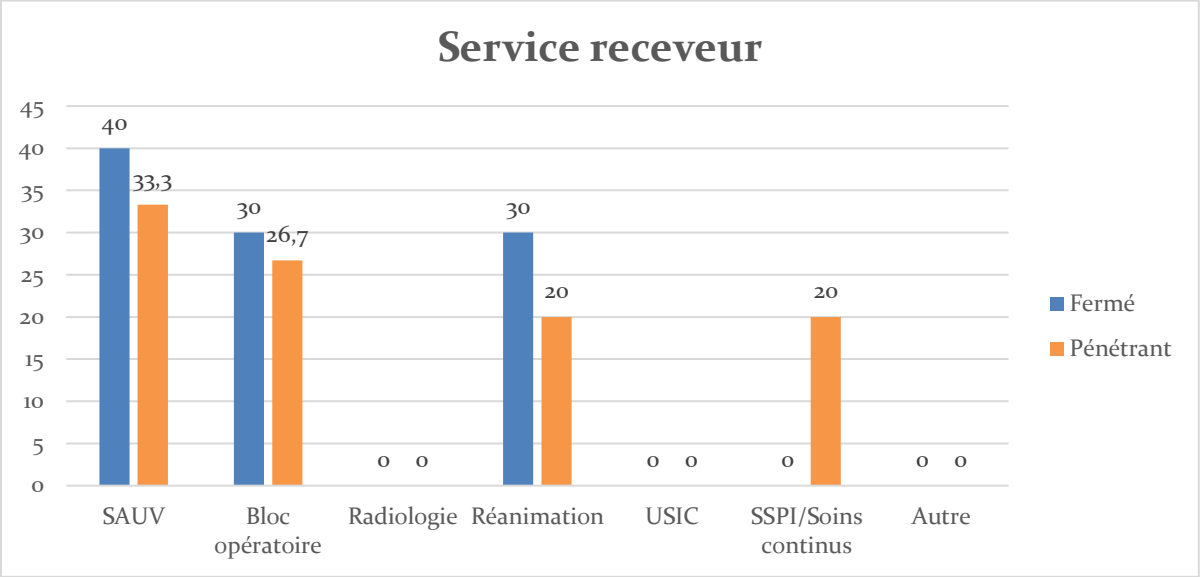
Tableau 33. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : Traumatisme des membres N=111				
		Fermé N=37	Pénétrant N=74	p
Massage Cardiaque	Massage cardiaque SMUR ; n(%)	34 (91,9)	66 (89,2)	0,789
	MCE automatique ; n(%)	2 (5,4)	3 (4,1)	0,832
Ventilation	Ventilation SMUR ; n(%)	35 (94,6)	72 (97,3)	0,471
	Intubation ; n(%)	35 (94,6)	69 (93,2)	0,782
	Intubation impossible ; n(%)	0 (0)	3 (6,8)	0,244
	Délai intubation ; M[Q1;Q3] (minutes)	3 [1;6]	4 [1;9]	0,003
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	8 (21,6)	24 (32,4)	0,266
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	29 (78,4)	48 (64,9)	
	Voie veineuse centrale ; n(%)	0 (0)	2 (2,7)	
	Endotrachéale ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Pas de voie ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	32 (86,5)	69 (93,2)	0,241
	Nombre d'injections ; M[Q1;Q3]	4 [2;6]	5 [3;10]	0,084
	Dose totale ; M[Q1;Q3] (mg)	4 [2;10]	6 [3;10]	0,102
	Délai injection ; M[Q1;Q3] (minutes)	4,5 [3;8]	5 [4;8]	0,459
Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire ; n(%)	23 (62,2)	46 (62,2)	0,895
	Cristalloïdes ; n(%)	12 (54,5)	15 (33,3)	0,134
	Colloïdes ; n(%)	0 (0)	4 (8,9)	
	Cristalloïdes+Colloïdes ; n(%)	10 (45,5)	26 (57,8)	
	Quantité remplie ; M[Q1;Q3] (ml)	1000 [500;2000]	750 [500;1250]	0,939
Abord thoracique	Abord du thorax ; n(%)	3 (8,1)	16 (21,6)	0,075
$EtCO_2$	$EtCO_2$ max ; M[Q1;Q3] (mmHg)	11 [5,25;22]	7,5 [4;23]	0,731

MCE : massage cardiaque externe ; EtCO2 : End Tidal CO2

1.8.4. Devenir des victimes d'ACT

Au décours ou à l'issue de la prise en charge, 22,2% des patients victimes d'ACT fermés et 13,4% des victimes d'ACT pénétrants avaient eu une reprise d'activité cardiaque spontanée (p=0,184). Dans le groupe fermé, tous les patients présentant une activité spontanée avaient été transportés (dont un ayant ensuite été mis sous planche à masser durant le transport). Dans le groupe pénétrant, 18,6% des patients avaient pu être transportés. Les services le plus souvent sollicités pour accueillir ces patients étaient le SAUV (40% des ACT fermés et 33,3% des ACT pénétrants), le bloc et la réanimation (Figure 22).



21. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TM)

A trente jours, trois patients (6,7%) étaient encore en vie dont deux (66,7%) avec un pronostic neurologique favorable (CPC1 ou CPC 2) dans le groupe fermé. A trente jours, deux patients (2,1%) avaient survécu dont un avec un pronostic neurologique favorable dans le groupe pénétrant. Un patient du groupe pénétrant avait fait l'objet d'un prélèvement sur patient en état de mort encéphalique (Tableau 34).

Tableau 34. Devenir des victimes d'ACT (TM)

Arrêts cardiaques traumatiques : Traumatisme des membres N=142				
		Fermé N=45	Pénétrant N=97	p
RACS	RACS ; n(%)	10 (22,2)	13 (13,4)	0,184
	Délai de RACS ; M[Q1;Q3] (minutes)	14 [9;21]	17 [10;20]	0,650
Survie sur place	Survie sur place ; n(%)	10 (22,2)	18 (18,6)	0,609
	Durée RCP SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	15 [9,5;25,5]	23 [16;36]	0,097
	Transport ; n(%)	10 (22,2)	18 (18,6)	0,609
	Transport hélico ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
	Transport à cœur arrêté ; n(%)	1 (2,2)	6 (6,2)	0,186
Survie à l'admission	Survie immédiate ; n(%)	10 (22,2)	15 (15,5)	0,325
Service receveur	SAUV ; n(%)	4 (40,0)	5 (33,3)	0,503
	Bloc opératoire ; n(%)	3 (30,0)	4 (26,7)	
	Radiologie ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	Réanimation ; n(%)	3 (30,0)	3 (20,0)	
	USIC ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
	SSPI/Soins continus ; n(%)	0 (0)	3 (20,0)	
	Autre ; n(%)	0 (0)	0 (0)	
Orientation particulière	Filière DDAC ; n(%)	0 (0)	1 (1,0)	NA
	ECMO ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
Survie à 30 jours	Survie J30 ; n(%)	3 (6,7)	2 (2,1)	0,166
	CPC 1-2 (parmi survivants) ; n(%)	2 (66,7)	1 (50,0)	0,180
	CPC 3-5 (parmi survivants) ; n(%)	1 (33,3)	1 (50,0)	
Don d'organe	Prélèvement à cœur arrêté ; n(%)	0 (0)	0 (0)	NA
	DO mort encéphalique ; n(%)	0 (0)	1 (1,0)	NA

RACS : retour d'activité cardiaque spontanée ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; SAUV : service d'accueil des urgences vitales ; USIC : unité de soins intensifs cardiologiques ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; DDAC : don d'organe du patient décédé d'arrêt cardiaque ; ECMO : extra corporeal membrane oxygenation ; CPC : cerebral performance category ; DO : don d'organe.

1.9. Focus sur le rythme initial des patients vivants à J+30

1.9.1. Traumatismes fermés

Les patients qui présentaient un rythme spontané efficace à l'arrivée des secours survivaient le plus. En effet, 13,1% d'entre eux étaient encore en vie à 30 jours post-AC dont 55,0% avec un pronostic neurologique favorable. Cinq (11,9%) des patients initialement en fibrillation ventriculaire ou en tachycardie ventriculaire sans pouls étaient en vie à J30, tous avec un pronostic neurologique favorable. Parmi les patients qui présentaient un rythme non choquable à l'arrivée du SMUR, les taux de survie étaient plus faibles : 3,4% (tous avec un bon pronostic neurologique) chez les patients en rythme sans pouls, 0,6% dont la moitié avec un CPC 1 ou 2 chez les patients initialement en asystolie (Tableau 35).

Tableau 35. Survie des patients en fonction du rythme initial (traumatisme fermé)

	Rythme initial			
Taux de survie à J30	**Asystolie N=2231**	**RSP N=148**	**FV/TV N=42**	**Activité spontanée N=153**
TC fermé	3(0,4%)	0(0%)	3(14,3%)	10(16,7%)
TC+TTA fermé	8(0,8%)	2(3,1%)	1(7,1%)	6(9,1%)
TC+TTA+M fermé	0(0%)	0(0%)	1(50,0%)	1(16,7%)
TC+M fermé	1(2,5%)	0(0%)	NA	0(0%)
TTA fermé	0(0%)	1(10,0%)	0(0%)	3(21,4%)
TTA+M fermé	0(0%)	1(8,3%)	0(0%)	0(0%)
M fermé	2(5,9%)	1(25,0%)	0(0%)	NA
Total des ACT fermés	**14(0,6%)**	**5(3,4%)**	**5(11,9%)**	**20(13,1%)**

1.9.2. Traumatismes pénétrants

Dans la population des patients en arrêt cardiaque traumatique consécutif à une/plusieurs lésions pénétrantes, aucune victime initialement en asystolie ou en fibrillation n'avait survécu à 30 jours. Trois (10,7%) des patients qui présentaient un rythme sans pouls avaient survécu, dont deux (66,7%) avec un pronostic neurologique favorable. Parmi les patients qui présentaient une activité spontanée efficace à l'arrivée du SMUR, 2 (13,3%) étaient en vie trente jours après l'arrêt cardiaque, tous deux avec un bon pronostic neurologique (Tableau 36).

Tableau 36. Survie des patients en fonction du rythme initial (traumatisme pénétrant)

	Rythme initial			
Taux de survie à J30	**Asystolie N=371**	**RSP N=28**	**FV/TV N=5**	**Activité spontanée N=15**
TC pénétrant	0(0%)	2(13,3%)	0(0%)	0(0%)
TC+TTA pénétrant	NA	NA	NA	NA
TC+TTA+M pénétrant	0(0%)	NA	NA	NA
TC+M pénétrant	0(0%)	NA	NA	NA
TTA pénétrant	0(0%)	0(0%)	NA	1(50,0%)
TTA+M pénétrant	0(0%)	0(0%)	NA	NA
M pénétrant	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(25,0%)
Total des ACT pénétrant	**0(0%)**	**3(10,7%)**	**0(0%)**	**2(13,3%)**

2. COMPARAISON DE LA SURVIE SUR POPULATIONS APPARIEES PAR MODELE DE PROPENSION

2.1. Comparaison des deux populations avant appariement

2.1.1. Comparaison des caractéristiques des cohortes avant appariement

La population de patients victimes d'AC d'étiologie médicale comprenait 42 628 patients. Avant ajustement, les populations étaient statistiquement significativement différentes sur l'ensemble des critères retenus pour l'ajustement à l'exception de l'injection d'adrénaline, toutefois conservée pour des considérations cliniques. Les patients victimes d'arrêts cardiaques traumatiques étaient significativement plus jeunes que les victimes d'arrêts cardiaques médicaux (45 ans *vs* 70 ans ; p<0,001) et la population était globalement plus masculine (75,1% *vs* 64,2% ; p<0,001). La répartition en termes de localisation de l'arrêt cardiaque était également différente, les arrêts traumatiques survenant plus souvent sur la voie et dans les lieux publics et les médicaux davantage à domicile et dans les établissements de santé. Les arrêts cardiaques traumatiques survenaient moins souvent devant témoin et ceux-ci étaient plus souvent des professionnels de l'urgence (pompiers ou SMUR). La mise en œuvre d'une réanimation immédiate était moins fréquente chez les victimes d'ACT que chez les victimes d'ACM (27,5% *vs* 36,1% ; p<0,001). La BLS témoin et la BLS pompiers étaient également moins souvent initiées dans cette population (respectivement 31,8% *vs* 45,4% et 73,8% *vs* 85,6% ; p<0,001). A l'arrivée du SMUR, les patients en arrêt cardiaque traumatiques présentaient significativement davantage de rythmes non choquables (asystolie/rythme sans pouls) et les victimes d'AC médicaux plus de rythmes choquables (fibrillation ventriculaire / tachycardie ventriculaire sans pouls). Les victimes d'ACT étaient moins souvent réanimées par le SMUR (71,3% *vs* 73,4% ; p=0,007) malgré un délai médian d'arrivée sur place plus court (17 *vs* 18 minutes ; p<0,001). Les patients traumatisés étaient moins intubés et les équipes médicales avaient davantage recours aux voies d'abord de

seconde intention que chez les victimes d'AC médicaux. La réanimation spécialisée réalisée par le SMUR était statistiquement plus courte dans les cas d'arrêts cardiaques traumatiques que chez les patients en arrêt cardiaque médical (18 *vs* 24 minutes ; p<0,001) (Tableau 37).

Tableau 37. Comparatif ACT/ACM

Arrêts cardiaques N=45931				
		ACT N=3303	ACM N=42628	P
Population	Age ; M[Q1;Q3] (années)	45 [28;64]	70 [58;82]	<0,001
	Sexe : Masculin ; n(%)	2480 (75,1)	27372 (64,2)	<0,001
Lieu de l'AC	Domicile ; n(%)	796 (24,1)	31198 (74,6)	<0,001
	Voie publique ; n(%)	2057 (62,3)	3877 (9,3)	
	Lieu public ; n(%)	400 (12,1)	3135 (7,5)	
	Etablissement de santé ; n(%)	50 (1,5)	3583 (8,6)	
Témoin(s)	Pas de témoin ; n(%)	1116 (33,7)	12914 (30,3)	<0,001
	Grand public ; n(%)	1792 (54,3)	26202 (61,5)	
	SP ou SMUR ; n(%)	395 (12,0)	3512 (8,2)	
BLS	RCP immédiate ; n(%)	907 (27,5)	15376 (36,1)	<0,001
	RCP témoin ; n(%)	1049 (31,8)	19337 (45,4)	<0,001
	RCP SP ; n(%)	2438 (73,8)	36478 (85,6)	<0,001
Rythme initial	Asystolie ; n(%)	2602 (86,9)	31965 (79,6)	<0,001
	Rythme sans pouls ; n(%)	176 (5,9)	2262 (5,6)	
	FV/TV sans pouls ; n(%)	47 (1,4)	3385 (8,4)	
	Activité spontanée ; n(%)	168 (5,8)	2554 (6,4)	
ACLS	RCP SMUR ; n(%)	2354 (71,3)	31308 (73,4)	0,007
	Délai SMUR ; M[Q1;Q3] (minutes)	17 [11;26]	18 [12;26]	<0,001
Intubation	Intubation ; n(%)	2206 (66,8)	28887 (67,8)	0,007
Voie d'abord	Intraosseuse ; n(%)	347 (10,5)	1775 (4,2)	<0,001
	Voie veineuse périphérique ; n(%)	1941 (58,8)	28622 (67,1)	
	Voie veineuse centrale ; n(%)	24 (0,7)	162 (0,4)	
	Endotrachéale ; n(%)	11 (0,3)	86 (0,2)	
	Pas de voie ; n(%)	980 (29,7)	11983 (28,1)	
Adrénaline	Injection d'adrénaline ; n(%)	2142 (64,9)	27428 (64,3)	0,571
Durée ACLS	Durée ACLS ; M[Q1;Q3] (minutes)	18 [6;31]	24 [14;35]	<0,001

SP : sapeur-pompier ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; FV : fibrillation ventriculaire ; TV : tachycardie ventriculaire ; ACLS : advanced cardiac life support.

2.1.2. Comparaison sur critères de jugement avant appariement

Avant ajustement, les victimes d'arrêt cardiaque traumatique survivent moins que les victimes d'arrêts cardiaques médicaux à l'admission et à trente jours post-AC

(respectivement 14,5% *vs* 21,2% et 1,5% *vs* 5,8% ; p<0,001). Ainsi, on observe qu'à l'admission, les patients en ACT ont 1,6 fois moins de chances de survivre (OR : 0,629 [0,570;0,695] ;p<0,001) et ceux-ci ont quatre fois moins de chances de survivre à trente jours de l'arrêt cardiaque (OR : 0,253 [0,191;0,335] ; p<0,001).

2.2. Appariement sur le score de propension

Les 45 931 patients issus des deux populations de victimes d'arrêts cardiaques traumatiques (N=3 303) ou médicaux (N=42 628) ont été inclus dans la procédure d'appariement. Le nombre non négligeable de données manquantes constatées dans les populations à apparier (13,4% des patients présentaient au moins une donnée manquante sur l'un des critères utilisés) a conduit à l'utilisation d'une méthode d'imputation des valeurs manquantes. Au final, 3 209 patients traumatisés et 40 878 patients victimes d'AC médicaux ont pu bénéficier de cette méthode et être inclus dans le modèle de propension.

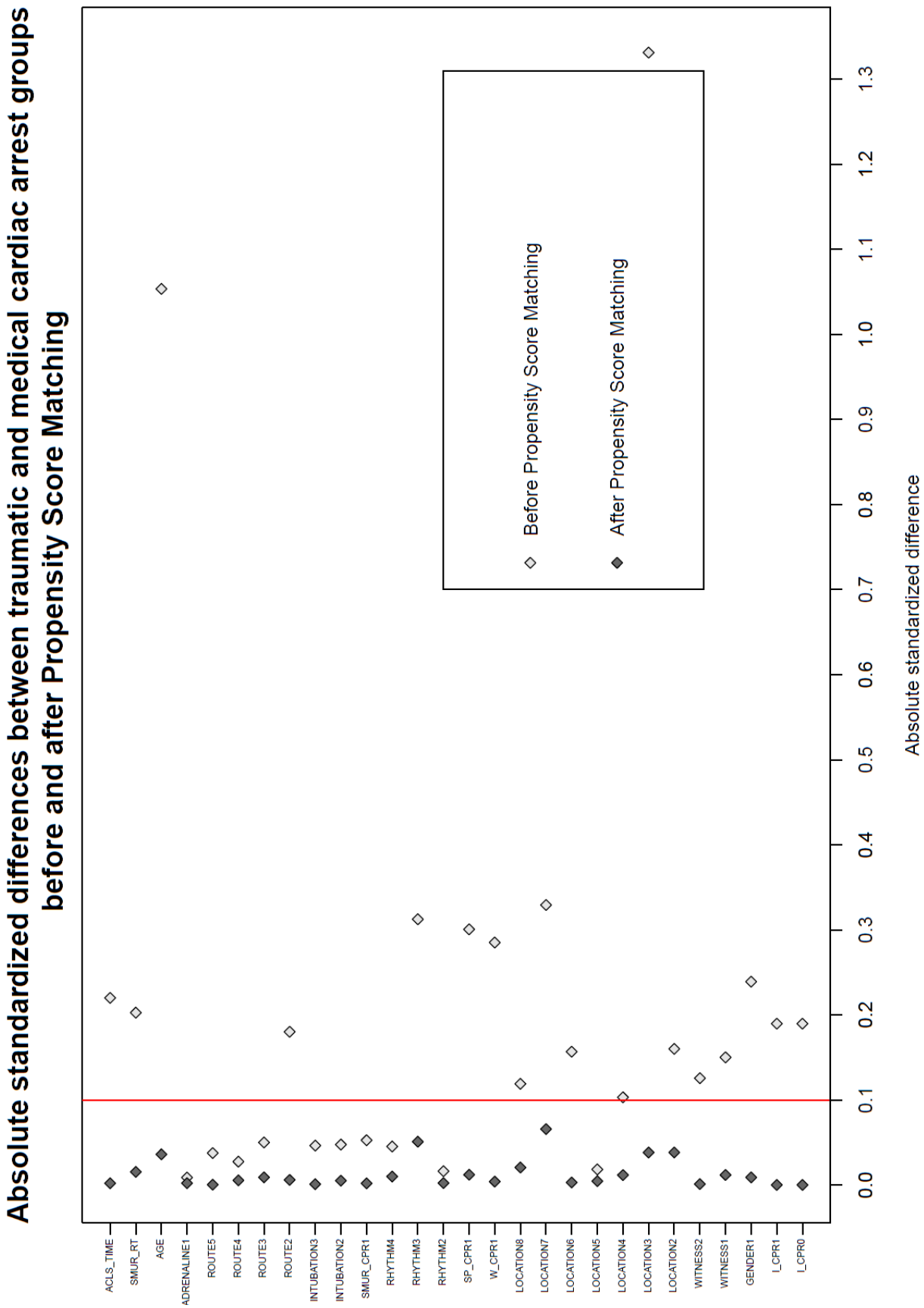
2.2.1. Analyse des différences absolues standardisées

Le score de propension utilisé pour apparier arrêts cardiaques traumatiques et arrêts cardiaques médicaux a permis l'obtention de 2449 paires d'individus, soit 4898 patients. Avant appariement, une différence absolue standardisée (DAS) statistiquement significative (>10%) était reportée pour 18 des 28 critères utilisés dans le modèle. L'appariement a permis d'obtenir une diminution de ces DAS, les rendant toutes inférieures à 10% (Tableau 38 et Figure 25).

Tableau 38 : Tableau comparatif des DAS sur populations non ajustées et ajustées

		Avant ajustement			Après ajustement		
Label (Figure 23)	**Caractéristique**	ACT N=3209	ACM N=40878	DAS	ACT N=2449	ACM N=2449	DAS
AGE	Age	47,1 (22,3)	68,3 (17,8)	**1,054**	53,2 (21,4)	54,1 (22,6)	0,036
GENDER	Sexe : Masculin	0,751	0,642	**0,239**	0,734	0,730	0,009
WITNESS1	Témoin : Grand Public	0,550	0,623	**0,150**	0,550	0,544	0,012
WITNESS2	Témoin : SP ou SMUR	0,113	0,076	**0,126**	0,108	0,108	0,000
LOCATION2	Lieu : Lieu de travail	0,041	0,015	**0,160**	0,051	0,043	0,038
LOCATION3	Lieu : Voie publique	0,623	0,092	**1,331**	0,515	0,496	0,038
LOCATION4	Lieu : Lieu public	0,014	0,028	**0,103**	0,019	0,017	0,012
LOCATION5	Lieu : Aéroport	0,002	0,003	0,018	0,002	0,002	0,005
LOCATION6	Lieu : Gare	0,017	0,002	**0,157**	0,009	0,009	0,003
LOCATION7	Lieu : ES/EMS	0,015	0,086	**0,329**	0,020	0,031	0,066
LOCATION8	Lieu : Autre	0,047	0,025	**0,119**	0,057	0,053	0,021
I_CPR1	RCP immédiate : Oui	0,273	0,361	**0,190**	0,312	0,312	0,000
I_CPR0	RCP immédiate : Non	0,727	0,639	**0,190**	0,688	0,688	0,000
W_CPR1	RCP témoin : Oui	0,314	0,451	**0,285**	0,365	0,367	0,004
SP_CPR1	RCP SP : Oui	0,742	0,861	**0,301**	0,796	0,801	0,012
RHYTHM2	Rythme initial : RSP	0,060	0,056	0,016	0,062	0,062	0,002
RHYTHM3	Rythme initial : FV/TV	0,015	0,081	**0,312**	0,020	0,028	0,051
RHYTHM4	Rythme initial : AS	0,053	0,064	0,045	0,064	0,067	0,010
SMUR_CPR1	RCP SMUR : Oui	0,714	0,737	0,053	0,764	0,765	0,002
INTU2	Intubation : Non (V+)	0,036	0,046	0,048	0,039	0,041	0,005
INTU3	Intubation : Non (V-)	0,296	0,275	0,046	0,246	0,245	0,001
ROUTE2	Voie : VVP	0,588	0,674	**0,180**	0,652	0,655	0,006
ROUTE3	Voie : VVC	0,008	0,004	0,050	0,007	0,006	0,009
ROUTE4	Voie : Endotrachéale	0,003	0,002	0,028	0,004	0,003	0,005
ROUTE5	Voie : Pas de pose de voie	0,296	0,279	0,038	0,245	0,245	0,000
ADRE1	Adrénaline : Oui	0,649	0,645	0,009	0,688	0,689	0,002
SMUR_RT	Délai d'arrivée du SMUR	18.3 (11.7)	20.9 (13.2)	**0,203**	18.9 (12.2)	19.1 (12.1)	0,015
ACLS_TIME	Durée de la RCP SMUR	17.9 (19.1)	21.9 (17.6)	**0,220**	20.1 (19.9)	20.2 (16.3)	0,002

Les DAS notées en gras sur fond gris sont les DAS>10%



22. Différences absolues standardisées entre ACT et ACM avant et après appariement par score de propension

2.2.2. Comparaison sur critères de jugement après appariement

Après appariement sur le score de propension, il apparaît que l'appartenance du patient au groupe des cas (les AC traumatiques) est associée à des chances de survie statistiquement plus faibles. En effet, dès l'admission, ceux-ci présentent 2,4 fois moins de chances de survivre à l'arrêt cardiaque (OR : 0,416 [0,359;0,482]). A trente jours post-AC, les patients traumatisés présentaient près de 6 fois moins de chances de survies que leurs témoins appartenant au groupe des patients victimes d'AC médicaux (OR : 0,168 [0,117;0,241]).

DISCUSSION

1. CARACTERISTIQUES DE L'ARRET CARDIAQUE TRAUMATIQUE : NOTRE POPULATION ET LA LITTERATURE

1.1. Le patient et l'arrêt cardiaque

La population de patients victimes d'ACT incluse dans cette étude présentait des spécificités démographiques inhérentes à l'origine traumatique de leur arrêt cardiaque. En effet, notre population se distinguait, tout comme celles retrouvées dans le corpus bibliographique traitant de la thématique, par certaines caractéristiques propres au patient, mais également inhérentes aux circonstances de survenue de l'AC.

Tout d'abord, en matière d'âge et de sexe, notre population était en cohérence avec une grande partie de la littérature. Nous retrouvions entre 67,0% et 100% d'hommes en fonction des sous-groupes pour un pourcentage global de 75,1% dans la population générale. L'âge médian constaté était compris entre 30 et 57 ans (âge médian global : 45 [28;64] ans). Malgré des différences parfois importantes en termes de populations incluses, ces résultats corroboraient ceux émanant d'études épidémiologiques antérieures tels que ceux enregistrés dans la méta-analyse de Zwingmann *et al.* [155] dont la proportion d'hommes s'élevait à 77,8% et l'âge moyen relevé de 39,4 ans. Les âges les plus bas et les proportions les plus élevées d'hommes étaient issus d'études incluant davantage d'ACT de type pénétrant. Sur le continent européen, Barnard *et al.* faisaient état de résultats également comparables avec un âge médian de 49 ans et de 72,8% d'hommes [158]. Les études conduites sur deux registres allemands par l'équipe de Gräsner [157] relevaient des résultats similaires avec respectivement 73,1% et 72,2% d'hommes pour des âges moyens de 44 et 51,2 ans. Nos résultats étaient également cohérents sur ce point avec d'autres études françaises telles que celles menées par David *et al.* en 2007 (âge médian 42 ans ; 77% d'hommes) [148] ou encore avec les premiers résultats issus du registre national des arrêts cardiaques (RéAC) publiés en 2014 (âge moyen 49 ans ; 76,3% d'hommes) [26]. La forte proportion d'hommes et le jeune âge de la population sont des phénomènes intrinsèques aux patients victimes d'AC d'étiologies traumatiques et présentent ainsi des caractéristiques différentes des victimes d'arrêts

cardiaques d'étiologie médicale qui sont statistiquement plus âgés et qui comptent plus de femmes. Notre étude relevait un écart statistiquement significatif de 25 ans entre ACT et ACM et 64,2% d'hommes dans la population d'ACM, soit 10% de moins que chez les victimes d'ACT ($p<10^{-3}$). Ces écarts avaient déjà été retrouvés par ailleurs, comme chez Hubert *et al.* (49 *vs* 68 ans ; $p<10^{-3}$ et 76,3% *vs* 63,9% ; $p<10^{-3}$) [26] ou encore dans l'étude de David *et al.* qui traitait spécifiquement de cette thématique (42 vs 62 ans ; $p<10^{-3}$). Les circonstances de survenue peuvent expliquer ces caractéristiques. En effet, l'ACT touche davantage des personnes jeunes puisque la cause de ces AC est souvent accidentelle (accident de la voie publique, accident du travail, défenestrations ou chutes accidentelles, etc.) ou liée à un évènement intentionnel (rixe, attaque à l'arme blanche ou à feu, suicide par défenestration/chute). Si ceux-ci touchent davantage les jeunes hommes, les ACM frappent davantage les personnes plus âgées puisque souvent liés aux étiologies cardiovasculaires (telles que les syndromes coronariens aigus, troubles du rythme, AVC ou insuffisances cardiaques) et représentent également la première cause de décès chez les femmes [209].

Notre population était constituée de 85,4% de traumatismes fermés et de 14,6% de traumatismes pénétrants. En cela, notre population différait grandement d'une partie du corpus bibliographique. En effet, cette répartition était sujette à de nombreuses dissemblances en fonction de critères tels que le pays dans lequel l'étude était menée ou encore la caractérisation géographique du territoire observé (zone urbaine ou rurale). Si notre population peut être comparée à celles investiguées par Falcone aux Etats-Unis [164], Deasy [156] et Willis [166] en Australie ou Crewdson et Barnard au Royaume-Uni [158, 168], la proportion d'ACT pénétrant était deux à trois fois supérieure aux taux retrouvés en Europe occidentale dans une partie des études antérieures [157, 165]. A l'inverse, elle était jusqu'à cinq fois moindre en comparaison des taux retrouvés dans certaines études principalement nord-américaines [155, 163]. L'âge et le sexe des victimes d'ACT ne sont pas les seuls critères qui rendent cette population difficilement comparable aux ACM. En effet, si l'arrêt cardiaque médical a souvent lieu à domicile, l'ACT survient majoritairement en dehors de celui-ci. Nous retrouvions 62,3% de survenue sur la voie publique chez les victimes d'ACT alors que seuls 9,3% des ACM y avaient lieu. A l'inverse, on dénombre 24,1% d'ACT à domicile *vs* 74,6% chez les ACM. Ces données sont également cohérentes avec la littérature. Quelle que soit la partie du

monde dans laquelle l'étude a été réalisée, les ACT survenaient majoritairement en dehors du domicile. Par exemple, au Japon, Moriwaki recensait 61% d'AC sur la voie publique, à Taïwan, Chien retrouvait 70,7% des arrêts hors du domicile, en Allemagne, Gräsner relevait 64,1% des ACT sur la voie et dans les lieux publics.

1.2. Les témoins et les premiers maillons de la chaîne de survie

Bien que l'ACT avait lieu significativement plus souvent sur la voie et dans les lieux publics, on constatait moins fréquemment la présence d'un témoin (66,3% *vs* 69,7% ; $p<10^{-3}$) à l'instar de l'étude de l'équipe de Jean-Stéphane David [148] ou encore de celle de Hubert *et al* [26]. On pourrait expliquer ces résultats, a priori surprenants, par le fait que l'ACT était souvent provoqué intentionnellement par autrui (qui pourrait, par exemple, avoir pris la fuite) ou par la victime elle-même (qui aurait alors volontairement cherché à être seule). La mise en œuvre de manœuvres de réanimation par les témoins présents était également relativement rare et parfois retardée (27,5% *vs* 36,1% de RCP immédiate ; $p<10^{-3}$ et 31,8% *vs* 45,4% de RCP témoin au total ; $p<10^{-3}$). Cette tendance est en adéquation avec la littérature [43, 148]. Cette faiblesse dans les premiers maillons de la chaîne de survie peut en partie être expliquée par le caractère des lésions qui peuvent se révéler impressionnantes. La vue du sang ou de déformations physiques sont souvent évoquées comme un frein à l'initiation des gestes de premiers secours [115]. Cette observation est cohérente avec les résultats recueillis dans le cadre de notre étude. En effet, les personnes sévèrement polytraumatisées et/ou souffrant d'hémorragies externes étaient moins souvent réanimées par les témoins. A cela, il peut être ajouté le rôle de l'imaginaire collectif. Par exemple, la circonstance d'un accident de la voie publique peut induire une résistance face à la nécessité de mettre en place une RCP, car les témoins peuvent avoir en tête qu'il serait inapproprié de bouger une victime d'une telle situation. Enfin, l'aspect traumatique peut aussi détourner l'attention du témoin de la reconnaissance de l'AC en lui-même, le témoin préférant se focaliser sur le traitement des lésions plutôt que sur l'arrêt cardiaque [210]. Certaines études retrouvaient des taux d'intervention plus élevés indépendamment de l'étiologie de l'AC. On peut imputer cet

effet en partie aux hauts taux de formation des témoins dans les pays correspondants [36, 65, 67, 108, 125].

1.3. La prise en charge médicalisée

Bien que parfois jugé insuffisant si non-associé à un découpage au moins binaire (pénétrant *vs* fermé) dans la littérature récente [157, 175], l'ACT est souvent caractérisé en premier lieu par le rythme initial enregistré à l'arrivée des secours (médicalisés ou non). Sur la population incluse, l'asystolie prédominait largement (86,9%) devant l'activité électrique sans pouls (5,9%). Contrairement aux arrêts cardiaques médicaux, fréquemment retrouvés en fibrillation ventriculaire dans la littérature [26, 43] et dans notre population (8,4%), seuls 1,4% des patients en ACT présentaient un rythme choquable à l'arrivée du SMUR. Ici encore, ces taux sont comparables à la majorité du corpus bibliographique bien que de légères dissemblances soient parfois relevées et imputées aux différents modèles de prise en charge de l'urgence préhospitalière [56, 156, 159]. Les équipes SMUR mettaient moins souvent en œuvre une réanimation spécialisée que dans le cadre d'ACM. Toutefois, plus de sept patients sur dix bénéficiaient de cette prise en charge médicalisée. Celle-ci était réalisée en dépit de la présence de critères par ailleurs évoqués comme facteurs de mauvais pronostic tels que la présence d'un polytraumatisme fermé [170] ou d'une asystolie chez un patient en ACT pénétrant [197] voire de facteurs mentionnés dans les règles de TOR américaines.

1.4. Le devenir des patients

Dans notre étude, sur populations non-appariées, les patients victimes d'arrêts cardiaques traumatiques survivaient moins que les victimes d'arrêts cardiaques médicaux. A l'admission on constatait un écart de survie significatif (14,5% *vs* 21,2%) qui le restait à 30 jours de l'arrêt cardiaque (1,5% *vs* 5,8%). Certaines études concluaient sur l'absence de différence en termes de survie entre AC d'étiologie traumatique et AC d'étiologie médicale comme celle de Lockey *et al.* [171] ou de David *et al.* [148]. Il convient toutefois de pondérer ces résultats. Lockey incluait, dans sa population traumatique, des étiologies exclues du style d'Utstein et l'étude de David était menée sur une cohorte

inclue dans le cadre d'un essai randomisé contrôlé. Ainsi, si d'autres auteurs retrouvaient des taux de survie plus faibles chez les patients en ACT, à l'image de l'étude australienne de Beck *et al.* [56], ils imputaient souvent cet état de fait aux faiblesses dans la chaîne de survie et à la présence de davantage de rythmes non choquables. Ces tendances étaient également relevées sur nos populations traumatiques et médicales. Certains auteurs allaient plus loin, relevant des taux de survie proches, voire égaux à 0 dans certaines populations d'arrêts cardiaques traumatiques [163, 194]. Cet état de fait à même mené deux associations d'experts médicaux américaines à évoquer la futilité de la réanimation de ces arrêts cardiaques. Les résultats contradictoires, la petite taille des populations étudiées et la prépondérance de la littérature américaine dans le corpus bibliographique de cette thématique ont contribué à l'émergence de l'idée que l'arrêt cardiaque traumatique était intrinsèquement plus grave que l'arrêt cardiaque médical. Toutefois, les limites méthodologiques déjà évoquées ainsi que les biais de confusion relevés ne permettent actuellement pas de statuer en faveur de l'une ou l'autre de ces considérations.

2. ARRET CARDIAQUE TRAUMATIQUE ET ARRET CARDIAQUE MEDICAL : VRAIMENT LE MEME PRONOSTIC ?

A la lumière du débat actuel autour de la problématique et des faiblesses de la littérature, nous avons apparié les populations afin de les rendre le plus comparables possible. A notre connaissance, cette étude est la seule à proposer cette approche. La limitation des biais possibles a été réalisée via l'appariement des deux cohortes à comparer sur la base de leur score de propension, méthodologie proposée par Rosenbaum et Rubin en 1983 [208]. Ce score de propension était réalisé sur la base des critères de confusion sélectionnés au regard de leur pertinence statistique, clinique et historique. Devant les importantes dissemblances entre ACT et ACM, un appariement sur le score de propension exact aurait mené à une perte d'effectifs très importante. Ainsi, la stratégie adoptée proposait le recours à un caliper pour créer les paires de patients. Dans ce cadre, un patient ACT ne pouvait être apparié à un patient ACM que si le caliper n'excédait pas

0,2 fois l'écart type du score de propension. Cette méthode, définie par Austin *et al.* [207] permet d'éliminer 99% des biais induits pas les variables confondantes [213], donc de se rapprocher au plus près des conditions d'une étude randomisée contrôlée.

Après appariement, les patients victimes d'ACT avaient 2,4 fois moins de chances de survie que les victimes d'ACM à l'admission et 6 fois moins de chances de survie à trente jours. Avant l'appariement, les écarts étaient plus faibles. On peut expliquer ces résultats par le fait qu'outre les critères relatifs à la chaîne de survie (qui étaient initialement en faveur des ACM), les patients avaient également été appariés sur d'autres critères tels que l'âge, le sexe ou encore le lieu. En effet, la population était plus masculine, plus jeune et faisait l'AC davantage sur la voie et dans les lieux publics, facteurs généralement associés à un meilleur pronostic [48, 183, 214] sauf chez Fulton qui décrivait une absence de corrélation entre les critères évoqués et la survie des patients en ACT [179].

Ces résultats, obtenus dans des conditions méthodologiques proches de celles d'études randomisées qui représentent le gold-standard en termes de niveau de preuve, permettent de lever le doute sur cette question abordée à maintes reprises dans la littérature. Ainsi, nous pouvons conclure sur l'effective gravité propre aux arrêts cardiaques traumatiques.

La différence statistiquement significative constatée entre arrêts cardiaques traumatiques et arrêts cardiaques médicaux en matière de chances de survie révèle effectivement la pertinence du questionnement américain de la NAESMP et de l'ACSCOT. La réanimation de ces arrêts dont le pronostic est extrêmement sombre est-elle futile ? En effet, l'actuel positionnement américain est né de l'observation d'une réelle disproportion entre déclenchement de secours, prise en charge réanimatoire et post-réanimatoire, coûts engendrés et survie des patients en arrêt cardiaque traumatique. Les « *Guidelines for withholding or termination of resuscitation in prehospital traumatic cardiopulmonary arrest* », se voulant véritable guide de bonnes pratiques en termes d'optimisation du système de prise en charge de l'arrêt cardiaque, se basent sur les résultats obtenus des populations strictement américaines. En ce sens, il semble pertinent de confronter nos résultats en termes de survie à ces recommandations et au corpus bibliographique y ayant contribué ou en ayant discuté.

2.1. Survie des patients dans les différents groupes de caractérisation lésionnelle

Parmi les treize sous-groupes créés, 3 sous-groupes, tous pénétrants[24], ne comptaient aucun survivant à trente jours de l'arrêt cardiaque. Toutefois, il est difficile de conclure sur l'absence absolue de survie dans ces groupes étant donné les petits effectifs dans chacun d'entre eux (respectivement 3, 5 et 6 patients).

Concernant les dix autres groupes, on enregistrait une survie dans chacun d'entre eux, ces taux étant compris entre 0,6% et 2,1% chez les patients souffrant d'ACT sur traumatismes pénétrants et entre 1,4% et 8,3% chez les patients présentant un ACT consécutif à un traumatisme fermé. Ainsi, ces résultats contredisent globalement les travaux américains qui ont contribué à la rédaction des règles d'abstention ou d'arrêt de réanimation tels que les études menées par Rosemurgy *et al.* [163] ou Mollberg *et al.* [174]. En effet, celles-ci concluaient sur le fait que les patients victimes de traumatismes fermés ne présentant pas de signes de vie (conscience, respiration spontanée, etc.) et les patients victimes de blessures traumatiques pénétrantes qui ne montraient ni signes vitaux ni autres indices tels que la présence de pouls ou de réflexe pupillaire n'avaient aucune chance de survie, même à l'issue d'une prise en charge agressive. Les auteurs des recommandations de TOR n'estimaient sauvables [*sic.*] que les patients en ACT pénétrant dont la localisation des lésions ne s'étendait qu'au thorax [176]. Nos résultats diffèrent aussi de ceux obtenus par Shimazu *et al.* [170] qui estimaient irrécupérables les victimes d'ACT polytraumatisés. Dans le cas de notre population, on retrouvait des taux de survie compris entre 1,4% et 8,3% chez ces patients. L'équipe nippone constatait également l'absence de survie dans le cas de blessures pénétrantes à la tête ou au cou, or, nous retrouvions deux survivants (soit 0,6%) chez les victimes de traumatismes crâniens pénétrants isolés.

[24] Polytraumatismes pénétrants associant traumatismes crânien, thoraco-abdomino-pelvien et traumatisme des membres ; traumatismes associant traumatisme crânien et traumatisme des membres et traumatismes associant traumatisme thoraco-abdomino-pelvien et traumatisme des membres.

2.2. Problématique du rythme initial et de son impact sur la survie

La question de la pertinence du facteur « rythme » dans la décision de réanimer ou non un patient en ACT a été discutée à de nombreuses reprises. La littérature actuelle présente de nombreuses sources de contradiction. Si la réanimation et les chances de survie des victimes d'ACT qui présentaient initialement un rythme choquable ou une activité efficace à l'arrivée des secours ne sont pas source de débat, c'est loin d'être le cas dans le cadre d'autres rythmes initiaux. En effet, certains auteurs cités ci-après condamnent les patients présentant d'autres rythmes que des rythmes choquables ou des activités électriques efficaces, d'autres proposent des lignes de décisions plus fines. Enfin, certains autres exhortent les communautés de l'urgence et du secours à ne pas tenir compte de cet aspect pour mettre en place une réanimation, comme cela est actuellement le cas chez les victimes d'arrêts cardiaques médicaux.

2.2.1. Asystolie et bradycardie agonique : une cause perdue ?

Dans notre population, 27,5% des survivants à 30 jours présentaient initialement une asystolie ou une bradycardie agonique. Un patient sur deux ne présentait pas de séquelles neurologiques majeures (CPC1 ou CPC 2). Cet état de fait diffère grandement des conclusions relevées dans la littérature, principalement américaine, dont certains auteurs plaident en faveur de l'abstention de toute manœuvre de réanimation chez ces patients. Par exemple, Batistella *et al.* [211] ne retrouvaient aucun survivant sur une cohorte de 604 victimes d'ACT dans le groupe des patients dont le rythme initial à l'arrivée des secours était une asystolie ou une bradycardie agonique (≤40 bpm). Seules des victimes de traumatismes ayant initialement présenté une activité systolique détectable avaient survécu. Fulton *et al.* [179] retrouvaient des résultats similaires. L'équipe d'Aprahramian *et al.* [178], quant à elle, ne dénombrait aucun survivant quand le patient n'avait ni activité spontanée, ni rythme choquable à l'arrivée des secours. Toutefois, bien que ferme sur l'aspect irrécupérable des patients en asystolie ou en

bradycardie agonique, celle-ci préférait ne pas conclure sur la question des patients retrouvés en activité électrique sans pouls.

En revanche, nos résultats corroborent davantage les conclusions issues de travaux d'autres auteurs américains qui reconnaissaient la très rare survie dans ce groupe, mais défendaient la non-application systématique des règles de non-réanimations de la NAEMSP-ACSCOT dans le cas de patients présentant ce type de rythme en l'absence d'autres critères incompatibles avec la survie [180, 181].

En Europe [183] comme en Australie [56, 161], des études épidémiologiques révèlent les chances de survie de patients en asystolie, y compris avec un bon pronostic neurologique à long terme et toutes, défendent la réanimation des patients dans les mêmes conditions que les victimes d'AC médicaux, quel que soit le rythme initial, indépendamment du type de traumatisme à l'origine de l'AC.

Nos résultats montrent cependant que parmi les 371 patients victimes d'ACT pénétrants dont le rythme initial enregistré était l'asystolie, aucun n'avait survécu, contre 0,6% parmi les 2 231 victimes d'ACT fermé. Ceux-ci vont dans le même sens que ceux reportés par Stockinger et McSwain [197] en 2004. Ainsi, nous ne disposons actuellement pas d'outils pour contester l'application des directives prônées par la NAEMSP-ACSCOT dans ces cas précis. Cependant, il est nécessaire de garder à l'esprit que certains patients de notre cohorte qui présentaient ce type de rythme ont fait l'objet d'un prélèvement d'organes, issue qui n'aurait pu être envisagée en l'absence de toute forme de réanimation médicalisée.

2.3. Le rythme sans pouls, paradoxe bibliographique

La question des chances de survie des patients qui présentent un rythme sans pouls est également régulièrement discutée. Notre analyse relève 15,7% de rythme initial sans pouls chez les survivants à J+30. Parmi eux, 85,7% avaient un devenir neurologique favorable.

En 1985, Aprahramian ne retrouvait aucun survivant chez les patients initialement en rythme sans pouls, quel que soit le mécanisme responsable de l'arrêt cardiaque. Toutefois, l'auteur concluait sur l'aspect limité de l'intérêt de la prise en compte du rythme dès lors que l'AC en lui-même représentait toute la gravité de la situation et que

la présence d'un rythme sinusal, même sans pouls, pouvait peut-être rester compatible avec la survie, en particulier dans le cas d'ACT pénétrants [178]. Battistella *et al.* [211] ne retrouvaient pas non plus de survivants chez les victimes initialement en rythme sans pouls. Cependant, les 16 survivants de la cohorte avaient tous présenté une activité systolique efficace initialement puis un épisode d'activité électrique sans pouls tout en gardant une fréquence cardiaque supérieure à 80 battements par minute. Ainsi, les auteurs statuaient en faveur de l'abstention de réanimation en présence d'un rythme initial sans pouls comprenant une fréquence cardiaque inférieure à 40 battements par minute, estimant que les chances de survie étaient nulles en deçà de cette valeur.

A l'inverse, Stratton [212] et Fulton [179] opposaient patients en asystolie aux patients en rythme initial sans pouls. En effet, d'une part Fulton retrouvait des taux de survie non nuls chez les victimes initialement en activité électrique sans pouls, contrairement aux victimes en asystolie, d'autre part, Stratton retrouvait des résultats similaires en présence d'un rythme sans pouls sinusal associé à un devenir neurologique favorable si et seulement si l'ACT était pénétrant. Toutefois, ce dernier n'avait pas pu associer ce rythme à une valeur prédictive de survie étant donné la petite taille de sa population initiale et le faible taux de survie associé aux ACT.

En Europe, Leis *et al.* [183] retrouvaient des taux élevés de survie immédiate et à moyen terme chez les victimes présentant initialement un rythme sans pouls ou un rythme choquable, principalement chez les enfants, et défendait l'induction de manœuvres de réanimations spécialisées à la fois systématiques et agressives dès lors que le patient ne présentait pas de signes incompatibles avec la vie.

En Australie, Beck *et al.* [56] relevaient 77,8% de rythme initial sans pouls dans leur cohorte de survivants d'ACT à trente jours de l'évènement. Parmi eux, 66,7% avaient un bon pronostic neurologique.

Au sein de notre cohorte de patients en ACT, les taux de survie des patients dont le premier rythme enregistré était une activité électrique sans-pouls étaient nettement plus élevés que dans les cas d'asystolie initiale et le pronostic neurologique des survivants était le plus souvent positif. En effet, 3,4% des 148 patients en ACT fermé présentant ce type de rythme avaient survécu, tous avec un pronostic neurologique satisfaisant, contredisant, par exemple, les conclusions de Martin et de son équipe [195]. Chez les victimes d'ACT pénétrants, 10,7% d'entre eux survivaient dont deux tiers avec

un CPC 1 ou 2. Ces taux de survie encourageants ne peuvent que conforter les positions des auteurs défendant une réanimation en l'absence de signes incompatibles avec la survie chez ces patients. Ces éléments défendant la compliance vis-à-vis des recommandations de l'ERC, posent la question de leur application en situation réelle.

3. CARACTERISTIQUES DE LA PRISE EN CHARGE D'UN ARRET CARDIAQUE TRAUMATIQUE

3.1. La réanimation cardiopulmonaire de base

La chaîne de survie ne peut se vouloir performante que si l'ensemble de ses maillons sont mis en œuvre de manière prompte et efficace [131]. Cependant, les faiblesses sont évidentes dans la prise en charge de base des patients en arrêts cardiaques traumatiques.

3.1.1. Les délais, problématique majeure

La première problématique est celle des délais. En effet, les traumatismes consécutifs à une tentative de suicide peuvent être découverts tardivement, ceux résultants d'une cause intentionnelle peuvent également retarder l'appel au secours. Ces états de fait expliquent la fréquente découverte de corps dans le cadre d'interventions pour arrêt cardiaque traumatique (14,8%). Ces causes et les circonstances particulières de l'AC peuvent également retarder l'initiation d'une RCP lorsque celui-ci a lieu devant témoin (peur des lésions / du sang, situation dangereuse pour les témoins, etc.). Ainsi, même si l'arrêt a souvent lieu en présence d'autres personnes (66,3%), une réanimation immédiate n'avait, dans notre population, été initiée que dans 27,5% des cas. Or, nous savons que la mise en place précoce d'une réanimation cardio-pulmonaire est un facteur pronostic majeur pour la survie de ces patients, quoique non exclusif [183], quelle que soit l'étiologie de l'arrêt cardiaque [149, 183]. L'étude de Deasy *et al.* [156] mettait en avant des chances de survie jusqu'à six fois supérieures lorsque l'ACT était immédiatement pris en charge par les témoins.

Cette absence de RCP immédiate a pour conséquence logique un no-flow relativement long. Un patient sur deux avait un délai de no-flow supérieur à 7 minutes et un quart d'entre eux avait un no-flow de plus de 13 minutes. Au final, seuls 31,8% des patients avaient bénéficié d'une prise en charge par les témoins. D'après Sasson *et al.* [92] chaque minute qui s'écoule sans mise en œuvre d'une RCP revient à une perte de 7 à 10% de chances de survie. Ainsi, près d'un patient sur trois aurait des chances de survie quasiment nulles comme conséquence de cette faiblesse dans la chaîne de survie. Dans ce contexte, il semble évident que ces maillons ne pourront être renforcés que via l'information et la formation du grand public. L'enquête menée par O'Leary *et al.* [213] avait révélé trois principaux facteurs freinant ou empêchant les témoins d'initier une RCP de base dans le cadre de la prise en charge des ACT. Ils étaient, dans l'ordre de fréquence, l'ignorance des bons gestes et l'ordre dans lequel les mettre en œuvre (80% des sondés), la peur de faire mal ou de blesser (40% des sondés) et la peur d'une contamination à cause de l'exposition au sang (10% des sondés). D'ailleurs, seuls 11% des personnes participantes (n=348) disaient connaître les gestes qui sauvent.

3.1.2. La place du DAE dans la réanimation des ACT

Etant donné que les ACT surviennent davantage sur la voie et dans les lieux publics, on pourrait imaginer que plus de défibrillateurs automatiques externes seraient posés que chez les victimes d'AC médicaux dont l'arrêt survient le plus souvent à domicile. Pourtant, la pose d'un DAE est rare chez ces patients (7,9%). Ici, la problématique semble double. En effet, bien que l'accès et l'utilisation d'un DAE par tous soit désormais une priorité inscrite dans un cadre réglementaire depuis 2007 (Décret n°2007-705 du 4 mai 2007), ceux-ci sont encore peu fréquemment utilisés en France, tant dans le cas d'AC médicaux que dans le cas d'ACT [26, 137]. Le corpus bibliographique traitant de la problématique du recours au DAE par le grand public invoque souvent des difficultés de géolocalisation et de formation à l'utilisation de ces machines [82, 214-216]. Toutefois, lorsque celui-ci est utilisé, il permettrait d'obtenir des taux de survie proches de 50% en cas de choc [110]. Dans le cas spécifique de l'arrêt cardiaque traumatique, les lésions présentes peuvent également constituer un frein à la pose de tels dispositifs médicaux. Cette explication semble plausible, car, lorsque les lésions sont pénétrantes, moins de

DAE sont posés, en particulier dans le cadre de traumatismes touchant le thorax et/ou l'abdomen. A titre d'exemple, on retrouve 14,8% de poses de DAE chez les patients présentant un traumatisme thoraco-abdomino-pelvien fermé contre 3,2% pour les traumatismes pénétrants.

Lorsque le DAE est posé, celui-ci choque également rarement, que ce soit dans le cadre d'une pose de DAE par le public ou par les pompiers. En effet, on retrouve, sur population générale, 0,5% de choc par DAE grand public et 0,8% de choc par DAE/DSA pompier malgré une pose réalisée chez plus d'un patient sur deux. Ici se pose la question de la place du défibrillateur automatique dans la RCP de base des victimes d'ACT. Les facteurs pouvant expliquer les faibles taux de choc sont de deux ordres.

- Le premier est naturellement la localisation de lésions incompatibles avec une pose adéquate du défibrillateur.
- Le second est la question du rythme cardiaque.

Celui-ci dépend, en partie, de deux facteurs : la cause de l'arrêt et le délai s'écoulant entre l'arrêt et la première évaluation du rythme. En effet, les rythmes dits choquables sont souvent liés à des causes cardiaques, ce qui n'est pas le cas ici et plus le délai avant évaluation du rythme est long, plus les chances de mesurer une asystolie sont grandes [33-35]. Or, la prise en charge par les témoins est peu fréquente et souvent retardée dans cette population. Ainsi, il est fort probable que ces deux facteurs mènent à une part importante de rythmes non-choquables dès les premiers maillons de la chaîne de survie. Cependant, la fréquence élevée d'ACT survenant sur la voie publique ou dans des lieux publics (ayant de grandes chances d'être équipés en DAE), pourraient, si l'initiation d'une RCP de base immédiate était possible, permettre de raccourcir ces délais de no-flow et de davantage défibriller. Dans ce cadre, la nécessité de renforcer la formation du grand public et d'améliorer leur connaissance des outils de géolocalisation de ces dispositifs médicaux pourrait s'imposer.

3.2. La réanimation cardiopulmonaire spécialisée

Le débat existe toujours autour de la réanimation de certains arrêts cardiaques traumatiques, la littérature faisant état de taux de survie catastrophiques, la prépondérance de rythmes associés à des mauvais pronostics et les circonstances de

prise en charge parfois difficiles (accidents de la route impliquant plusieurs personnes, zones d'accès difficile, contextes de violences, etc.). Pourtant, malgré cela, plus de sept patients sur dix étaient réanimés dans le cadre d'une prise en charge spécialisée.

3.2.1. Gestion des voies aériennes et oxygénation

Une ventilation était mise en place dans la quasi-totalité des cas (96,7%) lorsqu'une RCP spécialisée était mise en œuvre. De plus, le recours à l'intubation était fréquent (93,7%) et rapide (délai médian de 3 minutes), démontrant une gestion immédiate et systématique de l'hypoxémie, comme recommandé par l'ERC. L'intubation avait été déclarée impossible chez 2% des patients, taux relativement faible en comparaison de la littérature [155, 171, 186, 217]. Nous observions des taux d'échec bien plus importants (9,7%) chez les patients victimes d'ACT combinant des lésions crâniennes, thoraco-abdominales et des lésions aux membres, augmentant alors le nombre de ventilations au masque.

3.2.2. Administration de drogues et voies d'abord

Le recours à la voie veineuse périphérique était l'option la plus courante (82,5%). Toutefois, la voie intraosseuse était 2,5 fois plus fréquemment utilisée dans la prise en charge des ACT que des ACM. Ces taux élevés étaient également retrouvés dans la plupart des études antérieures [56, 149]. Les hypovolémies, les lésions aux membres, la relative facilité et la rapidité du geste justifiaient ce recours important à la voie intraosseuse. A titre d'exemple, on retrouvait jusqu'à 32,4% de recours à l'intraosseuse en première intention chez les patients présentant un traumatisme pénétrant et des lésions localisées aux membres. La voie endotrachéale, qui n'est plus recommandée depuis 2010 [218], n'est utilisée qu'en dernier recours soit 11 cas (0,5%).

De l'adrénaline est injectée chez plus de neuf patients sur dix. Le délai médian qui s'écoulait entre l'arrivée du SMUR sur place et l'injection du premier bolus d'adrénaline était de 5 minutes et la prise en charge comptait une dose médiane de 5 mg injectée en 5 fois. La dose optimale à administrer actuellement recommandée est d'un milligramme injecté toutes les 3-5 minutes [219]. Etant donnée la durée médiane de la RCP spécialisée dans notre population (18[6;31] minutes) et le délai arrivée SMUR - premier bolus

d'adrénaline, la plupart des équipes semble suivre les recommandations actuelles. Cependant, on remarque un certain nombre de cas dans lesquels les doses dépassent le nombre d'injections (Q3 dose adrénaline : 10 mg ; Q3 nombre d'injections : 8). On peut expliquer ces résultats par les versions antérieures des recommandations qui seraient restées ancrées dans les pratiques en dépit de leur évolution. Dans le cas de l'adrénaline, le recours à une dose plus importante (5 mg) avait été recommandé par le passé pour la prise en charge d'asystolies réfractaires. Aujourd'hui, de telles doses sont exclues de la pratique et des recommandations, car la littérature n'avait trouvé aucun effet de telles doses sur la survie des patients à 30 jours [220].

3.2.3. Gestion de l'hypotension et remplissage vasculaire

L'hypovolémie est une cause réversible d'arrêt cardiaque pour laquelle l'ERC recommande une prise en charge immédiate. A ce titre, 47,5% des victimes d'ACT ont bénéficié d'un remplissage vasculaire. Parmi eux, 64,7% avaient eu des cristalloïdes uniquement, 28,9% avaient eu cristalloïdes et colloïdes et 6,4% n'avaient eu que des colloïdes. Cette gestion du remplissage vasculaire était globalement en adéquation avec les recommandations de l'ERC [147, 219] qui préconisaient l'utilisation de solutés cristalloïdes en première intention, puis l'adjonction de colloïdes dans un second temps si le pouvoir expansif des cristalloïdes n'était pas suffisant. Nous noterons toutefois un recours aux colloïdes en première intention dans plus de 6% des cas (jusqu'à 8,9% dans les cas de traumatismes pénétrant des membres).

3.2.4. Abords thoraciques

Les recommandations internationales recommandent la mise en œuvre d'un abord thoracique dans certains cas précis comme traitement étiologique des causes réversibles d'AC. Dans notre population, 21,7% des patients avaient bénéficié d'une prise en charge de la sorte. Le recours à la thoracostomie, recommandé dans le cas de pneumothorax compressif, était le cas le plus fréquent, devant la décompression (exsufflation). Trois patients, gravement polytraumatisés avaient eu une thoracotomie de sauvetage sur place. Bien que ces abords du thorax soient encadrés par des recommandations internationales, on retrouve également un recours non-négligeable à ces techniques en

l'absence d'atteintes thoraciques, jusqu'à 21,6% d'abords thoraciques chez les patients ne présentant qu'un traumatisme localisé aux membres.

Cette constatation, a priori étonnante, peut-être symptomatique d'une application généraliste des recommandations ERC ne proposant pas de véritable algorithme adapté à chaque type d'ACT, mais un algorithme global comportant des spécificités conditionnelles. Une refonte de cet algorithme unique sous forme d'algorithme suivant un processus décisionnel plus clair pourrait aider les équipes à proposer des prises en charge plus adaptées, au cas par cas, et non une mise en œuvre de gestes peu pertinents, pratiqués en désespoir de cause sous couvert d'une balance bénéfice risque en faveur dudit geste.

3.2.5. Durée de la réanimation spécialisée

Un des critères les plus discutés, aussi bien dans le cadre des recommandations de l'ILCOR que de dans celui de la prise de position de la NAEMSP-ACSCOT, est la durée au-delà de laquelle les chances pour le patient de récupérer une activité cardiaque spontanée s'effondraient. Dans ce cadre, l'ILCOR préférait ne pas prendre position et recommandait la poursuite d'une réanimation jusqu'à 30 minutes (comme pour l'ACM) tandis que les TOR recommandaient 15 minutes [102, 176, 197]. Les résultats obtenus sur notre population montraient un délai médian de RACS après arrivée du SMUR de 13 minutes et un quart des patients concernés avaient leur première reprise d'activité cardiaque spontanée après 21 minutes de RCP spécialisée. Ainsi, à l'instar des conclusions des études menées par de Lockey *et al.* [171, 186] en Europe ou encore Chien *et al.* [114] à Taïwan, ce délai de 15 minutes ne semble pas refléter la réalité en termes de survie immédiate du patient.

Les recommandations internationales préconisent toutefois que la réanimation spécialisée peut être interrompue avant ce délai indicatif de 30 minutes si le patient ne montre aucun signe de vie après traitement efficace des causes réversibles d'AC. Dans ce cadre, nous pouvons noter une durée médiane d'ALS de 18 minutes. Un quart des efforts de réanimation entrepris duraient plus d'une demi-heure.

3.2.6. Transport des patients et prises en charge particulières

Devant l'absence d'études démontrant de réels avantages à l'utilisation de techniques de suppléance cardiaque / respiratoire (ECLS), l'ERC ne recommande pas leur utilisation pour des cas précis applicables à la prise en charge de l'ACT. Toutefois, la porte reste ouverte en cas d'échec des procédures standard ou de transport à cœur non-battant. Chez les patients traumatisés inclus dans le cadre de ce travail, aucun n'a bénéficié d'une telle technique. L'absence de recommandations, le coût de tels dispositifs et la littérature rare traitant de la question sont des facteurs explicatifs majeurs bien que certains auteurs encouragent ce type de tentatives [147, 159].

Le recours au massage cardiaque automatisé est assez rare dans notre population (6,1%). Ces résultats corroborent les résultats obtenus dans le cadre d'études mises en place sur l'ACT pris en charge par un système « stay and play » [149, 157]. En effet, l'ERC ne préconise pas l'utilisation de tels dispositifs en routine et propose de les réserver en cas de RCP longues, le manque de moyens humains ou encore si la sécurité des intervenants est compromise. En revanche, il recommande l'utilisation d'un appareil de massage cardiaque automatisé dans le cas des transports à cœur arrêté ou encore pour préparer le patient à un prélèvement d'organe.

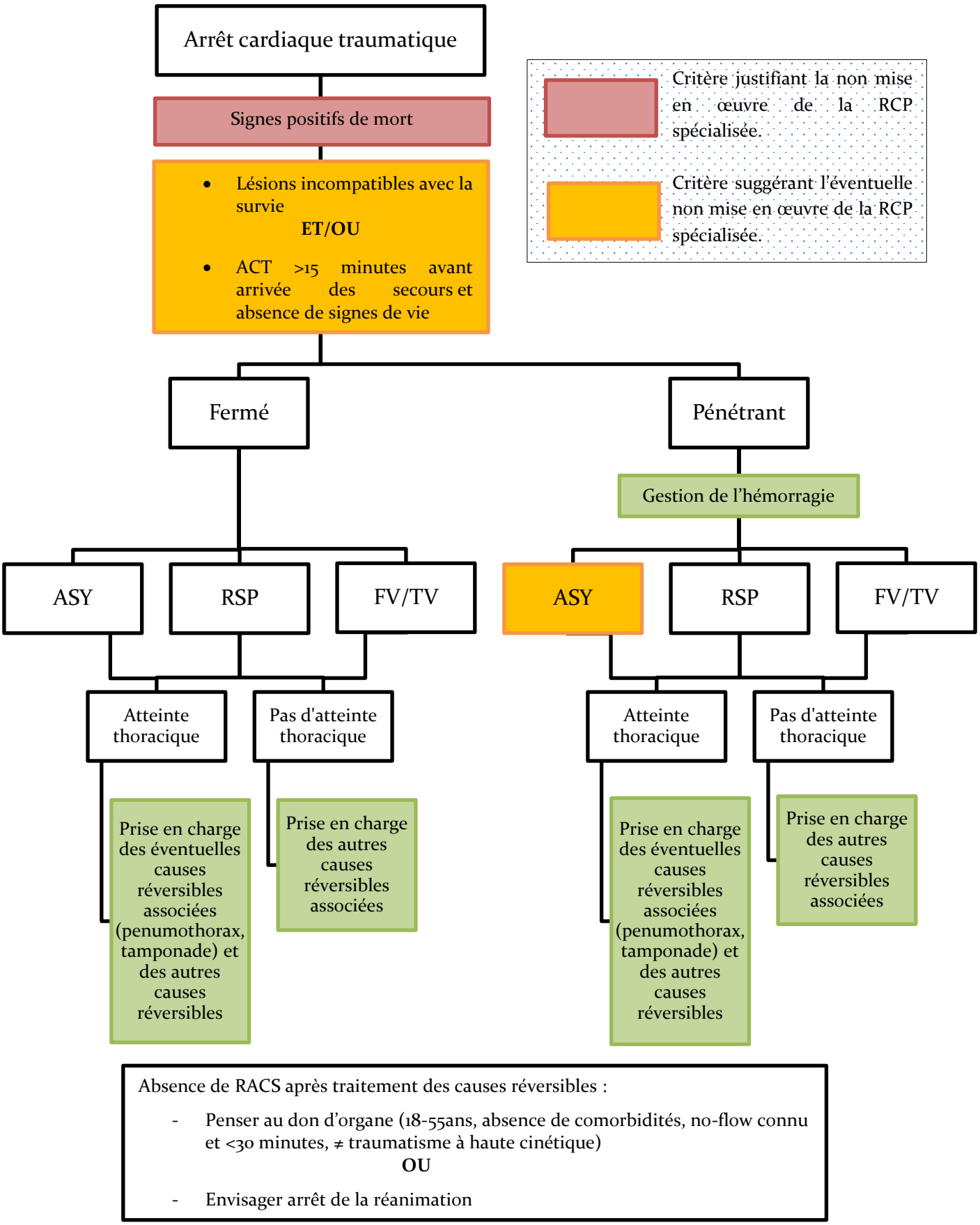
Le transport à cœur arrêté est assez fréquent dans notre population puisqu'il concernait 12,4% des patients transportés. Ces patients pouvaient être transportés en l'absence d'activité cardiaque spontanée dans le cadre d'une filière DDAC ou dans l'attente du traitement étiologique des causes de l'arrêt ne pouvant être réalisé que dans un environnement contrôlé (traitement nécessitant un plateau technique, par exemple dans le cadre d'une procédure chirurgicale ou de procédures d'hémostase avancées). De plus, contrairement à ce que peut laisser supposer une partie du corpus bibliographique américain, ce type de procédure n'est pas à réserver au système « scoop and run » ou au don d'organes, des études ayant montré des taux de survie importants chez les patients transportés sous planche à masser à l'issue d'une médicalisation sur place [156, 161].

4. PROPOSITION D'ARBRE DECISIONNEL : VERS UNE PREMIERE APPROCHE D'AIDE A LA DECISION

A la lumière des résultats obtenus sur cette population de grande taille et des remarques réalisées sur l'application des recommandations de l'ERC au niveau national, il semble pertinent de proposer un arbre décisionnel issu de ces constatations. L'arbre présenté ci-après est une proposition expérimentale (Figure 26) qui propose une approche plus fine de la décision, applicable en parallèle des recommandations de l'ERC et notamment en parallèle des algorithmes de prise en charge déjà proposés par cette instance (Figures 5 et 8). Cette approche a été construite de la manière suivante :

- Niveau 1 : traumatisme fermé *versus* traumatisme pénétrant, dans l'optique de pouvoir mettre en avant la gestion immédiate de l'hémorragie,
- Niveau 2 : rythme initial à l'arrivée. Sur la base du corpus bibliographique et des résultats obtenus dans le cadre de ce travail, la présence d'une asystolie initiale lors d'un arrêt cardiaque traumatique pénétrant peut suggérer l'abstention de réanimation ou l'interruption en l'absence d'évolution après traitement des causes réversibles de l'arrêt cardiaque.
- Niveau 3 : caractérisation lésionnelle, afin d'orienter l'équipe dans la prise en charge des causes réversibles.

En l'absence de RACS après traitement des causes réversibles et en présence d'un patient présentant les critères requis pour une prise en charge dans le cadre de la filière DDAC, penser à cette issue.



23. Proposition d'arbre décisionnel pour la prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique

5. DON D'ORGANE

Depuis 1968, le patient en état de mort encéphalique est considéré comme mort, ouvrant ainsi la porte au prélèvement d'organe chez ces patients [221]. Dans ce cadre, le don d'organe du patient en état de mort encéphalique (DDME) est devenu la deuxième source d'organes après le prélèvement chez le donneur vivant [222]. Celui-ci est encadré par les lois de bioéthiques de 1994 (révisées en 2004 et 2011) ainsi que leurs décrets d'application. A ce titre, le décret du 2 août 2005 a ouvert la voie au prélèvement chez le patient décédé d'un arrêt cardiaque persistant, à l'image de pays tels que le Japon, la Belgique ou encore les Etats-Unis qui le pratiquaient déjà. En France, le don d'organe chez le patient décédé n'est généralement ouvert qu'aux patients entrant dans les catégories I, II et IV de Maastricht [223]. En effet, un processus décisionnel détermine la mort des patients entrant dans la catégorie III, créant un conflit éthique évident. Celui-ci est autorisé depuis 2014, mais reste encore le sujet de nombreuses controverses logistiques et éthiques. De plus, depuis le 1er janvier 2017 (Décret n° 2016-1118 du 11 août 2016), nous sommes tous potentiellement donneurs d'organes à moins d'en exprimer le refus. Cet amendement du Code de la Santé Publique met bien en valeur les besoins croissants et a pour vocation d'augmenter le nombre d'organes prélevés.

5.1. La filière DDAC

Les critères d'inclusion des patients sont très sélectifs. Les patients concernés doivent avoir entre 18 et 55 ans, appartenir à la catégorie I ou II de Maastricht, aucun antécédent d'hypertension artérielle, d'artériopathie, d'insuffisance rénale, de diabète, de cancer ou de *sepsis* grave. La durée de no-flow doit être strictement inférieure à 30 minutes et le délai avant mise en place des mesures de conservation des organes ne doit pas dépasser 120 minutes et l'heure de l'AC exacte doit être connue.

Dans notre population, huit patients ont fait l'objet d'un prélèvement dans le cadre d'une filière DDAC. Sept d'entre eux appartenaient à la catégorie I de Maastricht, c'est-à-dire un arrêt cardiaque en dehors de tout contexte de prise en charge médicalisée et pour lesquels la mise en œuvre de gestes de réanimation de qualité a été réalisée moins de 30

min après l'arrêt cardiaque, mais n'a pas permis une récupération hémodynamique. Le dernier entrait dans la catégorie II « Arrêt cardiaque en présence de secours qualifiés, aptes à réaliser un massage cardiaque et une ventilation mécanique efficaces, mais dont la réanimation n'a pas permis une récupération hémodynamique ». Les durées de no-flow étaient courtes avec un délai médian de 2 minutes.

Bien que le recours à cette filière ait été un temps évoqué comme source importante d'organes [222], il reste assez rare, y compris chez les patients en ACT. On constate, sur les huit patients entrés dans cette catégorie de prélèvement d'organes, deux déviations de protocole liées à l'âge. En effet, un patient était mineur et un autre avait plus de 55 ans.

En outre, la Société de Réanimation de Langue Française et l'Académie Nationale de Médecine relevaient un certain nombre de questions éthiques découlant directement de l'ouverture du prélèvement aux patients en arrêt cardiaque réfractaire. Parmi elles, on note :

- La question du changement d'objectif de la réanimation, celle-ci n'étant plus pratiquée dans un but curatif, mais dans une vocation de préservation des organes,
- Les doutes sur la qualité et la durée des soins avant de déclarer le patient en arrêt cardiaque réfractaire et persistant,
- Ou encore l'instrumentalisation du corps mort mal perçue ou encore le principe de consentement et le démarrage de la procédure de préservation des organes en amont des vérifications de non-opposition [222, 224].

Dans notre population de donneurs entrant dans les catégories I et II de Maastricht, les durées de réanimation étaient plus longues que dans la population générale (durée médiane de 21 minutes versus 18 minutes dans la population générale, jusqu'à 44 minutes pour le patient qui entrait dans la catégorie II de Maastricht). De plus, dans le cadre d'arrêts traumatiques, les AC résultant de traumatismes à haute cinétique touchant le thorax sont à exclure d'emblée. Dans notre cas, 4 patients présentaient un traumatisme crânien isolé fermé, un présentait un traumatisme par arme à feu à la tête et trois présentaient des lésions crâniennes et abdomino-pelviennes fermées conséquentes à un accident de la route.

Les critères d'inclusion sélectifs, la nécessaire maîtrise des timings et de la qualité de la réanimation et la lourdeur technique et logistique à implémenter restent des obstacles à la fois évidents et immuables au recours à ce type de filière dans des proportions plus importantes. Toutefois, dans notre population, 59 patients semblaient éligibles pour un DDAC, 44 se classant dans la catégorie I de Maastricht et 15 dans la catégorie II.

5.2. La filière DDME

Le recours au prélèvement sur patient en état de mort encéphalique est fréquent chez les patients admis en vie à l'hôpital. Dans notre population, 40 patients en ont fait l'objet, à titre indicatif, c'est davantage que le nombre de patients survivants à 30 jours avec un pronostic neurologique favorable (n=31).

Ainsi, le don d'organe du patient en état de mort encéphalique est une issue importante dans le cadre de la prise en charge péri- et post-réanimatoire du patient en ACT. En effet, ceux-ci sont jeunes et présentent peu de comorbidités contre-indiquant le prélèvement. En ce sens, il semble important de prendre en compte cette possible issue, en plus des cas de survies défiant les critères pronostics admis à ce jour, dans la recherche de critères de non-réanimation ou d'interruption de réanimation. Toutefois, ici se poseraient également des questions éthiques relatives à la définition des limites entre réanimation curative et instrumentalisation du corps en vue d'une autre indication.

6. LIMITES DE L'ETUDE

6.1. Données de registre

La première limite s'imposant à ce travail concerne l'utilisation de données issue d'un registre qui n'est déployé nationalement que depuis cinq ans et qui se base sur la participation volontaire des SAMU/SMUR nationaux. Ainsi, tous les arrêts cardiaques survenant en France ne sont pas systématiquement consignés et, même dans le cas des centres actifs, leur logistique interne ne permet pas toujours d'obtenir un recueil exhaustif des arrêts cardiaques pris en charge. Bien que les résultats ne sauraient être le reflet parfait de la prise en charge des AC en France et en Europe, les zones couvertes

(rurales, urbaines, semi-urbaine, littorales ou encore montagneuses) et l'implication des centres investigateurs actifs sont globalement représentatives du pays.

Une seconde limite émanant du fait que ce travail se base sur des données de registres est l'impossibilité technique de pouvoir réaliser une vérification de l'adéquation des données enregistrées vis-à-vis des documents sources pour 100% des arrêts cardiaques pris en compte. Ainsi, la possibilité qu'il réside dans cette base de données des informations approximatives (*p. ex.* arrondissement des timings, cases cochées a posteriori, nécessité du recours à des règles de gestion en aval de l'enregistrement des dossiers) est une limite à prendre en compte. Il s'agit là d'écueils inhérents aux registres et grandes bases de données épidémiologiques, encore davantage lorsque le recueil de l'information a lieu en situation d'urgence, qui a été largement documentée par ailleurs [134, 136, 137]. A ce titre, la mise en place de ces règles de gestion, la taille de la population et l'exclusion des dossiers aux valeurs aberrantes dont la justification n'a pu être garantie ont pu contribuer à améliorer la robustesse de la base de données.

La dernière limite liée à l'utilisation d'un registre préexistant est le fait que le registre national français de l'arrêt cardiaque n'a pas pour vocation première de recueillir les informations subsidiaires en matière d'arrêt cardiaque traumatique. Ainsi, les informations relatives à la prise en charge traumatologique restent relativement succinctes. Toutefois, la réanimation médicalisée initiée dans les cas d'évènements particuliers (comme l'arrêt cardiaque traumatique) est relativement bien documentée et le nombre de données recueillies a permis l'exploitation des items relatifs aux gestes spécifiques à la prise en charge de certaines causes réversibles de l'ACT.

6.2. Taille de la population

A notre connaissance, ce travail a été mené sur la plus grande base de données d'ACT constituée à ce jour et se positionne dans un contexte ou la majeure partie du corpus bibliographie est composé d'études se basant sur quelques centaines de patients au maximum. Cette taille (>3000 patients) est restée néanmoins une limite importante dans le sens où la stratégie consistant à créer des sous-groupes a résulté en la création de certaines sous-populations ne comptant que quelques individus. Cette méthode a donc,

de fait, limité les possibilités et la pertinence de l'interprétation des résultats dans les groupes concernés.

La taille de la population ainsi que les taux de survie extrêmement faibles ont également restreint les possibilités en termes d'enquête des facteurs pronostiques de survie. La même problématique s'est imposée dans la création de modèles de propension sur les sous-groupes, limitant également la possibilité de réitérer la méthode groupe par groupe afin d'obtenir une comparaison des chances de survie des ACT aux ACM en fonction des caractéristiques lésionnelles de patients.

6.3. Méthodologie adoptée

A la différence d'une situation d'attribution randomisée d'un caractère donné à un patient donné, par exemple l'attribution d'un traitement (expérimental *vs* référence/placébo), la nature de l'arrêt cardiaque survenu chez un patient et son issue (survie ou décès) peuvent être influencés par des critères confondants tels que le sexe, l'âge le rythme cardiaque à l'arrivée du SMUR ou encore la présence et la caractérisation de la réanimation. Ces différences ont d'ailleurs été constatées lors de la première phase comparative de ce travail et ont déjà été décrites dans la littérature [56, 161]. C'est à ce titre que l'appariement des deux populations a été réalisé sur la base d'un score de propension prenant en compte les différentes covariables jugées pertinentes. Toutefois, cette stratégie n'est pas exempte d'écueils. Le premier était la présence de 13,4% de dossiers pour lesquels des données essentielles étaient manquantes, justifiant un recours à une technique d'imputation de données dont l'intérêt et les limites ont été documentés par Mattei [206]. Le second est le choix de la méthode : l'appariement. Celui-ci exclut la création de paires de patients dont le score de propension n'est pas égal (au *caliper* près), réduisant ainsi le nombre de paires créé et donc la taille de la population. Enfin, le dernier écueil est la sélection des facteurs pris en compte dans le cadre de l'élaboration de ce score. Bien que le modèle utilisé ici ait montré une bonne performance dans la correction des écarts initialement identifiés, celui-ci ne permet pas d'outrepasser un possible biais de sélection dans la liste des variables intégrées. En ce sens, ce modèle *quasi*-expérimental reste une étude observationnelle dont la vocation n'est pas de

remplacer la conduite d'une étude randomisée, car nous ne pouvons ajuster les populations que sur les variables mesurées. Il constitue toutefois une alternative intéressante, beaucoup moins contraignante (particulièrement dans le cadre de l'urgence préhospitalière) et beaucoup moins coûteuse que les essais randomisés.

6.4. Comparabilité à la littérature

Les spécificités propres au système français de prise en charge de l'urgence et, en particulier, de l'arrêt cardiaque, peuvent poser la question de la comparabilité de nos données à la littérature. En effet, une grande partie du corpus bibliographique nous vient d'outre-Atlantique dont le système de prise en charge de l'urgence est très différent du notre. De nombreuses études dont l'objectif était de comparer l'efficacité de ces deux modèles ont donné des résultats contradictoires et, aujourd'hui encore, la question de la pertinence d'un basculement du système franco-allemand vers un système « scoop and run » dans le cadre de la prise en charge des ACT reste entière. Néanmoins, en termes épidémiologiques, notre population était globalement comparable à celle relevée dans la littérature.

CONCLUSION

A notre connaissance, ce travail est le premier à aborder à la fois la démographie, la prise en charge et le devenir des victimes d'arrêts cardiaques traumatique. Il est également le premier travail permettant un découpage aussi fin en termes mécanistiques et lésionnels grâce à la constitution d'une base de données d'une aussi grande taille. Il constitue ainsi un véritable outil pour la compréhension de la thématique, la levée de nombreuses idées reçues concernant l'arrêt cardiaque traumatique et la discussion de plusieurs points de discorde abordés dans la littérature. En ce sens, ce document à visée de santé publique contient de nombreuses pistes à explorer ou à confirmer dans le cadre de l'évolution des recommandations internationales de prise en charge de l'arrêt cardiaque.

En effet, ces arrêts cardiaques semblent bel et bien associés à un pronostic plus sombre que celui des arrêts cardiaques médicaux à contexte et prise en charge comparables. Cependant, la survenue d'un arrêt cardiaque traumatique n'est ni systématiquement léthale ni systématiquement associée à un pronostic neurologique défavorable. De plus, les caractéristiques de la population chez qui ce type d'évènement survient font de ces patients de bons candidats au don d'organe, qu'il soit prévu au décours de la prise en charge préhospitalière (filière DDAC) soit à la suite d'un diagnostic de mort encéphalique.

Bien que le pronostic des ACT soit plus sombre que celui des ACM, les résultats montrent que les règles d'abstention ou de suspension de réanimations proposées par les deux associations américaines NAEMSP et ACSCOT ne devraient pas être appliquées à notre population, ou devraient au moins faire l'objet de nombreuses adaptations. Toutefois, il existe des cas dans lesquels nous n'avons enregistré aucun survivant ni donneur d'organe malgré une prise en charge à la fois fréquente, prompte et technique ; cas ne nous donnant donc pas d'arguments pour statuer en défaveur des recommandations américaines pour ces patients.

Les recommandations internationales s'appliquant à notre système de prise en charge semblent respectées et nous permettent de récupérer de nombreux patients en dépit de critères pronostics de décès voire prédisant une survie nulle dans une partie de la littérature. La chaîne de survie préhospitalière connaît les mêmes faiblesses que dans le cas des autres types d'arrêts cardiaques (non-traumatiques), bien que les premiers

maillons soient encore plus fragiles que dans les cas d'arrêts cardiaques médicaux. L'information et, surtout, la formation du grand public à la reconnaissance et à la prise en charge de ces arrêts cardiaques est une piste d'amélioration qu'il faut favoriser et promouvoir afin de les renforcer. On remarque également que la prise en charge spécialisée de l'ACT est assez homogène malgré des causes et des caractéristiques lésionnelles très dissemblables. Nous pouvons notamment entamer quelques pistes de réflexion autour de l'implémentation de certains gestes techniques qui ne sont recommandés que pour traiter des causes réversibles d'AC qui le sont dans de nombreux cas.

A la lumière de ces éléments, il apparaît possible que la pratique englobant la prise en charge de ces évènements pourrait bénéficier d'améliorations. Ainsi, ce travail pourrait renforcer la légitimité des registres de santé dans l'analyse des pratiques, la rédaction de recommandations harmonisées, l'optimisation des prises en charge et l'amélioration de la survie et du pronostic général des victimes. *In fine*, l'extension de ce type de travail issu d'un registre pourrait permettre la prise de température de la performance de tout un système (la prise en charge des urgences préhospitalières), pavant une route menant vers la recherche de l'excellence.

TABLE DES FIGURES

1. ECG montrant une fibrillation ventriculaire 31
2. ECG montrant une tachycardie ventriculaire 31
3. ECG montrant une asystolie 32
4. Chaîne de survie préhospitalière 42
5. Algorithme de prise en charge spécialisée (ALS) de l'arrêt cardiaque..... 49
6. Carte des SAMU/SMUR participant au Registre électronique des Arrêts Cardiaques (RéAC).....63
7. Part des décès provoqués par les traumatismes en Europe 67
8. Algorithme de prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique (ACT)..... 81
9. Diagramme des flux de l'étude 94
10. Constitution des groupes d'ACT 95
11. Diagramme des flux du modèle de propension..... 102
12. Caractérisation lésionnelle de l'ACT 104
14. Services receveurs des victimes d'ACT.....108
15. Rythme initial des patients survivants à J30 110
16. Etat des lieux du don d'organe des patients victimes d'ACT 110
17. Services receveurs des victimes d'ACT sur TC isolé 116
18. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TC+TTA) 121
19. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TC+TTA+TM) 126
20. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TTA) 135
21. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TTA+TM) 140
22. Services receveurs des patients victimes d'ACT (TM) 145
23. Différences absolues standardisées entre ACT et ACM avant et après appariement par score de propension.....153
24. Proposition d'arbre décisionnel pour la prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique 173

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Règles de "Termination of Resuscitation" de la NAEMSP-ACSCOT 86
Tableau 2 : Liste et dictionnaire des facteurs confondants sélectionnés 98
Tableau 3. Contexte et caractérisation des ACT 104
Tableau 4. Prise en charge de l'ACT 105
Tableau 5. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT 107
Tableau 6. Devenir des victimes d'ACT 109
Tableau 7: Contexte et caractérisation des ACT (TC isolé) 113
Tableau 8. Prise en charge de l'ACT (TC isolé) 114
Tableau 9. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC isolé) 114
Tableau 10. Devenir des patients (TC isolé) 117
Tableau 11. Contexte et caractérisation des ACT (TC+TTA) 118
Tableau 12. Prise en charge de l'ACT (TC+TTA) 119
Tableau 13. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC+TTA) 120
Tableau 14. Devenir des victimes d'ACT (TC+TTA) 122
Tableau 15. Contexte et caractérisation des ACT (TC+TTA+TM) 123
Tableau 16. Prise en charge de l'ACT (TC+TTA+TM) 124
Tableau 17. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC+TTA+TM) 125
Tableau 18. Devenir des victimes d'ACT (TC+TTA+TM) 127
Tableau 19. Contexte et caractérisation des ACT (TC+TM) 128
Tableau 20. Prise en charge de l'ACT (TC+TM) 129
Tableau 21. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TC+TM) 130
Tableau 22. Devenir des victimes d'ACT (TC+TM) 131
Tableau 23. Contexte et caractérisation des ACT (TTA) 132
Tableau 24. Prise en charge de l'ACT (TTA) 133
Tableau 25. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TTA) 134
Tableau 26. Devenir des victimes d'ACT (TTA) 136
Tableau 27. Contexte et caractérisation des ACT (TTA+TM) 137
Tableau 28. Prise en charge de l'ACT (TTA+TM) 138
Tableau 29. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TTA+TM) ... 139

Tableau 30. Devenir des victimes d'ACT (TTA+TM) 141
Tableau 31. Contexte et caractérisation des ACT (TM) 142
Tableau 32. Prise en charge de l'ACT (TM) 143
Tableau 33. Caractérisation de la prise en charge médicalisée de l'ACT (TM) 144
Tableau 34. Devenir des victimes d'ACT (TM) 146
Tableau 35. Survie des patients en fonction du rythme initial (traumatisme fermé) ... 147
Tableau 36. Survie des patients en fonction du rythme initial (traumatisme pénétrant) 148
Tableau 37. Comparatif ACT/ACM 150
Tableau 38 : Tableau comparatif des DAS sur populations non ajustées et ajustées 152

REFERENCES

1. Moore, L., *Measuring quality and effectiveness of prehospital EMS.* Prehosp Emerg Care, 1999. **3**(4): p. 325-31.
2. Sasser S, V.M., Kellermann A, Lormand J, *Prehospital trauma care systems.* World Heath Organization, 2005.
3. Razzak JA, K.A., *Emergency medical care in developing countries: is it worthwhile?* Bulletin of the World Health Organiation, 2002. **80**(11): p. 5.
4. Martinez, R., *New vision for the role of emergency medical services.* Ann Emerg Med, 1998. **32**(5): p. 594-9.
5. Larcan A, B.P., *Remarques concernant la prévention, la notion d'urgence et l'organisation des secours au XVIIIeme siècle* Université Paris Didierot, 1977: p. 8.
6. Pozner, C.N., et al., *International EMS systems: The United States: past, present, and future.* Resuscitation, 2004. **60**(3): p. 239-44.
7. Al-Shaqsi, S., *Models of International Emergency Medical Service (EMS) Systems.* Oman Medical Journal, 2010. **25**(4): p. 320-323.
8. Dick, W.F., *Anglo-American vs. Franco-German emergency medical services system.* Prehosp Disaster Med, 2003. **18**(1): p. 29-35; discussion 35-7.
9. Symons, P. and M. Shuster, *International EMS Systems: Canada.* Resuscitation, 2004. **63**(2): p. 119-22.
10. Trevithick, S., et al., *International EMS systems: New South Wales, Australia.* Resuscitation, 2003. **59**(2): p. 165-70.
11. Sasser, S., M. Gibbs, and T. Blackwell, *Prehospital emergency care in Abu Dhabi, United Arab Emirates.* Prehospital Emergency Care, 2004. **8**(1): p. 51-57.
12. Adnet, F. and F. Lapostolle, *International EMS systems: France.* Resuscitation, 2004. **63**(1): p. 7-9.
13. Roessler, M. and O. Zuzan, *EMS systems in Germany.* Resuscitation, 2006. **68**(1): p. 45-49.
14. Weninger, P., H. Hertz, and W. Mauritz, *International EMS: Austria.* Resuscitation, 2005. **65**(3): p. 249-54.
15. Papaspyrou, E., et al., *International EMS systems: Greece.* Resuscitation, 2004. **63**(3): p. 255-9.
16. Spiteri, A., *EMS systems in Malta.* Resuscitation, 2008. **76**(2): p. 165-7.
17. Langhelle, A., et al., *International EMS Systems: the Nordic countries.* Resuscitation, 2004. **61**(1): p. 9-21.
18. Roudsari, B.S., et al., *Emergency Medical Service (EMS) systems in developed and developing countries.* Injury, 2007. **38**(9): p. 1001-13.
19. Sayre, M.R., et al., *Field trial of endotracheal intubation by basic EMTs.* Ann Emerg Med, 1998. **31**(2): p. 228-33.
20. Nichol, G., et al., *Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome.* Jama, 2008. **300**(12): p. 1423-31.
21. Key, C.B., *Operational issues in EMS.* Emerg Med Clin North Am, 2002. **20**(4): p. 913-27.

22. Pantridge, J.F. and J.S. Geddes, *A mobile intensive-care unit in the management of myocardial infarction.* Lancet, 1967. **2**(7510): p. 271-3.
23. Champion, H.R., et al., *A revision of the Trauma Score.* J Trauma, 1989. **29**(5): p. 623-9.
24. Moore, L., et al., *Statistical validation of the Revised Trauma Score.* J Trauma, 2006. **60**(2): p. 305-11.
25. SUdF, *Organisation de la médecine d'urgence en France: Un défi pour l'avenir.* Livre Blanc; SAMU-Urgences de France, 2015: p. 48.
26. Hubert, H., et al., *Rationale, methodology, implementation, and first results of the French out-of-hospital cardiac arrest registry.* Prehosp Emerg Care, 2014. **18**(4): p. 511-9.
27. Yeguiayan, J.M., et al., *Medical pre-hospital management reduces mortality in severe blunt trauma: a prospective epidemiological study.* Crit Care, 2011. **15**(1): p. R34.
28. Pochmaliki G, L.J., 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.* Archives des maladies du coeur et des vaisseaux, 2007. **100**(10): p. 7.
29. Nikkanen, H.E., C. Pouges, and L.M. Jacobs, *Emergency Medicine in France.* Annals of Emergency Medicine, 1998. **31**(1): p. 116-120.
30. Roudsari, B.S., et al., *International comparison of prehospital trauma care systems.* Injury, 2007. **38**(9): p. 993-1000.
31. Arnold, J.L., *International emergency medicine and the recent development of emergency medicine worldwide.* Ann Emerg Med, 1999. **33**(1): p. 97-103.
32. Krafft, T., et al., *European Emergency Data Project (EED Project): EMS data-based health surveillance system.* Eur J Public Health, 2003. **13**(3 Suppl): p. 85-90.
33. Cohen, A., *Arrêt cardio-circulatoire* Cardiologie & Pathologie cardiovasculaire. 1997, Paris: Edition Estem.
34. Herlitz, J., et al., *Effect of bystander initiated cardiopulmonary resuscitation on ventricular fibrillation and survival after witnessed cardiac arrest outside hospital.* Br Heart J, 1994. **72**(5): p. 408-12.
35. Hallstrom, A., et al., *The relationship between shocks and survival in out-of-hospital cardiac arrest patients initially found in PEA or asystole.* Resuscitation, 2007. **74**(3): p. 418-426.
36. Hasselqvist-Ax, I., et al., *Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest.* N Engl J Med, 2015. **372**(24): p. 2307-15.
37. Cha, W.C., E.J. Lee, and S.-s. Hwang, *The duration of cardiopulmonary resuscitation in emergency departments after out-of-hospital cardiac arrest is associated with the outcome: A nationwide observational study.* Resuscitation, 2015. **96**: p. 323-327.
38. Geri, G., et al., *Neurological consequences of cardiac arrest: Where do we stand?* Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation, 2014. **33**(2): p. 98-101.
39. Atwood, C., et al., *Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in Europe.* Resuscitation, 2005. **67**(1): p. 75-80.
40. Nicolas, G. and D. Lecomte, *La mort subitre d'origine cardiaque. Epidémiologie.* Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine, 1999. **183**(8): p. 1573-1580.

41. Zipes, D.P. and H.J. Wellens, *Sudden cardiac death.* Circulation, 1998. **98**(21): p. 2334-51.
42. Berdowski, J., et al., *Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies.* Resuscitation, 2010. **81**(11): p. 1479-87.
43. J.T. Gräsner, R.L., R. W. Koster, S. Masterson, B. W. Böttiger, J. Herlitz, J. Wnent, I.B.M. Tjelmeland, F. Rosell Ortiz, H. Maurer, M. Baubin, P. Mols, I. Hadžibegović, Marios Ioannides, Roman Škulec, Mads Wissenberg, Ari Salo, H. Hubert, N.I. Nikolaou, G. Lóczi, H. Svavarsdóttir, F. Semeraro, P.J. Wright, C. Clarens, R. Pijls, G. Cebula, V. Gouveia Correia, D. Cimpoesu, V. Raffay, S. Trenkler, A. Markota, A. Strömsöe, R. Burkart, G. D. Perkins, L.L. Bossaert., *EuReCa ONE - 27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: A prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe.* Resuscitation, 2016.
44. Gräsner, J.-T., B.W. Böttiger, and L. Bossaert, *EuReCa ONE – ONE month – ONE Europe – ONE goal.* Resuscitation, 2014. **85**(10): p. 1307-1308.
45. Giraud, F., C. Rascle, and M. Guignand, *Out-of-hospital cardiac arrest. Evaluation of one year of activity in Saint-Etienne's emergency medical system using the Utstein style.* Resuscitation, 1996. **33**(1): p. 19-27.
46. Rea, T.D., et al., *Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in the United States.* Resuscitation, 2004. **63**(1): p. 17-24.
47. Bougouin, W., et al., *Gender and survival after sudden cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis.* Resuscitation, 2015. **94**: p. 55-60.
48. Pell, J.P., et al., *Sex differences in outcome following community-based cardiopulmonary arrest.* Eur Heart J, 2000. **21**(3): p. 239-44.
49. Arrich, J., et al., *Gender modifies the influence of age on outcome after successfully resuscitated cardiac arrest: a retrospective cohort study.* Medicine (Baltimore), 2006. **85**(5): p. 288-94.
50. Fothergill, R.T., et al., *Increases in survival from out-of-hospital cardiac arrest: A five year study.* Resuscitation, 2013. **84**(8): p. 1089-1092.
51. Wissenberg, M., et al., *Survival after out-of-hospital cardiac arrest in relation to sex: A nationwide registry-based study.* Resuscitation, 2014. **85**(9): p. 1212-1218.
52. Ong, M.E.H., et al., *Outcomes for out-of-hospital cardiac arrests across 7 countries in Asia: The Pan Asian Resuscitation Outcomes Study (PAROS).* Resuscitation, 2015. **96**: p. 100-108.
53. Winther-Jensen, M., et al., *No difference in mortality between men and women after out-of-hospital cardiac arrest.* Resuscitation, 2015. **96**: p. 78-84.
54. Wissenberg, M., et al., *Survival after out-of-hospital cardiac arrest in relation to sex: a nationwide registry-based study.* Resuscitation, 2014. **85**(9): p. 1212-8.
55. Herlitz, J., et al., *Is there a difference between women and men in characteristics and outcome after in hospital cardiac arrest?* Resuscitation, 2001. **49**(1): p. 15-23.
56. Beck, B., et al., *Trends in traumatic out-of-hospital cardiac arrest in Perth, Western Australia from 1997 to 2014.* Resuscitation, 2016. **98**: p. 79-84.
57. Hubert, H., et al., *Can we identify termination of resuscitation criteria in cardiac arrest due to drowning: results from the French national out-of-hospital cardiac arrest registry.* Journal of Evaluation in Clinical Practice, 2016: p. n/a-n/a.

58. Jang, D.B., et al., *Interaction of the diabetes mellitus and cardiac diseases on survival outcomes in out-of-hospital cardiac arrest.* Am J Emerg Med, 2016. **34**(4): p. 702-7.
59. Rea, T.D., et al., *Incidence of out-of-hospital cardiac arrest.* Am J Cardiol, 2004. **93**(12): p. 1455-60.
60. Hasegawa, K., et al., *Regional variability in survival outcomes of out-of-hospital cardiac arrest: The All-Japan Utstein Registry.* Resuscitation, 2013. **84**(8): p. 1099-1107.
61. Johnson, M.A., et al., *Females of childbearing age have a survival benefit after out-of-hospital cardiac arrest.* Resuscitation, 2013. **84**(5): p. 639-644.
62. Dyson, K., et al., *Drowning related out-of-hospital cardiac arrests: Characteristics and outcomes.* Resuscitation, 2013. **84**(8): p. 1114-1118.
63. Davies, D., M. Lang, and R. Watts, *Paediatric hanging and strangulation injuries: A 10-year retrospective description of clinical factors and outcomes.* Paediatr Child Health, 2011. **16**(10): p. e78-81.
64. Wee, J.H., et al., *Outcome analysis after cardiac arrest due to hanging.* Resuscitation, 2010. **81**(2, Supplement): p. S36.
65. Ro, Y.S., et al., *Bystander cardiopulmonary resuscitation training experience and self-efficacy of age and gender group: a nationwide community survey.* The American Journal of Emergency Medicine, 2016. **34**(8): p. 1331-1337.
66. Kitamura, T., et al., *Trends in survival among elderly patients with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective, population-based observation from 1999 to 2011 in Osaka.* Resuscitation, 2014. **85**(11): p. 1432-1438.
67. Masterson, S., et al., *Urban and rural differences in out-of-hospital cardiac arrest in Ireland.* Resuscitation, 2015. **91**: p. 42-47.
68. Pleskot, M., et al., *Characteristics and short-term survival of individuals with out-of-hospital cardiac arrests in the East Bohemian region.* Resuscitation, 2006. **68**(2): p. 209-20.
69. Stromsoe, A., et al., *Improved outcome in Sweden after out-of-hospital cardiac arrest and possible association with improvements in every link in the chain of survival.* Eur Heart J, 2015. **36**(14): p. 863-71.
70. Waalewijn, R.A., R. de Vos, and R.W. Koster, *Out-of-hospital cardiac arrests in Amsterdam and its surrounding areas: results from the Amsterdam resuscitation study (ARREST) in Utstein style.* Resuscitation, 1998. **38**(3): p. 157-167.
71. McMullan, J., et al., *Airway management and out-of-hospital cardiac arrest outcome in the CARES registry.* Resuscitation, 2014. **85**(5): p. 617-622.
72. Eisenberg, M.S., et al., *Cardiac arrest and resuscitation: A tale of 29 cities.* Annals of Emergency Medicine, 1990. **19**(2): p. 179-186.
73. Morrison, L.J., et al., *Rationale, development and implementation of the Resuscitation Outcomes Consortium Epistry—Cardiac Arrest.* Resuscitation, 2008. **78**(2): p. 161-169.
74. Andersen, L.W., et al., *The relationship between age and outcome in out-of-hospital cardiac arrest patients.* Resuscitation, 2015. **94**: p. 49-54.
75. Iwami, T., et al., *Outcome and characteristics of out-of-hospital cardiac arrest according to location of arrest: A report from a large-scale, population-based study in Osaka, Japan.* Resuscitation, 2006. **69**(2): p. 221-228.

76. Ginsberg, G.M., J.D. Kark, and S. Einav, *Cost–utility analysis of treating out of hospital cardiac arrests in Jerusalem.* Resuscitation, 2015. **86**(0): p. 54-61.
77. Descatha, A., et al., *Details of the initial management of cardiac arrest occurring in the workplace in a French urban area.* Resuscitation, 2005. **65**(3): p. 301-307.
78. Marijon, E., et al., *Population Movement and Sudden Cardiac Arrest Location.* Circulation, 2015.
79. J Escutnaire, P.B., E Babykina, K Tazarourte, C El Khoury, C Vilhelm JB Marc, E Wiel, N Segal, PY Gueugniaud, H Hubert, GR-RéAC, *Epidemiology of Cardiac Arrests in Airports: Four Years Results of the French National Cardiac Arrest Registry.* British Journal of Medicine & Medical Research, 2016. **15**(8): p. 8.
80. Moon, S., et al., *Analysis of out-of-hospital cardiac arrest location and public access defibrillator placement in Metropolitan Phoenix, Arizona.* Resuscitation, (0).
81. Siddiq, A.A., S.C. Brooks, and T.C.Y. Chan, *Modeling the impact of public access defibrillator range on public location cardiac arrest coverage.* Resuscitation, 2013. **84**(7): p. 904-909.
82. Lijovic, M., et al., *Public access defibrillation—Results from the Victorian Ambulance Cardiac Arrest Registry.* Resuscitation, 2014. **85**(12): p. 1739-1744.
83. del Castillo, J., et al., *Long-term evolution after in-hospital cardiac arrest in children: Prospective multicenter multinational study.* Resuscitation, 2015. **96**: p. 126-134.
84. Escutnaire, J., et al., *Pediatric cardiac arrest: Specific or similar to adult cardiac arrest?* Resuscitation, 2014. **85**: p. S90-S91.
85. Zwingmann, J., et al., *Outcome and risk factors in children after traumatic cardiac arrest and successful resuscitation.* Resuscitation, 2015. **96**: p. 59-65.
86. Labenne, M. and O. Paut, *Arrêt cardiaque chez l'enfant : définition, épidémiologie, prise en charge et pronostic.* Journal Européen des Urgences et de Réanimation, 2014. **26**(3–4): p. 154-172.
87. Deasy, C., et al., *Paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrests in Melbourne, Australia.* Resuscitation, 2012. **83**(4): p. 471-475.
88. Daya, M.R., et al., *Out-of-hospital cardiac arrest survival improving over time: Results from the Resuscitation Outcomes Consortium (ROC).* Resuscitation, 2015. **91**: p. 108-115.
89. Aune, S., et al., *Improvement in the hospital organisation of CPR training and outcome after cardiac arrest in Sweden during a 10-year period.* Resuscitation, 2011. **82**(4): p. 431-435.
90. Strömsöe, A., et al., *Education in cardiopulmonary resuscitation in Sweden and its clinical consequences.* Resuscitation, 2010. **81**(2): p. 211-216.
91. Lai, H., et al., *Interventional strategies associated with improvements in survival for out-of-hospital cardiac arrests in Singapore over 10 years.* Resuscitation, 2015. **89**(0): p. 155-161.
92. Sasson, C., et al., *Predictors of survival from out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis.* Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2010. **3**(1): p. 63-81.
93. Valenzuela, T.D., et al., *Cost-effectiveness analysis of paramedic emergency medical services in the treatment of prehospital cardiopulmonary arrest.* Ann Emerg Med, 1990. **19**(12): p. 1407-11.

94. Suchard, J.R., F.R. Fenton, and R.D. Powers, *Medicare expenditures on unsuccessful out-of-hospital resuscitations.* J Emerg Med, 1999. **17**(5): p. 801-5.
95. Lee, K.H., D.C. Angus, and N.S. Abramson, *Cardiopulmonary resuscitation: what cost to cheat death?* Crit Care Med, 1996. **24**(12): p. 2046-52.
96. Jakobsson, J., et al., *Cost of a saved life following out-of-hospital cardiac arrest resuscitated by specially trained ambulance personnel.* Acta Anaesthesiol Scand, 1987. **31**(5): p. 426-9.
97. Berdowski, J., et al., *Survival and health care costs until hospital discharge of patients treated with onsite, dispatched or without automated external defibrillator.* Resuscitation, 2010. **81**(8): p. 962-7.
98. Naess, A.C. and P.A. Steen, *Long term survival and costs per life year gained after out-of-hospital cardiac arrest.* Resuscitation, 2004. **60**(1): p. 57-64.
99. Fukuda, T., et al., *Health care costs related to out-of-hospital cardiopulmonary arrest in Japan.* Resuscitation, 2013. **84**(7): p. 964-969.
100. Millin, M.G., et al., *Withholding and termination of resuscitation of adult cardiopulmonary arrest secondary to trauma: resource document to the joint NAEMSP-ACSCOT position statements.* The journal of trauma and acute care surgery, 2013. **75**(3): p. 8.
101. Verhaert, D.V.M., et al., *Termination of resuscitation in the prehospital setting: A comparison of decisions in clinical practice vs. recommendations of a termination rule.* Resuscitation, 2016. **100**: p. 60-65.
102. Morrison, L.J., et al., *Implementation trial of the basic life support termination of resuscitation rule: Reducing the transport of futile out-of-hospital cardiac arrests.* Resuscitation, 2014. **85**(4): p. 486-491.
103. Bosson, N., et al., *Re-examining outcomes after unsuccessful out-of-hospital resuscitation in the era of field termination of resuscitation guidelines and regionalized post-resuscitation care.* Resuscitation, 2014. **85**(7): p. 915-919.
104. Medicine, A.C.O.S.o.T.C.O.E.P.E.M.C.A.O.E.P.A.O.P.o.P.E., *Withholding or Termination of Resuscitation in Pediatric Out-of-Hospital Traumatic Cardiopulmonary Arrest.* Annals of Emergency Medicine, 2014. **63**(4): p. 504-515.
105. 2015, C.E.d.R.G.d.r.d.d., *Les directives de Réanimation 2015.* 2016. **1**(1): p. 280.
106. Gallagher, E.J., G. Lombardi, and P. Gennis, *Effectiveness of bystander cardiopulmonary resuscitation and survival following out-of-hospital cardiac arrest.* Jama, 1995. **274**(24): p. 1922-5.
107. Weston, C.F., R.J. Wilson, and S.D. Jones, *Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a multivariate analysis.* Resuscitation, 1997. **34**(1): p. 27-34.
108. Lee, S.Y., et al., *Interaction effects between highly-educated neighborhoods and dispatcher-provided instructions on provision of bystander cardiopulmonary resuscitation.* Resuscitation, 2016. **99**: p. 84-91.
109. Infinger, A.E., S. Vandeventer, and J.R. Studnek, *Introduction of performance coaching during cardiopulmonary resuscitation improves compression depth and time to defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest.* Resuscitation, 2014. **85**(12): p. 1752-1758.
110. Smith, L.M., et al., *Can lay responder defibrillation programmes improve survival to hospital discharge following an out-of-hospital cardiac arrest?* Australian Critical Care, 2007. **20**(4): p. 137-145.

111. MacDonald, R.D., J.L. Mottley, and C. Weinstein, *Impact of prompt defibrillation on cardiac arrest at a major International Airport.* Prehospital Emergency Care, 2002. **6**(1): p. 1-5.
112. Frohlich, G.M., et al., *Out-of-hospital cardiac arrest -optimal management.* Curr Cardiol Rev, 2013. **9**(4): p. 316-24.
113. Cummins, R.O., et al., *Improving survival from sudden cardiac arrest: the "chain of survival" concept. A statement for health professionals from the Advanced Cardiac Life Support Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, American Heart Association.* Circulation, 1991. **83**(5): p. 1832-47.
114. Chien, C.-Y., et al., *Is 15 minutes an appropriate resuscitation duration before termination of a traumatic cardiac arrest? A case-control study.* The American Journal of Emergency Medicine, 2016. **34**(3): p. 505-509.
115. Vaillancourt, C., I.G. Stiell, and G.A. Wells, *Understanding and improving low bystander CPR rates: a systematic review of the literature.* Cjem, 2008. **10**(1): p. 51-65.
116. Sorets, T.R. and F.J. Mateen, *Mandatory CPR Training in US High Schools.* Mayo Clinic Proceedings, 2015. **90**(6): p. 710-712.
117. Kanstad, B.K., S.A. Nilsen, and K. Fredriksen, *CPR knowledge and attitude to performing bystander CPR among secondary school students in Norway.* Resuscitation, 2011. **82**(8): p. 1053-1059.
118. Stroobants, J., et al., *Schoolchildren as BLS instructors for relatives and friends: Impact on attitude towards bystander CPR.* Resuscitation, 2014. **85**(12): p. 1769-1774.
119. De Buck, E., et al., *Evidence-based educational pathway for the integration of first aid training in school curricula.* Resuscitation, 2015. **94**: p. 8-22.
120. Baldi, E., et al., *Teaching CPR in secondary schools improves the rate of bystander CPR in a city and its neighbourhoods: Results of #SCUOLESICURE project.* Resuscitation, 2016. **106, Supplement 1**: p. e11.
121. Goldberg, R.J., et al., *Layperson CPR--are we training the right people?* Ann Emerg Med, 1984. **13**(9 Pt 1): p. 701-4.
122. Cobb, L.A., et al., *Community cardiopulmonary resuscitation.* Annu Rev Med, 1980. **31**: p. 453-62.
123. McNally, B., et al., *CARES: Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival.* Annals of Emergency Medicine, 2009. **54**(5): p. 674-683.e2.
124. Brennan, R.T. and A. Braslow, *Are we training the right people yet? A survey of participants in public cardiopulmonary resuscitation classes.* Resuscitation, 1998. **37**(1): p. 21-5.
125. Cartledge, S., et al., *A systematic review of basic life support training targeted to family members of high-risk cardiac patients.* Resuscitation, 2016. **105**: p. 70-78.
126. Monsieurs, K.G., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary.* Resuscitation, 2015. **95**: p. 1-80.
127. Bossaert, L.L., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 11. The ethics of resuscitation and end-of-life decisions.* Resuscitation, 2015. **95**: p. 302-311.
128. Kim, S.J., et al., *Comparing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: A meta-analysis.* Resuscitation, 2016. **103**: p. 106-16.

129. Turakhia, M. and Z.H. Tseng, *Sudden cardiac death: epidemiology, mechanisms, and therapy.* Current problems in cardiology, 2007. **32**(9): p. 501-546.
130. Mehra, R., *Global public health problem of sudden cardiac death.* J Electrocardiol, 2007. **40**(6 Suppl): p. S118-22.
131. Travers, A.H., et al., *Part 3: Adult Basic Life Support and Automated External Defibrillation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations.* Circulation, 2015. **132**(16 Suppl 1): p. S51-83.
132. Maconochie, I.K., et al., *Part 6: Pediatric basic life support and pediatric advanced life support: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations.* Resuscitation, 2015. **95**: p. e147-68.
133. Sanders , A.B., *Cardiac Arrest and the Limitations of Clinical Trials.* New England Journal of Medicine, 2011. **365**(9): p. 850-851.
134. McNally, B., *The importance of cardiac arrest registries.* Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 2014. **22**(Suppl 1): p. A3-A3.
135. Deming, W.E., *Out of Crisis*, ed. M.M.I.o.T. Cambridge, Center for Advanced Engineering Study. 1986. 507.
136. Einsenberg, M.S., *Resuscitate! How Your Community Can Improve Survival from Sudden Cardiac Arrest*, U.o.W. Press, Editor. 2015.
137. Gueugniaud, P.-Y., et al., *L'arrêt cardiaque en France : pourquoi un registre national ?* La Presse Médicale, 2011. **40**(6): p. 634-638.
138. Chamberlain, D., et al., *Recommended guidelines for uniform reporting of data from out-of-hospital cardiac arrest: the 'Utstein style': Prepared by a Task Force of Representatives from the European Resuscitation Council, American Heart Association, Heart and Stroke Foundation of Canada, Australian Resuscitation Council.* Resuscitation, 1991. **22**(1): p. 1-26.
139. Zaritsky, A., et al., *Recommended guidelines for uniform reporting of pediatric advanced life support: the Pediatric Utstein Style. A statement for healthcare professionals from a task force of the American Academy of Pediatrics, the American Heart Association, and the European Resuscitation Council.* Resuscitation, 1995. **30**(2): p. 95-115.
140. Jacobs, I., et al., *Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update and simplification of the Utstein templates for resuscitation registries: a statement for healthcare professionals from a task force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian Resuscitation Council, New Zealand Resuscitation Council, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Councils of Southern Africa).* Circulation, 2004. **110**(21): p. 3385-97.
141. Langhelle, A., et al., *Recommended guidelines for reviewing, reporting, and conducting research on post-resuscitation care: The Utstein style.* Resuscitation, 2005. **66**(3): p. 271-283.
142. Perkins, G.D., et al., *Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: Update of the Utstein resuscitation registry templates for out-of-hospital cardiac arrest: A Statement for Healthcare Professionals From a Task Force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association,*

European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia); and the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation1. Resuscitation, 2015(0).

143. Nishiuchi, T., et al., *Incidence and survival rate of bystander-witnessed out-of-hospital cardiac arrest with cardiac etiology in Osaka, Japan: a population-based study according to the Utstein style.* Resuscitation, 2003. **59**(3): p. 329-35.
144. Kuisma, M. and T. Maatta, *Out-of-hospital cardiac arrests in Helsinki: Utstein style reporting.* Heart, 1996. **76**(1): p. 18-23.
145. Holmberg, M., S. Holmberg, and J. Herlitz, *Effect of bystander cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden.* Resuscitation, 2000. **47**(1): p. 59-70.
146. Gräsner, J.-T. and L. Bossaert, *Epidemiology and management of cardiac arrest: What registries are revealing.* Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2013. **27**(3): p. 293-306.
147. Truhlář, A., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances.* Resuscitation, 2015. **95**: p. 148-201.
148. David, J.S., et al., *Does the prognosis of cardiac arrest differ in trauma patients?* Crit Care Med, 2007. **35**(10): p. 2251-5.
149. Huber-Wagner, S., et al., *Outcome in 757 severely injured patients with traumatic cardiorespiratory arrest.* Resuscitation, 2007. **75**(2): p. 276-285.
150. Søreide, K., *Epidemiology of major trauma.* British Journal of Surgery, 2009. **96**(7): p. 697-698.
151. Alberdi, F., et al., *Epidemiología del trauma grave.* Medicina Intensiva, 2014. **38**(9): p. 580-588.
152. Schaal, J.-V.R., M, *Triage et scores de gravité*. MAPAR 2013. Vol. 133-146. 2013, Paris.
153. Greenspan, L., B.A. McLellan, and H. Greig, *Abbreviated Injury Scale and Injury Severity Score: a scoring chart.* J Trauma, 1985. **25**(1): p. 60-4.
154. Baker, S.P., et al., *The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care.* J Trauma, 1974. **14**(3): p. 187-96.
155. Zwingmann, J., et al., *Survival and neurologic outcome after traumatic out-of-hospital cardiopulmonary arrest in a pediatric and adult population: a systematic review.* Crit Care, 2012. **16**(4): p. R117.
156. Deasy, C., et al., *Traumatic out-of-hospital cardiac arrests in Melbourne, Australia.* Resuscitation, 2012. **83**(4): p. 465-470.
157. Gräsner, J.-T., et al., *Cardiopulmonary resuscitation traumatic cardiac arrest - there are survivors. An analysis of two national emergency registries.* Critical Care, 2011. **15**(6): p. R276-R276.
158. Barnard, E., et al., *Epidemiology and aetiology of traumatic cardiac arrest in England and Wales - A retrospective database analysis.* Resuscitation, 2017. **110**: p. 90-94.
159. Moriwaki, Y., et al., *Outcomes from prehospital cardiac arrest in blunt trauma patients.* World Journal of Surgery, 2011. **35**(1): p. 8.

160. Chia, M.Y., et al., *Characteristics and outcomes of young adults who suffered an out-of-hospital cardiac arrest (OHCA).* Resuscitation, 2017. **111**: p. 34-40.
161. Beck, B., et al., *Resuscitation attempts and duration in traumatic out-of-hospital cardiac arrest.* Resuscitation, 2017. **111**: p. 14-21.
162. Bhoi, S., et al., *Epidemiology of traumatic cardiac arrest in patients presenting to emergency department at a level 1 trauma center.* Indian J Crit Care Med, 2016. **20**(8): p. 469-72.
163. A.S Rosemurgy, P.A.N., S.M Olson, J.M Hurst, M.H Albrink, *Prehospital traumatic arrest: the cost of futility.* Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 1993. **35**: p. 5.
164. Falcone, R.E., et al., *Air medical transport for the trauma patient requiring cardiopulmonary resuscitation: a 10-year experience.* Air Med J, 1995. **14**(4): p. 197-203; discussion 204-5.
165. Faucher, A., et al., *[Optimize the resuscitation of prehospital cardiac arrest in trauma patients: a prospective register's experience].* Ann Fr Anesth Reanim, 2009. **28**(5): p. 442-7.
166. Willis, C.D., et al., *Cardiopulmonary resuscitation after traumatic cardiac arrest is not always futile.* Injury, 2006. **37**(5): p. 448-454.
167. Perron, A.D., et al., *Predicting survival in pediatric trauma patients receiving cardiopulmonary resuscitation in the prehospital setting.* Prehosp Emerg Care, 2001. **5**(1): p. 6-9.
168. Crewdson, K., D. Lockey, and G. Davies, *Outcome from paediatric cardiac arrest associated with trauma.* Resuscitation, 2007. **75**(1): p. 29-34.
169. Lin, Y.-R., et al., *Significant factors in predicting sustained ROSC in paediatric patients with traumatic out-of-hospital cardiac arrest admitted to the emergency department.* Resuscitation, 2007. **74**(1): p. 83-89.
170. Shimazu, S. and C.H. Shatney, *Outcomes of trauma patients with no vital signs on hospital admission.* J Trauma, 1983. **23**(3): p. 213-6.
171. Lockey, D., K. Crewdson, and G. Davies, *Traumatic Cardiac Arrest: Who Are the Survivors?* Annals of Emergency Medicine, 2006. **48**(3): p. 240-244.
172. Kleber, C., et al., *Requirement for a structured algorithm in cardiac arrest following major trauma: Epidemiology, management errors, and preventability of traumatic deaths in Berlin.* Resuscitation, 2014. **85**(3): p. 405-410.
173. Wright, S.W., et al., *Aeromedical transport of patients with post-traumatic cardiac arrest.* Annals of Emergency Medicine, 1989. **18**(7): p. 721-726.
174. Mollberg, N.M., et al., *The consequences of noncompliance with guidelines for withholding or terminating resuscitation in traumatic cardiac arrest patients.* J Trauma, 2011. **71**(4): p. 997-1002.
175. Stockinger, Z.T. and N.E. McSwain Jr, *Additional evidence in support of withholding or terminating cardiopulmonary resuscitation for trauma patients in the field1.* Journal of the American College of Surgeons, 2004. **198**(2): p. 227-231.
176. Hopson, L.R., et al., *Guidelines for withholding or termination of resuscitation in prehospital traumatic cardiopulmonary arrest: joint position statement of the national association of EMS physicians and the american college of surgeons committee on trauma.* Journal of the American College of Surgeons, 2003. **196**(1): p. 106-112.

177. McSwain Jr, N.E., *Guidelines for Withholding or Termination of Resuscitation in Prehospital Traumatic Cardiopulmonary Arrest*.* Journal of the American College of Surgeons, 2003. **196**(3): p. 475-481.
178. Aprahamian, C., et al., *Traumatic cardiac arrest: Scope of paramedic services.* Annals of Emergency Medicine, 1985. **14**(6): p. 583-586.
179. Fulton, R.L., W.J. Voigt, and A.S. Hilakos, *Confusion surrounding the treatment of traumatic cardiac arrest.* J Am Coll Surg, 1995. **181**(3): p. 209-14.
180. Pickens, J.J., M.K. Copass, and E.M. Bulger, *Trauma patients receiving CPR: predictors of survival.* J Trauma, 2005. **58**(5): p. 951-8.
181. Tarmey, N.T., et al., *Outcomes following military traumatic cardiorespiratory arrest: A prospective observational study.* Resuscitation, 2011. **82**(9): p. 1194-1197.
182. Lin, C.-H., et al., *Use of automated external defibrillators in patients with traumatic out-of-hospital cardiac arrest.* Resuscitation, 2013. **84**(5): p. 586-591.
183. Leis, C.C., et al., *Traumatic cardiac arrest: should advanced life support be initiated?* J Trauma Acute Care Surg, 2013. **74**(2): p. 634-8.
184. Wright, S.W., et al., *Aeromedical transport of patients with post-traumatic cardiac arrest.* Ann Emerg Med, 1989. **18**(7): p. 721-6.
185. Cera, S.M., et al., *Physiologic predictors of survival in post-traumatic arrest.* Am Surg, 2003. **69**(2): p. 140-4.
186. Lockey, D.J., R.M. Lyon, and G.E. Davies, *Development of a simple algorithm to guide the effective management of traumatic cardiac arrest.* Resuscitation, 2013. **84**(6): p. 738-742.
187. Seamon, M.J., et al., *The use of emergency department thoracotomy for traumatic cardiopulmonary arrest.* Injury, 2012. **43**(9): p. 1355-1361.
188. Matsumoto, H., et al., *Role of resuscitative emergency field thoracotomy in the Japanese helicopter emergency medical service system.* Resuscitation, 2009. **80**(11): p. 1270-1274.
189. Cook, T.M. and K. Gupta, *Emergency thoracotomy after cardiac arrest from blunt trauma is not always futile.* Resuscitation, 2007. **74**(1): p. 187-190.
190. Søreide, K., et al., *Resuscitative emergency thoracotomy in a Scandinavian trauma hospital—Is it justified?* Injury, 2007. **38**(1): p. 34-42.
191. Keogh, S.P. and A.W. Wilson, *Survival following pre-hospital arrest with on-scene thoracotomy for a stabbed heart.* Injury, 1996. **27**(7): p. 525-527.
192. Slessor, D. and S. Hunter, *To Be Blunt: Are We Wasting Our Time? Emergency Department Thoracotomy Following Blunt Trauma: A Systematic Review and Meta-Analysis.* Annals of Emergency Medicine, 2015(0).
193. Martin, J.A., et al., *Annual summary of vital statistics: 2006.* Pediatrics, 2008. **121**(4): p. 788-801.
194. Kellermann, A.L., *Criteria for dead-on-arrivals, prehospital termination of CPR, and do-not-resuscitate orders.* Ann Emerg Med, 1993. **22**(1): p. 47-51.
195. Martin, S.K., et al., *Blunt trauma patients with prehospital pulseless electrical activity (PEA): poor ending assured.* J Trauma, 2002. **53**(5): p. 876-80; discussion 880-1.
196. *Withholding or Termination of Resuscitation in Pediatric Out-of-Hospital Traumatic Cardiopulmonary Arrest.* Annals of Emergency Medicine, 2014. **63**(4): p. 504-515.

197. Stockinger, Z.T. and N.E. McSwain, Jr., *Additional evidence in support of withholding or terminating cardiopulmonary resuscitation for trauma patients in the field.* J Am Coll Surg, 2004. **198**(2): p. 227-31.
198. O'Brien, E., D. Hendricks, and D.C. Cone, *Field termination of resuscitation: analysis of a newly implemented protocol.* Prehosp Emerg Care, 2008. **12**(1): p. 57-61.
199. Chiang, W.C., et al., *Performance of a simplified termination of resuscitation rule for adult traumatic cardiopulmonary arrest in the prehospital setting.* Emerg Med J, 2017. **34**(1): p. 39-45.
200. Mashiko, K., *Trauma systems in Japan: history, present status and future perspectives.* J Nippon Med Sch, 2005. **72**(4): p. 194-202.
201. Sasson, C., et al., *Prehospital termination of resuscitation in cases of refractory out-of-hospital cardiac arrest.* Jama, 2008. **300**(12): p. 1432-8.
202. Morrison, L.J., et al., *Derivation and evaluation of a termination of resuscitation clinical prediction rule for advanced life support providers.* Resuscitation, 2007. **74**(2): p. 266-275.
203. Morrison , L.J., et al., *Validation of a Rule for Termination of Resuscitation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest.* New England Journal of Medicine, 2006. **355**(5): p. 478-487.
204. Kajino, K., et al., *Current termination of resuscitation (TOR) guidelines predict neurologically favorable outcome in Japan.* Resuscitation, 2013. **84**(1): p. 54-59.
205. Schafer, J.L., *Multiple imputation: a primer.* Statistical Methods in Medical Research, 1999. **8**: p. 12.
206. Mattei, A., *Estimating and using propensity score in presence of missing background data: an application to assess the impact of childbearing on wellbeing.* Statistical Methods and Applications, 2009. **18**(2): p. 257-273.
207. Austin, P.C., *Optimal caliper widths for propensity-score matching when estimating differences in means and differences in proportions in observational studies.* Pharm Stat, 2011. **10**(2): p. 150-61.
208. Rosenbaum, P.R. and D.B. Rubin, *The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects.* Biometrika, 1983. **70**(1): p. 41-55.
209. (OMS), O.M.d.l.S., *La santé des femmes*, in *Aide-mémoire*, E.m. sanitaires, Editor. 2013.
210. Abella, B.S., et al., *Reducing Barriers for Implementation of Bystander-Initiated Cardiopulmonary Resuscitation.* A Scientific Statement From the American Heart Association for Healthcare Providers, Policymakers, and Community Leaders Regarding the Effectiveness of Cardiopulmonary Resuscitation, 2008. **117**(5): p. 704-709.
211. Battistella, F.D., et al., *Field triage of the pulseless trauma patient.* Arch Surg, 1999. **134**(7): p. 742-5; discussion 745-6.
212. Stratton, S.J., K. Brickett, and T. Crammer, *Prehospital pulseless, unconscious penetrating trauma victims: field assessments associated with survival.* J Trauma, 1998. **45**(1): p. 96-100.
213. Policy, C.o.t.T.o.C.A.C.S.a.F.D.B.o.H.S., *The Public Experience with Cardiac Arrest*, in *Strategies to Improve Cardiac Arrest Survival: A Time to Act.*, M.M. Institute of Medicine; Graham R, Schultz AM, Editor. 2015, National Academies Press (US): Washington (DC).

214. Zijlstra, J.A., et al., *Local lay rescuers with AEDs, alerted by text messages, contribute to early defibrillation in a Dutch out-of-hospital cardiac arrest dispatch system.* Resuscitation, 2014. **85**(11): p. 1444-1449.
215. Kitamura, T., et al., *Nationwide Improvements in Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Japan.* Circulation, 2012. **126**(24): p. 2834-2843.
216. Andresen, D., et al., *Public access resuscitation program including defibrillator training for laypersons: a randomized trial to evaluate the impact of training course duration.* Resuscitation, 2008. **76**(3): p. 419-24.
217. Soar, J., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution.* Resuscitation, 2010. **81**(10): p. 1400-1433.
218. Nolan, J.P., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary.* Resuscitation, 2010. **81**(10): p. 1219-1276.
219. Soar, J., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support.* Resuscitation, 2015. **95**: p. 100-147.
220. Gueugniaud, P.Y., et al., *A comparison of repeated high doses and repeated standard doses of epinephrine for cardiac arrest outside the hospital. European Epinephrine Study Group.* N Engl J Med, 1998. **339**(22): p. 1595-601.
221. Rosenberg, R.N., *Consciousness, coma, and brain death—2009.* JAMA, 2009. **301**(11): p. 1172-1174.
222. Burnod, A., et al., *Réanimation préhospitalière des patients à cœur arrêté en vue d'un prélèvement d'organe.* Réanimation, 2007. **16**(7): p. 687-694.
223. Kootstra, G., J.H. Daemen, and A.P. Oomen, *Categories of non-heart-beating donors.* Transplant Proc, 1995. **27**(5): p. 2893-4.
224. Cabrol, C., *Prélèvements d'organes sur donneurs à cœur arrêté.* Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine, 2007: p. 5.

Annexes

ANNEXE 1 : FICHE D'INTERVENTION REAC

1. Déclenchement SMUR

N° intervention :……

SMUR de :…… SMUR Pédiatrique : ☐Oui ☐Non Date : |__|__|__|__|__|__|__|__|

Adresse d'intervention : …… Code Postal |__|__|__|__|__| Ville……

(si ≠ adresse d'intervention)

Adresse du patient : …… Code Postal |__|__|__|__|__| Ville……

Composition de l'équipe d'intervention : Dr :…… IADE/IDE :……

Ambulancier :…… Autre :……

2. Prise en charge

Nom…… Prénom…… Sexe ☐M☐F

Date de naissance |__|__||__|__|__|__|__|__|__| OU Age estimé |__|__| N° SS |__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|

2.1 Appelant : ☐Patient ☐Famille ☐Prof de Santé ☐Prof. Secours ☐Autre

N° de Tel du 1er témoin : |__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|__| N° composé en 1er : ☐15 ☐18 ☐112 ☐Autre

2.2 Horaires de la RCP

Date de l'AC |__|__|__|__|__|__|__|__| Heure de l'AC|__|__| h |__|__| min Estimée ☐Oui ☐Non

Devant témoin ☐Oui ☐Non, Devant SP ou SMUR ☐Oui ☐Non

Heure 1er appel au « 15/18 » (=T0) : |__|__| h |__|__| min Heure arrivée SP (ou secours professionnel) : |__|__| h |__|__| min

Heure départ SMUR : |__|__| h |__|__| min Heure arrivée SMUR : |__|__| h |__|__| min

Heure 1er geste témoin : |__|__| h |__|__| min Heure 1ère analyse (SP ou SMUR ou DAE) : |__|__| h |__|__| min

Heure 1er choc électrique (SP ou SMUR ou DAE) : |__|__| h |__|__| min

Heure de RACS (si pouls perçu > 1 min) : |__|__| h |__|__| min **OU** Heure arrêt réa/décès : |__|__| h |__|__| min

Heure de fin de médicalisation: |__|__| h |__|__| min Heure de départ SMUR |__|__| h |__|__| min

Heure retour base: |__|__| h |__|__| min

3. Anamnèse et premiers gestes réalisés

Type d'arrêt cardiaque : ☐**Médical** ☐**Traumatique**

3.1 Lieu de l'AC

☐Domicile/ Lieu privé ☐Voie Publique ☐Lieu Public ☐Lieu de travail ☐Etablissement médico-social

☐Etablissement de santé ☐Aéroport ☐Gare ☐Autre lieu :……

Si survenu lors d'une activité sportive : ☐sport loisir ☐compétition

3.2 Antécédents et contexte

Taille estimée |__|__|__| cm

Poids estimé |__|__|__| Kg

Antécédents médicaux connus :

☐Cardiovasculaire

☐Respiratoire

☐Diabète

☐Fin de vie

☐Autre ……

☐Aucun

Cause présumée de l'AC

AC médical

☐Cardiaque

☐Neurologique

☐Respiratoire dyspnée, asphyxie

☐Fausse route

☐Intoxication

☐Noyade

☐Autre

Précisez:……

AC traumatique ☐Pénétrant ☐Fermé

☐Arme blanche

☐Arme à feu

☐AVP

☐Chute

☐Hémorragie

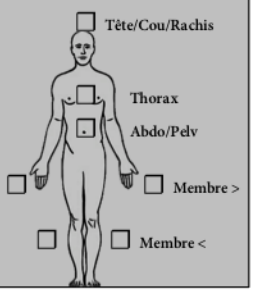
☐Pendaison

☐Autre :

Précisez :……

ET

Cocher les cases correspondantes



3.3 Témoins

☐Famille/Proche ☐Secouriste ☐Prof de Santé ☐Autre

Si AC devant témoin : RCP immédiate ☐Oui ☐Non MCE ☐Oui ☐Non Ventilation ☐Oui ☐Non

Conseil Téléphonique / RCP ☐Oui ☐Non

3.4 RCP non spécialisée par premier intervenant (autre que témoin)

RCP non spécialisée débutée : ☐Oui ☐Non Si oui, ☐SP ☐Autres secouristes ☐Autre

MCE ☐Oui ☐Non Ventilation ☐Oui ☐Non Planche à masser ☐Oui ☐Non MCE-CDA ☐Oui ☐Non

Garrot ☐Oui ☐Non Hémostase/compression ☐Oui ☐Non Présence infirmier SP ☐Oui ☐Non

3.5 Défibrillation avant l'arrivée du SMUR

Présence DEA/DSA ☐Oui ☐Non

Par témoin / Grand Public	Par premier intervenant
Util. DEA/DSA ☐Oui ☐Non Choc(s) délivrés ☐Oui ☐Non Nb choc(s) |__|__|	Util. DEA/DSA ☐Oui ☐Non Choc(s) délivrés ☐Oui ☐Non Nb choc(s) |__|__|

Position des électrodes correcte ☐Oui ☐Non Formation témoin: ☐ Non ☐<3H ☐ >3H Pb technique ☐Oui ☐Non

4. Prise en charge SMUR

Rythme initial : ☐Asystole ☐Rythme sans pouls ☐Fibrillation Ventriculaire / TV sans pouls ☐Activité spontanée

Réanimation SMUR ☐Oui ☐Non Gasps ☐Oui ☐Non Rigidité cadavérique ☐Oui ☐Non

Observation clinique :

Personne à prévenir :

Nom :…… Prénom :…… *N°Tel :* |__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|

MCE ☐Oui ☐Non MCE automatique ☐Oui ☐Non RCP réalisée devant la famille ☐Oui ☐Non

Nombre de CEE : |__|__| Type de chocs : ☐Biphasique ☐Monophasique

Energie du 1er choc : ☐ <100 J ☐100-149 J ☐150-199 J ☐200-300 J ☐>300 J

Energie du dernier choc : ☐ <100 J ☐100-149 J ☐150-199 J ☐200-300 J ☐>300 J

4.1 Ventilation

☐IOT+BAVU ☐IOT+VAC (volume assisté contrôlé) ☐ICO/Boussignac ☐Masque ☐Autre

Heure d'IOT : |__|__| h |__|__| min Intubation impossible ☐Oui ☐Non Inhalation ☐Oui ☐Non

Valeur maxi EtCO2 pendant RCP : |__|__| mmHg

4.2 Injection / Perfusion

☐IV Périphérique ☐Intra-osseuse ☐IV centrale ☐Endotrachéale

Heure 1ère injection d'adrénaline (SMUR) : |__|__| h |__|__| min

Nombre d'injections d'adrénaline : |__|__| Dose totale d'adrénaline : |__|__| mg OU |__|__|__|__|µ

Nombre d'injections d'amiodarone : |__|__| Dose totale d'amiodarone : |__|__|__| mg

☐Fibrinolytique, si oui lequel :…… dose :…… ☐Aspirine ☐Bicarbonates ☐Atropine

☐Autres :…… ☐Protocole scientifique SMUR (recherche clinique) : si oui lequel : ……

Hypothermie induite ☐Oui ☐Non

Expansion volémique : ☐Oui ☐Non Amines au PSE ☐Oui ☐Non Transfusion PSL ☐Oui ☐Non

☐Cristalloïdes, volume total : |__|__|__|__| ml ☐ Adrénaline PGR : |__|__|__|

☐Colloïdes, volume total : |__|__|__|__| ml ☐ Noradrénaline Hémocue : |__|__|__| g/dL

☐Autre : ……

4.3 Si hémorragie

☐ Packing ☐Compression ☐Garrot ☐Hémostase chirurgicale ☐Hémostase efficace

4.4 Abords du thorax

☐ Décompression ☐Thoracostomie / Drainage unilatéral ☐Thoracostomie / Drainage bilatéral

☐Thoracotomie de sauvetage

4.5 RACS (pouls perçu > 1min) : ☐ **Oui** ☐ **Non**

Dextro : |__|,|__| g/L ou |__|__|,|__| mmol/L Température : |__|__|,|__| °C

	Avant le transport								
Heure hh : mm	:	:	:	:	:	:	:	:	:
FC (bpm)									
PAS/PAD (mmHg)	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SPO2 (%)									
EtCO2 (mmHg)									
Paramètre libre									
Paramètre libre									

4.6 Décès : ☐ Oui ☐ Non ☐Certificat de décès ☐Information donnée à la famille ☐Obstacle médico-légal

Directives anticipées d'abstention de RCP : ☐Oui ☐Non

4.7 Etat neurologique avant transport

CGS |__|__| Sédation ☐Oui ☐Non Pupilles : symétriques ☐Oui ☐Non réactives ☐Oui ☐Non

5. Transport

Patient transporté ☐Oui ☐Non Si oui, ☐transport terrestre ☐transport aérien

5.1 Transport à cœur arrêté (sous MCE) ☐Oui ☐Non ☐MCE manuel ☐MCE automatique

5.2 Etat hémodynamique : Stable ☐Oui ☐Non Remplissage ☐Oui ☐Non Transfusion ☐Oui ☐Non

	Pendant le transport								
Heure hh : mm	:	:	:	:	:	:	:	:	:
FC (bpm)									
PAS/PAD (mmHg)	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SPO2 (%)									
EtCO2 (mmHg)									
Paramètre libre									
Paramètre libre									

6. Admission

☐RACS ☐Décédé ☐MCE manuel ☐MCE Automatique

Amines au PSE ☐Oui ☐Non

Etat neurologique : CGS |__|__| Sédation ☐Oui ☐Non Pupilles : symétriques ☐Oui ☐Non réactives ☐Oui ☐Non

6.1 Paramètres à l'arrivée

PAS/PAD |__|__|__|/|__|__|__| mmHg **OU** ☐Non prenable EtCO2 |__|__| mmHg SpO2 |__|__|__|%

Température |__|__|,|__|°C Hb |__|__|__|g/dL Dextro |__|,|__| g/L ou |__|__|,|__| mmol/L

6.2 Prise en charge immédiate (si traumatique ou chirurgical)

☐Ponction/ Exsufflation ☐Embolisation

☐Thoracostomie / Drainage ☐Chirurgie hémostase

☐Thoracotomie ☐Autre : ……..

CENTRE RECEVEUR:…….. **NOM DU SERVICE RECEVEUR** :……

MEDECIN RECEVEUR : …… Heure d'arrivée dans le service receveur : |__|__| h |__|__| min

☐SAUV (salle d'accueil des urgences vitales) ☐Bloc ☐Radiologie ☐Réa Cardio ☐Réa Autre ☐USIC

☐SSPI/SC (salle de soins post-interventionnelle / soins continus) ☐Coronarographie ☐ECMO ☐Filière DDAC

Site officiel : http///www.registreac.org – commande de formulaires : contact@regitreac.org

ANNEXE 2 : FICHE DE SUIVI J30

Suivi du patient hospitalisé post-Arrêt Cardiaque – Service de Réanimation

RéAC

Patient .....

S.A.M.U n° ..... Service Receveur .....

S.M.U.R. ..... Hôpital .....

Date de l'Arrêt Cardiaque I__I__I / I__I__I / I__I__I__I__I jj/mm/aaaa

Evaluation réalisée le I__I__I / I__I__I / I__I__I__I__I jj/mm/aaaa

correspondant à : ☐ Date du décès ☐ J30 ☐ Sortie de Réa

Préciser la cause de l'A.C.

☐ Inconnu ☐ Cardiaque ☐ Non cardiaque

Si cardiaque :
- ☐ Coronarien
- ☐ TR isolé
- ☐ Myocardiopathie
- ☐ Dysplasie arythmogène du VD
- ☐ Embolie pulmonaire
- ☐ Autre

Si non cardiaque :
- ☐ Respiratoire
- ☐ Neurologique
- ☐ Noyade
- ☐ Intoxication
- ☐ Autre

«Cerebral Performance Categories » (CPC) à la sortie OU avant le décès
- ☐ Evolution satisfaisante (vie normale ou subnormale)
- ☐ Déficit léger (n'interdisant pas une existence autonome)
- ☐ Déficit sévère (patient dépendant mais conscient)
- ☐ Coma chronique ou état végétatif
- ☐ Coma dépassé

Hypothermie induite pendant les 24 premières heures ☐ OUI ☐ NON

Délai AC / Hypothermie I__I__I h I__I__I min OU si délais imprécis : <1H ? ☐ OUI ☐ NON

Durée d'Hypothermie (heures) ☐ 6 ☐ 12 ☐ 24 ☐ 36 ☐ 48 ☐ 72 ☐ plus de 72

Température stabilisée ☐ OUI ☐ NON Si oui, stabilisée à I__I__I °C

Mise en place d'un défibrillateur implantable ☐ OUI ☐ NON

Si patient VIVANT à la sortie de Réa

Destination :
- ☐ Autre réanimation ou surveillance continue
- ☐ Médecine
- ☐ Chirurgie
- ☐ Centre de rééducation
- ☐ Domicile

Si patient DECEDE en Réa

Contexte du décès :
- ☐ Coma
- ☐ Défaillance cardiovasculaire
- ☐ Coma + défaillance CV
- ☐ Hypoxie réfractaire
- ☐ Défaillance multi-viscérale
- ☐ Choc cardiogénique
- ☐ Choc hémorragique
- ☐ Choc septique
- ☐ Arrêt des soins
- ☐ Autre

Prélèvement à cœur arrêté ☐ OUI ☐ NON

Don d'organes ☐ OUI ☐ NON

Protocole en Réa ☐ OUI ☐ NON si OUI, préciser : .....

Commentaires : _____

Analyse épidémiologique des arrêts cardiaques traumatiques. Quelles implications pour les recommandations internationales ?

Introduction : Le pronostic des victimes d'arrêts cardiaques traumatiques (ACT) est considéré comme très péjoratif et la « futilité » d'une réanimation est souvent évoquée chez ces patients. Les recommandations internationales concernant leur prise en charge font l'objet d'un réel débat. L'objectif de cette thèse est de fournir des données épidémiologiques à grande échelle de ces patients, de leur prise en charge et de leur survie afin d'orienter les recommandations.

Matériel et Méthode : Etude nationale multicentrique basée sur les données du Registre national français des arrêts cardiaques (RéAC). Tous les ACT survenus entre le 01/07/2011 et le 01/01/2016 dont les données étaient disponibles dans la base RéAC étaient inclus. La première étape consistait en la description de la population. La seconde partie consistait en la comparaison de la population d'ACT à une population d'AC médicaux (ACM) avant et après appariement sur score de propension.

Résultats : Sur la période choisie, 3303 patients ont été inclus. Trois quarts des victimes d'ACT étaient des hommes et l'âge médian était de 45 ans. Un témoin était présent lors de l'AC dans 54,3% des cas mais ils n'initiaient une réanimation cardiopulmonaire (RCP) que chez 31,8% des victimes. A l'arrivée du SMUR, 86,9% des patients étaient en asystolie. Les équipes médicalisées initiaient une RCP spécialisée chez 71,3% des patients, au décours ou à l'issue de laquelle 16,5% avaient eu une reprise d'activité cardiaque spontanée. A l'admission, 14,5% étaient en vie. A J+30, 1,5% avaient survécu dont 67,4% avec un bon pronostic neurologique. Parallèlement, 48 patients (1,4%) avaient fait l'objet d'un prélèvement d'organes.
Sur la même période, 42628 ACM ont été inclus. Cette population était plus âgée, plus féminine et l'ACM survenait davantage à domicile. Les patients étaient davantage pris en charge par les témoins, les pompiers et le SMUR. A l'admission comme à J+30, les victimes d'ACM survivaient plus (Odds-ratio des ACT respectivement 0,629[0,570;0,695]; p<10-3 et 0,253[0,191;0,335]; p<10-3). Sur populations appariées (2449 paires), les victimes d'ACT survivaient statistiquement moins que les victimes d'ACM. Leurs chances de survie étaient 2,4 fois moindres à l'admission (OR : 0,416[0,359;0,482]; p<10-3) et 6 fois moindres à J+30 (OR : 0,168[0,117;0,241]; p<10-3).

Discussion : Les caractéristiques des victimes d'ACT incluses sont comparables à une partie du corpus bibliographique, notamment européen. On constate des faiblesses dans la chaîne de survie qui ont été évoquées par ailleurs. Les taux de survie sont faibles, parfois même en comparaison de la littérature. Cependant, on retrouve des survivants, quels que soient le rythme et les caractéristiques lésionnelles, fait contestant, en particulier, la bibliographie américaine ainsi que les recommandations en découlant. Toutefois, dans un contexte quasi-expérimental, les chances de survie des ACT étaient significativement inférieures aux ACM, contredisant certaines des rares études antérieures. Ainsi, les recommandations européennes qui soulevaient ces lacunes peuvent bénéficier de ce nouvel apport.

Conclusion : Les ACT ont des taux de survie significativement inférieurs aux ACM. Néanmoins, ils suggèrent qu'il est pertinent de proposer une RCP préhospitalière pour ces patients. Les résultats nous permettent de nous positionner davantage dans le sens proposé par les recommandations européennes qu'en celui proposé par les Etats-Unis. Toutefois, ces nouvelles données pourraient permettre de les affiner. Enfin, Il est important de garder à l'esprit que le don d'organe n'est pas anecdotique dans cette population jeune.

Mots-clefs : arrêt cardiaque ; traumatisme ; registre ; épidémiologie ; recommandations