

Noyades en cours d'eau urbains : de l'épidémiologie à l'aide à la recherche subaquatique de victimes dans le Rhône et la Saône à Lyon (France).

Urban River Drownings: from epidemiological study to assisted underwater rescue for victims in the Rhône and the Saône Rivers in Lyon, France

Célia Maghakian, Oldrich Navratil, Nicolas Riviere, Jean-Marie Zanot, Jérôme Le Coz, Anne Honegger

Célia Maghakian (UMR 5600 EVS, Université Lyon 2) c.maghakian@univ-lyon2.fr, Oldrich Navratil (UMR 5600 EVS, Université Lyon 2) oldrich.navratil@univ-lyon2.fr, Nicolas Riviere (UMR 5509 LMFA, INSA) nicolas.riviere@insa-lyon.fr, Anne Honegger (UMR 5600 EVS, CNRS) anne.honegger@ens-lyon.fr, Jean-Marie Zanot (SDMIS Lyon) jean-marie.zanot@sdmis.fr, Jérôme Le Coz (INRAE, UR Riverly, Lyon-Villeurbanne) jerome.lecoz@inrae.fr,

RÉSUMÉ

Les sapeurs-pompiers plongeurs du Service Départemental et Métropolitain d'Incendies et de Secours (SDMIS) rencontrent des difficultés lors du sauvetage de victimes de noyade dans le Rhône et la Saône à Lyon. Cela s'explique par des facteurs physiques (e.g., gabarits du Rhône et de la Saône, courants, turbidité, fond hétérogène) et par le manque de connaissances sur la dynamique d'un corps noyé. Au total, 372 interventions pour noyade ont été recensées par le SDMIS entre janvier 2015 et décembre 2020, dans le Rhône (n=275) et la Saône (n=97). Parmi les victimes de noyade sur le territoire lyonnais, les groupes surreprésentés sont les hommes (68,2%), et les adolescents et jeunes adultes (37,3%). Les incidents de noyade ont davantage lieu durant la période estivale (44,5%), et notamment lors de journées chaudes et ensoleillées. Si cette analyse statistique permettra d'améliorer la prévention, des recherches continueront à être nécessaires, et demandent de prédire la dérive des corps dans le cours d'eau (e.g., trajectoire, position dans la hauteur d'eau, vitesse de déplacement). Cette dérive est étudiée, par expérimentations *in situ* à l'aide d'un mannequin, pour permettre aux pompiers de repenser leur stratégie de recherche, en intégrant différents facteurs d'influence (e.g., débit, site, morphologie de la victime, vêtements). Le mannequin retenu, le Rescue Randy 9000, a été calibré lors de tests en conditions contrôlées, afin que son comportement dans l'eau (vitesse de chute et inclinaison) soit similaire à celui d'un corps immergé.

ABSTRACT

The professional divers of the SDMIS (*Firefighters and rescuers of Lyon*) face difficulties during the rescue of drowning victims in the Rhône and Saône Rivers in Lyon. These difficulties are due to physical factors (e.g., huge size of the Rhône and the Saône Rivers, strong currents, turbidity, heterogeneous river bed) and to the lack of knowledge on the behavior of a submerged body. A total of 372 drowning interventions were recorded by the SDMIS between January 2015 and December 2020 in the Rhône (n=275) and the Saône (n=97). Among drowning river victims in Lyon, males (68.2%), and teenagers and young adults (37.3%) are more frequent. Drownings occurred more often during summer, especially on warm and sunny days. This statistical analysis may improve prevention strategies but rescue operations will be still required, requiring how to predict the drift of a victim's body in the water (e.g., trajectory, position in the water, velocity). Using *in situ* experiments with a dummy to study this drift will allow rescue divers to rethink their search strategy, considering different factors (e.g., discharge, site, morphology of the victim, clothing). The selected dummy, the Rescue Randy 9000, was calibrated during tests in controlled conditions, so that its behavior in water (fall speed and inclination) matches the movements of a submerged victim.

KEY WORDS

drifting body, drowning, rescue, risk, swimming, urban rivers,

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectifs de l'étude

À Lyon, une soixantaine d'interventions du SDMIS pour noyade a lieu chaque année. Dans 75% des cas, la victime est récupérée en surface. Pour les 25% restant, elle coule, et son sauvetage devient beaucoup plus complexe, avec seulement 15% de réussite. Une étude épidémiologique du risque de noyade a permis d'identifier des facteurs de risques. Toutefois, les causes de noyades dans les cours d'eau urbains sont multiples (e.g., chute, suicide, baignade), ce qui implique que des incidents perdureront malgré des stratégies de prévention soignées. Il s'agit ensuite de proposer des outils et d'aide à la recherche subaquatique, afin d'améliorer le taux de réussite des interventions de secours. La dérive du corps de la victime dans le cours d'eau est difficile à prévoir et de nombreux facteurs font varier le déplacement du corps (Mateus et Vieira, 2014). Pour répondre à cet objectif, il est nécessaire de simuler des incidents de noyade, simulations durant lesquelles le déplacement du corps serait traqué. Cela est rendu possible grâce à un mannequin instrumenté utilisé comme substitut lors des tests *in situ*. Une difficulté liée à l'utilisation d'un substitut est de trouver un objet qui reproduit les caractéristiques de dérive d'un humain (Young et al., 2019). Il a donc été nécessaire de calibrer et valider l'équilibrage du mannequin lors d'une première phase de tests en fosse de plongée.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Etude épidémiologique du risque : base de données des noyades

La base de données est le résultat d'une compilation de différentes données fournies par le SDMIS, collectées par l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) et par Info Climat. Elle regroupe (1) des données sur les incidents de noyades dans le Rhône et dans la Saône à Lyon entre 2015 et 2020 ; et (2) des données environnementales. La base de données du SDMIS pompiers précise la date, l'heure et le lieu de l'intervention, l'âge et le sexe de la victime, ainsi que la « cause ». Les données environnementales regroupent les informations suivantes pour le Rhône et pour la Saône : (1) débit, (2) turbidité, (3) température de l'eau, (4) température extérieure, (5) durée d'insolation et (6) vitesse du vent. Au total, 372 interventions pour noyade ont été recensées par le SDMIS entre janvier 2015 et décembre 2020, dans le Rhône (n=275) et la Saône (n=97).

2.2 Etude de la dérive d'un corps : étape de validation en piscine

Le mannequin retenu pour les tests est le Rescue Randy 9000 de la marque 3B Scientific. Ce mannequin, d'1m90, présente des proportions et une palette articulaire fidèles à celle d'un homme adulte. Il pèse 30,6 kg à vide, mais son poids est modifiable, grâce à un système de remplissage indépendant pour chaque membre. Le mannequin a été validé selon deux critères : (1) sa vitesse de chute, et (2) et son inclinaison dans l'eau. Pour l'ensemble des tests, le comportement de référence était celui d'un pompier professionnel simulant une noyade. Le mannequin et le cobaye ont été équipés chacun de trois sondes autonomes de pression (profondeur) fixées au cou, à la hanche et à la cheville, et les tests, ont été filmés (GoPro Hero3). Les tests consistaient en des chutes libres du mannequin, puis du cobaye, dans la fosse de sur une profondeur de 10 mètres. Deux plongeurs de sécurité accompagnaient le cobaye humain. Les tests ont été chronométrés, permettant l'étude de la vitesse de chute du mannequin. Les inclinaisons du mannequin et du cobaye ont été comparées grâce à la position relative des trois sondes DIVER, ainsi qu'aux images vidéo.

3 RESULTATS

3.1 Facteurs de risque et influence des facteurs environnementaux

Sur le territoire d'étude, 68,2% des victimes sont des hommes, et 37,3% sont des adolescents ou jeunes adultes (15-29 ans). Ces facteurs de risque se retrouvent à l'échelle mondiale (Peden et al., 2016). La majorité des interventions ont lieu entre juin et août, entre le vendredi et le dimanche, et entre 17h

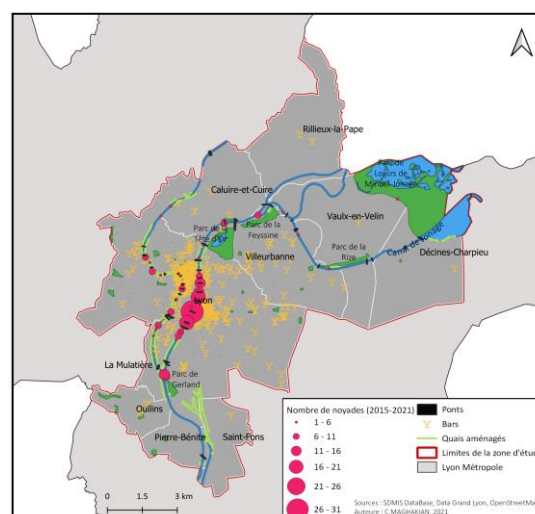


Figure 1 : Répartition des noyades sur le territoire d'étude (2015-2020)

et 22h. Des zones accidentogènes ont aussi été identifiées sur le territoire, à proximité des lieux festifs et des espaces « naturels », comme les parcs urbains, dont les aménagements ont accru la fréquentation.

La répartition spatiale des noyades varie en fonction de l'activité précédant l'incident. En effet, les sauts de ponts à caractère festif ont plutôt lieu en centre-ville, tandis que les baignades se localisent au niveau des parcs. La répartition des suicides ne présente pas de tendance spatiale.

D'après les résultats de la régression logistique binaire (Tableau 1), T et Q Saône exercent une influence significative sur l'apparition d'une noyade. T à une incidence positive sur l'apparition d'une noyade dans le Rhône ou dans la Saône (Beta = 1.49145, OR = 4.443, $p < 0.05$). L'apparition de noyade sur le territoire augmente donc quand la température extérieure augmente. Concernant la variable Q Saône, l'incidence sur l'apparition de noyade dans la Saône est négative (Beta = -2.0656, OR = 0.12674, $p < 0.05$). Cette fois, l'apparition de noyades dans la Saône augmente quand le débit de la Saône diminue. Les autres variables ne sont statistiquement pas associées à l'apparition de noyade dans le Rhône et/ou dans la Saône.

	Beta	P	OR
Variabes (étude de l'ensemble des noyades)			
Température journalière moyenne (T)	1.49145	6.65e-06	4.44352
Insolation journalière moyenne (I)	0.11220	0.198	1.11874
Vitesse du vent journalière moyenne (W)	0.05429	0.731	1.05579
Variabes (étude des noyades dans le Rhône)			
Débit journalier moyen du Rhône (Q Rhône)	-0.1887	0.2762	0.82805
Turbidité journalière moyenne du Rhône (Turb Rhône)	0.2590	0.0581	1.29600
Variabes (étude des noyades dans la Saône)			
Débit journalier moyen de la Saône (Q Saône)	-2.0656	0.0333	0.12674
Turbidité journalière moyenne de la Saône (Turb Saône)	0.1153	0.4903	1.12222

Tableau 1 : Résultats de la régression logistique binaire

3.2 Validation du mannequin

Afin de s'approcher de la vitesse de chute du cobaye, le mannequin a été totalement rempli d'eau (49L), et 8,6kg de lest ont été ajoutés, repartis sur différents membres. Après ce calibrage, la vitesse de chute du mannequin et du cobaye sont très proches, avec une vitesse moyenne de $0,54 \text{ m.s}^{-1}$ pour le mannequin, et $0,57 \text{ m.s}^{-1}$ pour le cobaye. La dispersion des tests du cobaye humain est légèrement plus importante que celle des tests du mannequin avec un écart-type de 0,10 pour le cobaye et de 0,09 pour le mannequin.

Jusqu'à 6 mètres de profondeur, l'inclinaison du mannequin et du cobaye sont similaires (verticale tête en haut). Puis le cobaye se couche (Figure 3b) en raison de l'air résiduel présent dans sa cage thoracique qui se contracte. Le mannequin quant à lui a tendance à conserver sa position initiale dans 2/3 des cas, et se coucher dans 1/3 des cas (Figure 3c). Les positions successives prises par le cobaye sont en effet liées à la variation de son poids apparent dans l'eau (3,27kg poumons vides à 1 mètre de profondeur contre 4,98kg à 10 mètres).

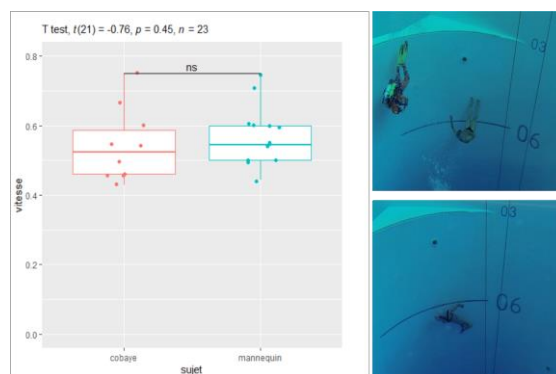


Figure 2 : (a) Boxplots des vitesses du cobaye et du mannequin ; inclinaison du cobaye (b) et du mannequin (c) durant la chute, à une profondeur de 6 mètres

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude a pour ambition de répondre à un besoin des services de secours, en mobilisant des méthodes variées et interdisciplinaires. Le risque de noyade en cours d'eau urbain risque de s'intensifier avec une pratique de baignade urbaine accrue, en lien avec le réchauffement climatique et les politiques d'aménagement des rives. La récolte et le traitement de données permettront la mise en place de stratégies de prévention adaptées. De plus, l'amélioration du taux de réussite des recherches subaquatiques permettra de limiter les impacts familiaux et sociétaux générés par la disparition d'un corps. Ces premiers résultats montrent que la collaboration entre l'opérationnel et le monde de la recherche est un atout précieux pour y parvenir.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Mateus M. and Vieira V., « Study on the postmortem submersion interval and accumulated degree days for a multiple drowning accident », *Forensic Science International*, may 2014, vol. 238, pp. e15-e19
- Peden A.E., Franklin R.C. et Leggat P.A., « Fatal river drowning: The identification of research gaps through a systematic literature review », *Injury Prevention*, 2016, vol. 22, no 3, pp. 202-209
- Young Colleen, Eguchi Tomoharu, Ames Jack A., Staedler Michelle, Hatfield Brian B., Harris Mike et Golson-Fisch Emily A., « Drift and beaching patterns of sea otter carcasses and car tire dummies », *Marine Mammal Science*, october 2019, vol. 35, no 4, pp. 1512-1526