

ÉTUDE

Les accidents avec immersion d'un véhicule dans un cours d'eau ou un plan d'eau

2e partie : les circonstances des accidents

Octobre 2025

L'étude faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles R. 1621-11 et R. 1621-20 du Code des transports.

Selon ces articles, outre la réalisation d'enquêtes techniques relatives aux accidents ou incidents de transport terrestre, le BEA-TT a également vocation à recueillir, exploiter et diffuser les informations relatives aux pratiques et aux enseignements de retour d'expérience sur ce type d'événements. Il réalise des études et recherches en matière de retour d'expérience et d'accidentologie, et peut émettre des recommandations de sécurité à la suite de ces études.

Glossaire

- **ACEA** : Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
- **CEE-ONU** : Commission Économique pour l'Europe de l'Organisation des Nations Unies
- **Cerema** : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
- **Euro NCAP** : European New Car Assessment Program (Programme européen d'évaluation des nouvelles automobiles)
- **RN** : Route nationale
- **RVTV** : Raad voor de Transportveiligheid (Conseil pour la sécurité des transports, Pays-Bas)
- **SUV** : Sport utility vehicle ; véhicule de loisir, haut et spacieux, à caisse autoporteuse, souvent équipé de quatre roues motrices (Le Robert)
- **SWOV** : Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (Institut néerlandais de recherche en sécurité routière)
- **VT** : Véhicule de tourisme (véhicule conçu pour le transport de personnes ayant au moins quatre roues et ne comportant pas plus de neuf places assises)
- **VUL** : Véhicule utilitaire léger (moins de 3,5 t)

Bordereau documentaire

Organisme auteur : Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT)

Titre du document : Les accidents avec immersion d'un véhicule dans un cours d'eau ou un plan d'eau - 2e partie : Les circonstances des accidents

N° ISRN : EQ-BEATT—25-12-FR

Proposition de mots-clés : accidentologie, statistiques, rivière, canal, étang, perte de contrôle, noyade, brise-vitre

Synthèse

Le BEA-TT a conduit une étude relative aux accidents de la route avec immersion d'un véhicule dans un cours d'eau ou un plan d'eau, avec deux objectifs :

- améliorer les connaissances sur les enjeux et les circonstances associés à ces accidents ;
- établir des recommandations de nature à réduire leur occurrence ou leur gravité.

Un premier rapport a présenté les résultats relatifs aux enjeux, issus de l'exploitation d'articles de presse et de la base de données nationale des accidents corporels de la circulation routière (fichier BAAC).

Le présent document poursuit cette analyse en décrivant en détail ce que subit un véhicule tombé à l'eau et dans quelles conditions ses occupants peuvent l'évacuer, à partir de sources bibliographiques internationales puis de l'analyse de procès-verbaux d'accidents.

Les ouvrages techniques recueillis et exploités sont principalement originaires des États-Unis, des Pays-Bas et du Canada. Ils comprennent notamment :

- des essais d'immersion et d'évacuation de véhicules ;
- des essais du fonctionnement des composants électroniques des véhicules après immersion ;
- des essais des outils d'évacuation des véhicules (outils brise-vitre et coupe-ceinture),
- une évaluation du niveau de connaissance par le grand public de la conduite à tenir en cas d'immersion de leur véhicule ;
- la production d'instructions destinées au grand public pour l'évacuation d'un véhicule immergé.

Parallèlement le BEA-TT a analysé 65 procès-verbaux d'accidents avec immersion survenus sur le territoire français afin de détailler notamment les modalités de la sortie de route, la trajectoire du véhicule entre la route et le cours d'eau ou le plan d'eau, la cinématique de l'immersion, les actions des occupants et des tiers, les délais d'intervention des secours et les causes des décès des occupants.

Les caractéristiques des accidents avec immersion énoncées à partir de ces deux démarches fondent ensuite une exploration des pistes de progrès, dont certaines aboutissent à l'émission de recommandations et d'invitations relatives :

— aux infrastructures routières :

- la prise en compte des cours d'eau et plans d'eau dans les publications techniques relatives au traitement des obstacles latéraux, et dans la méthode de hiérarchisation des obstacles à traiter ;
- l'implantation systématique d'un dispositif de retenue routier sur les ouvrages d'art neufs ou faisant l'objet d'une rénovation majeure ;
- une évaluation des glissières de sécurité en bois équipant les routes départementales hors agglomération ;

— aux véhicules et aux outils :

- dans les futurs modèles de véhicules particuliers, l'ajout d'une commande permettant l'ouverture de la porte de coffre ou du hayon depuis le poste de conduite, ainsi que d'un outil brise-vitre ;
- l'élaboration d'un référentiel technique permettant de vérifier la fiabilité des outils brise-vitre ;

— à la formation et à la communication en direction du grand public :

- l'intégration dans la formation au permis de conduire d'un volet traitant de la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule ;
- la sensibilisation du grand public sur la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule, et sur l'intérêt de disposer dans l'habitacle d'un outil brise-vitres et coupe-ceinture ;
- l'ajout dans les manuels utilisateur des véhicules particuliers d'une information sur la conduite à tenir en cas d'immersion du véhicule.

Une version projet du présent rapport a été adressée pour observations aux organismes destinataires des recommandations, et les réponses reçues ont été prises en compte. Le BEA-TT s'étonne toutefois et regrette de ne pas avoir reçu de commentaires de la part de :

- l'association Départements de France,
- l'Association des Maires de France,
- l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA).

SOMMAIRE

SYNTHÈSE.....	1
1 - OBJET DE L'ÉTUDE.....	5
2 - SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE D'ENJEUX.....	6
3 - BIBLIOGRAPHIE.....	11
3.1 - Les chances de survie en cas de noyade.....	11
3.2 - Le déroulement de l'immersion d'un véhicule.....	12
3.3 - Le fonctionnement des composants électroniques.....	19
3.4 - Instructions détaillées pour l'évacuation d'un véhicule.....	21
3.5 - Connaissance par le grand public de la conduite à tenir en cas d'immersion.....	23
3.6 - Les moyens d'évacuation.....	23
3.7 - Recommandations issues de la bibliographie.....	26
3.8 - Références.....	26
4 - ANALYSE DES PROCÈS-VERBAUX D'ACCIDENTS.....	29
4.1 - Introduction.....	29
4.2 - Caractéristiques générales des accidents de l'échantillon.....	29
4.3 - Les circonstances de la sortie de route.....	30
4.4 - La cinématique de l'immersion.....	31
4.5 - Les actions des occupants et des tiers (hors secours).....	33
4.6 - Le bon fonctionnement des équipements du véhicule après l'immersion.....	34
4.7 - L'intervention des secours et l'issue de l'accident.....	34
5 - ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, PISTES DE PROGRÈS.....	37
5.1 - Les caractéristiques générales des accidents avec immersion.....	37
5.2 - Pistes de progrès : prévenir les sorties de route.....	41
5.3 - Pistes de progrès : faciliter l'évacuation des véhicules.....	44
5.4 - Pistes de progrès : inciter les occupants à évacuer le véhicule.....	50
6 - RÉCAPITULATIF DES RECOMMANDATIONS ET INVITATIONS.....	53
6.1 - Recommandations.....	53
6.2 - Invitations.....	54
ANNEXES.....	55
Annexe 1 : Décision d'engagement de l'étude.....	56
Annexe 2 : Notes de lecture de la bibliographie.....	57
Aux États-Unis (1963, 1970-1972).....	57
Aux Pays-Bas (1973, 2002, 2008).....	59
Au Canada (2006-2019).....	66

Annexe 3 : Analyse des procès-verbaux d'accidents – Résultats détaillés.....	74
Démarche d'analyse.....	74
Avertissement : interprétation des résultats.....	74
Caractéristiques générales des accidents de l'échantillon.....	75
Les circonstances de la sortie de route.....	78
La cinématique de l'immersion.....	82
Les actions des occupants et des tiers.....	84
Le bon fonctionnement des équipements du véhicule après l'immersion.....	87
L'intervention des secours et l'issue de l'accident.....	88
Annexe 4 : Synthèses de 28 procès-verbaux d'accidents.....	94
RÈGLEMENT GÉNÉRAL DE PROTECTION DES DONNÉES.....	106

1 - Objet de l'étude

Les accidents de la route donnant lieu à l'immersion d'un véhicule dans un cours d'eau ou un plan d'eau, bien que peu courants, sont associés à une gravité élevée liée aux fréquentes noyades qui en résultent. À titre d'illustration, un recueil préliminaire et parcellaire d'éléments relatifs à ce type d'accidents a identifié sur une année 55 accidents dont 30 mortels, ayant causé 44 décès.

Pour comparaison, aux passages à niveau ferroviaires, l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire a recensé, en moyenne annuelle sur la période 2018-2020, un total de 113 collisions ayant causé 17 décès et 10 blessés graves. Le bilan humain de ce type d'accidents ainsi que leurs autres conséquences (dégâts matériels, perturbation de l'exploitation ferroviaire, etc.) ont conduit à mettre en œuvre des démarches de sécurisation conséquentes.

À l'inverse, la thématique des accidents de la route ayant donné lieu à l'immersion d'un véhicule semble avoir été peu étudiée en France pour l'instant et serait donc susceptible de présenter des pistes de progrès. C'est pourquoi le directeur du BEA-TT a décidé l'engagement d'une étude sur cette thématique avec deux objectifs :

- améliorer les connaissances sur les enjeux et les circonstances associés aux accidents de véhicules avec immersion ;
- établir des recommandations de nature à réduire leur occurrence ou leur gravité.

L'étude d'enjeux conduite par le BEA-TT a fait l'objet d'un rapport précédent¹ dont les principaux résultats sont rappelés en partie 2.

Le présent rapport poursuit cette analyse en décrivant en détail ce que subit un véhicule tombé à l'eau et dans quelles conditions ses occupants peuvent l'évacuer, à partir de sources bibliographiques internationales (partie 3), puis de l'analyse de 65 procès-verbaux d'accidents survenus sur le territoire français (partie 4).

La partie 5 s'appuie sur cette description détaillée pour explorer des pistes de progrès, dont certaines aboutissent à l'émission de recommandations et d'invitations relatives aux infrastructures, aux véhicules, à l'éducation routière et à la communication en direction du grand public.

1 Les accidents avec immersion d'un véhicule dans un cours d'eau ou un plan d'eau – 1^{re} partie : Étude des enjeux. BEA-TT, décembre 2022.

2 - Synthèse de l'étude d'enjeux

Méthodologie

En l'absence de base de données officielle permettant d'identifier les accidents de véhicules avec immersion sur une période longue, le BEA-TT a construit une base de données spécifique alimentée par des recherches sur les sites Internet de la presse régionale. La période retenue pour le recensement s'est étendue de janvier 2018 à juin 2021 inclus, soit une durée de trois ans et demi.

Chacun des accidents recensés a été décrit selon un canevas détaillé, les renseignements étant complétés par les éléments disponibles dans la base de données nationale des accidents corporels de la circulation routière (fichier BAAC), pour les accidents qui y figuraient. La base de données ainsi construite a ensuite fait l'objet de nombreux traitements statistiques.

Les résultats ont été comparés d'une part à ceux d'une exploitation par le Cerema de la base de données FLAM, construite à partir d'une analyse des procédures judiciaires de la quasi-totalité des accidents mortels de l'année 2015, et d'autre part à six sources bibliographiques étrangères (États-Unis, Canada, Pays-Bas, Finlande, Suède).

Caractéristiques générales des accidents et temporalité

La recherche a identifié 291 accidents, qui n'impliquent presque toujours (à 95 %) qu'un seul véhicule, celui-ci étant presque toujours (à 87 %) un véhicule de tourisme (VT). Un premier résultat marquant est **la gravité très élevée des accidents avec immersion : 43 % des accidents recensés et 80 % de ceux ayant fait l'objet d'une fiche BAAC sont mortels**. Les accidents recensés et ayant fait l'objet d'une fiche BAAC ont causé en moyenne 36 décès par an, pour un total de 43 décès par an si l'on prend en compte également les accidents sans fiche BAAC.

Les éléments disponibles conduisent à estimer que les accidents mortels avec immersion constitueraient de l'ordre de **1,2 % de l'ensemble des accidents mortels** et de 1,5 % de l'ensemble des décès du fichier BAAC, et que ceux impliquant un VT constitueraient de l'ordre de **2,4 % des accidents du fichier BAAC dans lesquels au moins un occupant de VT a été tué** et de **2,8 % de la mortalité des automobilistes (conducteurs et passagers)**.

L'étude met en évidence **une tendance nette à des nombres d'accidents avec immersion plus élevés les mois d'hiver** (de décembre à février), à laquelle il ne vient pas d'explication évidente.

La fréquence des accidents avec immersion est plus élevée les samedis, ainsi que dans les premières heures des dimanches, que les jours ouvrés ; en particulier, elle **est deux fois plus élevée les samedis de 0 h à 8 h et trois fois plus élevée les nuits du samedi au dimanche (21 h - 8 h)**.

62 % des accidents avec immersion ont eu lieu par temps sec et sur route sèche. La gravité des accidents est identique pour ceux ayant eu lieu par temps sec et sur route sèche, d'une part, et ceux ayant eu lieu en conditions plus défavorables (précipitations ou route glissante), d'autre part.

L'infrastructure et le lieu de l'accident

La moitié des accidents avec immersion sont survenus sur route départementale (dont les trois quarts hors agglomération), et **40 % sont survenus sur voie communale** (dont la moitié en agglomération). Presque aucun n'a été recensé sur le réseau routier

national (RN ou autoroute), probablement du fait du taux élevé d'équipement de ce réseau en dispositifs de retenue, qui permettent souvent de maintenir le véhicule sur la chaussée en cas de perte de contrôle. Pour la quasi-totalité des accidents survenus sur une route, le profil en travers est à une ou deux voies de circulation.

Plus de la moitié des accidents ont eu lieu sur un axe longeant le cours d'eau ou plan d'eau. Un tiers des accidents ont eu lieu sur un axe franchissant un cours d'eau, que la sortie de route ait eu lieu sur l'ouvrage de franchissement (42 % des cas) ou avant celui-ci (58 % des cas). Ainsi **les accidents dont la sortie de route a eu lieu sur un pont, un gué ou une digue ne constituent que 13 % de l'ensemble**. Les autres configurations (route d'arrivée perpendiculaire au cours d'eau sans le traverser, et véhicule évoluant sur une zone, typiquement un parking) sont plus rares.

40 % des accidents avec immersion sont survenus en sortie de virage et 60 % en ligne droite. La gravité des accidents en sortie de virage est un peu plus élevée.

Les sites où la sortie de route s'est produite sont rarement équipés d'un dispositif de retenue routier (glissière de sécurité) ou d'un élément pouvant y être assimilé (parapet, merlon, talus). **La plupart des ponts sont dotés d'un garde-corps dont la capacité de retenue d'un véhicule de gabarit courant est relativement limitée**. Hors ouvrages de franchissement d'un cours d'eau, seuls 20 % des sites sont équipés d'un dispositif de retenue ou pouvant être considéré comme tel. 13 % supplémentaires sont bordés d'un élément de séparation ne répondant pas aux standards routiers (garde-corps, rochers, clôture, haie).

Le conducteur du véhicule immergé

Les conducteurs des tranches d'âge les plus jeunes sont sur-impliqués dans les accidents avec immersion mais la gravité moyenne des accidents augmente avec l'âge. Il en résulte que le nombre total d'accidents mortels avec immersion associé à chacune des trois tranches 18-24 ans, 25-34 ans et 35-44 ans est du même ordre de grandeur, et que celui associé aux deux tranches suivantes 45-54 ans et 55-64 ans n'est que légèrement plus faible. Soulignons toutefois que la tranche 18-24 ans ne comprend que sept années au lieu de dix pour les suivantes.

Les femmes constituent le quart des conducteurs impliqués dans les accidents avec immersion, ainsi que dans le sous-ensemble constitué des seuls accidents mortels. Leur part est plus faible (18 %) dans les accidents corporels non mortels.

7 % des conducteurs impliqués dans les accidents avec immersion ne possédaient pas de permis de conduire valide. Parmi ceux ayant un permis valide :

- **1 conducteur sur 7 a obtenu son permis depuis moins d'un an ;**
- **1 conducteur sur 3 a obtenu son permis depuis moins de trois ans ;**
- **plus de la moitié des conducteurs ont un permis ancien de moins de dix ans.**

Ces résultats sont cohérents avec la sur-implication des conducteurs jeunes signalée précédemment.

Parmi les conducteurs dont l'alcoolémie est connue, **58 % d'entre eux ont un taux supérieur au seuil légal de 0,5 g/l de sang**. Parmi les conducteurs positifs et dont le taux d'alcool est connu, **les deux tiers dépassent 1,5 g/l de sang, et plus du tiers dépassent 2 g/l**. Comme dans l'accidentalité générale, **l'alcoolisation est surtout le fait des tranches d'âge intermédiaires** (trois conducteurs sur quatre parmi les 25-54 ans) et dans une moindre mesure des jeunes (un peu plus d'un conducteur sur deux chez les 18-24 ans) ; les conducteurs de 65 ans et plus ne sont quasiment jamais alcoolisés.

La proportion de conducteurs alcoolisés est très variable selon le jour et la période :

- les jours ouvrés, les accidents sont plus nombreux en journée que la nuit ; ils s'accompagnent rarement d'une alcoolémie supérieure au taux légal en journée, plus fréquemment la nuit ;
- **les week-ends, les accidents surviennent majoritairement en début de nuit ou au petit matin, et s'accompagnent presque systématiquement d'une alcoolémie supérieure au taux légal.**

Environ un conducteur sur cinq a été testé positif aux stupéfiants ; la quasi-totalité d'entre eux ont également une alcoolémie supérieure au maximum réglementaire.

La position et le niveau d'immersion des véhicules accidentés

Lorsque la position du véhicule dans l'eau est connue², les deux positions les plus courantes sont la position « normale » (sur les roues) et la position sur le toit, avec pour chacune en moyenne 4 véhicules sur 10. Parmi les véhicules dont le niveau d'immersion est connu, la moitié sont totalement immergés, un quart le sont à moitié et un quart ne sont que faiblement immergés.

La gravité des accidents varie avec ces deux facteurs, selon une hiérarchie conforme à l'intuition : à niveau d'immersion donné, les accidents lors desquels le véhicule termine sur le toit sont significativement plus graves que ceux où le véhicule reste sur ses roues ; et à position finale donnée, la proportion d'accidents mortels est plus élevée lorsque le véhicule est totalement immergé.

Il en résulte que **parmi les accidents mortels** pour lesquels la position finale du véhicule est connue, **celui-ci est sur le toit dans presque les deux tiers des cas** (38 sur 60).

Les occupants des véhicules

Les passagers sont nettement moins nombreux que les conducteurs, et leur âge est généralement proche de celui de leur conducteur. Il en résulte que les constats faits précédemment pour les conducteurs valent également pour l'ensemble des occupants : **une prédominance des jeunes (un impliqué sur quatre a entre 18 et 24 ans, plus d'un impliqué sur deux a moins de 35 ans)**, contrebalancée en partie par la moindre gravité relative de leurs blessures (en lien avec la gravité moindre des accidents de conducteurs jeunes) :

- **parmi les occupants de moins de 35 ans, un sur trois est tué, un sur trois est blessé et un sur trois est indemne ;**
- **parmi les occupants de 45 ans et plus, trois sur cinq sont tués, un sur cinq est blessé et un sur cinq est indemne.**

Lorsque le mode d'évacuation du véhicule (ou de l'eau, pour les usagers de deux-roues) est connu, le contraste est très net entre le bilan associé aux différents modes d'évacuation :

- 36 % des impliqués se sont extraits seuls ; ils sont logiquement peu atteints (les trois quarts sont indemnes, aucun n'est décédé, les blessés sont presque toujours légers) ;
- 14 % se sont extraits avec l'aide de témoins de l'accident ; plus de la moitié sont indemnes et très peu décèdent ;

2 La position du véhicule est déduite soit du texte de l'article de presse exploité, soit plus généralement des photographies qui l'accompagnent. Cependant lorsque le véhicule est totalement immergé dans une eau relativement profonde, le véhicule n'est pas visible sur les photographies qui ne sont plus exploitables à cet effet. Il en résulte que la position du véhicule est indéterminée dans près d'un accident sur deux (47 sur 101) en cas d'immersion totale alors que cette part est très faible (6 sur 94) en cas d'immersion partielle.

- **46 % ont été extraits par les secours ; plus des deux tiers sont décédés**, sur place ou ultérieurement à l'hôpital ;
- 3 % ont été trouvés décédés hors du véhicule.

Le mode d'évacuation est très lié à la position du véhicule. Pour les véhicules à demi ou totalement immergés, lorsqu'ils sont en position normale (sur leurs roues), la plupart des occupants se sont extraits seuls ou avec l'aide de témoins, et ont rarement été extraits par les secours (1 cas sur 5 pour une immersion totale et 1 cas sur 3 pour un niveau intermédiaire). En revanche, lorsque le véhicule est sur le toit, la part des occupants extraits par les secours est de l'ordre des deux tiers.

Lorsque le véhicule est totalement immergé, la rapidité d'évacuation est fondamentale pour la survie des occupants, quelle que soit la position du véhicule : aucun décès n'est recensé parmi les 52 occupants s'étant extraits seuls, on ne dénombre que 3 décès parmi les 24 occupants extraits par des témoins, alors que parmi les 75 victimes extraites par les secours, 70 sont décédées, soit sur place soit ultérieurement. **À l'évidence l'arrivée des secours sur les lieux est généralement trop tardive pour permettre la survie des personnes restées dans l'habitacle. Le constat est similaire lorsque le véhicule est à demi immergé et sur le toit.**

L'âge des occupants est également un facteur aggravant (la part des occupants s'étant extraits seuls diminue lorsque leur âge augmente), **de même qu'une alcoolisation élevée** (parmi les 23 occupants dont le taux d'alcool dépassait 2 g/l et dont le mode d'évacuation est connu, aucun ne s'est extrait seul, alors que parmi les 87 occupants non alcoolisés ou dont le taux ne dépassait pas 2 g/l, 20 se sont extraits seuls).

Comparaison avec les accidents de véhicules de tourisme seuls

Sachant que 82 % des accidents avec immersion recensés ont impliqué un véhicule de tourisme (VT) seul, **les résultats des exploitations statistiques ont été comparés à une référence constituée par l'ensemble des accidents corporels de VT seuls** figurant dans le fichier BAAC de l'année 2019.

La plupart des caractéristiques mises en évidence pour les accidents avec immersion se retrouvent parmi les accidents de VT seuls. Citons notamment :

- la fréquence des accidents plus élevée les samedis, ainsi que dans les premières heures des dimanches, que les jours ouvrés ;
- la répartition des accidents selon les conditions météorologiques ;
- les caractéristiques générales de l'infrastructure et du lieu de l'accident (type de réseau routier, part en agglomération, part en sortie de virage, etc.), si l'on fait abstraction des accidents de VT seuls survenus sur le réseau routier national (environ le quart) ;
- l'âge des conducteurs impliqués, l'ancienneté de leur permis de conduire, la sur-implication des conducteurs jeunes et l'augmentation de la gravité moyenne des accidents avec l'âge du conducteur.

Les principales différences relevées entre les accidents avec immersion et les accidents de VT seuls sont les suivantes :

- **les accidents avec immersion sont beaucoup plus graves** (43 % des accidents avec immersion recensés et 80 % de ceux ayant fait l'objet d'une fiche BAAC sont mortels, contre 12 % des accidents de VT seuls du fichier BAAC) ;
- **les accidents avec immersion sont plus fréquents l'hiver** (de décembre à février), ce qui ne s'observe pas sur les accidents de VT seuls ;

- **la proportion de femmes parmi les conducteurs impliqués est différente** ; pour les accidents mortels elle est plus élevée dans les accidents avec immersion (25 %) que dans les accidents de VT seuls (16 %), en revanche la hiérarchie est inversée pour les accidents corporels non mortels (18 % vs 34 %) ;
- **la proportion de conducteurs dont l'alcoolémie dépasse le seuil légal est beaucoup plus élevée** dans les accidents avec immersion (58 %) que dans les accidents de VT seuls (35 %) ainsi que dans les accidents mortels de VT seuls (49 %). En revanche le constat que les deux tiers des conducteurs à l'alcoolémie positive dépassent 1,5 g/l de sang, et que plus du tiers dépassent 2 g/l, est identique pour les deux ensembles d'accidents.

Comparaison avec l'exploitation de la base de données FLAM et les sources bibliographiques étrangères

Les exploitations de la base de données FLAM ainsi que les sources bibliographiques étrangères confirment, pour la plupart des thématiques, les conclusions de l'étude d'enjeux du BEA-TT.

Ces sources apportent également des éléments utiles sur des aspects non couverts par l'étude du BEA-TT.

La noyade est la cause très majoritaire des décès :

- Dans FLAM, 86 % des occupants de VT et de véhicules utilitaires légers (VUL) décédés (42 sur 49) l'ont été par noyade ;
- Aux Pays-Bas, environ 70 % des personnes décédées dans un véhicule immergé l'ont été par noyade, les 30 % restants l'étant soit du fait du choc soit de causes indéterminées ;
- Dans une étude californienne, la noyade est identifiée comme une cause du décès dans tous les décès étudiés sauf un (76 sur 77), soit comme cause unique, soit en association avec un ou plusieurs traumatismes physiques.

Les deux études scandinaves (Suède, Finlande), focalisées sur les décès par noyade, concluent que :

- La très grande majorité des personnes tuées sont décédées sur les lieux de l'accident, seule une faible part est décédée après leur transport à l'hôpital (6 % pour une étude et 13 % pour l'autre) ;
- **La fréquence de traumatismes physiques graves chez les victimes est faible.** Les auteurs en concluent que la plupart des victimes n'ont pas été empêchées d'évacuer le véhicule par une blessure préalable.

Sur d'éventuels facteurs ayant pu empêcher l'évacuation du véhicule :

- Dans l'exploitation de FLAM, parmi les 67 occupants de VT et de VUL impliqués, on relève 10 personnes dont la ceinture de sécurité était soit encore bouclée lors de l'intervention des secours (7 cas), soit manifestement bloquée (3 cas) ;
- en Suède, une enquête technique relative à un accident particulier a conclu que l'immersion du véhicule avait provoqué un court-circuit de la fermeture centralisée et son verrouillage.

3 - Bibliographie

Le BEA-TT a effectué une recherche bibliographique sur les circonstances de la chute d'un véhicule dans un cours d'eau ou un plan d'eau ainsi que les moyens permettant d'en réduire les conséquences. Cette recherche n'a identifié aucune publication technique d'origine française en la matière. Cependant le BEA-TT a été informé que le CEESAR (Centre Européen d'Études de Sécurité et d'Analyse des Risques) avait réalisé pour le compte du Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'étude du comportement conducteur Renault – Stellantis (LAB) une étude relative aux immersions de véhicules. La demande de communication de cette étude adressée par le BEA-TT au LAB n'a pas reçu de suite.

3.1 - Les chances de survie en cas de noyade

Selon un site internet³ compilant les principales connaissances médicales, le principal facteur déterminant l'issue d'une noyade est la durée de submersion. Le taux de décès ou d'atteinte neurologique grave n'est que de 10 % si la durée de submersion est inférieure à cinq minutes. Les auteurs ne fournissent pas d'éléments d'appréciation pour des durées plus longues et rapportent simplement que les taux de survie en cas de noyade mentionnés dans la littérature varient largement selon les sources.

Deux études ont évalué l'influence de divers facteurs sur l'issue des noyades :

- une étude américaine [Quan *et al.*, 2014] portant sur un échantillon de 1094 victimes de noyade en eaux libres entre 1975 et 1996 dans l'État de Washington ;
- une étude finlandaise [Suominen *et al.*, 2002] sur 61 noyés admis entre 1985 et 1997 aux urgences de l'hôpital d'Helsinki après une réanimation cardio-pulmonaire réussie (cette étude ne prend donc pas en compte les victimes décédées sur place).

Seule la durée de submersion a été identifiée comme un facteur déterminant⁴. Les deux études montrent que les issues peu graves (c'est-à-dire une survie avec des séquelles neurologiques modérées, faibles ou nulles) sont très généralement associées à des durées de submersion plus courtes, mais les publications ne produisent pas de valeurs de probabilité de survie (ou de survie sans séquelles graves) en fonction de la durée de submersion.

L'étude américaine conclut cependant, sans préciser de chiffre, qu'il existe « *une probabilité très faible d'issue peu grave après une durée de submersion supérieure à 10 minutes* ». L'étude finlandaise, tout en affichant une impossibilité de définir un seuil incontestable quant à la durée d'immersion, conclut pour sa part qu'une victime submergée pendant plus de 25 minutes n'aura pratiquement aucune chance de survie.

L'équipe américaine a conduit ultérieurement une revue de littérature et une méta-analyse sur 24 études [Quan *et al.*, 2016] en vue d'identifier les facteurs liés à une issue peu grave en cas de noyade. La température de l'eau et l'âge des victimes n'ont pas d'influence. Comme dans les études précédentes, la variable la plus prédictive est la durée de submersion, mais les auteurs ne produisent pas de relation permettant d'estimer les probabilités de survie (ou de survie sans séquelles graves) en fonction de la durée de submersion. Ils affichent simplement les ratios comparant les valeurs de probabilités d'une issue peu grave selon que la durée de submersion est inférieure ou supérieure à un

3 Dipak Chandy, David Richards. *Drowning (submersion injuries)*. Page internet consultée le 3 février 2023 : <https://www.uptodate.com/contents/drowning-submersion-injuries/print>

4 Les autres facteurs étudiés, sans conclure à un effet déterminant, ont été la température de l'eau (pour les deux études), ainsi que dans l'étude finlandaise l'âge des victimes (l'âge maximum des patients pris en compte étant de 60 ans) et la température du corps au moment de l'admission aux urgences.

seuil donné. Par exemple, la probabilité d'une issue peu grave est 2,9 fois plus élevée pour une durée de submersion inférieure à « 5-6 minutes » (sic) que pour une durée supérieure à ce seuil ; ce rapport est de 5,11 pour un seuil de « 10-11 minutes ». Les durées de submersion supérieures à 25 minutes sont systématiquement mortelles.

En l'absence de submersion, si la victime immergée conserve en permanence la possibilité de respirer, sa capacité de survie est liée au mécanisme de l'hypothermie, qui dépend de la température de l'eau, de l'activité et de la position de l'individu et de sa morphologie. En tout état de cause, la durée de survie dépasse une heure pour une eau à 4° C ou plus [SISL, 2006].

3.2 - Le déroulement de l'immersion d'un véhicule

La recherche bibliographique a mis en évidence trois pays ayant réalisé des essais d'immersion et d'évacuation de véhicules :

- les États-Unis, par une équipe de l'université de l'Oklahoma, en 1970 [Sliepcevich *et al.*, 1970] ;
- les Pays-Bas, en 1973 [SWOV, 1973] ;
- le Canada, en 2006 [Giesbrecht & McDonald, 2006], avec deux véhicules mis en circulation en 1992.

Les auteurs canadiens ont conduit une deuxième série d'essais vers 2016 [Giesbrecht *et al.*, 2017], non plus en vue de décrire l'immersion et la possibilité d'évacuation des véhicules, mais de valider un nouveau dispositif technologique⁵. Ces essais, conduits avec trois véhicules mis en circulation en 2003 et 2005, apportent quelques éléments complémentaires utiles sur le déroulement d'une immersion.

Enfin, les auteurs canadiens ont décrit dans une revue bibliographique [McDonald & Giesbrecht, 2013] des résultats d'essais réalisés par la police du Michigan vers 1990 [Donohue, 1991], dont le rapport est introuvable.

Les éléments les plus utiles de ces travaux sont exposés en annexe 2, ils sont résumés ci-après.

À de très rares exceptions, ces essais n'ont porté que sur des véhicules de tourisme. En outre, à l'exception des derniers essais canadiens, ces véhicules sont tous très anciens en comparaison du parc actuel : leur représentativité vis-à-vis du parc actuel est donc sujette à caution.

3.2.1 - Principe général des essais

Les essais du SWOV (Institut néerlandais de recherche en sécurité routière) ont consisté à immerger 44 véhicules de tourisme différents dans des bassins portuaires selon des modalités d'entrée dans l'eau variées (vitesse, angle d'impact, hauteur de la berge, présence d'un obstacle sur la trajectoire), au moyen de rampes de lancement (figure 1). La plupart des véhicules étaient occupés par des mannequins, certains par des plongeurs, le but étant de tester les modes d'évacuation possibles. Chaque véhicule n'a servi qu'une fois et les essais étaient potentiellement destructifs.

5 Ce système est décrit en partie 3.6.2.



**Figure 1 : Plusieurs exemples d'essais d'immersion réalisés par le SWOV ;
en haut à droite, l'orientation du véhicule résulte d'une collision avec un obstacle**
Source [SWOV, 1973]

Les essais de l'Oklahoma et du Canada ont utilisé pour leur part plusieurs fois le même véhicule d'essai, vide, lesté ou occupé par des plongeurs. Le véhicule était manipulé par une ou plusieurs grues, déposé sur l'eau en position « normale » (horizontale et roues en dessous)⁶ avec une vitesse d'entrée dans l'eau négligeable afin de ne pas l'endommager et permettre sa réutilisation. Dans l'étude de l'Oklahoma [Sliepcovich *et al.*, 1970], cinq essais ont été réalisés en laboratoire dans une fosse. Dans l'étude canadienne initiale [Giesbrecht & McDonald, 2006], 35 essais ont été réalisés sur deux plans d'eau. Pour ces derniers, les auteurs ont considéré que des fenêtres à commande électrique auraient été hors service après le premier essai et ont donc recouru à deux véhicules avec fenêtres à commande manuelle d'un modèle ancien mis en circulation en 1992. Les essais complémentaires canadiens [Giesbrecht *et al.*, 2017], également effectués sur un plan d'eau, ont immergé des véhicules sur le toit ou sur le côté.

3.2.2 - Comportement du véhicule lors de l'entrée dans l'eau

Dans les essais néerlandais pour lesquels les modalités d'entrée dans l'eau étaient variées, l'habitacle du véhicule est resté à peu près intact lorsque le véhicule est entré dans l'eau en position « normale », en revanche si le véhicule est entré dans l'eau sur le côté ou sur le toit, l'habitacle a été déformé, les portières ont pu rester bloquées et le toit a pu être enfoncé jusqu'à 40 cm. À des vitesses d'impact élevées (76 et 64 km/h), des décélérations horizontales très élevées (40 à 50 m/s²) ont été mesurées pendant quelques dixièmes de secondes, ce qui est susceptible d'une part d'endommager la structure du véhicule et d'accélérer sa submersion, d'autre part de blesser les occupants ou de les rendre inconscients, réduisant ainsi leur capacité d'évacuation.

Quelle que soit la façon dont ils ont heurté la surface de l'eau, presque tous les véhicules ont pris après l'impact une position de flottaison plus ou moins

⁶ Dans l'étude américaine ce choix n'est pas argumenté. Dans l'étude canadienne les auteurs le justifient par un article américain de 1961, introuvable, selon lequel un véhicule tombant à l'eau sur le côté ou sur le toit se remet systématiquement en position « normale » à la surface de l'eau avant de couler.

horizontale (en penchant légèrement vers l'extrémité du moteur) ; même lorsque le véhicule a heurté l'eau sur le toit, il s'est dans la plupart des cas retourné en position normale (figure 2). Les seules exceptions sont les véhicules équipés d'un toit en toile et qui ont heurté l'eau à l'envers (sur le toit), et ceux dont le pare-brise était brisé⁷ et qui ont heurté l'eau avec un angle prononcé ; ces véhicules ont coulé presque immédiatement.



Figure 2 : Ce véhicule a touché l'eau sur le toit (à gauche) puis s'est retourné en position « normale » (à droite) avant de couler
Source [SWOV, 1973]

Les essais complémentaires canadiens ont confirmé qu'un véhicule déposé par une grue à la surface de l'eau en position inversée (sur le toit) se remettait ensuite « à l'endroit » avant de couler, le niveau de l'eau étant à ce stade encore sous le bas des fenêtres. La remise « à l'endroit » se fait par rotation sur l'axe longitudinal du véhicule. Trois modèles différents ont été immergés, un SUV⁸ qui a commencé à se retourner immédiatement et deux berlines qui ont commencé à se retourner après un délai de 28 et 37 secondes respectivement. Dans les trois cas le retournement a pris 5 à 6 secondes.

De même, une berline déposée à la surface de l'eau sur un côté a d'abord basculé sur le toit puis s'est remise à l'endroit comme décrit plus haut. Enfin, une berline déposée avec un angle de 60 ° vers l'avant s'est elle aussi rapidement rapprochée de la position horizontale.

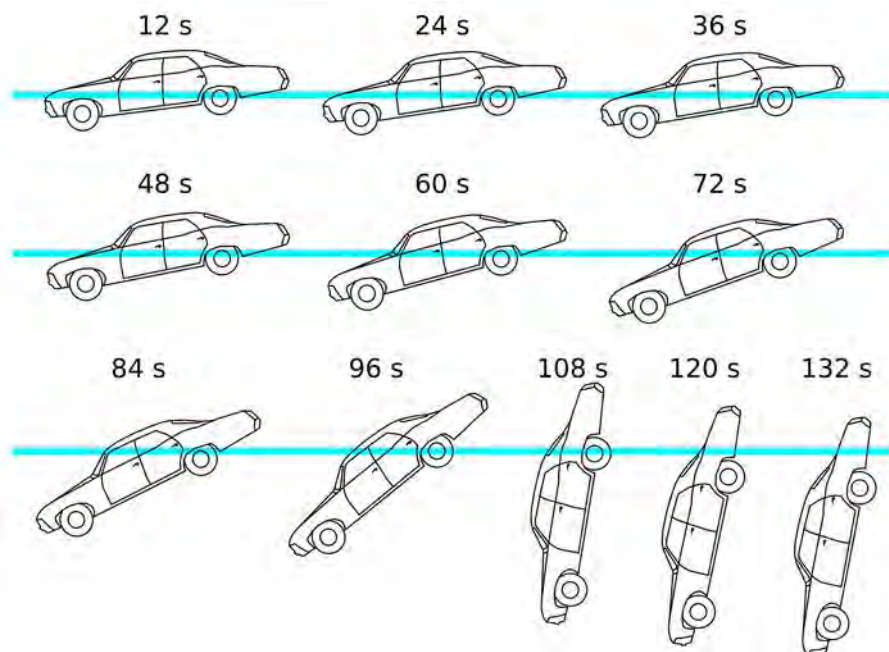
Un seul essai, dans un plan d'eau profond d'environ 1,50 m, n'a pas donné lieu au retournement du véhicule. Son avant s'est incliné vers le bas et a touché le fond, ce qui a empêché la berline de se retourner en position normale. L'habitacle s'est progressivement rempli d'eau et l'automobile s'est posée sur le fond sur le toit.

3.2.3 - La phase de flottaison du véhicule

La figure 3 retranscrit sous forme d'une séquence la cinématique d'un essai d'immersion de l'étude de l'Oklahoma [Sliepcevich et al., 1970], dans lequel le véhicule était lesté afin de simuler quatre occupants. Tout en s'enfonçant dans l'eau, la voiture bascule progressivement l'avant vers le bas jusqu'à atteindre un angle de l'ordre de 80 degrés avec l'horizontale.

⁷ Le rapport ne précise pas si le bris du pare-brise a résulté du choc ou était préexistant.

⁸ *Sport utility vehicle* : Véhicule de loisir, haut et spacieux, à caisse autoporteuse, souvent équipé de quatre roues motrices (Le Robert).



**Figure 3 : Cinématique de l'immersion du véhicule lors de l'essai n° 1 ;
le temps est décompté à partir du moment où le véhicule touche l'eau**
Données [Sliepcevich et al., 1970], mise en forme BEA-TT

Le temps nécessaire pour que l'eau atteigne la prise d'air située au pied du pare-brise (soit aussi le niveau de l'angle inférieur avant de la fenêtre avant) a été de 50 secondes pour cet essai et de 38 secondes pour un deuxième essai dans lequel la voiture était occupée par quatre plongeurs qui ne l'ont évacuée qu'une fois touché le fond de la fosse⁹. Lors de ces deux essais avec fenêtres fermées, la cinématique de l'immersion s'est accélérée lorsque le niveau de l'eau a atteint l'entrée d'air située au pied du pare-brise. Cette prise d'air a été obturée lors d'un autre essai et la cinématique d'immersion n'a alors pas présenté de rupture, ce qui met en évidence le rôle conséquent de la prise d'air comme voie d'entrée de l'eau dans l'habitacle.

Les essais canadiens ont produit des résultats similaires : lorsque le véhicule avait les portes et fenêtres fermées, l'eau a mis 63 secondes pour atteindre le bas des fenêtres puis il a fallu 87 secondes de plus (soit au total 150 secondes) pour que le véhicule soit totalement submergé. Le véhicule, initialement relativement horizontal, a progressivement basculé avec le compartiment moteur vers le bas au fur et à mesure que son intérieur s'est rempli d'eau, jusqu'à une orientation très inclinée. Une fois rempli, le véhicule s'est posé sur le fond, généralement à l'horizontale.

Dans les essais néerlandais, la durée pendant laquelle le véhicule est resté en surface a été très variable selon les circonstances. Parmi les 44 véhicules immergés, elle a été inférieure à une minute dans 21 cas, de 60 à 89 secondes dans 9 cas, de 90 à 120 secondes dans 9 cas, et supérieure à 120 secondes dans 5 cas. Les résultats américains et canadiens, avec une durée totale dépassant deux minutes avant la submersion totale, se situent donc dans la partie haute de cette distribution. Ceci doit probablement être attribué au fait que dans les deux études nord-américaines les véhicules n'ont pas subi de dommage particulier lors de leur contact avec la surface de l'eau. Le SWOV relève d'ailleurs que pour une vitesse d'impact similaire, les modèles de voitures plus lourds sont associés à une durée de flottaison plus élevée, ce qu'il attribue à une meilleure résistance à la déformation lors de l'impact, conduisant à une entrée de l'eau moins rapide dans l'habitacle.

⁹ L'une des explications possibles de cet écart est qu'il aurait pu subsister de l'eau dans certains vides du véhicule pour le deuxième essai, ce qui l'aurait alourdi.

Parmi les 44 véhicules testés par le SWOV, 18 avaient le moteur à l'arrière et 26 à l'avant. Dans 39 cas, le véhicule a coulé avec le côté du moteur vers le bas, comme dans les deux autres études ; les exceptions concernent des modèles et des circonstances variés et ne peuvent pas être reliés à un facteur particulier.

Pour les besoins d'une émission de télévision¹⁰, un animateur britannique a également tenté l'expérience en 2009 dans une automobile déposée par une grue dans une fosse d'essai. Le véhicule utilisé, une Vauxhall Carlton, était d'un modèle assez ancien, mis en circulation entre 1986 et 1994. Le niveau de l'eau atteint le bas de la fenêtre du conducteur 33 secondes après le premier contact avec l'eau, et le véhicule est totalement sous l'eau après 57 secondes.

Comme souligné plus haut, ces résultats présentent l'inconvénient de reposer sur des modèles de véhicules trop anciens pour être représentatifs du parc actuel. Les enquêteurs du BEA-TT ont eu connaissance d'un document récent apportant des éléments d'appréciation pour un véhicule contemporain.

Il s'agit d'un enregistrement vidéo¹¹, partiel, du sauvetage d'une automobile tombée dans la rivière Schinkel à Amsterdam le 9 février 2016 (figure 4). Selon des articles de presse, le véhicule serait tombé dans la rivière alors qu'il était stationné, possiblement du fait d'un frein mal serré, avec à son bord une mère et son bébé. Quatre témoins se sont jetés à l'eau pour tenter de les extraire, ils ont réussi à briser une vitre à l'arrière de la voiture avec une brique et les ont ramenés indemnes sur la berge. La vidéo permet de visualiser la fin de l'immersion du véhicule, une Alfa Romeo Giulietta, dont la figure 5 présente quelques étapes. La cinématique est cohérente avec celle rapportée dans la littérature, avec un basculement progressif du véhicule vers la verticale, le moteur vers le bas, et un délai d'une trentaine de secondes entre le moment où le niveau de l'eau atteint le bas des fenêtres avant et celui où il atteint le bas des fenêtres arrière.



Figure 4 : Immersion d'un VT dans la rivière Schinkel à Amsterdam le 9 février 2016
Capture d'écran de la vidéo

10 Richard Hammonds Underwater Car Challenge Top Gear (BBC, 2009) ; voir liens en partie 3.8.2.

11 <https://www.youtube.com/watch?v=RIF4nb45yug>

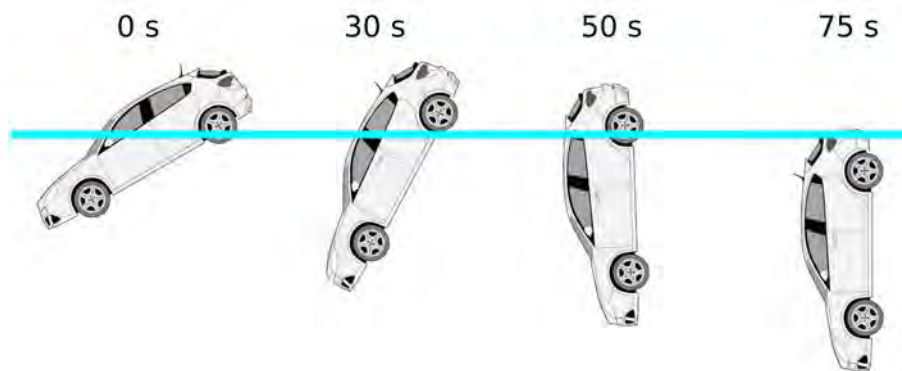


Figure 5 : Cinématique de la fin de l'immersion du véhicule dans la rivière Schinkel à Amsterdam le 9 février 2016 ; le temps est décompté à partir du début de l'enregistrement vidéo
Croquis BEA-TT

Selon un sapeur-pompier interviewé dans un récent article de l'Agence France-Presse¹², la propension du véhicule à pencher vers l'avant est à nuancer d'une part si le coffre est très chargé, d'autre part pour les véhicules électriques dont le moteur est moins lourd et les batteries mieux réparties sur la longueur du véhicule.

Au contraire des véhicules de tourisme, **les véhicules lourds** (poids lourds et transports en commun) coulent beaucoup plus rapidement.

Dans leur synthèse bibliographique [McDonald & Giesbrecht, 2013], les auteurs canadiens mentionnent plusieurs essais d'immersion conduits dans les années 1990 par la police du Michigan avec des autobus scolaires. Alors que leur vitesse d'entrée dans l'eau était de 13 km/h seulement, l'eau a systématiquement fait imploser le pare-brise et ouvert les portes en accordéon à l'avant, et l'air a été expulsé par les issues de secours en toiture, de sorte que les autobus ont coulé dans un délai maximal de 30 secondes.

McDonald et Giesbrecht rapportent également dans cet article qu'ils ont réalisé dans un autre contexte un essai d'immersion avec un camion de 5 tonnes équipé à l'avant d'une lame chasse-neige ; le camion a été submergé en 3 à 4 secondes alors que toutes ses fenêtres étaient fermées, et la montée rapide en pression a fait imploser le pare-brise.

Enfin, l'accident d'un autobus survenu à Saint-Petersbourg le 10 mai 2024 a été filmé par une caméra de vidéo-surveillance, ce qui permet de visualiser la cinématique depuis la perte de contrôle du conducteur¹³. Le véhicule a percuté et enfoncé le garde-corps d'un pont, puis est tombé à l'oblique dans une rivière. Trois secondes après que l'avant du véhicule ait touché la surface de l'eau, il s'est stabilisé à l'horizontale, le bas des fenêtres au niveau de l'eau, donc immergé approximativement à mi-hauteur. Il s'est ensuite rapidement enfoncé à l'horizontale, de sorte que **dix secondes après le premier contact avec la surface de l'eau** celle-ci recouvrait le toit de l'autobus.

3.2.4 - Les essais d'évacuation du véhicule

Les trois séries d'essais (Oklahoma, Pays-Bas, Canada) aboutissent aux mêmes conclusions.

Toute tentative d'ouvrir les portières du véhicule est vouée à l'échec du fait de la différence de pression exercée par l'eau entre l'extérieur et l'intérieur de l'habitacle. Selon les auteurs néerlandais, l'ouverture des portes est impossible dès que le véhicule entre en

¹² "N'ouvrez pas la fenêtre" : attention à ces prétendus conseils à suivre à bord d'une voiture immergée (AFP, 13 juin 2022) ; voir le lien en partie 3.8.2.

¹³ <https://www.dailymotion.com/video/x8ybcwv>

contact avec l'eau. Les auteurs canadiens ont pu le faire mais l'apport rapide d'eau à l'intérieur a conduit le véhicule à couler très rapidement et la pression de l'eau extérieure a provoqué la fermeture brutale de la portière, risquant ainsi de blesser un occupant. Ils rapportent aussi, dans leur revue de littérature de 2013, que la police du Michigan a fait les mêmes constats lors de ses propres essais.

Lorsque la consigne donnée aux occupants est de quitter le véhicule dès son entrée en contact avec l'eau, l'évacuation peut être très rapide si elle s'opère par les fenêtres. Lors d'un essai de l'Oklahoma avec quatre occupants, il ne leur a fallu que 10 secondes pour baisser leur vitre et sortir de la voiture. Les essais canadiens ont multiplié les situations (voir le détail en annexe 2) et ont abouti à un délai d'évacuation variant de 10 secondes (conducteur seul) à 51 secondes (trois occupants dont un à l'arrière, plus un mannequin d'enfant dans un siège enfant à l'arrière, avec une seule fenêtre ouverte). La plus grande difficulté rencontrée lors de l'essai le plus contraignant a été de détacher le mannequin d'enfant de son siège.

Les deux études ont vérifié que l'évacuation pouvait s'effectuer sans difficulté contre le flot entrant par la fenêtre lorsque le niveau de l'eau avait atteint le bas de celle-ci. En revanche, les fenêtres doivent impérativement être ouvertes avant que le niveau de l'eau les atteigne : des essais canadiens ont montré qu'**une fois que l'eau a dépassé le bas des fenêtres, le gradient de pression entre l'extérieur et l'intérieur rend leur ouverture très difficile, car les vitres sont poussées contre l'encadrement.** Dans cette situation les sujets ont dû attendre que l'habitacle soit presque entièrement rempli d'eau pour pouvoir ouvrir les fenêtres.

Dans d'autres essais (Oklahoma et Pays-Bas), la consigne donnée aux occupants¹⁴ a été d'attendre que le véhicule touche le fond avant d'évacuer. Les principaux constats ont été les suivants :

- L'air restant dans l'habitacle ne permet pas de subsister très longtemps : les sujets américains ont systématiquement dû commencer à utiliser leurs bouteilles avant que leur véhicule n'ait posé ses quatre roues sur le fond de la fosse (profonde de 4,37 m).
- Dans ces mêmes essais, la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitacle a provoqué, avant de toucher le fond, une dépression du toit du véhicule d'une hauteur de 12 à 15 cm. Cet enfoncement a entravé la mobilité des occupants.
- Lorsque le véhicule est submergé, il est très difficile pour des sauveteurs extérieurs de briser une fenêtre, car l'eau s'oppose à la force du coup porté.
- Dans certains cas où le véhicule reposait sur ses roues au fond de l'eau, les plongeurs n'ont pas été en mesure d'ouvrir les portières même après que les pressions intérieure et extérieure se soient équilibrées. Dans les essais néerlandais en zone portuaire, il s'agit de deux cas où les portières étaient endommagées et d'un cas où la voiture était trop profondément enfoncée dans la vase. Dans les essais américains en laboratoire, si les occupants n'ont rencontré aucune difficulté pour ouvrir les portières lorsque le véhicule reposait sur un fond horizontal, ils n'ont pu le faire lorsqu'il reposait sur une pente inclinée à environ 20 %. Les portières ont été examinées une fois le véhicule sorti de l'eau et elles s'ouvraient toutes les quatre sans difficulté. Une explication possible tiendrait à des efforts différentiels du fait de l'inclinaison du véhicule, qui auraient provoqué une déformation réversible des portières par rapport à leur encadrement.

Dans l'émission britannique citée en partie précédente, l'animateur, assisté d'un plongeur équipé, avait également pour consigne de laisser l'habitacle se remplir d'eau jusqu'à ce que la pression s'équilibre, puis d'ouvrir la portière pour évacuer. Bien que l'habitacle se soit rempli d'eau dès la submersion, il n'a pu ouvrir la portière qu'une fois le véhicule posé

14 Rappelons qu'il s'agissait toujours de plongeurs équipés de bouteilles.

sur le fond, une cinquantaine de secondes plus tard. Il a dû avoir recours entre-temps à l'assistance respiratoire et estime qu'en situation réelle il se serait noyé.

En conclusion, attendre la submersion du véhicule pour tenter de l'évacuer accroît grandement les risques sans procurer d'avantage particulier pour les occupants. **Tous les auteurs s'accordent pour recommander une évacuation au plus tôt par les fenêtres**, et observent que le temps mis par le niveau de l'eau pour atteindre le bas des fenêtres est suffisant pour le permettre.

Il convient toutefois de garder à l'esprit que les participants aux essais, en bonne condition physique et préparés aux événements, n'étaient pas totalement représentatifs des personnes impliquées dans les accidents réels [RVTV, 2002], dont l'état physique et mental peut être dégradé par :

- des blessures dues au choc ou une incapacité préalable à l'accident,
- l'eau froide, sombre et trouble, qui peut causer des difficultés d'orientation,
- la panique liée aux circonstances et à l'effet de surprise.

3.2.5 - Les dommages causés au véhicule

Comme évoqué précédemment, le véhicule peut être endommagé par le choc avec la surface de l'eau, notamment s'il entre dans l'eau à vitesse élevée, ou sur le côté ou sur le toit, et les portières peuvent s'en trouver bloquées. Les essais en Oklahoma ont rapporté un enfoncement du toit provoqué par le gradient de pression au fond de la fosse d'essai, et un blocage temporaire des portières possiblement dû à des efforts différentiels lorsque le véhicule reposait sur un fond incliné. L'ensemble de ces dommages est susceptible d'entraver l'évacuation.

L'immersion n'a pas causé de dysfonctionnement des équipements électriques des véhicules. Dans les essais en Oklahoma, les phares et les lumières du véhicule, testés après chaque essai, sont toujours restés opérationnels. La charge de la batterie a été mesurée à la fin des essais et le résultat a indiqué que les pertes durant les essais d'immersion avaient été négligeables. Lors des essais néerlandais, les auteurs rapportent que les feux des véhicules ont fonctionné « un certain temps » même sous l'eau. D'autres sources confirment que les équipements continuent de fonctionner après la submersion :

- Lors des essais de la police du Michigan rapportés par les auteurs canadiens, les équipements électriques comme les essuie-glaces et les phares, testés par des plongeurs, ont continué à fonctionner pendant 5 à 10 minutes à partir de l'entrée du véhicule dans l'eau.
- Un rapport d'étude néerlandais [RVTV, 2002] mentionne un cas d'immersion totale d'une fourgonnette dont les phares et les essuie-glaces fonctionnaient toujours à l'arrivée de la police sur les lieux 10 à 15 minutes plus tard.
- Plusieurs des articles de presse recueillis pour les besoins de l'étude d'enjeux du BEA-TT ont également rapporté que des véhicules immergés avaient été remarqués par des riverains grâce à leurs feux restés allumés¹⁵.

3.3 - Le fonctionnement des composants électroniques

Des travaux ont été conduits aux Pays-Bas au début des années 2000 sur le fonctionnement des composants électroniques des véhicules en cas d'immersion.

15 Par exemple : <https://www.ladepeche.fr/2019/12/09/castelnaudary-un-marin-sauve-une-conductrice-de-la-noyade-dans-le-canal-du-midi,8593064.php>

3.3.1 - Étude du RVTV (2002)

En 1998, la chute d'une voiture de police dans un canal de 2 à 3 m de profondeur a causé le décès de ses trois occupants. Les portières du véhicule sont restées bloquées, possiblement selon les enquêteurs du fait d'un court-circuit ayant déclenché leur verrouillage de façon centralisée. D'autres cas où les portières semblent avoir été verrouillées électriquement ont été rapportés. Suite à ces événements le RVTV¹⁶ a engagé une analyse des accidents avec immersion de voitures, en portant une attention particulière au fonctionnement des systèmes de verrouillage électrique des portes et fenêtres [RVTV, 2002].

Dans un premier temps l'étude a analysé 137 procès-verbaux d'accidents avec immersion de l'année 2000, dont tous les accidents mortels et environ 15 % des accidents ayant causé un blessé hospitalisé plus de 24 heures. Il n'a été relevé aucune mention de dysfonctionnement des composants du véhicule autre que des commentaires sur des portes bloquées, sans précision sur la cause du blocage (obstacle extérieur, déformation du véhicule, verrouillage électrique, etc.). Les auteurs soulignent cependant que les enquêtes de police ne visaient pas particulièrement à approfondir ces aspects.

Ainsi, bien qu'ils n'aient pas mis en évidence que des problèmes techniques liés au verrouillage électrique des portes ou à l'ouverture électrique des fenêtres surviennent fréquemment en cas d'immersion, les auteurs craignent que ce type de facteurs aggravants prenne une ampleur croissante à l'avenir du fait des évolutions techniques prévisibles sur les véhicules (généralisation des commandes électroniques, renforcement de la solidité des vitres latérales). Dans ce domaine leur rapport émet la recommandation suivante : « *Faire évoluer la réglementation européenne relative aux véhicules afin d'empêcher que les systèmes électriques ferment accidentellement les portes du véhicule par un court-circuit causé par l'eau, et que les commandes électriques de fenêtres ou de serrures ne fonctionnent plus* ».

3.3.2 - Essais de composants électroniques (2008)

Objectif et principe des essais

Dans le prolongement de l'étude de 2002, le Rijkswaterstaat¹⁷ a commandé à un laboratoire universitaire d'ingénierie automobile des essais visant à vérifier le maintien effectif en fonctionnement de « composants critiques » de mécanismes de commande électronique de fenêtres et de verrouillage de portes lorsque ces composants sont immergés [RWS, 2008].

Les essais ont porté sur 19 modèles de véhicules, tous à motorisation thermique, et trois ensembles de composants ont été testés pour chaque modèle. Pour des raisons pratiques les essais n'ont pas consisté à immerger des véhicules entiers, mais uniquement la chaîne de composants concernés, dont le bus CAN¹⁸ du véhicule, montée

16 Le RVTV (*Raad voor de Transportveiligheid*, Conseil pour la sécurité des transports) est maintenant le *Onderzoeksraad voor Veiligheid* (Conseil d'enquêtes sur la sécurité, la traduction anglaise officielle étant *Dutch Safety Board*, DSB). Le DSB assure aux Pays-Bas les missions d'un bureau d'enquêtes techniques dans de nombreux domaines (navigation, fer, aviation, industrie) mais il ne produit, pour les transports routiers, que des documents de portée générale et ne réalise pas d'enquêtes sur des événements particuliers.

17 Le Rijkswaterstaat est une agence du ministère néerlandais des transports, en charge de la conception, de la construction et de l'exploitation du réseau routier principal et des voies navigables.

18 Un bus est un ensemble de conducteurs permettant l'interconnexion de plusieurs unités de traitement de données. Dans le domaine automobile, le bus CAN (Controller Area Network) est un système de transmission normalisé qui consiste à raccorder à un même câble un grand nombre de calculateurs qui communiqueront à tour de rôle. Cette technique élimine le besoin de câbler des lignes dédiées pour chaque information à faire transiter.

sur un panneau d'essai et immergée progressivement pour simuler la chute d'un véhicule dans l'eau. Du fait de cet écart entre les conditions de test et les conditions réelles d'immersion d'un véhicule, les auteurs soulignent qu'il n'est pas exclu que d'autres sources de dysfonctionnement puissent intervenir en cas d'immersion.

Principaux résultats

Les batteries continuent à fonctionner correctement en cas d'immersion prolongée : presque toutes les batteries utilisées lors des tests (55 sur 57) sont restées opérationnelles pendant toute la durée de leur immersion, soit une heure.

Dans la plupart des essais, **les fenêtres** ne s'ouvrent plus après immersion ; le système d'ouverture des fenêtres ne reste opérationnel que pour 2 des 19 modèles de véhicules testés. La cause de la panne n'est pas unique, elle est souvent liée à l'immersion d'un composant doté d'une certaine « intelligence » (bus CAN ou moteur de fenêtre avec un module comportant une partie de « l'intelligence » de la commande), parfois à l'immersion du bouton de commande de la fenêtre. Le rapport ne précise pas après quelle durée d'immersion survient la panne, mais il présente des graphes pour deux exemples dans lesquels la panne est immédiate dès l'immersion du composant incriminé, et la conclusion de cette partie laisse penser que ce comportement est général.

Dans certains essais, **les portes** ne peuvent plus être ouvertes après immersion. Pour 4 modèles de véhicules sur les 19 testés, un dysfonctionnement du système électronique de verrouillage des portes entraîne un blocage des portières **empêchant leur ouverture mécanique** lorsque le système de commande est immergé. Comme pour les fenêtres, la rédaction du rapport suggère, sans que ce soit explicitement spécifié, que le dysfonctionnement est immédiat dès l'immersion du composant incriminé. Sur les autres modèles, l'eau a des effets variables sur le système de verrouillage des portes mais n'allant pas jusqu'au blocage de l'ouverture mécanique.

Les auteurs estiment que la fragilité des composants électroniques mise en évidence par les essais risque de s'aggraver dans l'avenir, du fait de l'extension des applications électroniques et des capteurs.

À noter qu'en réponse à une consultation sur une version provisoire du rapport, le Groupe Volkswagen (Volkswagen, Seat, Audi, Skoda) ainsi que Renault ont indiqué que tous leurs véhicules neufs livrés aux Pays-Bas étaient équipés de marteaux de secours (Volkswagen) ou le seraient début 2008 (Renault).

Suites données à ce rapport

Le BEA-TT a interrogé le Rijkswaterstaat sur les suites données à ce rapport. Il a été répondu que ces analyses n'avaient pas été poursuivies et que les discussions entre le ministère et l'industrie automobile n'avaient pas abouti à une évolution des règlements techniques. Certaines marques ont équipé leurs véhicules neufs de marteaux de secours pendant plusieurs années, sans que l'on sache si c'est encore le cas actuellement.

3.4 - Instructions détaillées pour l'évacuation d'un véhicule

Les travaux néerlandais [RVTV, 2002] et canadiens [Giesbrecht & McDonald, 2006] ont produit, à partir des conclusions de leurs essais, une série d'instructions destinées au grand public pour l'évacuation d'un véhicule immergé. Des conseils similaires, dispensés par des sapeurs-pompiers, sont régulièrement publiés dans la presse écrite ou dans des programmes audio-visuels (liste en partie 3.8.2). Leur agrégation produit la liste suivante.

Si le véhicule est en position « normale »

Le principe général est d'évacuer le véhicule dès que possible par les fenêtres. Ne pas tenter d'ouvrir les portières tant que le véhicule flotte car cela provoquerait une arrivée massive d'eau dans la voiture et sa submersion très rapide.

- 1) Déverrouiller les portières. Allumer les feux de route ou les feux de détresse de façon à être plus facilement repérable par les secours.
- 2) Détacher la ceinture de sécurité ou à défaut la couper.
- 3) Si le véhicule est équipé d'un toit ouvrant, privilégier cette issue. Sinon ouvrir les fenêtres¹⁹. Si une fenêtre est bloquée, tenter de la briser en frappant fermement dans un angle avec un objet dur et pointu²⁰ : idéalement un marteau de secours, ou un tournevis par exemple. À défaut, on peut utiliser la tige d'un appuie-tête soit pour frapper la vitre, soit en la passant en force entre l'angle inférieur avant de la vitre et le joint, et en faisant levier. En cas de courant, cibler la vitre qui se trouve à l'opposé du courant. Ne pas tenter de briser le pare-brise, il est beaucoup plus résistant que les fenêtres.
- 4) Détacher les enfants.
- 5) Évacuer en faisant d'abord passer les enfants. Sortir la tête en premier, s'asseoir sur la portière puis se hisser en agrippant le haut du cadre.

Si le véhicule est à l'envers

- 1) Déverrouiller les portières. Allumer les feux de route ou les feux de détresse de façon à être plus facilement repérable par les secours.
- 2) Détacher la ceinture de sécurité ou à défaut la couper. Utiliser vos mains pour protéger la tête et appuyer avec les pieds sur le tableau de bord pour pousser le corps dans le siège et relâcher la ceinture.
- 3) Détacher les enfants.
- 4) Si le véhicule ne s'est pas remis à l'endroit avant de couler, tenter de sortir du véhicule en ouvrant une porte. Ceci ne sera possible que lorsque la pression de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitacle se seront équilibrées²¹. Pour ouvrir la porte, pousser dessus avec l'ensemble du corps pour vaincre la résistance de l'eau.

Les auteurs canadiens ont préconisé de développer au sein du standard téléphonique de réception des appels d'urgence (911) un protocole de réponse adapté au cas de la chute d'un véhicule dans l'eau, afin d'inciter les victimes à évacuer au plus vite, plutôt que de recueillir des détails sur les lieux et les circonstances de l'accident comme dans le cas général. L'un d'eux a ainsi participé à l'élaboration d'un tel protocole, présenté dans un article [Giesbrecht, 2016a] résumé en annexe 2.

19 L'un des auteurs canadiens [Giesbrecht, 2016a] préconise d'ouvrir des fenêtres arrière plutôt que des fenêtres avant, car du fait de l'inclinaison que prendra le véhicule, les premières resteront plus longtemps au-dessus du niveau de l'eau. Ce conseil semble toutefois peu réaliste pour des occupants aux places avant.

20 La forme pointue de l'objet concentre l'effort sur une surface plus petite.

21 Cette recommandation ne semble réaliste que dans les situations où l'eau est relativement peu profonde. Dans les essais décrits précédemment, avec une profondeur d'au moins quatre mètres, les occupants des véhicules posés sur le fond ont dû systématiquement avoir recours à une assistance respiratoire avant de pouvoir évacuer.

3.5 - Connaissance par le grand public de la conduite à tenir en cas d'immersion

Deux études se sont intéressées au niveau de connaissance par le grand public de la conduite à tenir en cas d'immersion de leur véhicule. Les auteurs canadiens [McDonald et al., 2019] ont fait réaliser un sondage auprès de 82 personnes seulement, effectif trop réduit pour permettre des conclusions robustes. L'étude néerlandaise du RVTV [RVTV, 2002] a commandé un sondage sur un échantillon d'environ 1000 personnes. Il en ressort que :

- Les deux tiers des personnes interrogées sous-estiment la durée pendant laquelle un véhicule tombé à l'eau va flotter ;
- La moitié des répondants pense que le meilleur moment pour évacuer la voiture est « *lorsque le véhicule est presque complètement plein ou totalement sous l'eau* » ;
- Seul un tiers des personnes interrogées pense qu'en cas de nécessité de briser une vitre pour évacuer le véhicule, il faut choisir une fenêtre latérale ;
- Enfin, interrogés sur l'endroit où frapper la vitre concernée, les deux tiers des personnes choisissent le milieu de la vitre.

Les auteurs en concluent qu'il est nécessaire d'engager des actions de communication vis-à-vis du grand public.

Aux Pays-Bas, un prestataire²² propose au grand public des sessions de formation à l'évacuation d'un véhicule immergé, avec travaux pratiques en piscine.

3.6 - Les moyens d'évacuation

3.6.1 - Test des outils d'évacuation des véhicules

Aux États-Unis une association d'automobilistes, l'*American Automobile Association*, a réalisé des essais afin d'évaluer la capacité des outils courants d'évacuation des véhicules « de qualité grand public », d'une part à couper une ceinture de sécurité, d'autre part à briser une vitre latérale en verre trempé ou feuilleté [AAA, 2019]. Six outils ont été testés.

Pour chaque outil sélectionné, les opérateurs ont tenté à trois reprises de couper une ceinture de sécurité. Toutes les tentatives ont réussi mais dans des délais très variables : pour quatre des six outils le délai moyen a été inférieur à 2,5 secondes, alors qu'il s'est élevé respectivement à 13 et 23 secondes pour les deux autres.

Pour chaque outil, les essais de bris de vitre ont porté sur trois échantillons différents de vitre en verre trempé et deux échantillons de vitre en verre feuilleté²³. Sur chaque échantillon, cinq tentatives ont été effectuées au maximum. Les outils étaient de trois types différents :

²² <https://autotewater.nl/>

²³ « Le verre trempé, couramment utilisé pour les vitres latérales et arrière, est traité thermiquement pour augmenter sa résistance à la rupture. En cas de fissure, il se brise en petits morceaux. Le verre feuilleté, couramment utilisé pour les pare-brise en raison du risque accru d'impact à grande vitesse, est constitué de deux couches de verre trempé collées à une couche intermédiaire en plastique. Cette couche interne augmente la résistance de la vitre, assure sa cohésion et l'empêche de se briser, même lorsqu'elle est fissurée. »

- trois outils de type marteau ; pour les essais ils ont été montés sur un dispositif permettant de les appliquer avec une force calibrée représentative d'un utilisateur moyen ;
- deux outils de type poinçon à ressort, déclenché lorsque l'extrémité de l'outil est appuyée sur une surface rigide (exemple en figure 6, à gauche) ;
- un outil consistant en une plaque souple (format carte de crédit) dotée d'un poinçon (figure 6, à droite) ; l'utilisateur doit insérer le bord de la plaque dans le cadre de la fenêtre, tirer sur l'extrémité opposée pour la fléchir, puis la relâcher pour que le poinçon frappe la vitre.



Figure 6 : Deux des outils testés par l'AAA ; à gauche un outil de type poinçon à ressort ; à droite l'outil de type plaque souple dotée d'un poinçon [AAA, 2019]

NB : les graduations sont en pouces

Le rapport ne précise pas explicitement à quel endroit de la fenêtre les outils brise-vitre ont été appliqués. Toutefois les photographies présentées (voir notamment la figure 7, à droite) laissent penser qu'il s'agit de l'angle inférieur vers l'avant du véhicule.

Les résultats sur le verre trempé sont mitigés. Les deux outils à ressort et l'outil de type plaque souple ont permis de briser la vitre (avec cependant moins de réussite pour ce dernier : l'un des échantillons n'a été brisé qu'au cinquième essai, et un autre n'a pas pu être brisé). Certains outils de type marteau, en revanche, ne sont pas satisfaisants. Seul l'un des trois a permis de briser les vitres, après un seul essai pour chacun des échantillons. Pour les deux autres, aucun des trois échantillons n'a pu être brisé malgré cinq tentatives sur chaque. L'un des deux marteaux a même été endommagé lors des essais, sa pointe conique métallique s'est détachée du support en plastique.

Les résultats obtenus sur le verre feuilleté se sont avérés infructueux pour tous les outils d'évacuation. Aucun des deux échantillons de vitre n'a été brisé après cinq essais. Quatre outils ont permis de fissurer le verre feuilleté, dès le premier essai, mais aucun n'a pu le percer par la suite et la vitre a conservé son intégrité structurelle. Les deux marteaux déjà mis en défaut sur le verre trempé n'ont même pas permis de fissurer le verre feuilleté.

La figure 7 illustre les résultats obtenus sur les deux types de vitrages. À des fins purement informatives, l'un des opérateurs a tenté, une fois les essais terminés, de briser un vitrage en verre feuilleté à l'aide d'une masse à panne arrondie ; même après de multiples impacts au même endroit, la vitre, bien que fissurée, est restée entière et n'a pas pu être retirée du cadre.

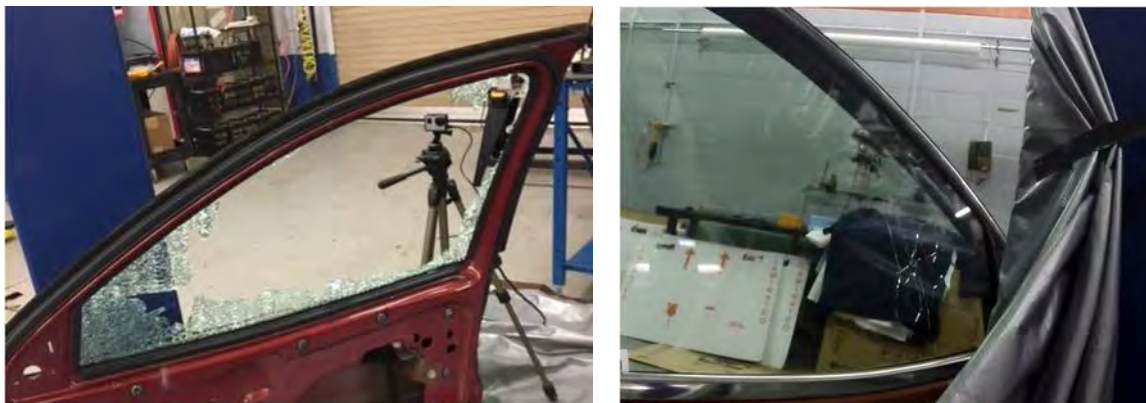


Figure 7 : Résultats des essais avec un outil de type poinçon à ressort sur une vitre en verre trempé (à gauche) et en verre feuilleté (à droite) [AAA, 2019]

Les auteurs soulignent que l'utilisation du verre feuilleté pour les vitres latérales des automobiles, peu courante par le passé, se développe aux États-Unis en réponse à un règlement de sécurité fédéral visant à éviter l'éjection des occupants en cas de collision. Parmi les 350 modèles mis sur le marché en 2018, ils en ont dénombré 115, soit le tiers, équipés de vitres latérales en verre feuilleté.

En conclusion, les auteurs recommandent aux automobilistes :

- de vérifier la nature des vitrages équipant leurs fenêtres ;
- si les vitres sont en verre trempé, de s'équiper d'un outil d'évacuation facilement accessible par les occupants en cas d'urgence ;
- de se familiariser avec l'utilisation de ces outils ;
- de définir un plan d'action dans l'hypothèse où ils se trouveraient piégés dans leur véhicule, y compris un plan de secours au cas où leur outil d'évacuation ne fonctionnerait pas, et de partager ce plan avec les passagers afin d'éliminer toute confusion en cas d'urgence.

3.6.2 - Un système d'ouverture automatique des fenêtres

Les auteurs canadiens [Giesbrecht *et al.*, 2017], considérant que tout véhicule tombé à l'eau se replace dans un premier temps dans une position proche de l'horizontale, que le délai permettant l'évacuation est alors relativement court, et que de nombreux occupants de véhicules immergés prennent de mauvaises décisions, ont mis au point un système d'ouverture automatique des fenêtres d'un véhicule en cas d'immersion.

Un capteur d'immersion, situé dans le compartiment moteur, déclenche l'ouverture immédiate des fenêtres électriques sous réserve que le véhicule soit en position approximativement horizontale et dans le bon sens (les roues en bas). Il déclenche simultanément l'eCall²⁴.

Le système, maintenant commercialisé en Amérique du Nord, peut être installé sur des véhicules neufs ou déjà en circulation. Les auteurs estiment que l'ouverture automatique des fenêtres, outre le gain en rapidité, a également l'intérêt d'inciter les occupants à évacuer le véhicule alors qu'ils n'en auraient pas forcément l'idée ou le réflexe en situation de stress.

²⁴ L'eCall est un dispositif déclenchant automatiquement un appel téléphonique aux services d'urgence (112 en Europe), accompagné de données de géolocalisation, lorsque les capteurs du véhicule ont détecté un accident. Dans l'Union Européenne, l'eCall est obligatoire depuis le 31 mars 2018 sur tous les nouveaux types de véhicules de catégories M1 et N1 (règlement 2015/758 du parlement européen et du conseil du 29 avril 2015).

3.7 - Recommandations issues de la bibliographie

Les travaux néerlandais [RVTV, 2002] et canadiens [Giesbrecht & McDonald, 2006] s'accordent pour recommander :

- de communiquer auprès du grand public sur la procédure d'évacuation recommandée ;
- d'inciter à ce que les véhicules de tourisme soient équipés d'un outil brise-vitre monté de façon visible et accessible rapidement.

En complément, les auteurs canadiens recommandent de développer, au sein du standard de réception des appels d'urgence (911), un protocole de réponse adapté au cas de la chute d'un véhicule dans l'eau (voir plus haut).

Dans la perspective supposée d'évolutions techniques à venir (généralisation des commandes électroniques, renforcement de la solidité des vitres latérales), les auteurs néerlandais recommandent également :

- de faire évoluer la réglementation européenne relative aux véhicules afin d'empêcher que les systèmes électriques ferment accidentellement les portes du véhicule par un court-circuit causé par l'eau, et que les commandes électriques de fenêtres ou de serrures ne fonctionnent plus ;
- de promouvoir la recherche d'une alternative au marteau de secours actuel, qui permettrait également de briser les futures vitres plus solides.

S'agissant du traitement de l'infrastructure, compte tenu du linéaire très élevé de routes potentiellement concerné aux Pays-Bas, les auteurs ne préconisent pas d'étendre l'obligation d'équipement en dispositifs de retenue, applicable aux seules routes principales, mais ils suggèrent « *d'encourager les gestionnaires routiers à au moins avertir les usagers de la route du danger d'immersion dans le cas de tronçons routiers où le risque d'immersion est relativement élevé* ».

3.8 - Références

3.8.1 - Publications scientifiques et techniques

Les références écrites en bleu font l'objet de notes de lecture regroupées en annexe 2.

[AAA, 2019] American Automobile Association (juillet 2019), *Vehicle escape tool evaluation*.

[Donohue, 1991] Donohue W. *Operation Submerged Transportation Accident Research (S.T.A.R)*. Lansing, MI: Michigan Department of State Police; 1991. Final report.

[Giesbrecht & McDonald, 2006] Giesbrecht GG, McDonald GK. *Operation ALIVE (Automobile submersion: Lessons In Vehicle Escape)*. Proceedings of the Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference XVI; June 11-14, 2006; Winnipeg, Manitoba.

[Giesbrecht & McDonald, 2010] Giesbrecht GG, McDonald GK. *My car is sinking: automobile submersion, lessons in vehicle escape*. Aviat Space Environ Med 2010; 81:779–84.

[Giesbrecht, 2016a] Giesbrecht G. *The evidence base for a new "Vehicle in Water" emergency dispatch protocol*. Annals of Emergency Dispatch & Response. 2016;4(1):5-9.

- [Giesbrecht, 2016b] Giesbrecht G. *The evidence base for a new "Vehicle in Floodwater" emergency dispatch protocol*. Annals of Emergency Dispatch & Response. 2016;4(2):7-11.
- [Giesbrecht et al., 2017] Gordon G. Giesbrecht, Michael Percher, Pierre Brunet, Yanik Richard, Marion Alexander, Alixandra Bellemare, Yash Rawal, Aram Amassian & Gerren McDonald (2017) *An automatic window opening system to prevent drowning in vehicles sinking in water*, Cogent Engineering, 4:1, 1347990.
- [Kuhn, 1963] Bernard J. Kuhn, *Submerged vehicle study*. Journal of Health, Physical Education, Recreation. Volume 34, p. 61-62 (1963).
- [McDonald & Giesbrecht, 2013] McDonald GK, Giesbrecht GG. *Vehicle submersion: a review of the problem, associated risks, and survival information*. Aviat Space Environ Med 2013; 84:498-510.
- [McDonald et al., 2019] G.K. McDonald, C.A. Moser, and G.G. Giesbrecht. *Public knowledge, attitudes and practices of vehicle submersion incidents: A pilot study*. Inj. Epidemiol., vol. 6, no. 21, p. 21, 2019.
- [Quan et al., 2014] Quan L, Mack CD, Schiff MA. *Association of water temperature and submersion duration and drowning outcome*. Resuscitation 2014; 85:790.
- [Quan et al., 2016] Quan L, Bierens JJ, Lis R, Rowhani-Rahbar A, Morley P, Perkins G. *Predicting outcome of drowning at the scene: A systematic review and meta-analyses*. Resuscitation 2016; 104:63.
- [RVTV, 2002] Raad voor de Transportveiligheid (2002), *Auto te water: ontsnappingsproblemen - Veiligheidsstudie*, Décembre 2002 [Conseil pour la sécurité des transports - Problèmes d'évacuation d'une voiture immergée - Étude de sécurité]
- [RWS, 2008] Rijkswaterstaat, *Raambediening en deurvergrendeling - Effect van water op het functioneren van raambedieningen en deurvergrendelingen*, Juillet 2008. [Service des Ponts et Chaussées - Commande des fenêtres et verrouillage des portes - Effet de l'eau sur le fonctionnement de la commande des fenêtres et du verrouillage des portes]
- [SISL, 2006] Société Internationale de Sauvetage du Léman (2006), *La survie en eau froide*.
- [Sliepcevich et al., 1970] Sliepcevich CM, Steem WD, Purswell JL, Ice JN, Welker JR, *Escape worthiness of vehicles and occupant survival. Final Report*. Norman, OK: U.S. Department of Transportation; 1970. Report No: DOT/HS-800 428.
- [Sliepcevich et al., 1972a] Sliepcevich CM, Steen WD, Purswell JL, Krenek RF, Welker JR, et al., *Escape worthiness of vehicles for occupancy survivals and crashes. First part: research programs*. Norman, OK: U.S. Department of Transportation; 1972. Report No: DOT/HS-800 736.
- [Sliepcevich et al., 1972b] Sliepcevich CM, Steen WD, Purswell JL, Krenek RF, Welker JR, et al., *Escape worthiness of vehicles for occupancy survivals and crashes. Second part: appendices*. Norman, OK: U.S. Department of Transportation; 1972. Report No: DOT/HS-800 737.
- [Suominen et al., 2002] Suominen, P., Baillie, C., Korpela, R., Rautanen, S., Ranta, S., Olkkola, K.T., 2002. *Impact of age, submersion time and water temperature on outcome in near-drowning*. Resuscitation 52, 247–254.

[SWOV, 1973] SWOV (1973), *Submerging vehicles*. Report No: 1973-1E.

[SWOV, 2002a] SWOV (2002), *Omvang, aard en ernst van ongevallen met auto's te water* [Taille, nature et gravité des accidents impliquant des voitures immergées]

[SWOV, 2002b] SWOV (2002), *Problemen met ontsnapping en bevrijding uit auto's te water* [Les problèmes relatifs à l'évacuation et aux secours aux voitures immergées]

3.8.2 - Communication visant le grand public

Articles de presse

Que faire si ma voiture tombe à l'eau ? Les conseils d'un pompier (La Voix du Nord, 5 janvier 2022)

"N'ouvrez pas la fenêtre" : attention à ces prétendus conseils à suivre à bord d'une voiture immergée (AFP, 13 juin 2022)

<https://factuel.afp.com/doc.afp.com.32C94JK>

Comment s'extraire d'un véhicule tombé à l'eau ? Voici les conseils d'un pompier (La Presse de la Manche, 13 novembre 2024)

https://actu.fr/normandie/cherbourg-en-cotentin_50129/comment-sextraire-dun-vehicule-tombe-a-leau-voici-les-conseils-dun-pompier_61855801.html

Programmes audio-visuels francophones

Défi : sortir d'une voiture qui coule ! - On n'est pas que des cobayes (France 5, mai 2015)

<https://www.youtube.com/watch?v=XBZSElkg-aY>

Que faire en cas d'inondation en voiture ? (Le monde de Jamy, novembre 2021)

<https://www.youtube.com/watch?v=GuOiMCwPSO4&t=236s>

Accident - Comment sortir d'une voiture immergée ? (chaîne « 24 heures », Suisse, 2016)

<https://www.youtube.com/watch?v=6lkPotecu1Y>

Programme audio-visuel anglophone

Richard Hammonds Underwater Car Challenge Top Gear (BBC, 2009)

1ère partie : <https://www.youtube.com/watch?v=lqEa3OJIG0s>

2ème partie : <https://www.youtube.com/watch?v=f-hADcZ49fE>

Sites internet d'organismes divers

Site de l'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles et technologiques (AFPCNT), page « Outils pratiques »

<https://afpcnt.org/ressources/outils-pratiques/>

Site de la société d'assurance AMV (Assurance Moto Verte), page « Comment sortir d'une voiture tombée dans l'eau ? »

<https://www.amv.fr/assurance-auto/sortir-dune-voiture-tombee-dans-leau/>

4 - Analyse des procès-verbaux d'accidents

4.1 - Introduction

Afin d'approfondir les circonstances des accidents avec immersion, le BEA-TT a exploité **65 procès-verbaux d'accidents** survenus entre janvier 2022 et août 2024, ayant tous fait l'objet d'une fiche BAAC. Chaque procès-verbal a été analysé en vue de renseigner une grille similaire à celle établie pour l'étude d'enjeux (cf. le rapport relatif à la partie 1 de l'étude), complétée par des rubriques visant à décrire en détail les circonstances de l'immersion.

Les résultats de l'analyse sont détaillés en annexe 3, cette partie n'en reprend que les conclusions les plus saillantes. L'annexe 4 présente une synthèse de 28 des 65 accidents traités, dont les circonstances peuvent illustrer certains des résultats obtenus. Ces accidents sont mentionnés avec un numéro dans la suite de ce rapport.

Pour interpréter les résultats de cette analyse, il convient de garder à l'esprit que par construction l'échantillon d'accidents étudié est composé d'accidents relativement graves, puisque les accidents sans victime et une partie de ceux n'ayant causé que des blessures légères ne font pas l'objet d'un procès verbal.

4.2 - Caractéristiques générales des accidents de l'échantillon

Globalement, les **65 accidents** de l'échantillon ont des caractéristiques proches de celles des accidents étudiés dans l'étude d'enjeux, si l'on tient compte du fait que les premiers ont tous fait l'objet d'une fiche BAAC et sont donc associés à une gravité plus élevée. Ainsi :

- Les 65 véhicules immergés sont presque tous (58) des **véhicules de tourisme** (VT).
- Ils résultent presque tous (61) d'une **sortie de route du véhicule seul**.
- Plus des deux tiers des véhicules impliqués n'ont qu'un **seul occupant**, seuls 12 % ont au moins trois occupants.
- **4 accidents sur 5 sont mortels**, 69 % des occupants sont décédés.
- Les caractéristiques des sites (localisation en ou hors agglomération, type de route, configuration de la route et du cours d'eau, présence d'un pont, d'un virage) et les conditions météorologiques ne présentent pas d'écart conséquent avec celles observées sur l'échantillon analysé pour l'étude d'enjeux.
- Parmi les 58 VT immergés, 8 étaient des **véhicules à trois portes**, mais un seul d'entre eux avait plus de deux occupants. Pour les 7 autres véhicules le nombre de portes n'a pas joué de rôle dans la possibilité pour les occupants d'évacuer.
- Les véhicules immergés ont terminé leur trajectoire très majoritairement en **position normale** (40 %) ou **sur le toit** (40 % également), et étaient majoritairement (61 %) **totalement ou aux trois quarts immergés**.
- Les conducteurs dont l'**alcoolémie** est connue se répartissent à parts égales entre négatifs et positifs. Parmi les conducteurs avec un résultat connu au test de **stupéfiants**, un sur cinq était positif.

Les écarts entre l'échantillon exploité pour l'étude d'enjeux et celui exploité ici concernent :

- L'âge des occupants : l'échantillon de PV ne comporte aucun enfant, et très peu de moins de 18 ans, alors que dans l'étude d'enjeux les 0-17 ans constituaient 10 % ; le quart des occupants ont 65 ans ou plus, contre 17 % dans l'étude d'enjeux.

- L'ancienneté du permis de conduire : la part des conducteurs ayant leur permis depuis plus de 10 ans est plus élevée.

4.3 - Les circonstances de la sortie de route

4.3.1 - Existence d'un marquage axial ou en rive (hors agglomération)

Comme dans l'étude d'enjeux, les sites d'accidents sur route hors agglomération se répartissent en :

- un peu plus d'un tiers où la chaussée comporte à la fois un marquage axial et un marquage de rive (ou une bordure) ;
- environ un quart où la chaussée comporte un marquage axial mais pas de marquage de rive (ni de bordure) ;
- un peu plus d'un tiers où la chaussée ne comporte ni marquage axial ni marquage de rive (ni bordure).

4.3.2 - Existence d'un séparateur et type

Comme dans l'étude d'enjeux, on entend par « séparateur » tout élément implanté en bord de route et susceptible de s'opposer à la chute du véhicule dans le cours d'eau ou le plan d'eau. Il ne s'agit donc pas uniquement de dispositifs de retenue au sens de la technique routière.

13 accidents ont eu lieu sur un pont et 1 sur une digue, dans tous les cas bordés par un séparateur qui a été franchi, dont 11 garde-corps. Ceci confirme le constat fait lors de l'étude d'enjeux : **un garde-corps ne retient pas suffisamment un véhicule de tourisme**, car il n'est prévu que pour les piétons.

50 accidents ont eu lieu hors pont, digue et route submersible, dont **10 seulement étaient équipés d'un dispositif de retenue** (glissière) ou d'un élément pouvant y être assimilé (parapet, merlon), et 10 autres comportaient un séparateur léger (garde-corps, clôture ou barrière légère).

S'agissant des glissières, on peut relever que :

- 2 sites étaient dotés d'une glissière métallique, dans les deux cas le véhicule accidenté ne l'a pas franchie mais est passé derrière ou à côté (1 cas où la route longeait la rivière et où la glissière n'était implantée que dans un virage, 1 cas où la route croisait la rivière et où la glissière débutait 65 m avant le pont)²⁵ ;
- 1 site était équipé d'une glissière en béton en bordure d'un pont, dont l'extrémité est abaissée et parallèle à la route ; un fourgon a franchi cette extrémité comme un tremplin puis a plongé dans la rivière ;
- 3 sites étaient équipés d'une **glissière en bois** ou mixte métal-bois (dont un site sur une digue), que le véhicule (un VT) a **franchie** (soit en la brisant, soit possiblement, dans un cas, en décollant sur son extrémité abaissée). Au vu des éléments disponibles, le Cerema, sollicité par le BEA-TT, met en doute pour deux des trois sites la conformité

²⁵ Certaines interrogations ont été soulevées quant à la longueur des glissières métalliques implantées en amont des traversées de cours d'eau. Une vérification a été effectuée sur l'ensemble des sites d'accidents analysés dans l'étude d'enjeux et dans l'échantillon de PV. Au total huit sites comprennent une route traversant un cours d'eau et équipée d'une glissière métallique. Sur six sites, la longueur de la glissière en amont du pont est d'au moins 33 m, généralement de plus de 40 m. Sur les deux autres sites, un accès (chemin de halage ou zone d'activités) proche du cours d'eau interdit le prolongement de la glissière.

de l'implantation de ces glissières aux règles usuelles, notamment quant aux longueurs minimales indispensables pour assurer une fonction de retenue.

4.3.3 - La trajectoire de sortie de route

Les exploitations ont recherché notamment si certaines caractéristiques de la trajectoire de la sortie de route, telles que la dénivelée entre le niveau de la chaussée et celui de la surface de l'eau, ou le heurt éventuel d'un obstacle, avaient des conséquences sur la position finale du véhicule ainsi que sur la gravité de l'accident. Aucune relation n'a été mise en évidence.

4.3.4 - Le port de la ceinture de sécurité et le déclenchement des airbags

Le port de la ceinture de sécurité par les occupants **au moment de la sortie de route** a été renseigné sur la base d'une part des déclarations des impliqués survivants et des témoins, et d'autre part des constatations effectuées par les secours et les forces de l'ordre, mais dans ce dernier cas uniquement lorsque les occupants étaient encore ceinturés lors de leur intervention (s'ils ne l'étaient pas, ils pouvaient très bien l'être lors de la sortie de route et s'être détachés ultérieurement). Ce traitement dissymétrique risque de conduire à une sous-évaluation du taux de non-port de la ceinture.

Le port de la ceinture lors de la sortie de route n'est renseigné que pour moins des deux tiers des occupants (60 sur 96). Parmi ceux renseignés, un sur dix (6 sur 60) ne portait pas la ceinture. La forte proportion de non renseignés ainsi que le biais souligné plus haut introduisent une incertitude telle qu'aucun commentaire pertinent sur le taux de port de la ceinture n'est permis.

Le faible nombre d'occupants qui ne portaient pas la ceinture ne permet pas d'étudier de façon statistiquement robuste une relation éventuelle entre les blessures des occupants et le port ou non de la ceinture.

Le déclenchement des airbags a pu être renseigné pour les deux tiers des accidents de l'échantillon. Dans les cas renseignés, **les airbags ne se sont déclenchés que dans la moitié des accidents**. Les airbags se déclenchent plus fréquemment lors de la sortie de route en présence d'un obstacle, d'une dénivelée conséquente ou lorsque le véhicule effectue un tonneau, mais même dans ces situations **ce déclenchement est loin d'être systématique**.

Dans les témoignages recueillis, les airbags déployés n'ont jamais été mentionnés comme ayant causé une gêne à l'évacuation.

L'analyse statistique ne met pas en évidence une gravité plus élevée pour les accidents où les airbags ne se sont pas déclenchés.

4.4 - La cinématique de l'immersion

Il s'agit notamment ici de confronter les circonstances décrites dans les PV exploités aux informations issues de la bibliographie.

4.4.1 - Le délai entre la chute du véhicule à l'eau et son immersion totale, et les facteurs associés

Pour les accidents dans une profondeur d'eau suffisante pour immerger totalement un véhicule de tourisme, le délai entre la chute du véhicule à l'eau et son immersion totale a

pu être évalué dans une quinzaine de cas. Il s'avère extrêmement variable, de moins de 30 secondes jusqu'à 8 minutes.

Cette variabilité s'explique principalement par l'existence d'ouvertures permettant à l'eau d'entrer plus rapidement dans l'habitacle :

- si le véhicule tombe sur le toit alors qu'une fenêtre était ouverte ou qu'une ouverture est causée par un dégât sur la trajectoire (bris du pare-brise, ouverture du coffre), sa submersion est alors très rapide, en moins d'une minute et parfois moins de 30 secondes ;
- si le véhicule tombe en position normale et une fenêtre est ouverte (au préalable ou après la chute en vue d'évacuer), l'eau finit par s'engouffrer par cette ouverture mais ceci n'intervient pas avant au moins deux minutes, et souvent au moins trois ;
- si le véhicule tombe en position normale et aucune ouverture n'a été créée dans l'habitacle, son immersion totale prend plus de 4 minutes (et jusqu'à 8 minutes dans l'un des accidents exploités).

Le délai de 2 à 3 minutes cité par les auteurs américains et canadiens (cf. partie 3.2.3) est donc à nuancer : il ne vaut que si le véhicule n'a pas été endommagé entre la sortie de route et la chute à l'eau, et s'il ne tombe pas sur le toit avec une fenêtre ouverte. Dans le cas contraire, l'immersion est très rapide. Les auteurs néerlandais, qui avaient pratiqué des conditions d'immersion des véhicules variées, avaient d'ailleurs observé des durées beaucoup plus variables.

4.4.2 - Un VT tombé en position normale à la surface de l'eau coule-t-il par l'avant ?

Selon la bibliographie (cf. partie 3.2.3), un VT tombé à l'eau en position normale bascule progressivement l'avant vers le bas (lorsque le moteur est à l'avant).

Dans notre échantillon d'accidents, ceux dans lesquels le véhicule est tombé à la surface de l'eau en position « normale », la profondeur d'eau est suffisante pour que le véhicule puisse « couler » et les circonstances de l'immersion sont décrites avec suffisamment de précision sont au nombre de 12. **Le véhicule a effectivement coulé par l'avant dans tous les cas** excepté un seul dans lequel il a coulé « à plat » (le véhicule a descendu une rampe d'accès à la mer et a dérivé du fait de la marée montante ; accident n° 24).

Le comportement décrit dans la littérature est donc vérifié.

4.4.3 - Relation entre la position du véhicule à la surface de l'eau et sa position finale - Un VT tombé à l'eau sur le toit se retourne-t-il systématiquement si la profondeur d'eau le permet ?

Selon les auteurs canadiens (cf. partie 3.2.2), un véhicule déposé par une grue à la surface de l'eau en position inversée (sur le toit) se remet ensuite « à l'endroit » avant de couler. Nous avons recherché si de tels retournements avaient été observés dans les accidents de l'échantillon.

Dans l'échantillon de PV exploité, les accidents avec immersion totale de l'habitacle pour lesquels on dispose de détails sur les circonstances de la chute dans l'eau sont au nombre de 26 :

- dans 16 cas, le véhicule est tombé sur la surface de l'eau en position « normale » ; il a terminé au fond en position normale dans 14 cas, et incliné vers l'avant dans 2 cas ;
- dans les 10 autres cas, le véhicule est tombé incliné vers l'avant (1 cas), sur le côté (1 cas) ou sur le toit (8 cas), **il a systématiquement terminé sa trajectoire sur le toit**

au fond de l'eau, sans s'être retourné en position normale. On peut relever que dans 9 cas sur 10, le véhicule comportait des ouvertures ayant accéléré l'entrée de l'eau dans l'habitacle (pour moitié une fenêtre déjà ouverte et pour moitié des dégâts causés lors de la sortie de route par des obstacles ou une forte dénivelée).

Les conclusions des auteurs canadiens semblent par conséquent correspondre à des conditions théoriques éloignées de celles des accidents étudiés ici. Les auteurs néerlandais avaient d'ailleurs observé une submersion très rapide lorsque le véhicule tombé sur le toit était endommagé ou doté d'un toit léger en toile.

4.5 - Les actions des occupants et des tiers (hors secours)

Cette partie se focalise sur les configurations d'accidents présentant pour les occupants du véhicule immergé un danger immédiat (risque de noyade), c'est-à-dire les accidents dans lesquels le véhicule termine totalement ou aux trois quarts immergé, ou à demi-immergé s'il est sur le toit ou sur le côté, soit un ensemble de 48 accidents. Dans un tiers de ces cas, la profondeur d'eau est inférieure ou égale à 1,50 m ce qui peut favoriser l'intervention de tiers.

Pour les accidents suffisamment renseignés, l'analyse a recensé les tentatives d'ouverture de portières ou de fenêtres par les occupants, les évacuations par eux-mêmes, les tentatives d'ouvertures de portières ou de bris de fenêtre par des tiers intervenus avant les secours, ainsi que les extractions d'occupants par ces tiers. Les résultats détaillés figurent en annexe 3. Les constats les plus marquants sont les suivants :

- Les occupants ayant réussi à s'extraire par eux-mêmes sont généralement **indemnes ou légèrement blessés**. L'étude d'enjeux avait fait le même constat.
- Dans la quasi-totalité des cas où des occupants ont évacué par eux-mêmes, **seule une partie des occupants l'a fait**. Mais ce constat peut être biaisé par le fait que les accidents peu graves font moins souvent l'objet d'une procédure judiciaire et d'une fiche BAAC et échapperaient plus facilement à notre recueil.
- Les PV analysés mentionnent **peu de tentatives d'ouverture de fenêtre depuis l'intérieur** (3 cas). Deux ont réussi (l'une avec une fenêtre à commande électrique, l'autre dont le type de commande n'est pas renseigné). Dans la troisième, les commandes électriques pour ouvrir les fenêtres ne fonctionnaient pas, un occupant a pu « à force de pousser sur la vitre, [réussir] à la sortir de son logement et elle est tombée dans la portière ». Là encore, cette observation peut être biaisée par la composition de l'échantillon analysé.
- **Aucun des PV analysés ne mentionne un occupant qui aurait tenté de briser la fenêtre depuis l'intérieur** avec un outil *ad hoc* ou improvisé.
- Dans ces 48 accidents avec risque de noyade, seul un occupant sur cinq s'est extrait du véhicule par ses propres moyens. Outre le biais de sélection évoqué plus haut, les éléments disponibles dans les dossiers exploités permettent, pour une partie des conducteurs, d'expliquer cette faible proportion par un malaise (1 cas sur 5), une forte alcoolisation (1 cas sur 3) ou pour certains un grand âge ayant pu induire une perte de moyens en situation d'urgence.
- **Les tentatives par des tiers d'ouvrir des portières ou de briser des fenêtres depuis l'extérieur sont couronnées de succès environ une fois sur deux. Les rares tentatives d'ouverture de portière alors que le véhicule flottait encore ont échoué.**

- **Un outil adapté (de type marteau) permet de briser une vitre depuis l'extérieur** si la tentative est faite hors de l'eau ; l'action est beaucoup plus difficile sous l'eau ; même hors de l'eau, **la tentative est vouée à l'échec sans outil adapté.**
- Aucun élément disponible ne permet d'identifier de façon certaine la cause du blocage des portières lorsque les occupants ou les tiers ne sont pas parvenus à les ouvrir : pression de l'eau à l'extérieur, déformation de la portière ou verrouillage.
- **Le fait pour le tiers d'arriver à ouvrir une portière ou une fenêtre n'est pas suffisant pour assurer d'extraire la victime** . Dans certains cas cela s'explique par un malaise de l'occupant, qui le rend totalement inactif, ou par des difficultés rencontrées par les tiers pour lui retirer sa ceinture de sécurité.
- Dans la plupart des cas avec immersion totale dans lesquels des tiers parviennent à extraire une victime, la profondeur d'eau est de l'ordre de 1,50 m seulement, ce qui permet aux tiers intervenant d'avoir pied et facilite l'ouverture d'une portière.
- L'extraction d'une victime par des tiers n'est pas suffisante pour la sauver : presque tous les occupants extraits par des tiers sont ensuite décédés. Ici encore, le biais de sélection entache ce résultat, car dans les accidents avec immersion totale du véhicule, l'étude d'enjeux n'avait dénombré que 3 décès parmi les 24 occupants extraits par des témoins.

4.6 - Le bon fonctionnement des équipements du véhicule après l'immersion

La littérature suggère que dans certains cas l'immersion du véhicule pourrait provoquer un dysfonctionnement de certains composants électroniques conduisant au verrouillage des portes et des fenêtres.

Parmi les accidents avec immersion totale du véhicule, 10 dossiers apportent des informations quant au fonctionnement d'équipements électriques du véhicule après sa chute dans l'eau. Il s'agit presque toujours d'observations sur **le fonctionnement des feux**, et il en ressort que **ceux-ci restent allumés au minimum plusieurs minutes après l'immersion** (des délais supérieurs à 20 minutes ont même été observés plusieurs fois).

En revanche deux dossiers seulement mentionnent une tentative d'ouverture d'une fenêtre à commande électrique par les occupants, l'une ayant réussi et l'autre non. Quant aux portières, les dossiers exploités ne précisent pas si les blocages constatés par les services de secours sont dus à un verrouillage ou à une déformation consécutive au choc. On peut toutefois relever que les accidents dans lesquels la totalité des portières étaient verrouillées ou bloquées ne constituent que le quart (4 sur 16) des cas renseignés. Dans les autres cas, au moins une portière a pu être ouverte ce qui exclut un verrouillage électrique général.

4.7 - L'intervention des secours et l'issue de l'accident

L'alerte n'est presque jamais lancée par un occupant depuis l'intérieur du véhicule (un seul cas sur les 58 renseignés sur ce sujet) ; dans quelques cas (3 sur 58), des occupants s'étant extraits du véhicule alertent un tiers qui lui-même appelle les secours. **La majorité des alertes sont déclenchées par des témoins** (38 cas sur 58). Nous n'avons trouvé **aucune mention d'un appel par l'eCall** dans l'échantillon de PV analysé. Toutefois la proportion du parc susceptible d'être équipée de ce dispositif est probablement encore

faible, puisqu'il n'est obligatoire que sur les nouveaux modèles de véhicules (tourisme et utilitaires légers) homologués à partir du 31 mars 2018.

Lorsque l'alerte a été lancée immédiatement après la chute du véhicule à l'eau, **les premiers secours** (sapeurs-pompiers) arrivent généralement sur les lieux **10 à 15 minutes** après l'événement. Lorsque des **secours spécialisés** pour interventions en milieu aquatique ont été sollicités (plongeurs ou sauveteurs aquatiques), ceux-ci arrivent généralement sur les lieux **25 à 35 minutes** après l'événement. Lors de leurs auditions, ils soulignent systématiquement la **très faible visibilité dans l'eau** du fait de la turbidité (matières en suspension), qui complique la recherche des victimes et leur extraction (voir notamment en annexe 4 les accidents n° 8, 35 et 39).

Dans les 48 accidents avec risque de noyade, tels que définis précédemment :

- Parmi les occupants extraits du véhicule par des tiers ou par les secours, **le quart seulement a séjourné moins de 15 minutes dans l'eau**, la durée médiane est de l'ordre de 27 minutes. La durée moyenne passée dans l'eau est de l'ordre de 10 minutes pour les occupants extraits par des tiers et de 20 minutes pour ceux extraits par les premiers secours.
- **La quasi-totalité des victimes extraites des véhicules par les sapeurs-pompiers sont décédées.** Très peu ont pu être extraites par les premiers intervenants, non spécialisés, et **le délai d'intervention des secours spécialisés apparaît trop élevé**, en cas d'immersion totale, pour permettre sauf exception la survie des occupants.
- Parmi les victimes décédées, le décès a été déclaré sur les lieux de l'accident pour huit personnes sur dix, il est survenu à l'hôpital en moins de 24 heures dans un cas sur dix et après plusieurs jours (jusqu'à 14 jours) dans un cas sur dix. Les victimes qui ont pu être transférées à l'hôpital étaient presque toutes relativement jeunes.
- Lorsque la cause du décès a été identifiée, il s'agit d'une noyade ou d'une hydrocution dans 38 cas sur les 44 renseignés (86 %), d'un malaise dans 5 cas (11 %) et de traumatismes dans 2 cas, dont un en combinaison avec une noyade. La part des noyades est similaire à celle rapportée dans l'étude FLAM et dans la bibliographie étrangère. La faible proportion de traumatismes physiques identifiés suggère que la plupart des victimes n'ont pas été empêchées d'évacuer le véhicule par une blessure préalable.
- Les trois décès d'occupants extraits du véhicule dans un délai maximal de 10 minutes ont été attribués à un malaise dans deux cas, dans le troisième cas la cause du décès n'a pas été déterminée.
- En revanche, les trois décès d'occupants extraits du véhicule dans un délai de 11 à 15 minutes ont tous été attribués à une noyade.

Pour les accidents non catégorisés « avec risque de noyade », le décès a été attribué à des traumatismes dans 5 cas sur 7 renseignés, dont un en combinaison avec une noyade, et à un malaise dans 2 cas sur 7.

Sur l'ensemble des accidents analysés (avec ou sans risque de noyade), 7 occupants sont décédés du fait de **traumatismes** (dont 2 en combinaison avec une noyade).

- **L'absence de déclenchement de l'airbag** est avérée dans 1 cas (l'airbag s'est déclenché dans 5 cas et absence d'information dans 1 cas) ; le conducteur fortement alcoolisé a été retrouvé flottant dans un étier à l'extérieur du véhicule à demi-immergé, son décès est attribué conjointement aux traumatismes et à une noyade.
- **Deux occupants n'étaient pas ceinturés**, dont un a été éjecté après que le VT ait enfoncé un garde-corps et chuté d'une dénivelée de 5 mètres.

- Dans les quatre autres cas les traumatismes s'expliquent par la trajectoire du véhicule, qui a **heurté violemment des obstacles** (murs, candélabre, arbres, glissière bois enfoncée) ou a **chuté d'une hauteur de 200 mètres**.

5 - Analyse des causes et facteurs associés, pistes de progrès

5.1 - Les caractéristiques générales des accidents avec immersion

Cette partie synthétise les principales caractéristiques des accidents avec immersion telles qu'elles ressortent de l'étude d'enjeux, de la bibliographie et de l'analyse des procès-verbaux.

Les accidents de véhicules avec immersion sont associés à une gravité très élevée (80 % de ceux ayant fait l'objet d'une fiche BAAC sont mortels), ils occasionnent en France environ 40 décès par an.

Ils impliquent presque toujours un véhicule seul, celui-ci étant presque toujours un véhicule de tourisme (VT). Par ailleurs les éléments recueillis montrent que lorsqu'un véhicule lourd (poids lourd, autocar, autobus) tombe dans un cours d'eau ou un plan d'eau, il s'y enfonce immédiatement sans flotter. C'est pourquoi cette partie sera focalisée sur les accidents impliquant un VT.

S'agissant des impliqués et des circonstances de la sortie de route, la plupart des caractéristiques des accidents avec immersion sont très similaires à celles de l'ensemble des accidents corporels de VT seuls. Les conducteurs jeunes et peu expérimentés sont sur-impliqués. Les conducteurs sont souvent fortement alcoolisés (plus de 1,5 g/l de sang), surtout dans les tranches d'âge intermédiaires (25-54 ans). Le week-end, les accidents de nuit sont presque systématiquement avec présence d'alcool.

Les accidents avec immersion surviennent soit en agglomération, soit sur des routes secondaires hors agglomération à une ou deux voies de circulation. Presque aucun n'a été recensé sur le réseau routier national (RN ou autoroute), probablement du fait du taux élevé d'équipement de ce réseau en dispositifs de retenue.

S'agissant des lieux, trois types de configurations prévalent :

1) Le véhicule quitte la route sur un ouvrage de franchissement d'un cours d'eau (pont, digue), généralement équipé d'un garde-corps qui n'est pas en capacité de retenir un véhicule.

2) Le véhicule quitte la route avant un pont franchissant un cours d'eau, par une trajectoire de biais sur une route rectiligne, ou une sortie de route dans un virage précédant immédiatement le pont. La section en approche du pont est rarement équipée d'un dispositif de retenue routier. Lorsqu'elle est équipée d'une glissière métallique, les accidents se terminant par l'immersion du véhicule ont généralement leur origine dans une sortie de route en amont du début de la glissière, souvent plus de 40 m avant le pont. Dans quelques cas la glissière est exceptionnellement courte du fait de la présence d'un accès proche du cours d'eau.

3) La route longe un plan d'eau ou un cours d'eau, ou le véhicule évolue sur une zone (parking, zone portuaire, etc.) en bordure d'un plan d'eau ou d'un cours d'eau, et la route ou la zone est rarement bordée d'un dispositif de retenue routier.

Dans plusieurs accidents analysés dans le cadre de cette étude, le véhicule a brisé et franchi une glissière en bois (ou mixte métal-bois) dont les conditions d'implantation sont sujettes à question.

On peut ensuite distinguer schématiquement trois familles d'accidents selon la profondeur de l'eau et la position du véhicule.

Lorsque l'eau est peu profonde (véhicule faiblement immergé, ou à demi-immergé sur ses roues)

La présence de l'eau n'est alors pas un facteur aggravant et le cas diffère peu d'une sortie de route usuelle. Les occupants peuvent souvent s'extraire seuls ou avec l'aide de témoins et la gravité reste modérée. Les décès éventuels sont imputables parfois à des malaises, le plus souvent à des traumatismes liés à l'absence de port de la ceinture de sécurité, au heurt d'obstacles ou à une très forte dénivellée entre la chaussée et le cours d'eau. À partir des évaluations conduites lors de l'étude d'enjeux et de l'analyse des procès-verbaux d'accidents, on peut sommairement estimer que ce type d'accidents provoque environ 5 décès par an sur le territoire métropolitain.

Lorsque l'eau est suffisamment profonde pour immerger totalement le véhicule et que celui-ci tombe à la surface de l'eau en position « normale »

S'il n'a pas été endommagé par les circonstances de la sortie de route, le véhicule s'enfonce progressivement dans l'eau, du côté du compartiment moteur (donc vers l'avant pour les modèles contemporains à motorisation thermique). Le niveau de l'eau atteint le bas du pare-brise et des fenêtres avant en 50 à 60 secondes. Si aucune fenêtre n'est ouverte, le véhicule continue à s'enfoncer en basculant progressivement vers une position quasi-verticale, et met encore au moins une minute à une minute et demie pour s'immerger entièrement. Il se pose sur le fond sur ses roues, à l'horizontale ou parfois en position inclinée selon le contexte.

Du fait de la différence de pression exercée par l'eau entre l'extérieur et l'intérieur de l'habitacle, il est très difficile pour les occupants du véhicule ou pour un tiers d'ouvrir une portière, excepté en tout début de la phase de flottaison ; en outre, en cas de succès, l'eau s'engouffre rapidement par la portière ouverte, accélère l'immersion du véhicule et peut également refermer brutalement la portière en risquant de blesser un occupant.

En revanche l'ouverture d'une fenêtre semble généralement praticable tant que le niveau de l'eau ne l'a pas atteinte, et l'évacuation par cette issue est relativement simple et rapide pour un occupant en bonne condition physique et en possession de ses moyens, y compris contre le flot entrant par la fenêtre une fois que le niveau de l'eau a atteint le bas de celle-ci.

Plus de la moitié des occupants parviennent à s'extraire par eux-mêmes du véhicule, et le quart sont extraits par des tiers, témoins directs ou arrivés sur les lieux peu après l'accident. Seul un occupant sur cinq est extrait par les secours.

Ce type d'accidents provoque environ 10 décès par an.

Lorsque le véhicule tombe sur le toit ou sur le côté, dans une profondeur d'eau permettant au minimum son immersion à demi

Si une fenêtre était ouverte avant la chute, ou si une ouverture dans l'habitacle est causée par un dégât sur la trajectoire du véhicule (par exemple le bris du pare-brise ou l'ouverture du coffre), l'eau entre alors rapidement. Le véhicule tombe rapidement sur le fond, toujours sur le toit, en moins d'une minute et parfois moins de 30 secondes.

Si lorsque le véhicule arrive sur le toit à la surface de l'eau, l'habitacle ne comporte aucune ouverture, préalable ou causée lors de la sortie de route, la littérature indique qu'il se remet ensuite systématiquement et assez rapidement « à l'endroit », par rotation sur son axe longitudinal, avant de couler. Les occupants pourraient ainsi attendre cette remise à l'endroit avant d'évacuer par une fenêtre. Cependant un tel comportement n'a pas été rapporté dans les PV analysés par le BEA-TT, où lorsque la profondeur d'eau était suffisante pour permettre ce retournement, les véhicules tombés sur le toit comportaient

presque toujours des ouvertures ayant accéléré l'entrée de l'eau dans l'habitacle, soit des fenêtres préalablement ouvertes, soit des dommages causés lors de la sortie de route par des obstacles ou une forte dénivelée.

Dans ces configurations d'accident avec le véhicule sur le toit et une profondeur d'eau suffisante pour provoquer une noyade, un occupant sur quatre parvient à s'extraire par lui-même du véhicule, et environ 15 % sont extraits par des tiers, témoins directs ou arrivés sur les lieux peu après l'accident. La plupart, plus de 60 %, sont extraits par les secours.

Ce type d'accidents est ainsi associé à une gravité plus élevée que les configurations précédentes, il provoque environ 25 décès par an.

Caractéristiques communes aux accidents avec risque de noyade (immersion totale, ou à demi sur le toit)

Parmi **les occupants parvenant à s'extraire par eux-mêmes du véhicule**, 4 sur 5 sont indemnes et les autres ne sont généralement que légèrement blessés ; aucun décès n'a été relevé dans l'étude d'enjeux parmi les 56 personnes concernées.

Dans l'échantillon de PV analysé, les auto-évacuations semblent s'effectuer majoritairement par une fenêtre déjà ouverte au préalable. Les tentatives d'ouverture de fenêtres par les occupants semblent peu fréquentes, et aucune tentative de bris de vitre depuis l'intérieur n'a été relevée.

Parmi **les occupants ayant été extraits du véhicule par des tiers**, 7 sur 10 sont indemnes ou légèrement blessés et les décès sont rares. Les tentatives par des tiers d'ouvrir des portières ou de briser des fenêtres depuis l'extérieur sont couronnées de succès environ une fois sur deux.

Les bris de fenêtres par des tiers interviennent surtout lorsque le véhicule flotte encore. Une fois celui-ci sous l'eau l'opération devient très difficile, l'eau s'opposant à la force du coup porté, et ce d'autant plus que les intervenants disposent rarement d'un outil adapté. À l'inverse, les tentatives d'ouverture de portières ne réussissent qu'une fois le véhicule posé sur le fond, généralement dans des configurations où les intervenants ont pied, notamment si le véhicule est sur le toit. Le tiers des accidents avec risque de noyade étudiés a eu lieu dans une profondeur d'eau inférieure ou égale à 1,50 m.

Le fonctionnement des équipements du véhicule

Les airbags ne se déclenchent que dans un accident sur deux. Ils se déclenchent plus fréquemment lors de la sortie de route en présence d'un obstacle, d'une dénivelée conséquente ou lorsque le véhicule effectue un tonneau, mais même dans ces situations ce déclenchement est loin d'être systématique.

La bibliographie et l'analyse des procès-verbaux s'accordent sur le bon fonctionnement des feux du véhicule, qui restent allumés au minimum plusieurs minutes après l'immersion, parfois plus de vingt minutes. La batterie reste donc opérationnelle. En revanche des travaux néerlandais ont soulevé des interrogations relatives aux composants électroniques des véhicules. Des essais réalisés en laboratoire ont conclu que sur la plupart des modèles de véhicules testés, le système d'ouverture des fenêtres n'était plus opérationnel dès lors qu'il était immergé, et que sur une partie des modèles testés, un dysfonctionnement du système électronique de verrouillage des portes entraînait un blocage des portières empêchant leur ouverture mécanique lorsque le système de commande était immergé.

L'analyse des PV n'apporte pas d'élément suffisant pour infirmer ou confirmer ces craintes. On peut toutefois relever que les accidents dans lesquels la totalité des portières

étaient verrouillées ou bloquées pour des intervenants extérieurs ne constituent que le quart des cas renseignés.

L'issue de l'accident

La durée pendant laquelle une victime est restée immergée est un facteur déterminant. La littérature ne donne pas de seuil précis mais apporte les indications suivantes :

- lorsque cette durée est inférieure à 5 minutes, les décès par noyade et les séquelles graves sont rares ;
- lorsque cette durée est supérieure à 10 minutes, des séquelles graves sont quasi certaines ;
- lorsque cette durée est supérieure à 25 minutes, le décès est quasi assuré.

Lorsque l'alerte a été lancée immédiatement après la chute du véhicule à l'eau, les premiers secours (sapeurs-pompiers) arrivent généralement sur les lieux 10 à 15 minutes après l'événement, et les secours spécialisés pour interventions en milieu aquatique (plongeurs ou sauveteurs aquatiques), lorsqu'ils ont été sollicités, arrivent généralement sur les lieux 25 à 35 minutes après l'événement. Ces délais d'intervention expliquent pourquoi, **parmi les occupants totalement immergés ayant été extraits du véhicule par les secours, 9 sur 10 sont ensuite déclarés décédés.**

À l'évidence, en cas d'immersion totale, la survie des occupants tient essentiellement à la possibilité de s'extraire rapidement par eux-mêmes ou avec l'assistance de tiers intervenant immédiatement. La bibliographie montre qu'il est illusoire pour les occupants d'attendre que le véhicule se pose au fond de l'eau et que la pression s'équilibre entre l'intérieur et l'extérieur pour tenter d'ouvrir une portière.

L'âge élevé des occupants ainsi qu'une forte alcoolisation constituent des facteurs aggravants, en ce qu'ils réduisent leur capacité à évacuer le véhicule. Une eau froide n'a aucun effet positif tel qu'un coup de fouet revigorant sur une personne alcoolisée.

En cas d'immersion totale, la noyade est la cause très majoritaire des décès (de l'ordre de 85 %) et les victimes présentent rarement des traumatismes physiques qui auraient pu les empêcher d'évacuer le véhicule. Le décès est dans la plupart des cas constaté sur place, il survient après transport à l'hôpital dans une faible proportion (6 à 20 % des cas selon la source).

La méconnaissance du grand public et les actions de communication

La bibliographie montre que le grand public est relativement peu au fait de la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule : nécessité d'évacuer rapidement, privilégier l'ouverture d'une fenêtre plutôt qu'une portière, et en cas de nécessité de briser une vitre, choix de l'outil, choix de la vitre et de l'endroit où porter le coup. Plusieurs auteurs insistent sur la nécessité de donner une large diffusion aux recommandations rédigées à ce sujet.

* * * * *

*

Ces caractéristiques conduisent à étudier des pistes de progrès dans les domaines suivants :

- prévenir les sorties de route,
- faciliter l'évacuation des véhicules,
- inciter les occupants à évacuer le véhicule en cas d'immersion.

5.2 - Pistes de progrès : prévenir les sorties de route

Les circonstances initiales des accidents avec immersion ne se distinguent pas de celles de l'ensemble des sorties de route. La prévention des sorties de route pourrait être améliorée par un développement des systèmes d'assistance à la conduite et par diverses actions sur l'infrastructure.

5.2.1 - Les systèmes d'assistance à la conduite

Au plan européen, les exigences relatives à la conception des véhicules eu égard à leur sécurité sont définies par le **règlement (UE) 2019/2144 du 27 novembre 2019**²⁶, dit « GSR-2 » (pour General Safety Regulation, version 2). Son article 6 impose que les véhicules à moteur (catégories M et N²⁷) soient notamment équipés des systèmes suivants :

- un **avertisseur de somnolence et de perte d'attention du conducteur**, défini comme « *un système qui évalue la vigilance du conducteur par l'analyse de systèmes du véhicule et avertit le conducteur, si nécessaire* » ; les prescriptions sont applicables depuis juillet 2022 pour les modèles et systèmes soumis à la réception UE par type, et depuis juillet 2024 pour les véhicules et les systèmes commercialisés ;
- un **avertisseur avancé de distraction du conducteur**, défini comme « *un système qui aide le conducteur à continuer de prêter attention aux conditions de circulation et qui avertit le conducteur en cas de distraction* » ; les prescriptions sont applicables depuis juillet 2024 pour les modèles et systèmes soumis à la réception UE par type, et seront applicables à partir de juillet 2026 pour les véhicules et les systèmes commercialisés.

L'article 7 dispose que les véhicules des catégories M1 (voitures particulières) et N1 (véhicules utilitaires légers) doivent également être équipés d'un **système d'urgence de maintien de la trajectoire**, défini comme « *un système qui aide le conducteur à garder le véhicule dans une position sûre par rapport à la délimitation de la voie de circulation ou de la route au moins lorsque le véhicule dévie ou est sur le point de dévier de sa trajectoire et qu'une collision pourrait être imminente* ». La date d'application des prescriptions varie selon que les véhicules sont équipés ou non d'un système de direction assistée hydraulique : juillet 2022 (réception par type) et juillet 2024 (véhicules et systèmes commercialisés) pour les véhicules non équipés, et deux années plus tard pour les véhicules équipés.

Ainsi, tous les modèles de véhicules particuliers et d'utilitaires légers réceptionnés depuis juillet 2024 sont équipés de ces trois systèmes, et tous les véhicules mis en circulation le seront à compter de juillet 2026. En conséquence le BEA-TT n'émet pas de préconisation relative aux systèmes d'assistance à la conduite.

5.2.2 - Les actions sur l'infrastructure

Alors qu'il supporte 36 % des km parcourus²⁸, le réseau routier national (autoroutes et routes nationales) regroupe, dans les deux échantillons de l'étude d'enjeux et de l'analyse

²⁶ « Règlement (UE) 2019/2144 du Parlement européen et du Conseil du 27 novembre 2019 relatif aux prescriptions applicables à la réception par type des véhicules à moteur et de leurs remorques, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules, en ce qui concerne leur sécurité générale et la protection des occupants des véhicules et des usagers vulnérables de la route. »

²⁷ Catégorie M : véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de personnes et ayant au moins quatre roues. Catégorie N : véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de marchandises et ayant au moins quatre roues.

²⁸ Source : *Bilan annuel des transports en 2023*. Service des données et études statistiques, Commissariat général au développement durable, novembre 2024.

des PV, moins de 2 % des accidents avec immersion. **Les accidents avec immersion ont lieu très majoritairement sur le réseau routier des collectivités locales.** Hors agglomération, environ 65 % des accidents ont lieu sur une route départementale et 25 % sur une voie communale ; en agglomération, ces proportions sont respectivement de l'ordre de 40 % et 52 %.

L'étude d'enjeux et l'analyse des PV ont mis en évidence que :

- dans plus de trois cas sur cinq hors agglomération, la chaussée ne comporte pas de marquage de rive ;
- dans un peu plus d'un tiers des cas hors agglomération, la chaussée ne comporte pas non plus de marquage axial ;
- hors ouvrages de franchissement d'un cours d'eau (pont ou digue), seul un site sur cinq est équipé d'un dispositif de retenue ou pouvant être considéré comme tel ;
- les ouvrages de franchissement d'un cours d'eau sont généralement équipés d'un garde-corps qui n'est pas en capacité de retenir un véhicule.

La présence d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau à proximité d'une route aggrave les conséquences d'une sortie de route. Ainsi, même si ces éléments ne répondent pas à la définition courante du terme « obstacle »²⁹, ils devraient être considérés, à l'instar d'une forte dénivelée, comme une catégorie particulière d'obstacles latéraux, comme le souligne l'introduction du guide technique « Traitement des obstacles latéraux sur les routes principales hors agglomération » (Sétra, 2002)³⁰.

Pour le traitement des obstacles sur un réseau existant, ce guide préconise de réaliser un diagnostic de la situation, comportant notamment un recensement des obstacles et pour chacun d'eux le calcul d'un **indice de risque** en fonction de coefficients liés à la fréquence des sorties de chaussée, au tracé en plan (alignement droit ou virage), à l'éloignement de l'obstacle et à son agressivité, permettant de les hiérarchiser. Cette hiérarchisation, en association avec d'autres éléments tels que l'accidentalité de chaque section, le nombre d'obstacles concernés, les mesures qui peuvent être mises en œuvre et les coûts résultants, doit permettre ensuite de définir une stratégie d'action puis un programme d'intervention.

Les aménagements possibles peuvent viser :

- à réduire le risque de sortie de chaussée (sécurité primaire), en améliorant le guidage (signalisation horizontale, implantation de dispositifs d'alerte sonore en rive, signalisation des courbes) et en aménageant l'accotement afin de procurer une zone de récupération ;
- à limiter la gravité des sorties de chaussée par la suppression des obstacles, leur déplacement, leur modification (fragilisation) ou leur isolement³¹.

Cependant, après avoir souligné à juste titre dans son introduction la nécessité de prendre en compte dans ces démarches les cours d'eau et plans d'eau comme une catégorie particulière d'obstacles, le guide technique « Traitement des obstacles latéraux... » ne les aborde pas dans ses développements. La méthode de calcul de l'indice de risque préconisée dans le guide ne propose pas de valeur de coefficient

29 « Obstacle : Ce qui s'oppose au passage, gêne le mouvement. » (Le Robert)

30 « Dans ce guide, le terme *obstacle* est pris pour *obstacle dangereux*. Il désigne tout objet latéral (par rapport à la chaussée), disposition ou ouvrage fixe, ponctuel ou continu, **qui est susceptible d'aggraver, en cas de heurt, les conséquences d'une sortie accidentelle d'un véhicule de la chaussée**, notamment en occasionnant un blocage ou en favorisant un retournement (tonneau) du véhicule. [...] À la frontière de cette définition, on trouve certaines situations dangereuses, comme les plans ou cours d'eau, ou les objets pouvant faire intrusion dans l'habitacle du véhicule. »

31 Pour le cas particulier des cours d'eau et plans d'eau, seule la dernière de ces options est praticable.

d'agressivité pour ces éléments. Les fiches de retour d'expérience relatives au traitement des obstacles latéraux par des questionnaires routiers, publiées par le Cerema, ne les abordent pas non plus. Le seul document technique à notre connaissance prenant explicitement en compte le risque associé à la chute d'un véhicule dans un cours d'eau est un guide du Cerema relatif aux ouvrages d'art neufs (voir plus loin).

Lors des échanges ayant précédé la publication du présent rapport, le Cerema a indiqué qu'une révision du guide « Traitement des obstacles latéraux... » était d'ores et déjà à l'étude et devrait s'étendre sur une période de trois à cinq ans. En conséquence, le BEA-TT formule la recommandation suivante :

Recommandation R1 adressée au Cerema :

À l'occasion de la révision du guide « Traitement des obstacles latéraux... », compléter la méthode de calcul de l'indice de risque par une prise en compte des cours d'eau et plans d'eau présentant un risque de noyade pour les occupants d'un véhicule particulier. La méthode devrait caractériser non seulement les sites où la profondeur d'eau conduirait à une submersion totale du véhicule, mais également ceux où l'espace entre la chaussée et le cours d'eau ou plan d'eau comporte des éléments (obstacles, dénivelée conséquente) susceptibles de provoquer un tonneau du véhicule et son immersion sur le toit dans une profondeur d'eau intermédiaire.

Le BEA-TT invite également le Cerema à veiller, dans les futures publications techniques relatives au traitement des obstacles latéraux, à traiter explicitement le cas des cours d'eau et plans d'eau.

Le cas particulier des ouvrages d'art

Il est apparu au cours de la présente étude qu'un grand nombre de ponts franchissant un cours d'eau n'étaient équipés que d'un garde-corps, inapte à retenir un véhicule lors d'une sortie de route. L'installation de dispositifs de retenue, y compris sur les ouvrages neufs, ne constitue pas une obligation réglementaire. L'arrêté du 2 mars 2009 modifié relatif aux performances et aux règles de mise en service des dispositifs de retenue routiers (dit « réglementation nationale des équipements de la route », ou RNER) dispose en effet dans son article 2 que *« la décision d'installation de dispositifs de retenue résulte d'une analyse de la configuration de la section de voie traitée prenant en compte notamment la probabilité d'accidents et de sorties de chaussée, les conséquences pour les divers usagers, pour les tiers ou l'environnement, les gains escomptés de sécurité, les contraintes d'exploitation ainsi que, le cas échéant, les avantages d'un autre mode d'aménagement mieux adapté au vu des contraintes de sécurité inhérentes à l'utilisation de ce type d'équipements. »*

Le guide technique du Cerema « Choix des performances d'un dispositif de retenue sur ouvrage d'art – Méthode de calcul d'un indice de danger », dont la dernière version a été publiée en 2021, présente une méthodologie de calcul d'un **indice de danger** développée pour les **ouvrages d'art neufs**, permettant de déterminer le niveau de retenue minimal recommandé pour un dispositif de retenue en bord d'ouvrage. Il s'agit à notre connaissance du seul document technique prenant explicitement en compte le risque associé à la chute d'un véhicule dans un cours d'eau. Le calcul de l'indice de danger prend notamment en compte la hauteur de chute du véhicule (en quatre catégories) et, pour les ouvrages franchissant un cours d'eau, la profondeur de l'eau (en deux catégories).

Dans le cadre d'un récent rapport d'enquête technique³² relatif à la chute d'un poids lourd sur des voies ferrées, le BEA-TT a envisagé une adaptation de cette méthodologie pour

³² Rapport d'enquête technique sur la chute d'un camion-benne sur les voies depuis un pont-route survenue le 2 juin 2022 à Saint-Chamond (Loire). BEA-TT, décembre 2023.

les ouvrages existants et a adressé à la Direction générale des infrastructures, des transports et des mobilités (DGITM) la recommandation suivante : *« Confier au Cerema la mission de travailler, avec les partenaires gestionnaires de route et ferroviaires, sur une méthode de calcul d'ID (indice de danger) spécifique aux ponts-routes existants (tous maîtres d'ouvrages), en prolongement des premières orientations proposées par le BEA-TT dans le présent rapport. »* Selon la réponse émise par la DGITM en mars 2024, *« cette évolution de la méthode devrait pouvoir être réalisée par le Cerema sous trois ans. »*

L'implantation d'un dispositif de retenue sur un ouvrage d'art existant est soumise à de nombreuses contraintes techniques relatives à sa structure, son étanchéité, ses dispositifs d'assainissement, ses conditions d'exploitation, etc., qui peuvent dans certains cas induire des coûts très élevés ; il ne serait donc pas réaliste d'envisager un remplacement général des garde-corps sur ouvrages. Cependant, compte tenu des enjeux de sécurité associés, le BEA-TT estime justifié de prévoir systématiquement, sur les réseaux routiers des collectivités locales, la mise en œuvre d'un dispositif de retenue sur les ouvrages d'art neufs ou faisant l'objet d'une réfection majeure. Il formule la recommandation suivante :

Recommandation R2 adressée conjointement à l'association Départements de France et l'Association des Maires de France :

Diffuser à leurs adhérents la préconisation suivante : lors de la conception d'un ouvrage d'art neuf ou de la réfection majeure d'un ouvrage d'art existant franchissant un cours d'eau ou un plan d'eau, prévoir l'implantation systématique d'un dispositif de retenue routier sur l'ouvrage et ses abords.

Le cas particulier des glissières en bois

L'analyse des procès-verbaux a mis en évidence trois sites hors agglomération équipés d'une glissière en bois ou mixte métal-bois qu'un véhicule de tourisme a franchie, et dont la conformité aux règles de l'art pouvait être mise en doute. Cette récurrence interroge eu égard au nombre total d'accidents analysés. Les éléments disponibles n'ont pas permis de déterminer si les glissières en cause sont de type mixte métal-bois ou entièrement en bois, ces dernières n'étant normalement plus installées depuis l'entrée en vigueur de la RNER.

Le BEA-TT invite l'association Départements de France à diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : engager une évaluation des glissières de sécurité en bois équipant les routes départementales hors agglomération, afin de vérifier la conformité de leur implantation aux règles de l'art (largeur de fonctionnement, longueur minimale, etc.) ainsi que le maintien de leur intégrité structurelle.

5.3 - Pistes de progrès : faciliter l'évacuation des véhicules

Le délai d'intervention des secours spécialisés ne leur permet que rarement d'extraire les occupants d'un véhicule totalement immergé avec des chances de survie. Il est donc primordial de faciliter l'auto-évacuation des occupants avant l'immersion totale du véhicule, ainsi que le sauvetage par des tiers dans les premières minutes de l'événement.

Lorsque le véhicule tombe à la surface de l'eau en position normale sans qu'une voie d'entrée de l'eau n'ait été créée par les impacts subis sur sa trajectoire de sortie de route, le temps mis par le véhicule à couler est généralement suffisant pour permettre aux occupants de l'évacuer, sous réserve qu'ils parviennent à ouvrir une issue.

5.3.1 - L'ouverture des fenêtres par les occupants du véhicule

Les travaux néerlandais ont soulevé des craintes quant au maintien du bon fonctionnement du système d'ouverture électrique des fenêtres dès lors qu'il est immergé. Cependant l'analyse détaillée des accidents n'apporte pas d'élément suffisant pour infirmer ou confirmer ces craintes.

Les règlements de la Commission Économique pour l'Europe de l'ONU (CEE-ONU) ainsi que les règlements techniques complémentaires adoptés par l'Union européenne ne comportent aucune exigence en matière de protection des composants électroniques vis-à-vis de l'eau, ni concernant le fonctionnement des fenêtres en cas d'immersion d'un véhicule. En revanche, le programme Euro NCAP a intégré ce sujet dans ses critères d'évaluation depuis 2020.

Euro NCAP (*European New Car Assessment Program*, Programme européen d'évaluation des nouvelles automobiles) est un organisme rassemblant des administrations de différents pays européens, des associations de consommateurs et des représentants de l'industrie automobile, dont l'objectif est d'évaluer la sécurité associée aux véhicules automobiles disponibles sur le marché européen. Ses résultats sont publiés sous la forme d'une classification des modèles de zéro à cinq étoiles. Les critères d'évaluation et les protocoles d'essai sont actualisés régulièrement afin de prendre en compte les évolutions technologiques. Bien que reposant sur la participation volontaire des industriels, ce dispositif contribue de fait à l'amélioration de la sécurité des véhicules en incitant les constructeurs à prendre en compte ses spécifications dans la conception de leurs nouveaux modèles.

Depuis 2020, les procédures Euro NCAP comportent, dans le domaine de la protection des occupants, une thématique intitulée « Sauvetage, désincarcération et sécurité » visant à favoriser l'évacuation ou l'extraction des occupants d'un véhicule accidenté. Dans la version en vigueur du protocole d'essai et d'évaluation relatif à cette thématique (version 2.3, mai 2023) figure une rubrique intitulée « Technologie post-accident – Submersion du véhicule » qui définit notamment les critères suivants :

- 1) Après activation du verrouillage centralisé puis débranchement de l'alimentation électrique par la batterie 12 V, l'ouverture des portières depuis l'intérieur doit être possible à l'aide des commandes intérieures pendant au moins 2 minutes.
- 2) Le constructeur doit fournir un dossier prouvant que les vitres latérales électriques à l'avant du véhicule fonctionneraient encore pendant au moins 2 minutes dans l'hypothèse où le véhicule serait entré dans l'eau.
- 3) En l'absence de preuve du bon fonctionnement des vitres latérales électriques, le constructeur doit fournir une méthode permettant à l'occupant d'ouvrir ou de briser la vitre latérale pour sortir du véhicule, ainsi que les instructions du manuel d'utilisation (par exemple, un outil brise-vitre fourni avec le véhicule, un dispositif pyrotechnique, un système mécanique, etc.).

On peut également relever, dans la rubrique « Verrouillage automatique des portières » du même protocole, le critère suivant :

- 4) Le système de verrouillage automatique des portières, s'il existe, doit automatiquement se désactiver lors des essais de choc.

Une future version de ce protocole (version 1.0, mars 2025) sera applicable à compter de janvier 2026. Les modifications qu'elle apporte n'impactent pas le principe général des quatre critères mentionnés ci-dessus. Hormis les points de forme et l'évolution du barème

de cotation, on peut signaler les deux évolutions suivantes à propos du bris manuel des vitres (critère numéroté 3 ci-dessus) :

- le critère est étendu à la lunette arrière ;
- les points de cotation associés à ce critère ne peuvent pas être accordés aux véhicules équipés de vitres latérales ou d'une lunette arrière en verre feuilleté.

Compte tenu des spécifications des critères numérotés 2 et 3 ci-dessus, le BEA-TT n'émet pas de préconisation relative à la possibilité pour les occupants d'un véhicule immergé d'ouvrir les fenêtres.

5.3.2 - L'ouverture de la porte de coffre ou du hayon depuis l'habitacle

Un véhicule tombé à la surface de l'eau en position « normale » s'enfonce dans l'eau en basculant progressivement vers l'avant (pour les modèles à moteur thermique à l'avant). Il en résulte que la partie du véhicule restant le plus longtemps hors de l'eau (généralement plus de deux minutes) est sa partie arrière. L'évacuation de l'habitacle par le hayon ou par le coffre semble par conséquent constituer une option complémentaire à favoriser.

Ceci suppose d'une part de pouvoir accéder au coffre depuis l'habitacle en rabattant un dossier de siège arrière, ce qui semble *a priori* possible sur l'ensemble des modèles, et d'autre part de pouvoir déclencher l'ouverture de la porte de coffre ou du hayon par une commande simple depuis le poste de conduite. La réglementation technique en vigueur ne stipule rien à cet égard. Quelques modèles avec porte de coffre disposent d'une telle commande (voir des exemples en figure 8).

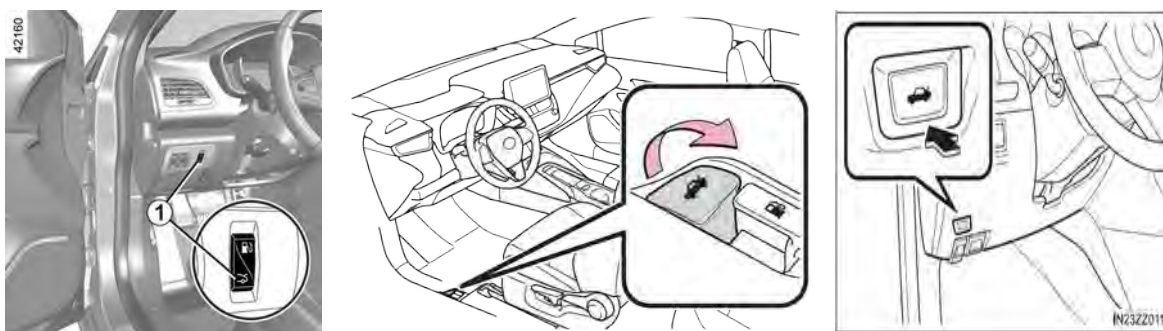


Figure 8 : Commandes d'ouverture de la porte de coffre depuis le poste de conduite sur une Renault Mégane 4 portes (gauche), une Toyota Corolla (centre) et une Toyota Yaris (droite)

Sources : documentations utilisateur Renault et Toyota

Le BEA-TT formule la recommandation suivante :

Recommandation R3 adressée à l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : prévoir sur les futurs modèles de véhicules particuliers une commande permettant l'ouverture de la porte de coffre ou du hayon depuis le poste de conduite, afin de procurer aux occupants une possibilité supplémentaire d'évacuation de l'habitacle en cas de chute du véhicule à l'eau.

5.3.3 - La possibilité de briser facilement les fenêtres

En cas d'impossibilité d'ouvrir les fenêtres du véhicule, il est primordial pour les occupants de pouvoir facilement briser les fenêtres latérales lors de la phase de flottaison. Ceci suppose d'une part que les vitrages du véhicule ne présentent pas une résistance trop élevée, et d'autre part que ses occupants disposent d'un outil adapté.

La réglementation technique CEE-ONU relative aux vitrages des véhicules³³ ne traite pas de la facilité de briser les fenêtres latérales : en matière de résistance mécanique elle ne vise que leur solidité (vérifiée par des essais d'impact de billes) et une fragmentation non dangereuse pour les occupants.

Les essais conduits aux États-Unis par l'AAA (voir partie 3.6.1) ont montré que les outils brise-vitre du commerce destinés au grand public n'avaient aucune efficacité sur les vitrages feuilletés. Certains sites de commerce en ligne proposant ces produits signalent d'ailleurs cette incapacité. En revanche une partie des outils testés se sont avérés très efficaces sur les vitrages en verre trempé. Les auteurs de l'AAA ont exprimé en conclusion de leur étude une inquiétude face à l'utilisation accrue du verre feuilleté pour les vitres latérales des véhicules mis sur le marché nord-américain. Le BEA-TT a interrogé plusieurs acteurs du milieu automobile français sur la proportion de véhicules neufs équipés de vitres latérales en verre feuilleté : les quelques réponses qu'il a pu recueillir concordent pour estimer que cette part est très faible sur le marché européen et n'est pas susceptible d'évoluer à moyen terme.

Il convient donc de faire en sorte que les véhicules particuliers soient le plus possible équipés d'outils brise-vitres. Ces outils, dont le coût est très modeste (moins d'une quinzaine d'euros dans le commerce de détail d'équipements automobiles), peuvent s'avérer utiles non seulement pour les occupants d'un véhicule en cours d'immersion, mais également pour d'autres automobilistes qui se porteraient à leur secours, et plus généralement pour toute situation dans laquelle une évacuation rapide du véhicule est nécessaire.

Dans leur réponse à la consultation sur un projet de rapport néerlandais (voir partie 3.3.2), le groupe Volkswagen ainsi que Renault ont indiqué que tous leurs véhicules neufs livrés aux Pays-Bas étaient équipés de marteaux de secours (pour le groupe Volkswagen) ou le seraient début 2008 (pour Renault). Cependant le BEA-TT n'a pas pu déterminer si cet pratique d'équipement systématique était encore d'actualité.

En France, une proposition de loi³⁴ présentée en 2014 par le député Ginesy et trente-deux de ses collègues prévoyait d'ajouter dans le Code de la route un article ainsi rédigé :

« Tout conducteur d'un véhicule terrestre à moteur, à l'exclusion d'un cyclomoteur, doit justifier de la possession d'un brise-vitre et coupe-ceinture disponible immédiatement et à proximité du conducteur.

Le brise-vitre et coupe-ceinture mentionné au premier alinéa du présent article respecte les conditions de validité. Il est revêtu d'une marque de certification ou d'un marquage du fabricant déclarant sa conformité à un modèle bénéficiant d'une attestation de conformité aux normes dont les références sont publiées au Journal officiel de la République française. »

Le dépôt de cette proposition ne semble pas avoir été suivi d'un examen en commission.

Rappelons enfin que le protocole Euro NCAP décrit en partie 5.3.1 prévoit, en critère alternatif au bon fonctionnement des vitres latérales électriques, la possibilité que le constructeur fournisse « une méthode permettant à l'occupant d'ouvrir ou de briser la vitre latérale pour sortir du véhicule », par exemple un outil brise-vitre.

Le BEA-TT estime qu'en égard à leur coût modique et à l'utilité qu'ils peuvent présenter non seulement pour les occupants du véhicule mais aussi pour des tiers qui se porteraient à leur secours, un équipement des véhicules neufs en outils brise-vitre devrait être généralisé. Il formule la recommandation suivante :

33 Règlement CEE-ONU n° 43 « Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des vitrages de sécurité et de l'installation de ces vitrages sur les véhicules ».

34 <https://www.assemblee-nationale.fr/14/propositions/pion2280.asp>

Recommandation R4 adressée à l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : équiper systématiquement le poste de conduite des futurs modèles de véhicules particuliers d'un outil brise-vitre.

Toutefois les essais conduits par l'AAA (voir partie 3.6.1) ont montré qu'une partie des outils brise-vitre du commerce n'étaient pas satisfaisants. Le BEA-TT n'a pas trouvé trace d'un texte normatif qui permettrait de s'assurer qu'un tel outil est apte à assurer sa fonction. Cette absence est préoccupante dans la mesure où la présence d'outils brise-vitre est réglementairement obligatoire en France dans les autocars³⁵.

Le règlement technique CEE-ONU³⁶ relatif à l'homologation des véhicules de transport en commun, donc applicable aux véhicules neufs, a récemment évolué en ce qui concerne les dispositifs destinés à briser les fenêtres de secours. La rédaction antérieure disposait que :

« 7.6.8.2 Toute fenêtre de secours doit :

7.6.8.2.1 Soit pouvoir être manœuvrée aisément et instantanément de l'intérieur et de l'extérieur du véhicule, grâce à un dispositif jugé satisfaisant. Cette disposition inclut la possibilité d'utiliser des vitres de verre laminé ou de matière plastique ;

7.6.8.2.2 Soit être en verre de sécurité facile à briser. Cette prescription exclut la possibilité d'utiliser des vitres de verre laminé ou de matière plastique. Un dispositif permettant de briser la vitre est placé à proximité immédiate de chaque fenêtre de secours de ce type, à la disposition de tout occupant du véhicule. [...] »

Cette version du règlement ne comportait aucune exigence relative à la fiabilité du dispositif permettant de briser la vitre. Un rapport d'enquête technique³⁷ du BEA-TT avait par ailleurs souligné que le règlement ne définissait pas d'essai ni de performance requise permettant de caractériser la facilité à briser un verre de sécurité et avait émis une recommandation visant à compléter cette notion par un critère quantifié.

Un amendement du règlement entré en vigueur en octobre 2022 a modifié la rédaction comme suit :

« 7.6.8.2 Toute fenêtre de secours doit :

(...)

7.6.8.2.2 Soit être constituée d'une ou de plusieurs vitres en verre trempé. Cette dernière disposition exclut la possibilité d'utiliser des vitres en verre feuilleté ou en matière plastique. Un dispositif facile à utiliser doit garantir que chaque vitre puisse être brisée et retirée en 20 secondes par une seule personne depuis l'intérieur de l'habitacle. Le service technique doit vérifier le fonctionnement du dispositif en procédant à des essais et en mesurant le temps écoulé entre la première action sur le dispositif et l'obtention d'une ouverture libre de la fenêtre de secours correspondant aux dimensions requises telles que spécifiées au paragraphe

35 Arrêté du 2 juillet 1982 relatif aux transports en commun de personnes, article 23 : « En l'absence de système d'ouverture intérieur, un dispositif destiné à briser la vitre en cas de danger, lié au véhicule, doit être placé en évidence à proximité immédiate de la fenêtre ou sur la vitre à l'intérieur du véhicule ».

36 Règlement CEE-ONU n° 107 « Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules des catégories M2 ou M3 en ce qui concerne leurs caractéristiques générales de construction ».

37 Rapport d'enquête technique sur l'incendie d'un autocar survenu le 10 mars 2019 sur l'autoroute A6 au Coudray-Montceaux (91). BEA-TT, novembre 2020.

7.6.3.1.3. » [ce paragraphe définit les dimensions minimales d'une fenêtre de secours]

La nouvelle rédaction explicite ainsi la facilité à briser la vitre d'une fenêtre de secours, par un critère quantifié (en temps) mesuré lors d'un essai associant le vitrage et le dispositif destiné à le briser. Cette exigence de résultat introduit également une condition implicite quant à la fiabilité du dispositif brise-vitre.

Malheureusement ces spécifications applicables au couple (vitrage ; dispositif brise-vitre) des véhicules de transport en commun neufs ne sont pas directement transposables pour caractériser la fiabilité des outils brise-vitre susceptibles d'être installés sur les véhicules particuliers neufs ou disponibles dans le commerce de détail pour équiper des véhicules déjà en circulation. Il est par conséquent nécessaire :

- d'élaborer des conditions d'essai et des critères permettant d'assurer que ces outils permettent à un utilisateur représentatif de briser facilement et rapidement, en cas de danger, au minimum un vitrage automobile trempé ;
- puis d'inscrire ces éléments dans un texte de portée normative ou réglementaire qui s'appliquerait aux produits disponibles dans le commerce de détail ainsi qu'à ceux équipant les véhicules particuliers neufs.

C'est pourquoi le BEA-TT formule la recommandation suivante :

Recommandation R5 adressée à la Direction générale de l'énergie et du climat (DGE) :

Susciter l'élaboration d'un référentiel technique (à inscrire ensuite dans une norme ou un règlement technique, au plan national ou international) permettant de vérifier la fiabilité des outils brise-vitre destinés à équiper les véhicules particuliers neufs ou en circulation.

Ce référentiel pourrait également, pour les dispositifs équipant les véhicules de transport en commun en service, compléter utilement les exigences de l'article 23 de l'arrêté du 2 juillet 1982.

5.3.4 - La possibilité de défaire facilement les ceintures de sécurité

La bibliographie évoque le risque pour les occupants de voir leur ceinture de sécurité bloquée après la chute du véhicule à l'eau, notamment en cas de chute sur le toit, où le poids de l'occupant tend la ceinture. Il est difficile de quantifier, dans les accidents analysés, les situations dans lesquelles une ceinture bloquée aurait pu empêcher ou gêner l'évacuation. L'analyse de la base de données FLAM par le Cerema a relevé 3 cas avérés de blocage de la ceinture parmi les 67 occupants des accidents traités. Les éléments disponibles dans les PV analysés par le BEA-TT n'ont pas fait ressortir avec certitude de telle situation, mais dans plusieurs accidents des tiers intervenants ont déclaré avoir rencontré des difficultés pour libérer les victimes de leur ceinture de sécurité, ce qui dans certains cas a fait échouer leur tentative d'extraction.

À l'instar des outils brise-vitres, le BEA-TT estime souhaitable que les véhicules particuliers soient le plus possible équipés d'outils coupe-ceintures, qui peuvent eux aussi se révéler utiles pour des intervenants extérieurs et dans d'autres circonstances que l'immersion d'un véhicule.

En pratique il apparaît que les outils brise-vitres disponibles dans le commerce et destinés au grand public comportent systématiquement un dispositif coupe-ceinture. Les préconisations émises plus haut à propos des outils brise-vitres s'avèrent donc suffisantes et n'appellent pas de complément.

5.3.5 - La possibilité d'ouvrir facilement les portières depuis l'extérieur

Une part significative des accidents dont les circonstances présentent un risque de noyade pour les occupants du véhicule a eu lieu dans une profondeur d'eau inférieure ou égale à 1,50 m, qui permet l'intervention de tiers. Lorsque le véhicule repose déjà sur le fond, il est très difficile de briser les fenêtres sous l'eau et les intervenants doivent prioritairement tenter d'ouvrir les portières. Ceci suppose qu'elles ne soient pas verrouillées et que les déformations subies lors de la sortie de route ne provoquent pas leur blocage.

Les règlements techniques CEE-ONU ne comportent pas de crash-test de renversement des véhicules (tonneau). Ils prévoient en revanche des essais de collision frontale³⁸ et de collision latérale³⁹, effectués à des vitesses d'impact respectives de 56 km/h et 50 km/h. Ils définissent, chacun dans son domaine, les exigences suivantes :

- « *Après le choc, les portes latérales doivent être non verrouillées* » (pour le test de collision latérale cette condition ne porte que sur le côté non soumis au choc) ;
- « *Dans le cas d'un véhicule équipé d'un système de verrouillage automatique des portes, celles-ci doivent être verrouillées avant la collision et déverrouillées après la collision* » (pour le test de collision latérale cette condition ne porte que sur le côté non soumis au choc) ;
- « *Après le choc, il doit être possible, sans l'aide d'outils, à l'exception des outils nécessaires au soutien de la masse du mannequin : [...] D'ouvrir au moins une porte par rangée de sièges. [...]* ».

Par ailleurs, suite à une présentation relative à plusieurs accidents suivis d'incendies dans lesquels les occupants des véhicules n'ont pas été en capacité de les évacuer, le Groupe de travail sur la sécurité passive de la CEE-ONU a décidé en mai 2025 la création d'un groupe de travail informel relatif à l'ouverture d'urgence des portières. Ce groupe a pour objectif de rechercher des solutions pour assurer l'ouverture des portières en toute sécurité après un accident, tant depuis l'intérieur que l'extérieur, au moyen de systèmes dont l'ode d'emploi est intuitif. Une attention particulière sera portée aux portes à commande électrique.

Compte tenu des spécifications en vigueur et des réflexions en cours, le BEA-TT n'émet pas de préconisation complémentaire relative à la possibilité d'ouvrir les portières suite à une collision.

5.4 - Pistes de progrès : inciter les occupants à évacuer le véhicule

5.4.1 - La formation et la communication au grand public

La seule étude étrangère robuste relative aux connaissances du grand public, réalisée aux Pays-Bas, a conclu que celui-ci était mal informé de la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule. En l'absence d'une telle évaluation conduite en France, il est à craindre que le niveau de connaissance du public français ne soit pas meilleur. Les articles de presse et les programmes audio-visuels recensés dans le cadre de la présente étude (cf. partie 3.8.2) sont exacts et se fondent souvent sur des recommandations des services de secours, mais leur audience reste probablement limitée. On trouve par ailleurs sur les réseaux sociaux des conseils beaucoup moins pertinents⁴⁰. Le BEA-TT

38 Règlement CEE-ONU n° 94 « *Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne la protection des occupants en cas de collision frontale* ».

39 Règlement CEE-ONU n° 95 « *Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne la protection de leurs occupants en cas de collision latérale* ».

40 Certaines vidéos privées présentent ainsi, parmi les options envisageables, celle consistant à attendre

estime donc indispensable de diffuser largement les consignes les plus appropriées en la matière. Plusieurs vecteurs, complémentaires, sont envisageables en termes de formation, de communication au grand public et d'information aux utilisateurs de véhicules.

La réglementation dispose déjà que les programmes de **formation à la conduite** des véhicules à moteur incluent une sensibilisation aux **comportements à adopter en cas d'accident** (article R213-4 du Code de la route). Ces programmes doivent être élaborés conformément au référentiel pour l'éducation à une mobilité citoyenne, défini par un arrêté du 13 mai 2013.

Ce référentiel détaille quatre compétences constituant le socle commun de tout programme d'éducation et de formation et qu'un usager responsable doit acquérir. La compétence n° 4 est intitulée « *Prendre en compte les facteurs entraînant une dégradation du système homme-véhicule-environnement, prendre les décisions qui permettent d'y faire face, mettre en œuvre les mesures préventives* ». Sa description comprend notamment l'item : « *[Le conducteur] comprend comment adopter un comportement adéquat en cas de panne ou d'accident.* » Parmi les sous-compétences associées figurent les suivantes :

- « **Comprendre en situation comment réagir face à un accident** et comprendre le déroulement de situations réelles d'accident, les analyser pour pouvoir anticiper ou réagir en circulation » ;
- « **Savoir ce qu'il faut faire en cas d'incendie ou de chute dans l'eau** ».

S'agissant plus spécifiquement du permis de conduire, l'arrêté du 20 avril 2012 fixant les conditions d'établissement, de délivrance et de validité du permis de conduire définit, dans son article 2, le contenu de l'épreuve théorique générale (qui conditionne mécaniquement le contenu de la formation délivrée). Ce contenu apparaît plus restrictif que le référentiel en se focalisant presque exclusivement sur les situations de conduite d'un véhicule ; les seules thématiques autres sont « *les gestes de premiers secours* » et « *les précautions à prendre en quittant le véhicule* ». Les recommandations quant à la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule bénéficieraient d'une large audience si elles étaient intégrées, conformément au référentiel pour l'éducation à une mobilité citoyenne, à la formation théorique préparant aux épreuves du permis de conduire. Le BEA-TT formule la recommandation suivante :

Recommandation R6 adressée à la Délégation à la Sécurité Routière (DSR) :

Intégrer dans la formation théorique au permis de conduire un volet traitant de la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule.

Il conviendrait également de diffuser ces messages de sécurité à l'ensemble de la population, que ce soit par le biais d'actions de communication générale ou de canaux orientés vers les utilisateurs de véhicules. À cet égard le BEA-TT formule les recommandations suivantes :

Recommandation R7 adressée à la Délégation à la Sécurité Routière (DSR) :

Engager une action de sensibilisation du grand public sur la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule, et sur l'intérêt de disposer dans l'habitacle d'un outil brise-vitres et coupe-ceinture.

Recommandation R8 adressée à la Fédération Française de l'Assurance :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : sensibiliser les assurés automobiles sur la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule, et sur l'intérêt de disposer dans l'habitacle d'un outil brise-vitres et coupe-ceinture.

que le véhicule touche le fond pour tenter d'évacuer en ouvrant les portes.

Recommandation R9 adressée à l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : ajouter dans les manuels utilisateur des véhicules particuliers une information sur la conduite à tenir en cas d'immersion du véhicule, ainsi qu'un avertissement sur l'impossibilité de briser les fenêtres latérales lorsqu'elles sont constituées de verre feuilleté.

5.4.2 - La prise des appels par les Centres de Traitement des Appels des sapeurs-pompiers

Parmi les accidents étudiés dans l'analyse des procès-verbaux du BEA-TT, l'appel des secours n'a été effectué par un occupant du véhicule immergé que dans un seul cas sur les 58 renseignés. Des échanges entre le BEA-TT et des membres des sapeurs-pompiers ont confirmé que ce cas de figure restait exceptionnel.

À ce jour, les procédures de réponse aux appels d'urgence sont propres à chaque centre de traitement des appels (CTA) départemental. Toutefois le ministère de l'Intérieur développe un système informatique, dénommé NexSIS, qui aurait vocation à équiper tous les CTA des SDIS et conduirait donc notamment à homogénéiser ces procédures.

Par ailleurs, la Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC) élabore un guide de doctrine intitulé « Opérations de secours en milieu aquatique et inondé », qui abordera notamment la prise des appels d'urgence ainsi que les interventions sur véhicules immergés, et comportera notamment des conseils à donner au requérant par l'opérateur du CTA.

Compte tenu de ces éléments, le BEA-TT n'émet pas de préconisation en la matière.

6 - Récapitulatif des recommandations et invitations

6.1 - Recommandations

Recommandation R1 adressée au Cerema :

À l'occasion de la révision du guide « Traitement des obstacles latéraux... », compléter la méthode de calcul de l'indice de risque par une prise en compte des cours d'eau et plans d'eau présentant un risque de noyade pour les occupants d'un véhicule particulier. La méthode devrait caractériser non seulement les sites où la profondeur d'eau conduirait à une submersion totale du véhicule, mais également ceux où l'espace entre la chaussée et le cours d'eau ou plan d'eau comporte des éléments (obstacles, dénivelée conséquente) susceptibles de provoquer un tonneau du véhicule et son immersion sur le toit dans une profondeur d'eau intermédiaire.

Recommandation R2 adressée conjointement à l'association Départements de France et l'Association des Maires de France :

Diffuser à leurs adhérents la préconisation suivante : lors de la conception d'un ouvrage d'art neuf ou de la réfection majeure d'un ouvrage d'art existant franchissant un cours d'eau ou un plan d'eau, prévoir l'implantation systématique d'un dispositif de retenue routier sur l'ouvrage et ses abords.

Recommandation R3 adressée à l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : prévoir sur les futurs modèles de véhicules particuliers une commande permettant l'ouverture de la porte de coffre ou du hayon depuis le poste de conduite, afin de procurer aux occupants une possibilité supplémentaire d'évacuation de l'habitacle en cas de chute du véhicule à l'eau.

Recommandation R4 adressée à l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : équiper systématiquement le poste de conduite des futurs modèles de véhicules particuliers d'un outil brise-vitre.

Recommandation R5 adressée à la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) :

Susciter l'élaboration d'un référentiel technique (à inscrire ensuite dans une norme ou un règlement technique, au plan national ou international) permettant de vérifier la fiabilité des outils brise-vitre destinés à équiper les véhicules particuliers neufs ou en circulation.

Recommandation R6 adressée à la Délégation à la Sécurité Routière (DSR) :

Intégrer dans la formation théorique au permis de conduire un volet traitant de la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule.

Recommandation R7 adressée à la Délégation à la Sécurité Routière (DSR) :

Engager une action de sensibilisation du grand public sur la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule, et sur l'intérêt de disposer dans l'habitacle d'un outil brise-vitres et coupe-ceinture.

Recommandation R8 adressée à la Fédération Française de l'Assurance :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : sensibiliser les assurés automobiles sur la conduite à tenir en cas d'immersion d'un véhicule, et sur l'intérêt de disposer dans l'habitacle d'un outil brise-vitres et coupe-ceinture.

Recommandation R9 adressée à l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) :

Diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : ajouter dans les manuels utilisateur des véhicules particuliers une information sur la conduite à tenir en cas d'immersion du véhicule, ainsi qu'un avertissement sur l'impossibilité de briser les fenêtres latérales lorsqu'elles sont constituées de verre feuilleté.

6.2 - Invitations

*Le BEA-TT invite le **Cerema** à veiller, dans les futures publications techniques relatives au traitement des obstacles latéraux, à traiter explicitement le cas des cours d'eau et plans d'eau.*

*Le BEA-TT invite **l'association Départements de France** à diffuser à ses adhérents la préconisation suivante : engager une évaluation des glissières de sécurité en bois équipant les routes départementales hors agglomération, afin de vérifier la conformité de leur implantation aux règles de l'art (largeur de fonctionnement, longueur minimale, etc.) ainsi que le maintien de leur intégrité structurelle.*

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'engagement de l'étude

Annexe 2 : Notes de lecture de la bibliographie

Annexe 3 : Analyse statistique des procès-verbaux d'accidents – Résultats détaillés

Annexe 4 : Synthèses de procès-verbaux d'accidents

Annexe 1 : Décision d'engagement de l'étude



Le Directeur

La Défense, le 22 JUIN 2021

DÉCISION

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

Vu le code des transports et notamment l'article R. 1621-11 donnant vocation au BEA-TT à réaliser des études et recherches en matière de retour d'expérience et d'accidentologie ;

Vu la gravité constatée lors des accidents de véhicules avec immersion ;

décide

Article 1 : Une étude d'accidentologie est initiée sur les accidents avec immersion d'un véhicule dans un cours d'eau ou un plan d'eau.

Article 2 : Le rapport concluant cette étude sera mis en ligne sur le site internet du BEA-TT.

Le directeur du BEA-TT
Jean-Damien PONCET

Annexe 2 : Notes de lecture de la bibliographie

Cette annexe regroupe les notes de lecture associées aux trois ensembles de sources bibliographiques les plus conséquents sur le déroulement des immersions de véhicules et les pistes d'actions possibles. Il s'agit, dans l'ordre chronologique, d'études conduites :

- aux États-Unis, en 1963 puis de 1970 à 1972 ;
- aux Pays-Bas, en 1973, 2002 puis 2008 ;
- au Canada, de 2006 à 2019.

La recherche bibliographique conduite par le BEA-TT n'a identifié aucun document technique d'origine française sur le sujet. Cependant le BEA-TT a été informé que le CEESAR (Centre Européen d'Études de Sécurité et d'Analyse des Risques) avait réalisé pour le compte du Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'étude du comportement conducteur Renault – Stellantis (LAB) une étude relative aux immersions de véhicules, et a demandé au LAB la communication de cette étude. Ce dernier n'a pas donné suite à cette demande.

Aux États-Unis (1963, 1970-1972)

À la demande du ministère fédéral des transports, une équipe de l'université de l'Oklahoma a conduit de 1970 à 1972 un programme de recherche détaillé sur l'évacuation des véhicules en cas d'incendie ou d'immersion. Seuls les éléments utiles relatifs à l'immersion sont repris ici. Une référence antérieure (1963), non directement accessible, est également résumée dans le rapport de 1970.

Références

- [Kuhn, 1963] Bernard J. Kuhn, *Submerged vehicle study*. Journal of Health, Physical Education, Recreation. Volume 34, p. 61-62 (1963).
- [Sliepcevich et al., 1970] Sliepcevich CM, Steem WD, Purswell JL, Ice JN, Welker JR, *Escape worthiness of vehicles and occupant survival*. Final Report. Norman, OK: U.S. Department of Transportation; 1970. Report No: DOT/HS-800 428. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015071816089&view=1up&seq=225>
- [Sliepcevich et al., 1972a] Sliepcevich CM, Steen WD, Purswell JL, Krenek RF, Welker JR, et al., *Escape worthiness of vehicles for occupancy survivals and crashes. First part: research programs*. Norman, OK: U.S. Department of Transportation; 1972. Report No: DOT/HS-800 736. <http://www.mvfri.org/Library/NHTSA%20Reports/Escape%20Worthiness%20First%20Part.pdf>
- [Sliepcevich et al., 1972b] Sliepcevich CM, Steen WD, Purswell JL, Krenek RF, Welker JR, et al., *Escape worthiness of vehicles for occupancy survivals and crashes. Second part: appendices*. Norman, OK: U.S. Department of Transportation; 1972. Report No: DOT/HS-800 737. <http://www.mvfri.org/Library/NHTSA%20Reports/Escape%20Worthiness%20Second%20Part.pdf>

Résumé des essais de Kuhn (1963)

Kuhn a effectué 49 immersions de véhicules, sans occupant, avec 4 véhicules différents soit lancés sur des rampes, soit immergés par des grues en position sur le côté gauche ou sur le toit. Lorsqu'ils étaient en position « normale » (upright), les véhicules flottaient pendant une durée s'étendant « de quelques secondes à environ six minutes, selon le

mode d'entrée dans l'eau et le nombre de fenêtres laissées ouvertes ». Les véhicules coulaient le moteur en avant en faisant un angle avec l'horizontale.

Principe des essais de Sliepceвич (1970)

Des essais d'immersion et d'évacuation ont été réalisés en laboratoire avec un seul véhicule manipulé par des grues dans une fosse de profondeur 4,37 m (14 pieds 4 pouces). La vitesse d'entrée du véhicule dans l'eau était négligeable afin de ne pas endommager le véhicule. Cinq essais successifs ont été réalisés, le premier avec le véhicule sans occupant mais lesté afin de simuler quatre occupants, les quatre autres essais avec quatre occupants plongeurs avec bouteilles. Les consignes données aux occupants étaient les suivantes :

- pour l'essai n° 2 : attendre que le véhicule touche le fond et que la pression s'équilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitacle avant d'évacuer ;
- pour l'essai n° 3 : évacuer dès que possible à l'immersion ;
- pour l'essai n° 4 : évacuer dès qu'il n'est plus possible de respirer de l'air dans l'habitacle ;
- pour l'essai n° 5 : les fenêtres avant sont ouvertes, les passagers avant doivent évacuer lorsque l'eau commence à entrer par leur fenêtre, les passagers arrière attendent comme dans l'essai n° 4 qu'il n'y ait plus d'air à respirer dans l'habitacle.

Résultats relatifs à la cinématique d'immersion du véhicule

Tout en s'enfonçant dans l'eau, la voiture bascule progressivement le nez en avant jusqu'à atteindre un angle de l'ordre de 80 degrés avec l'horizontale. La figure 3 (dans le corps du rapport, en partie 3.2.3) retranscrit sous forme d'une séquence la cinématique de l'essai n° 1 décrite dans le rapport de 1970.

Le temps nécessaire pour que l'eau atteigne la prise d'air située au pied du pare-brise (soit aussi le niveau de l'angle inférieur avant de la fenêtre avant) a été de 50 secondes pour l'essai n° 1 et de 38 secondes pour l'essai n° 2. L'une des explications possibles de cet écart est la possibilité que malgré l'opération de séchage entre les deux essais il soit resté de l'eau dans certains vides du véhicule, l'alourdissant ainsi pour l'essai n° 2 (le poids du véhicule n'a pas été vérifié avant le test).

Lors des essais avec fenêtres fermées (essais n° 1 et 2), la cinématique de l'immersion s'accélère lorsque le niveau de l'eau atteint l'entrée d'air située au pied du pare-brise. Pour l'essai n° 4, cette prise d'air a été obturée et la cinématique d'immersion ne présente pas de rupture. Ceci met en évidence le rôle conséquent de cette prise d'air comme voie d'entrée de l'eau dans l'habitacle.

Les phares et les lumières du véhicule, testés après chaque essai, sont restés opérationnels jusqu'à la fin des essais. La charge de la batterie a été mesurée à la fin des essais et le résultat a indiqué que les pertes durant les essais d'immersion ont été négligeables.

Résultats relatifs à l'évacuation du véhicule par les occupants

Lors de l'essai n° 3 (évacuation dès que possible), il n'a fallu que 10 secondes aux quatre occupants pour baisser leur vitre et sortir de la voiture.

Lors de l'essai n° 5, l'évacuation contre le flot entrant par la fenêtre (pour les deux occupants des places avant) n'a pas soulevé de difficulté particulière. Elle s'est faite le

dos vers l'extérieur en saisissant le « rail pare-pluie » au-dessus de la porte et en se tirant en regardant vers le haut.

Lors des essais avec évacuation depuis le fond de la fosse, les quatre occupants ont rapporté avoir dû commencer à utiliser leurs bouteilles avant que le véhicule n'ait posé ses quatre roues sur le fond. L'air restant dans l'habitacle ne permet donc pas de subsister très longtemps.

Avant de toucher le fond, la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitacle a provoqué une dépression du toit du véhicule d'une hauteur de 5 à 6 pouces (12 à 15 cm). Les quatre occupants ont rapporté que cet enfoncement a entravé leur mobilité et les a contraints à se glisser au bas de leur siège.

Lors de l'essai n° 2 où le véhicule reposait sur un fond horizontal, les occupants n'ont rencontré aucune difficulté pour ouvrir les portières une fois la pression équilibrée. Lors de l'essai n° 4, le véhicule ne reposait pas sur le fond horizontal mais sur une partie inclinée à environ 20 %. Trois des quatre occupants ont rapporté ne pas avoir pu ouvrir leur portière et avoir dû évacuer par la fenêtre, le quatrième occupant n'a pu ouvrir sa portière qu'avec de grandes difficultés. Les portières ont été examinées une fois le véhicule sorti de l'eau et elles s'ouvraient toutes les quatre sans difficulté. Une explication possible tiendrait à des efforts différentiels du fait de l'inclinaison du véhicule, qui auraient provoqué une déformation réversible des portières par rapport à leur encadrement. Le même problème a été rencontré par l'un des passagers arrière lors de l'essai n° 5 (l'autre passager arrière est sorti par la fenêtre sans tenter d'ouvrir la portière).

Les rapports de 1972

La suite du programme de recherche n'a pas comporté d'essais supplémentaires. Elle a consisté d'une part en une analyse fine de deux accidents, avec interview des personnes impliquées, et d'autre part en des travaux théoriques (modélisations) et expérimentaux (mesures de divers paramètres, par exemple le volume de l'habitacle ou ses défauts d'étanchéité), en vue d'évaluer la durée pendant laquelle un véhicule reste à la surface avant de couler. L'ancienneté des modèles concernés rend les résultats potentiellement obsolètes.

Aux Pays-Bas (1973, 2002, 2008)

Du fait de leurs caractéristiques hydrographiques, les Pays-Bas ont porté une attention particulière aux accidents donnant lieu à l'immersion d'un véhicule. La recherche bibliographique a identifié trois ensembles de travaux :

- en 1973, des essais d'immersion de véhicules ;
- en 2002, une analyse des circonstances des accidents avec immersion et la production de recommandations ;
- en 2008, des essais de composants électroniques des véhicules.

Essais d'immersion de véhicules (1973)

Référence

[SWOV, 1973] SWOV (1973), *Submerging vehicles*. Report No: 1973-1E.
https://swov.nl/system/files/publication-downloads/publication_1973-1e.pdf

Principe général des essais

Le SWOV (Institut néerlandais de recherche en sécurité routière) a réalisé des essais d'immersion de **véhicules de tourisme**. 44 véhicules différents ont été immergés dans des bassins portuaires selon des modalités d'entrée dans l'eau variées (vitesse, angle d'impact, hauteur de la berge, présence d'un obstacle sur la trajectoire), au moyen de rampes de lancement (figure 1, en partie 3.2.1). La plupart des véhicules étaient occupés par des mannequins, certains par des plongeurs, le but étant de tester les méthodes d'évacuation possibles.

Comportement lors de l'impact

L'habitacle du véhicule reste à peu près intact lorsque le véhicule entre dans l'eau en position « normale » (horizontale et roues en dessous), en revanche si le véhicule entre dans l'eau sur le côté ou sur le toit l'habitacle est déformé, les portières peuvent rester bloquées et le toit peut être enfoncé jusqu'à 40 cm. À des vitesses d'impact élevées (76 et 64 km/h), des décélérations horizontales⁴¹ très élevées (40 à 50 m/s²) ont été mesurées pendant quelques dixièmes de secondes, ce qui est susceptible d'une part d'endommager la structure du véhicule et d'accélérer sa submersion, d'autre part de blesser les occupants ou de les rendre inconscients, réduisant ainsi leur capacité d'évacuation.

Quelle que soit la façon dont ils ont heurté la surface de l'eau, presque tous les véhicules ont pris après l'impact une position de flottaison plus ou moins horizontale (en penchant légèrement vers l'extrémité du moteur) ; même lorsque le véhicule a heurté l'eau sur le toit, il s'est dans la plupart des cas retourné en position normale (figure 2, en partie 3.2.2). Les seules exceptions sont les véhicules avec un toit en toile et qui ont heurté l'eau à l'envers (sur le toit), et ceux dont le pare-brise était brisé⁴² et qui ont heurté l'eau avec un angle prononcé ; ces véhicules ont coulé presque immédiatement.

Flottaison après l'impact

La durée pendant laquelle le véhicule reste en surface est très variable selon les circonstances. Parmi les 44 véhicules immergés, elle est inférieure à une minute dans 21 cas, de 60 à 89 secondes dans 9 cas, de 90 à 120 secondes dans 9 cas, et supérieure à 120 secondes dans 5 cas. Pour une vitesse d'impact similaire, les auteurs relèvent que les modèles de voitures plus lourds sont associés à une durée de flottaison plus élevée, ce qu'ils attribuent à une meilleure résistance à la déformation lors de l'impact, conduisant à une entrée de l'eau moins rapide dans l'habitacle.

Parmi les 44 véhicules testés, 18 avaient le moteur à l'arrière et 26 à l'avant. Dans 39 cas, le véhicule a coulé avec le côté du moteur vers le bas ; les exceptions concernent des modèles et des circonstances variés et ne peuvent pas être reliés à un facteur particulier.

Modalités d'évacuation

Les essais réalisés avec occupants ont apporté les conclusions suivantes :

- En phase de flottaison, la pression de l'eau ne permet pas d'ouvrir les portières, même lorsque le véhicule vient de toucher l'eau.
- Dans trois cas où le véhicule reposait en position normale au fond de l'eau, les plongeurs n'ont pas été en mesure d'ouvrir les portières même après que les pressions se soient équilibrées (deux cas où les portières étaient endommagées et un cas où la voiture était trop profondément enfoncée dans la vase).

41 Les essais ont été filmés et les décélérations ont été estimées par analyse des images successives.

42 Le rapport ne précise pas si le bris du pare-brise a résulté du choc ou était préexistant.

- Lorsque le véhicule est submergé, il est très difficile pour des sauveteurs extérieurs de briser une fenêtre (l'eau s'oppose à la force du coup porté). Lors des essais, les sauveteurs sans équipement de plongée n'ont jamais réussi. Ceci n'a pu être fait que par des plongeurs équipés et après de multiples tentatives, au moyen d'un cric.
- Le repérage d'un véhicule par les sauveteurs peut être facilité par l'allumage des feux du véhicule. Lors des tests les feux ont fonctionné « un certain temps » même sous l'eau.

Travaux de 2002

Références

[RVTV, 2002] Raad voor de Transportveiligheid (2002), *Auto te water:*

ontsnappingsproblemen - Veiligheidsstudie, Décembre 2002 [Conseil pour la sécurité des transports - Problèmes d'évacuation d'une voiture immergée - Étude de sécurité]

[SWOV, 2002a] SWOV (2002), *Omvang, aard en ernst van ongevallen met auto's te water* [Taille, nature et gravité des accidents impliquant des voitures immergées]

[SWOV, 2002b] SWOV (2002), *Problemen met ontsnapping en bevrijding uit auto's te water* [Les problèmes relatifs à l'évacuation et aux secours aux voitures immergées]

Contexte général

Suite à un accident survenu en 1998 ayant causé trois morts dans une voiture de police tombée dans un canal de 2 à 3 m de profondeur, le RVTV⁴³ (Raad voor de Transportveiligheid, Conseil pour la sécurité des transports) a engagé une analyse des accidents avec immersion de voitures. Le rapport du RVTV se fonde en partie sur deux rapports d'étude commandés au SWOV (Institut néerlandais de recherche en sécurité routière).

Circonstances détaillées de deux accidents particuliers

En 1998, les trois occupants d'une voiture de police tombée à l'eau sont décédés. Les portes et fenêtres du véhicule étaient bloquées : des témoins n'ont pas réussi à ouvrir les portes depuis l'extérieur avant l'immersion totale, il n'y a pas eu d'ouverture depuis l'intérieur, et les plongeurs n'ont pas pu ouvrir les portes non plus ; le véhicule ne présentait pas de déformation conséquente pouvant expliquer ce blocage. Les enquêteurs soupçonnent que le verrouillage puisse être lié à un court-circuit. Les occupants auraient pu recourir à des outils (marteau, pied de biche, armes à feu) disponibles dans le véhicule pour briser les fenêtres, mais cela n'a pas été le cas.

En 1999, les portes d'une fourgonnette se sont verrouillées presque immédiatement après la chute du véhicule dans l'eau et la commande électrique des fenêtres a également cessé de fonctionner. Le conducteur a pu déchausser le pare-brise en prenant appui dans l'un de ses angles avec ses pieds, et s'échapper. Selon la police, les phares et les essuie-glaces fonctionnaient toujours lorsqu'ils sont arrivés sur les lieux de l'accident 10 à 15 minutes plus tard, alors que le véhicule était totalement immergé.

Ces deux événements ont suscité des craintes sur le bon fonctionnement des systèmes de verrouillage électrique des portes et fenêtres en cas d'immersion.

⁴³ Le RVTV est maintenant le Onderzoeksraad voor Veiligheid (Conseil d'enquêtes sur la sécurité, la traduction anglaise officielle étant Dutch Safety Board, DSB). Le DSB assure aux Pays-Bas les missions d'un bureau d'enquêtes techniques dans de nombreux domaines (navigation, fer, aviation, industrie) mais il ne produit, pour les transports routiers, que des documents de portée générale et ne réalise pas d'enquêtes sur des événements particuliers.

Analyse de procès-verbaux d'accidents

Le SWOV [SWOV, 2002a] a estimé le nombre annuel d'accidents corporels avec immersion entre 750 et 800, ayant causé 60 décès dont environ 30 décès sont attribués à une noyade. L'étude a analysé 137 procès-verbaux d'accidents de l'année 2000, dont tous les accidents mortels et environ 15 % des accidents ayant causé un blessé hospitalisé plus de 24 heures. Dans un tiers des cas renseignés (41 sur 121), le véhicule est sur le toit.

Les auteurs ont notamment tenté d'identifier les accidents ayant présenté des difficultés d'évacuation du véhicule, c'est-à-dire des cas où l'évacuation ne s'est pas faite par une porte normalement ouverte. Si on se limite aux seuls accidents où cette information est connue, on relève de telles difficultés (soit de la part des victimes, soit de la part de témoins ayant tenté d'aider les victimes) dans 15 accidents mortels sur 18 et 13 accidents avec un blessé hospitalisé non mortels sur 34. Des portes ont également pu être bloquées par le flanc d'un fossé par exemple.

Sur les 137 accidents analysés, il n'a été relevé aucune mention de dysfonctionnement des composants du véhicule autre que des commentaires sur des portes bloquées.

Connaissance par le public de la conduite à tenir en cas d'accident

Le RVTV a commandé en 2001 un sondage sur un échantillon d'environ 1000 personnes afin d'évaluer la connaissance par le grand public de la conduite à tenir en cas d'accident avec immersion.

À la question « Si une voiture tombe dans l'eau, combien de temps pensez-vous qu'elle va flotter ? » :

- 11 % répondent « au plus 10 secondes » ;
- 56 % répondent « entre 11 secondes et 1 minute » ;
- 26 % répondent « entre 1 et 3 minutes » ;
- 7 % répondent « plus de 3 minutes ».

Les auteurs en concluent que la plupart des gens sous-estiment la durée réelle, qui est supérieure à la minute.

À la question « Quel est le meilleur moment pour évacuer la voiture ? », la moitié des personnes interrogées répondent « lorsque le véhicule flotte encore ou lorsqu'il est à moitié plein », et l'autre moitié « lorsque le véhicule est presque complètement plein ou totalement sous l'eau », ce qui est assurément une mauvaise réponse.

À la question « Quelle vitre briseriez-vous pour évacuer le véhicule ? », quatre choix étaient proposés :

- 42 % répondent « le pare-brise » ;
- 36 % répondent « une fenêtre latérale » (seule réponse correcte) ;
- 18 % répondent « la lunette arrière » ;
- 4 % répondent « une fenêtre près d'un enfant ».

Enfin, interrogés sur l'endroit où frapper la vitre concernée, les deux tiers des personnes choisissent le milieu de la vitre, ce qui n'est pas l'emplacement optimal.

Les auteurs concluent de ce sondage qu'il est nécessaire d'engager des actions de communication vis-à-vis du grand public.

Considérations diverses sur les facteurs aggravants

Le rapport du RVTV passe en revue certains facteurs pouvant aggraver les conséquences de l'immersion d'un véhicule.

S'agissant de l'état physique et mental des occupants, des difficultés supplémentaires peuvent être créées par :

- leur état physique : blessures dues au choc ou état préalable à l'accident,
- l'eau froide, sombre et trouble, qui peut causer des difficultés d'orientation,
- la panique liée aux circonstances et à l'effet de surprise.

Au plan technique, les investigations sur les deux accidents décrits en début du rapport ont montré qu'un court-circuit (éventuellement favorisé par de l'eau) pouvait provoquer un verrouillage centralisé des portes ou des fenêtres. À la date de rédaction du rapport, il n'existait pas d'exigence en matière de protection des composants électroniques vis-à-vis de l'eau, ni concernant le fonctionnement des serrures et des fenêtres en cas d'immersion d'un véhicule. Il n'a toutefois pas été établi que de tels problèmes techniques surviennent fréquemment. Les rapports de police examinés en font rarement mention, mais il faut noter que l'enquête de police ne vise pas principalement ce genre de problème.

Le véhicule peut également se retrouver dans un fossé sur le toit ou sur un côté, bloquant les issues et empêchant l'intervention de témoins éventuels.

Enfin, en cas de dommages graves au véhicule, une déformation peut empêcher les portes de s'ouvrir. Les auteurs soulignent qu'il existe un test de renversement applicable aux véhicules⁴⁴ mais que celui-ci ne comporte pas de vérification de la possibilité d'ouvrir les portes après l'essai.

Les auteurs craignent que les facteurs aggravants d'origine technique prennent une ampleur croissante à l'avenir du fait des évolutions techniques prévisibles (généralisation des commandes électroniques, renforcement de la solidité des vitres latérales).

Recommandations

Les auteurs émettent les recommandations suivantes.

- 1) Informer le grand public sur les problèmes rencontrés par les véhicules immergés, sur le rôle de la ceinture de sécurité dans ce domaine, et, en particulier, la procédure recommandée pour évacuer le véhicule. Une annexe du rapport présente des instructions détaillées pour l'évacuation d'un véhicule, rédigées par le SWOV (voir plus loin).
- 2) Faire évoluer la réglementation européenne relative aux véhicules afin d'empêcher que les systèmes électriques ferment accidentellement les portes du véhicule par un court-circuit causé par l'eau, et que les commandes électriques de fenêtres ou de serrures ne fonctionnent plus.
- 3) Inciter à ce que les véhicules de tourisme néerlandais soient équipés d'un outil pour briser les vitres.
- 4) Promouvoir la recherche d'une alternative au marteau de secours actuel, qui permettrait également de briser les futures vitres latérales plus solides.

⁴⁴ Les auteurs ne donnent pas les références de ce test. Les recherches du BEA-TT n'ont pas identifié dans le corpus des règlements CEE-ONU de test de renversement. Des protocoles de tests sont proposés par certains laboratoires mais n'ont aucun statut réglementaire dans l'Union Européenne.

5) Encourager les gestionnaires de routes à au moins avertir les usagers de la route du danger d'immersion dans le cas de tronçons routiers où le risque d'immersion est relativement élevé.

S'agissant du traitement de l'infrastructure, compte tenu du linéaire très élevé de routes potentiellement concerné aux Pays-Bas, les auteurs ne préconisent pas d'étendre l'obligation d'équipement en dispositifs de retenue, applicable aux seules routes principales.

Instructions détaillées pour l'évacuation d'un véhicule

a. Si les portes sont verrouillées, les déverrouiller. Allumer les feux de route ou les feux de croisement de façon à être bien visible par les intervenants. Ne pas couper le contact.

b. Détacher ou couper la ceinture de sécurité. Si le véhicule est à l'envers, utilisez vos mains pour protéger la tête et appuyez avec les pieds sur le tableau de bord pour pousser le corps dans le siège et relâcher la ceinture. On peut ensuite rouler au sol pour sortir du véhicule par la fenêtre. Détachez les enfants de leur ceinture ou de leur siège.

c. Si le véhicule continue d'abord de flotter (cela dure souvent plusieurs minutes) : sortez du véhicule par la fenêtre ouverte ou le toit ouvrant ouvert, ou éventuellement par le hayon. S'il est impossible d'ouvrir la fenêtre, essayez de la briser. Pour briser une fenêtre, frapper fermement contre un des angles de la fenêtre avec un objet dur et pointu (marteau de secours).

d. S'il est également impossible de s'échapper par une fenêtre latérale brisée, essayez de retirer le pare-brise ou la vitre arrière en poussant, en frappant ou en donnant des coups de pied, en commençant par l'un des angles.

e. Faites sortir en premier les enfants ou les autres occupants qui ne peuvent pas se sauver eux-mêmes. L'évacuation par une fenêtre se fait de préférence sur le dos. Les jeunes enfants qui ne savent pas nager doivent si possible être tenus.

f. S'il est impossible de s'échapper par une fenêtre ouverte ou un toit ouvrant, tentez de sortir du véhicule en ouvrant une porte. Une porte ne peut être ouverte que si le véhicule a été immergé dans une large mesure et que la pression d'eau à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule est la même. Pendant l'attente (de quelques dizaines de secondes à plusieurs minutes), faire les préparatifs nécessaires en prenant une position favorable, et saisissez au moins la poignée de porte. En pratique, la porte s'ouvre au ralenti, ce qui donne souvent l'impression qu'elle ne peut pas s'ouvrir. Lorsque vous ouvrez la porte, poussez dessus avec l'ensemble du corps.

Essais de composants électroniques (2008)

Référence

[RWS, 2008] Rijkswaterstaat, *Raambediening en deurvergrendeling - Effect van water op het functioneren van raambedieningen en deurvergrendelingen*, Juillet 2008. [Service des Ponts et Chaussées - Commande des fenêtres et verrouillage des portes - Effet de l'eau sur le fonctionnement de la commande des fenêtres et du verrouillage des portes]

Objectif et principe des essais

Le Rijkswaterstaat est une agence du ministère néerlandais des transports, en charge de la conception, de la construction et de l'exploitation du réseau routier principal et des voies navigables. Suite aux rapports de 2002 qui mettaient en doute la capacité de

fonctionnement des systèmes d'ouverture de portes et de fenêtres en cas d'immersion, ce service a commandé cette étude à un laboratoire universitaire d'ingénierie automobile.

L'objectif était de tester le maintien effectif en fonctionnement de « composants critiques » de mécanismes de commande électronique de fenêtres et de verrouillage de portes lorsque ces composants sont immergés. Un protocole d'essai générique a été défini, puis décliné pour chaque modèle de véhicule testé, en collaboration avec les représentants des fabricants et des importateurs.

Pour des raisons pratiques les essais n'ont pas consisté à immerger des véhicules entiers, mais uniquement la chaîne de composants concernés, dont le bus CAN⁴⁵ du véhicule, montée sur un panneau d'essai. Son immersion dans une cuve s'est faite progressivement pour simuler la chute d'un véhicule dans l'eau. Du fait de cet écart entre les conditions de test et les conditions réelles d'immersion d'un véhicule, les auteurs soulignent qu'il n'est pas exclu que d'autres sources de dysfonctionnement puissent intervenir en cas d'immersion.

Les essais ont porté sur 19 véhicules correspondant au modèle le plus vendu des 19 marques les plus vendues aux Pays-Bas en 2005 et 2006. Tous les modèles testés étaient à motorisation thermique. Trois ensembles de composants ont été testés pour chaque modèle de véhicule afin de vérifier la répétabilité des résultats.

Principaux résultats

Les batteries continuent à fonctionner correctement en cas d'immersion prolongée : presque toutes les batteries utilisées lors des tests (55 sur 57) sont restées opérationnelles pendant toute la durée de leur immersion, soit une heure.

Dans la plupart des essais, **les fenêtres** ne s'ouvrent plus après immersion ; le système d'ouverture des fenêtres ne reste opérationnel que pour 2 des 19 modèles de véhicules testés. La cause de la panne n'est pas unique : le moteur de la fenêtre s'arrête généralement lorsqu'un composant doté d'une certaine « intelligence » est immergé (bus CAN ou moteur de fenêtre avec un module comportant une partie de « l'intelligence » de la commande) ; pour d'autres véhicules le moteur de la fenêtre s'arrête lorsque l'eau atteint le bouton de commande de la fenêtre, les auteurs supposent que ceci est directement lié à la led intégrée à ce bouton de commande. Le rapport ne précise pas après quelle durée d'immersion survient la panne, mais il présente des graphes pour deux exemples dans lesquels la panne est immédiate dès l'immersion du composant incriminé, et le texte de conclusion de cette partie stipule : « *Dans les premiers instants, le moteur de la fenêtre s'arrête complètement et ne répond pas au bouton de commande de la fenêtre* ».

Dans certains essais, **les portes** ne peuvent plus être ouvertes après immersion ; un dysfonctionnement du système électronique de verrouillage des portes entraîne, pour 4 modèles de véhicules sur les 19 testés, un blocage des portières empêchant leur ouverture mécanique par périodes de durée variable (maximum 10 minutes) lorsque le système de commande est immergé. Comme pour les fenêtres, la rédaction du rapport suggère, sans que ce soit explicitement spécifié, que le dysfonctionnement est immédiat dès l'immersion du composant incriminé. Sur les autres modèles, l'eau a des effets variables sur le système de verrouillage des portes mais n'allant pas jusqu'au blocage de l'ouverture mécanique. En outre, pour deux des quatre modèles équipés d'un système « Safe Lock » (verrouillant automatiquement les portes au-delà d'une certaine vitesse), le

⁴⁵ Un bus est un ensemble de conducteurs permettant l'interconnexion de plusieurs unités de traitement de données. Dans le domaine automobile, le bus CAN (Controller Area Network) est un système de transmission normalisé qui consiste à raccorder à un même câble un grand nombre de calculateurs qui communiqueront à tour de rôle. Cette technique élimine le besoin de câbler des lignes dédiées pour chaque information à faire transiter.

système s'est activé lors de l'immersion lors de l'un des trois essais de chacun de ces modèles.

Les essais ont montré qu'en présence de systèmes « intelligents » ou complexes (bus CAN, ou moteur de fenêtre intégrant une partie de « l'intelligence » de la commande), des composants autres que les composants directement reliés aux commandes et aux dispositifs de verrouillage des fenêtres peuvent avoir une incidence sur le fonctionnement de ceux-ci lorsqu'ils sont en contact avec l'eau. Ainsi les auteurs considèrent qu'on ne peut exclure, en sus des dysfonctionnements observés lors des essais, que d'autres composants puissent nuire au bon fonctionnement d'un véhicule immergé.

Perspectives

Les auteurs estiment que la fragilité des composants électroniques mise en évidence par les essais risque de s'aggraver dans l'avenir, du fait de l'extension des applications électroniques et des capteurs. Cette extension conduira à une augmentation de la longueur des câbles dans les véhicules. Pour limiter la quantité de câbles, les systèmes sont configurés de façon à envoyer différents signaux sur un même fil (multiplexage), et le câblage est rendu plus mince. Pour éviter qu'un câble ne fonde, le système surveille l'accumulation de chaleur dans les câbles et interrompt les transmissions en cas de surchauffe. Cela a été observé (sur 3 modèles de véhicules) lors des essais d'ouverture des fenêtres en cas d'actionnement multiple, ce qui a rendu temporairement les fenêtres inutilisables.

Observations des industriels

Les industriels et importateurs automobiles ont été consultés sur le projet de rapport d'étude. Seuls six ont répondu. Bien qu'ayant collaboré à la définition du protocole d'essai, deux d'entre eux remettent en cause la représentativité des essais, et un troisième remet en cause la conclusion des essais pour ce qui concerne son modèle. Par ailleurs, le Groupe Volkswagen (Volkswagen, Seat, Audi, Skoda) ainsi que Renault ont indiqué que tous leurs véhicules neufs livrés aux Pays-Bas étaient équipés de marteaux de secours (Volkswagen) ou le seraient début 2008 (Renault).

Suites données à ce rapport

Le BEA-TT a interrogé le Rijkswaterstaat sur les suites données à ce rapport. Il a été répondu que ces analyses n'avaient pas été poursuivies et que les discussions entre le ministère et l'industrie automobile n'avaient pas abouti à une évolution des règlements techniques. Certaines marques ont équipé leurs véhicules neufs de marteaux de secours pendant plusieurs années, sans que l'on sache si c'est encore le cas actuellement.

Au Canada (2006-2019)

Une équipe de l'université du Manitoba a effectué des travaux de longue durée sur la thématique de l'immersion des véhicules :

- des essais d'immersion et d'évacuation de véhicules (articles de 2006 et 2010) ;
- une recherche bibliographique (2013) ;
- l'élaboration d'un protocole de réponse aux appels d'urgence en cas d'immersion (2016) ;
- la mise au point d'un système d'ouverture automatique des fenêtres en cas d'immersion d'un véhicule (2017) ;
- un sondage auprès du grand public sur la connaissance des circonstances de l'immersion des véhicules et sur les attitudes à adopter (2019).

Essais d'immersion et d'évacuation de véhicules (2006, 2010)

Références

[Giesbrecht & McDonald, 2006] Giesbrecht GG, McDonald GK. *Operation ALIVE (Automobile submersion: Lessons In Vehicle Escape)*. Proceedings of the Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference XVI; June 11-14, 2006; Winnipeg, Manitoba.

[Giesbrecht & McDonald, 2010] Giesbrecht GG, McDonald GK. *My car is sinking: automobile submersion, lessons in vehicle escape*. Aviat Space Environ Med 2010; 81:779–84.

Les deux articles sont très proches, bien que publiés à quatre ans d'intervalle.

Principe général des essais

Les auteurs ont étudié la cinématique de l'immersion et les conditions d'évacuation d'un véhicule de tourisme tombé à l'eau, à partir de 35 essais effectués en 2005 en conditions réelles, avec deux véhicules vides puis occupés par des plongeurs entraînés et lâchés (ou plutôt « posés ») par une grue dans un plan d'eau. Deux véhicules de même modèle (Ford Tempo, 1992) ont été utilisés. Les véhicules étaient dotés de fenêtres à commande manuelle (chaque véhicule ayant servi à plusieurs tests, les auteurs ont considéré que des fenêtres à commande électrique auraient été hors service après le premier essai).

Se fondant sur une source bibliographique⁴⁶ selon laquelle un véhicule tombant à l'eau sur le côté ou sur le toit se remettait systématiquement en position « normale » à la surface de l'eau avant de couler, les auteurs n'ont testé que cette position « normale » d'entrée dans l'eau. Pour la présentation des résultats, nous nommerons ici « phase 1 » la période pendant laquelle le niveau de l'eau reste en dessous du bas des vitres, et « phase 2 » la période pendant laquelle il est entre le bas des vitres et le toit du véhicule.

Flottaison après l'impact

Lorsque le véhicule a les portes et fenêtres fermées, l'eau met 63 secondes pour atteindre le bas des fenêtres puis 87 secondes de plus (soit au total 150 secondes) pour que le véhicule soit totalement submergé.

Lorsque le véhicule flotte (1^{re} phase), il reste relativement horizontal. Lorsque son intérieur se remplit d'eau (2^e phase), la voiture bascule avec le compartiment moteur vers le bas dans une position très inclinée. Une fois rempli, le véhicule se pose sur le fond, généralement à l'horizontale.

Un autre essai a été effectué en ouvrant la portière du conducteur dès que le véhicule est entré en contact avec l'eau. Ces deux durées ont alors été respectivement de 9 et 21 secondes (soit au total 30 secondes), et la portière s'est refermée violemment en raison d'une augmentation rapide de la pression lorsque le VT a coulé rapidement.

Modalités d'évacuation

Lors des essais avec occupants, l'évacuation par les fenêtres s'est faite aisément (y compris par plusieurs occupants sortant par la même fenêtre) dès lors que celles-ci avaient été ouvertes avant que le niveau de l'eau les atteigne.

En revanche, une fois que l'eau a dépassé le bas des fenêtres, le gradient de pression entre l'extérieur et l'intérieur rend virtuellement impossible l'ouverture des portières et très difficile l'ouverture des fenêtres car les vitres sont poussées contre l'encadrement. Dans

46 La source citée est un article américain de 1961, introuvable.

cette situation les sujets ont dû attendre que l'habitacle soit presque entièrement rempli d'eau pour pouvoir ouvrir les fenêtres.

Les auteurs rapportent avoir lu dans d'autres ouvrages que si l'eau s'engouffre par la fenêtre ouverte, le flot empêche les occupants d'évacuer tant que l'intérieur du véhicule n'est pas rempli. Trois essais ont été réalisés en attendant, après l'ouverture de la fenêtre, que le flot entrant soit maximal, et les occupants n'ont pas éprouvé de difficulté particulière à évacuer contre ce courant.

Le tableau suivant récapitule pour chaque essai avec occupants leur nombre et place, les issues prescrites pour évacuer et le temps total pris par leur évacuation, décompté à partir du moment où le véhicule a touché l'eau. Tous ces essais ont eu lieu pendant la « phase 1 », c'est-à-dire avant que l'eau n'atteigne le bas des fenêtres. Les enfants étaient simulés par des mannequins que les occupants adultes ont dû extraire.

Occupants	Issues d'évacuation	Temps total pour l'évacuation
Conducteur	Fenêtre conducteur	10 s
Conducteur et passager avant	Fenêtre conducteur	22 s
Conducteur, passager avant et un passager arrière	Les deux fenêtres avant	12 s
Conducteur, passager avant et deux passagers arrière	Les deux fenêtres avant	29 s
Conducteur et un enfant dans un siège enfant à l'arrière	Fenêtre conducteur	18 s
Conducteur, passager avant, un enfant dans un siège enfant à l'arrière, et un enfant passager arrière	Les deux fenêtres avant	26 s
Conducteur, passager avant, un passager arrière et un enfant dans un siège enfant à l'arrière	Fenêtre conducteur	51 s

La plus grande difficulté rencontrée lors de l'essai le plus contraignant (trois occupants + un mannequin d'enfant, une seule fenêtre pour l'évacuation, temps total 51 s) a été de détacher le mannequin d'enfant de son siège.

En conclusion, les auteurs estiment que la durée de la « phase 1 » (avant que l'eau atteigne le bas des fenêtres) est suffisante pour permettre l'évacuation par les fenêtres si les occupants y sont préparés. *A contrario*, si les fenêtres n'ont pas été ouvertes avant que le niveau de l'eau les atteigne, la pression extérieure empêchera toute évacuation.

Ces conclusions ne valent bien entendu que pour les voitures, un véhicule lourd risque de flotter nettement moins longtemps ; les auteurs citent des observations non publiées selon lesquelles un camion de 5 tonnes coule en quelques secondes.

Mauvaise information du public

Un sondage a été réalisé auprès de 50 étudiants de l'université des auteurs (les résultats ne sont pas rapportés ici eu égard au faible effectif concerné). Les auteurs en concluent que le public a une réelle méconnaissance du comportement à adopter en cas d'accident avec immersion et que beaucoup d'idées fausses circulent.

Procédure à suivre pour l'évacuation

Les auteurs proposent une procédure à suivre en cas d'immersion d'un véhicule :

- 1) débouclez les ceintures ;
- 2) ouvrez les fenêtres ;
- 3) détachez les enfants ;
- 4) évacuez en faisant passer les enfants en premier.

Ne jamais tenter d'ouvrir les portes en phase de flottaison car cela provoquerait une arrivée massive d'eau dans la voiture et sa submersion très rapide, en quelques secondes.

Recommandations

Les auteurs recommandent :

- d'équiper l'habitacle d'un outil brise-vitre monté de façon visible et accessible rapidement ;
- de communiquer auprès du grand public sur la procédure d'évacuation à suivre ;
- de développer au sein du standard de réception des appels d'urgence (911) un protocole de réponse adapté au cas de la chute d'un véhicule dans l'eau, afin d'inciter les victimes à évacuer au plus vite, plutôt que de recueillir des détails sur les lieux et les circonstances de l'accident comme dans le cas général.

Recherche bibliographique (2013)

Un article de McDonald et Giesbrecht publié en 2013 présente une synthèse bibliographique sur les cas de submersion de véhicules carrossés (donc hors deux-roues motorisés, motoneiges et quads). Les aspects relatifs aux enjeux ont été rapportés en première partie de l'étude du BEA-TT, seuls sont abordés ici les éléments relatifs aux essais et aux pistes d'action. L'article résume :

- une étude néerlandaise des années 1930, non reprise ici ;
- les travaux américains de Kuhn (1963) et Sliepcevich (1970), voir plus haut ;
- les travaux néerlandais du SWOV (1973) et du RWS (2008), voir plus haut ;
- des travaux de la police du Michigan (années 1990), non trouvés sur internet et rapportés ci-dessous ;
- leurs propres travaux, voir plus haut.

Références

[McDonald & Giesbrecht, 2013] McDonald GK, Giesbrecht GG. *Vehicle submersion: a review of the problem, associated risks, and survival information*. Aviat Space Environ Med 2013; 84:498-510.

[Donohue, 1991] Donohue W. *Operation Submerged Transportation Accident Research (S.T.A.R)*. Lansing, MI: Michigan Department of State Police; 1991. Final report.

Synthèse des travaux de la police du Michigan

31 essais ont été réalisés en 1991 avec 20 véhicules différents (dont un bus scolaire), tous non occupés sauf lors du dernier essai.

Les équipements électriques comme les essuie-glaces et les phares, testés par des plongeurs, ont continué à fonctionner pendant 5 à 10 minutes à partir du premier contact du véhicule avec l'eau.

Les auteurs ont mis en évidence que bien qu'il soit possible d'ouvrir une porte immédiatement après l'impact, deux difficultés peuvent survenir : l'apport rapide d'eau à

l'intérieur conduit le véhicule à couler plus rapidement, et la pression de l'eau extérieure peut provoquer la fermeture brutale de la porte et blesser ou bloquer l'occupant.

L'essai conduit avec le bus scolaire a produit un résultat inquiétant. Alors que le bus est entré dans l'eau à une vitesse de 13 km/h seulement, l'impact a poussé son pare-brise à l'intérieur et le bus a entièrement coulé en 16 secondes. Ceci a conduit à une nouvelle série d'essais en 1997 avec deux bus scolaires de 65 et 12 places. Lorsque l'impact s'est fait à 13 km/h, l'eau a systématiquement fait imploser le pare-brise et ouvert les portes en accordéon à l'avant, et l'air a été expulsé par les issues de secours en toiture. Les bus de 65 places ont coulé dans un délai de 9 à 30 secondes et les bus de 12 places en 9 secondes. Lorsqu'un bus de 65 places est entré dans l'eau suffisamment lentement pour que le pare-brise et les portes restent intègres, il a flotté pendant 3 minutes et demie. Mais les auteurs ont conclu qu'une vitesse d'impact aussi faible était peu probable.

Complément de McDonald et Giesbrecht relatif à leurs propres travaux

McDonald et Giesbrecht rapportent qu'ils ont réalisé dans un autre contexte un essai d'immersion avec un camion de 5 tonnes équipé à l'avant d'une lame chasse-neige ; le camion a été submergé en 3 à 4 secondes alors que toutes ses fenêtres étaient fermées, et la montée rapide en pression a fait imploser le pare-brise.

Protocole de réponse aux appels d'urgence en cas d'immersion (2016)

Giesbrecht a participé à des travaux de l'International Academies of Emergency Dispatch (IAED) visant à élaborer deux nouveaux protocoles de réponse aux appels d'urgence en cas d'immersion. L'IAED est une association internationale, mais apparemment principalement anglo-saxonne, dont la mission semble de définir des protocoles de réponse aux appels d'urgence (médecine, incendie, police, etc.) et d'assurer des formations sur ces sujets. Elle administre un site internet mais les protocoles mis au point ne semblent pas publics.

Giesbrecht a publié en 2016 dans la revue de l'IAED deux articles présentant chacun des deux nouveaux protocoles.

Références

[Giesbrecht, 2016a] Giesbrecht G. *The evidence base for a new "Vehicle in Water" emergency dispatch protocol*. Annals of Emergency Dispatch & Response. 2016;4(1):5-9.

[Giesbrecht, 2016b] Giesbrecht G. *The evidence base for a new "Vehicle in Floodwater" emergency dispatch protocol*. Annals of Emergency Dispatch & Response. 2016;4(2):7-11.

Les deux cas traités

Les deux protocoles traitent respectivement du cas d'une immersion de véhicule « en eau profonde », c'est-à-dire lorsque le véhicule risque de couler, et du cas d'un véhicule pris dans une inondation avec une profondeur d'eau faible. Dans le deuxième cas, le fait que le véhicule flotte est plus dangereux, car il risque alors de dériver vers une zone plus profonde. Le deuxième article cite une référence du service météorologique fédéral des États-Unis selon lequel un véhicule sans eau à l'intérieur peut flotter et être emporté dès lors que la profondeur d'eau atteint 45 à 60 cm dans un courant calme, et 15 cm dans un courant fort.

Le premier article consacré à l'immersion en eau profonde résume tout d'abord les circonstances associées à l'immersion d'un véhicule (rien de nouveau par rapport aux publications précédentes) puis présente le nouveau protocole.

Détail du protocole

Le protocole de réponse n'est pas accessible sur le site internet de l'IAED. Il est résumé dans l'article sous forme d'un algorithme (figure 9) accompagné de commentaires. Il reprend, sans grande modification mais avec plus de détails, les éléments préconisés antérieurement par Giesbrecht et McDonald. On peut relever deux légères évolutions :

- le protocole prescrit très tôt de déverrouiller les portières, avant de détacher les ceintures de sécurité des autres passagers, afin d'anticiper une mise hors service éventuelle du système de verrouillage centralisé ;
- le protocole privilégie l'ouverture des fenêtres arrière plutôt que des fenêtres avant, car du fait de l'inclinaison que prendra le véhicule, les premières resteront plus longtemps au-dessus du niveau de l'eau.

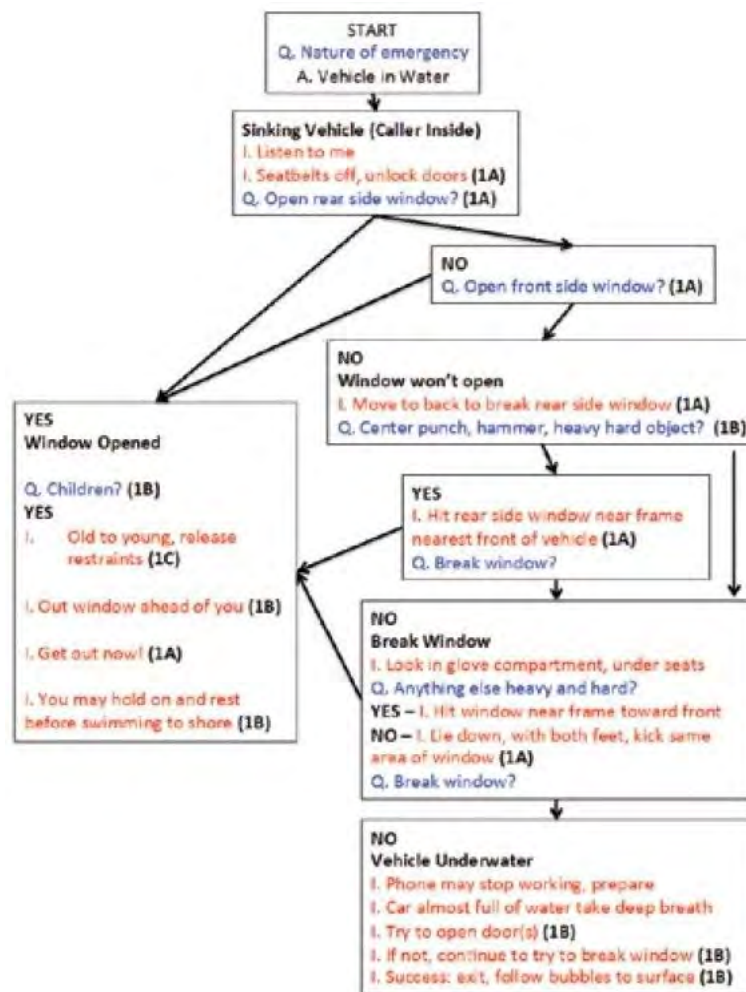


Figure 9 : Algorithme du nouveau protocole en cas d'immersion d'un véhicule

Q : question de l'opérateur ; I : instructions à l'appelant ; A : réponse de l'appelant.

Le niveau de recommandation est indiqué entre parenthèses (1 = recommandation forte, et A, B et C indiquent le niveau de qualité, respectivement fort, moyen et faible, des justifications de l'instruction) [Giesbrecht, 2016a]

Mise au point d'un système d'ouverture automatique des fenêtres (2017)

Afin de favoriser l'évacuation d'un véhicule en cas d'immersion, Giesbrecht et McDonald ont développé un système d'ouverture automatique des fenêtres.

Référence

[Giesbrecht et al., 2017] Gordon G. Giesbrecht, Michael Percher, Pierre Brunet, Yanik Richard, Marion Alexander, Alixandra Bellemare, Yash Rawal, Aram Amassian & Gerren McDonald (2017) *An automatic window opening system to prevent drowning in vehicles sinking in water*, Cogent Engineering, 4:1, 1347990.

Principe

Les auteurs rappellent que tout véhicule tombé à l'eau se replace dans un premier temps dans une position proche de l'horizontale, que le délai permettant l'évacuation est alors relativement court, et que de nombreux occupants prennent de mauvaises décisions (appeler les secours, tenter d'ouvrir les portes, attendre que l'habitacle se remplisse d'eau, etc.). Dans ce contexte ils ont mis au point un système d'ouverture automatique des fenêtres d'un véhicule, fondé sur les principes suivants :

- un capteur d'immersion est situé dans le compartiment moteur ;
- si une immersion est détectée, les fenêtres électriques sont ouvertes immédiatement, sous réserve que le véhicule soit en position approximativement horizontale et dans le bon sens ;
- l'eCall est déclenché.

Le dispositif est également soumis à certaines exigences de robustesse et de fiabilité (pas de fausses alarmes liées à des éclaboussures ou un taux d'humidité élevé, etc.). Il peut être installé sur des véhicules neufs ou déjà en circulation⁴⁷.

L'article décrit les étapes de développement puis plusieurs séries d'essais avec des véhicules équipés, lâchés par une grue au-dessus d'un plan d'eau. Ces essais ont notamment confirmé qu'un véhicule lâché à la surface de l'eau en position inversée (sur le toit) se remettait ensuite « à l'endroit » avant de couler, le niveau de l'eau étant à ce stade encore sous le bas des fenêtres. La remise « à l'endroit » se fait par rotation sur l'axe longitudinal du véhicule.

La dernière série d'essais est décrite de façon plus détaillée dans l'article. Ces essais avaient pour objectif de vérifier le bon fonctionnement du système et notamment des sécurités empêchant l'ouverture des fenêtres lorsque la position du véhicule n'est pas proche de l'horizontale. L'article mentionne six essais réalisés avec trois véhicules différents, deux berlines (Chevrolet Malibu 2003 et Hyundai Elantra 2003) et un SUV (Ford Escape 2005). Chaque véhicule était garni de quatre mannequins et d'une charge pour simuler le carburant.

Les essais se sont déroulés conformément aux attentes : les véhicules ont progressivement basculé pour revenir en position proche de l'horizontale, toit en haut, et l'ouverture des fenêtres s'est déclenchée lorsque le véhicule avait atteint l'orientation requise (± 20 ou 25° , selon le cas, par rapport à l'horizontale dans le sens longitudinal et $\pm 30^\circ$ dans le sens transversal).

- Trois essais ont consisté en un lâcher « statique » (i.e. sans élan) à l'envers (sur le toit) de chacun des trois véhicules d'essai. Le SUV a commencé à se retourner

47 Le système est maintenant commercialisé en Amérique du Nord par la société AWOS Technologies : <https://awostech.com/?lang=fr>.

immédiatement, les deux berlines ont commencé après un délai de 28 et 37 secondes respectivement. Les auteurs expliquent la rapidité du retournement du SUV par sa hauteur plus importante, qui induit d'une part une plus grande flottabilité, et d'autre part un couple rotationnel plus élevé produit par le moteur. Dans les trois cas le retournement a pris 5 à 6 secondes.

- Un quatrième essai a consisté à déposer la Hyundai Elantra sur un côté. Elle a d'abord basculé sur le toit puis s'est remise à l'endroit de la même façon que lors des essais précédents.
- Un cinquième essai a consisté à déposer l'une des deux berlines avec un angle de 60 ° vers l'avant. Elle s'est rapidement rapprochée de l'horizontale (aucun délai n'est précisé).

Dans ces cinq essais le temps total entre le début de l'immersion et la submersion totale du véhicule n'est pas renseignée.

- Enfin, un dernier essai a consisté à poser une berline à l'envers à la surface d'un plan d'eau profond d'environ 1,50 m. Dans cette situation l'avant du véhicule s'est incliné vers le bas et a touché le fond, ce qui a empêché le véhicule de se retourner en position normale. L'habitacle a été rempli d'eau après environ deux minutes, et le véhicule a été submergé, toujours à l'envers, après 4 min 29 s. Dans cet essai l'ouverture des fenêtres ne s'est bien entendu pas déclenchée.

Les auteurs estiment que l'ouverture automatique des fenêtres, outre le gain en rapidité, a également l'intérêt d'inciter les occupants à évacuer le véhicule alors qu'ils n'en auraient pas forcément l'idée ou le réflexe en situation de stress.

Sondage auprès du grand public (2019)

L'article rapporte les résultats d'un sondage (dénommé « enquête pilote ») réalisé auprès de 82 personnes, sur la connaissance des circonstances de l'immersion des véhicules et sur les attitudes à adopter. Les auteurs concluent que les connaissances du public sont médiocres.

Le contenu de l'article n'est pas détaillé ici du fait du faible nombre de personnes interrogées et du classement binaire des réponses entre correctes et incorrectes (par exemple, à la question « quel est le meilleur endroit où frapper une fenêtre pour la briser ? », l'unique réponse considérée comme correcte est « l'angle inférieur le plus proche des charnières »).

Référence

[McDonald *et al.*, 2019] G.K. McDonald, C.A. Moser, and G.G. Giesbrecht. *Public knowledge, attitudes and practices of vehicle submersion incidents: A pilot study*. Inj. Epidemiol., vol. 6, no. 21, p. 21, 2019.
<https://injepijournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40621-019-0192-0>

Annexe 3 : Analyse des procès-verbaux d'accidents – Résultats détaillés

Démarche d'analyse

Le BEA-TT a pu avoir accès à 72 procès-verbaux d'accidents survenus entre janvier 2022 et août 2024, ayant tous fait l'objet d'une fiche BAAC. Quatre PV se sont avérés décrire en définitive des accidents sans immersion et ont par conséquent été éliminés de l'échantillon. Il a également été décidé de restreindre l'analyse aux seuls accidents de véhicules dotés d'une carrosserie, ce qui a conduit à éliminer trois PV supplémentaires (un cyclomoteur, une moto, un quad). **L'échantillon exploité est ainsi composé de 65 procès-verbaux.**

Chaque procès-verbal a été analysé en vue de renseigner une grille similaire à celle établie pour l'étude d'enjeux (cf. le rapport relatif à la partie 1 de l'étude), complétée par des rubriques visant à décrire en détail les circonstances de l'immersion, par exemple :

- Les airbags se sont-ils déclenchés ?
- Quel délai s'est-il écoulé entre la chute du véhicule à l'eau et sa submersion ?
- Le véhicule comportait-il des ouvertures pouvant faciliter l'entrée de l'eau dans l'habitacle ?
- Les occupants ou des témoins ont-ils tenté d'ouvrir des portières ou des fenêtres ? Avec quel résultat ?
- Comment les occupants ont-ils été extraits du véhicule ?
- Les équipements électriques du véhicule sont-ils restés fonctionnels ?
- Les portières étaient-elles verrouillées, était-il possible d'ouvrir les fenêtres ?
- Comment les secours ont-ils été alertés ? Dans quel délai sont-ils arrivés sur les lieux (premiers secours, plongeurs ou sauveteurs nautiques) ?
- Combien de temps les victimes sont-elles restées immergées ?
- Pour les victimes décédées, dans quel délai leur décès est-il intervenu, et quelle en a été la cause ?

Les dossiers analysés présentent des niveaux d'exhaustivité très variables, en fonction notamment de l'existence de témoins et de la nature des investigations menées par les enquêteurs des forces de l'ordre. L'annexe 4 présente une synthèse de 28 de ces accidents dont les circonstances sont suffisamment connues pour contribuer à mieux cerner le déroulement général de la séquence des accidents avec immersion. Les analyses qui suivent y feront parfois référence à titre d'illustration.

Avertissement : interprétation des résultats

Les procès-verbaux ont le grand intérêt de bien plus détailler les caractéristiques et les circonstances des accidents que les articles de presse et les fichiers BAAC exploités pour l'étude d'enjeux. En revanche ils présentent l'inconvénient de ne décrire que des accidents associés à **un certain niveau de gravité**.

En effet, les accidents sans conséquences corporelles ne font pas l'objet d'une procédure judiciaire ; il en va notamment de même pour une partie des accidents n'ayant causé que des blessures légères. Il en résulte que l'échantillon d'accidents analysé ici est entaché d'un **biais de sélection** : il n'est (potentiellement) représentatif que de la fraction la plus grave des accidents, alors que l'échantillon analysé pour l'étude d'enjeux était par

construction plus représentatif de l'ensemble des accidents dans lesquels un véhicule peut se trouver immergé.

En conséquence, **toute interprétation d'un résultat**, et sa comparaison avec celui obtenu lors de l'étude d'enjeux, **doivent être conduites avec précaution** dès lors que la thématique étudiée est susceptible de comporter **un lien avec la gravité des accidents** pris en compte. On peut citer à titre d'exemple la part des occupants de véhicules ayant pu s'évacuer par eux-mêmes : l'étude d'enjeux a montré qu'ils étaient fréquemment indemnes, et jamais gravement blessés. Si le conducteur seul à bord s'est extrait par lui-même, ou si c'est le cas de tous les occupants, il est quasi certain que l'accident n'a pas fait l'objet d'un PV, et il ne faudra pas s'étonner d'obtenir sur notre échantillon de PV une proportion d'occupants s'étant extraits seuls plus faible que dans l'étude d'enjeux⁴⁸.

Ainsi les analyses conduites ici viseront plus à décrire du mieux possible le mécanisme et le déroulement des accidents les plus graves, qu'à broser un tableau exhaustif de l'ensemble des accidents.

L'existence de ce biais de sélection sera rappelée à plusieurs reprises au fil de cette annexe.

Caractéristiques générales des accidents de l'échantillon

Type de véhicule impliqué, nombre d'occupants, gravité

Les 65 véhicules immergés sont 58 véhicules de tourisme (VT), 2 camping-cars, 1 pick-up, 3 fourgons, 1 PL (tracteur + semi-remorque).

61 accidents résultent d'une sortie de route du véhicule seul et 4 résultent d'une collision avec un autre véhicule (toujours un VT contre un VT).

Le nombre d'occupants des véhicules immergés se répartit comme suit :

- **44 avec un conducteur seul** (68 %),
- 12 avec deux occupants (18 %),
- 5 avec trois occupants,
- 3 avec quatre occupants,
- 1 avec un passager sans conducteur (véhicule initialement à l'arrêt).

Ces caractéristiques sont similaires à celles observées dans l'étude d'enjeux (respectivement 66 % et 23 % pour les véhicules à 1 et 2 occupants).

Parmi les 65 accidents, **53 sont mortels** et 12 non mortels. Parmi les 96 occupants des véhicules tombés à l'eau, 66 ont été tués (soit 69 % des occupants), 12 ont été blessés hospitalisés (BH) plus de 24 heures, 10 ont été blessés légers (BL) et 8 ont été indemnes.

Pour mémoire, dans l'étude d'enjeux, les accidents ayant fait l'objet d'une fiche BAAC avaient causé 127 décès sur 197 occupants (64 %).

48 Parmi les 294 accidents de l'étude d'enjeux, 85 ont vu l'ensemble des occupants du véhicule évacuer par eux-mêmes (dont 65 avec un conducteur seul à bord). Parmi les 65 accidents de l'analyse des PV, 3 ont vu l'ensemble des occupants du véhicule évacuer par eux-mêmes (dont 2 avec un conducteur seul à bord).

Caractéristiques du site et météo

Parmi les 65 accidents :

- 39 ont eu lieu hors agglomération et 26 en agglomération ;
- 38 ont eu lieu sur RD, 21 sur voie communale, 1 sur RN, 5 sur d'autres types de voies ou zones (chemin de halage, parking, route forestière, zone portuaire) ;
- configuration de la route et du cours d'eau⁴⁹ : 28 accidents sur une route longeant le cours d'eau (configuration notée « en II »), 20 « en X », 9 « en S », 5 « en T », 3 « sur une zone » ;
- 13 accidents ont eu lieu sur un pont, 1 sur une digue, 1 sur une route submersible, 50 hors ouvrage ;
- 33 ont eu lieu en virage ou en sortie de virage, 2 sur giratoire ou en sortie, 30 hors présence de virage ;
- 52 accidents (80 %) ont eu lieu par météo normale, 10 par temps de pluie ou de neige, 3 dans d'autres conditions (tempête, brouillard) ;
- la chaussée était sèche dans 47 accidents (72 %).

Toutes ces caractéristiques ne présentent pas d'écart conséquent avec celles observées sur l'échantillon analysé pour l'étude d'enjeux.

Types de véhicules impliqués

L'ensemble des véhicules impliqués sont à motorisation thermique excepté un hybride, qui n'a été que faiblement immergé.

Parmi les 58 VT, **8 étaient des véhicules à trois portes**. Toutefois **un seul d'entre eux avait plus de deux occupants** (accident n° 1⁵⁰ ; le passager avant droit a réussi à s'extraire et est légèrement blessé, la conductrice et la passagère arrière sont décédées). Pour les 7 autres véhicules le nombre de portes n'a pas joué de rôle dans la possibilité pour les occupants d'évacuer.

Position du véhicule et niveau d'immersion

Le tableau suivant détaille la répartition des accidents en fonction du niveau d'immersion du véhicule et de sa position finale dans l'eau.

		Position					
		Normale	Sur le toit	Nez vers le bas	Sur le côté	Indétectée	Ensemble
Niveau d'immersion	Totale, ou aux trois quarts sur le toit	15	18	4	1	2	40
	A demi	6	5	1	3		15
	Faible	5	3	1	1		10
	Ensemble	26	26	6	5	2	65

Les véhicules terminent leur trajectoire très majoritairement en position normale (40 %) ou sur le toit (40 % également), et sont majoritairement (61 %) totalement ou aux trois quarts immergés.

49 Les différents types de configurations sont définis en annexe 3 du rapport « Partie 1 – Étude d'enjeux ».

50 Les accidents mentionnés avec un numéro sont décrits en annexe 4.

Les conducteurs

Sexe et âge des conducteurs :

	Age du conducteur (ans)							
	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	75+	Ensemble
Femmes	2	1	2	1	1	3	3	13
Hommes	10	13	10	6	1	7	4	51
Ensemble	12	14	12	7	2	10	7	64

Détention du permis de conduire parmi les 64 conducteurs :

- 56 ont un permis de conduire valide,
- 4 n'ont pas de permis valide,
- l'information n'est pas disponible pour 4 conducteurs.

Ancienneté du permis de conduire pour les 56 détenteurs identifiés :

	< 1 an	1 an	2 ans	3-5 ans	6-9 ans	≥ 10 ans	non renseignée
Nombre	8	4	1	4	5	33	1
% sur ancienneté renseignée	15%	7%	2%	7%	9%	60%	
Rappel étude enjeux	14%	10%	9%	12%	12%	43%	

La proportion de conducteurs novices (moins de 2 ans) est similaire à celle observée dans l'étude d'enjeux, en revanche la proportion de permis de plus de 10 ans est plus élevée.

Alcool et stupéfiants :

	Alcoolémie (g/l de sang)							
Stupéfiants	négatif	]0,5 - 1]	]1 - 1,5]	]1,5 - 2]	]2 - 2,5]	> 2,5	indéterminée	Ensemble
positif	3	4			2	2		11
négatif	21	2	4	4	4	4		39
indéterminé	1			1			12	14
Ensemble	25	6	4	5	6	6	12	64

Les 52 conducteurs dont l'alcoolémie est connue se répartissent à parts égales entre négatifs (25) et positifs (27) ; dans l'étude d'enjeux, 58 % étaient positifs.

Les 50 conducteurs avec un résultat connu au test de stupéfiants se répartissent en 39 négatifs et 11 positifs ; dans l'étude d'enjeux, 21 sur 96 étaient positifs.

Pour les deux rubriques les répartitions sont donc similaires à celles de l'étude d'enjeux.

Les occupants

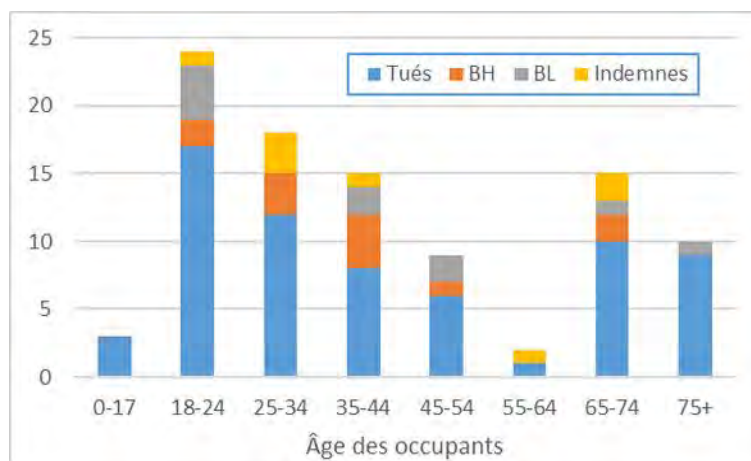


Figure 10 : Répartition des 96 occupants de véhicules immergés selon l'âge et la gravité

La répartition est relativement différente de celle observée sur l'ensemble des accidents de l'étude d'enjeux (cf. rapport de la partie 1, figure 22 page 43 et tableau A-55 page 91) :

- L'échantillon analysé ici ne comporte aucun enfant ; trois occupants seulement ont moins de 18 ans (12 ans et deux fois 17 ans), alors que dans l'étude d'enjeux les 0-17 ans constituaient 10 % (31 sur 320) ;
- La part des 18-24 ans est identique, le quart (ici 24 sur 96, dans l'étude d'enjeux 83 sur 320) ;
- La part des 65 ans et plus est plus élevée ici, le quart (25 sur 96), que dans l'étude d'enjeux (53 sur 320 soit 17 %).

Les écarts peuvent s'expliquer en partie par le biais de sélection évoqué en partie « Avertissement » en tête de cette annexe : l'étude d'enjeux a montré que les occupants âgés étaient en moyenne plus gravement blessés, il est donc logique de les trouver en plus forte proportion dans cet échantillon où les accidents sont plus graves.

Conclusion sur la représentativité vis-à-vis de l'étude d'enjeux

Pour la quasi-totalité des rubriques descriptives analysées, les caractéristiques des accidents du présent échantillon sont proches de celles des accidents étudiés dans l'étude d'enjeux, si l'on tient compte du biais de sélection évoqué au début de cette annexe. Les écarts entre les deux échantillons se rapportent à l'âge des occupants (ici : absence d'enfants et part plus élevée des 65 ans et plus) et à l'ancienneté du permis de conduire (part plus élevée des permis de plus de 10 ans).

Les circonstances de la sortie de route

Existence d'un marquage axial ou en rive (hors agglomération)

38 accidents ont eu lieu sur une route hors agglomération. S'agissant de l'existence d'un marquage, les sites se répartissent comme suit :

- 15 sites où la chaussée comporte à la fois un marquage axial et un marquage de rive (ou une bordure, cas dans lequel l'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière considère implicitement qu'un marquage de rive est inutile) ;

- 8 sites où la chaussée comporte un marquage axial mais pas de marquage de rive (ni de bordure) ;
- 14 sites où la chaussée ne comporte ni marquage axial ni marquage de rive (ni bordure) ;
- 1 site comportant une bordure en rive sans marquage axial.

Cette répartition est similaire à celle observée sur l'échantillon de l'étude d'enjeux.

Existence d'un séparateur et type

Comme dans l'étude d'enjeux, on entend ici par « séparateur » tout élément implanté en bord de route et susceptible de s'opposer à la chute du véhicule dans le cours d'eau ou le plan d'eau. Il ne s'agit donc pas uniquement de dispositifs de retenue au sens de la technique routière.

13 accidents ont eu lieu sur un pont et 1 sur une digue, dans tous les cas bordés par un séparateur qui a été franchi (11 garde-corps, 1 parapet, 1 glissière plastique de chantier lestée remplaçant un garde-corps endommagé, 1 glissière en bois sur une digue). Ceci confirme le constat fait lors de l'étude d'enjeux : **un garde-corps ne retient pas suffisamment un véhicule de tourisme.**

1 accident a eu lieu sur une route submersible (sans séparateur).

50 accidents ont eu lieu hors pont, digue et route submersible ; **dans 29 cas il n'y avait aucun séparateur** entre la route (ou la zone où se déplaçait le véhicule) et le cours d'eau ou plan d'eau. Un séparateur était présent pour 20 accidents, et pour 1 accident l'information n'est pas disponible.

Pour les 20 accidents en présence d'un séparateur, le véhicule a franchi celui-ci dans 15 cas, il a heurté son extrémité dans 1 cas et il est passé derrière ou à côté du séparateur dans 4 cas. Les 20 sites avec séparateur se répartissent comme suit :

- 2 avec une glissière métallique, mais dans les deux cas le véhicule ne l'a pas franchie, il est passé derrière ou à côté (1 cas où la route longeait la rivière et où la glissière n'était implantée que dans un virage, 1 cas où la route croisait la rivière et où la glissière débutait 65 m avant le pont) ;
- 1 avec une glissière béton en bordure d'un pont, dont l'extrémité est abaissée et parallèle à la route ; un fourgon a franchi cette extrémité comme un tremplin et a plongé dans la rivière (accident n° 34) ;
- 2 avec une glissière en bois ou mixte métal-bois ;
- 4 avec un garde-corps (franchi dans 3 cas, passé derrière dans 1 cas) ;
- 2 avec un parapet (heurté en extrémité dans 1 cas, passé derrière dans 1 cas) ;
- 3 avec un merlon bas, franchi par le véhicule ;
- 5 avec une clôture en grillage ou fil de fer (franchie) ;
- 1 avec une courte barrière en bois en extrémité d'impasse, ne pouvant faire office de dispositif de retenue.

Seuls 10 de ces sites sont équipés d'un dispositif de retenue (glissière) ou d'un élément pouvant y être assimilé (parapet, merlon).

On peut relever qu'**aucune glissière métallique n'a été franchie mais que trois glissières en bois (ou mixtes métal-bois) l'ont été.** Dans deux de ces trois cas le VT a brisé la glissière. C'est également l'une des hypothèses possibles dans le troisième cas, l'autre hypothèse étant que le VT a pu décoller sur son extrémité abaissée. Une analyse

sommaire par le Cerema des éléments disponibles pour chaque site n'a pas permis de déterminer avec certitude si les glissières en cause sont de type mixte métal-bois ou entièrement en bois, ni de vérifier si les modèles en place sont conformes à la réglementation ; en revanche sur deux des trois sites leur implantation ne semble pas conforme aux règles usuelles, notamment quant aux longueurs minimales indispensables pour assurer une fonction de retenue.

La trajectoire de sortie de route (dénivelée, obstacles, tonneau)

Pour chaque accident ont été renseignés autant que possible :

- la dénivelée entre la chaussée et la surface de l'eau (en général estimée au vu des photographies, parfois une valeur est donnée dans le dossier),
- le heurt d'obstacles par le véhicule,
- le fait que le véhicule ait effectué un tonneau ; ce point a été renseigné sur la base d'une part des témoignages et d'autre part des dégâts visibles sur le toit du véhicule. Ce n'est donc pas une information d'une fiabilité absolue, et il y a incertitude pour une partie des accidents.

L'objectif était de rechercher les facteurs pouvant favoriser une chute du véhicule sur le toit plutôt que sur ses roues.

Lorsque la **dénivelée** ne dépasse pas 2 m, on observe une tendance un peu plus forte du véhicule à rester en position normale (14 cas sur 27 soit la moitié, contre 12 cas sur 36 soit le tiers lorsque la dénivelée est supérieure à 2 m). Toutefois l'écart reste réduit et un test statistique conclut qu'il n'est pas significatif.

Sur les 59 accidents où le **heur d'un obstacle** est renseigné, il y a effectivement un heurt d'obstacle dans les deux tiers des cas (40). Si l'on s'intéresse séparément aux accidents ayant abouti à la même position finale, on y trouve une proportion identique d'accidents avec heurt d'obstacle : 16 sur 24 en position normale, 15 sur 22 sur le toit et 7 sur 11 parmi ceux terminant sur le côté ou le nez. Le heurt éventuel d'un obstacle n'est donc pas un facteur déterminant.

On n'observe pas non plus de lien particulier :

- entre la valeur de la dénivelée et le heurt d'un obstacle par le véhicule (si l'on exclut le cas particulier des accidents survenus sur les ponts, qui associent systématiquement une valeur de dénivelée élevée et le franchissement d'un séparateur, en général un garde-corps) ;
- entre la proportion d'occupants tués et la valeur de la dénivelée ou le heurt d'un obstacle, étant rappelé que cette proportion est globalement élevée (69 % sur l'ensemble de l'échantillon).

Enfin, la rubrique renseignant le fait que le véhicule ait effectué **un tonneau** s'avère en définitive très redondante avec celle relative à la position finale du véhicule. Par définition, une position sur le toit implique un tonneau. Mais à l'inverse une position normale ne s'accompagne presque jamais d'un tonneau (2 cas sur 26). Les analyses fondées sur l'existence d'un tonneau, par exemple celles portant sur la gravité des victimes, donneront par conséquent les mêmes résultats que celles fondées sur la position finale du véhicule.

Le port de la ceinture par les occupants lors de la sortie de route

Il n'est pas toujours aisé de déterminer si les occupants portaient ou non la ceinture lors de la sortie de route. Lorsque nous disposons de déclarations de survivants ou de témoins, le principe adopté a été de reprendre leur contenu sans le remettre en cause. En

l'absence de survivant et de témoin, les seules sources exploitables sont les constatations effectuées par les secours et les forces de l'ordre lors de leur intervention, mais ces constatations ne sont pas prises en compte de manière symétrique :

- s'il est constaté qu'un occupant porte alors la ceinture, on peut considérer qu'il la portait déjà lors de la sortie de route ;
- en revanche, s'il est constaté qu'il ne porte pas la ceinture, rien ne permet d'affirmer que c'était déjà le cas lors de la sortie de route, la victime ayant pu se détacher après la chute du véhicule pour tenter de s'en extraire ; l'information est indéterminée.

L'absence de port de la ceinture ne sera donc déterminée que sur le fondement des témoignages, ce qui risque de conduire à une sous-évaluation.

Parmi les 96 occupants, le port de la ceinture lors de la sortie de route est indéterminé pour 36 d'entre eux et a pu être renseigné pour 60 d'entre eux : 54 occupants la portaient et 6 ne la portaient pas. La forte proportion de non renseignés ainsi que le biais souligné plus haut introduisent une incertitude telle qu'aucun commentaire pertinent sur le taux de port de la ceinture n'est permis.

Parmi les 54 occupants qui portaient la ceinture, on dénombre 33 tués, 9 blessés hospitalisés, 5 blessés légers et 7 indemnes. Parmi les 6 occupants qui ne portaient pas la ceinture, 5 sont décédés et 1 a été légèrement blessé. La proportion de décès apparaît donc plus élevée parmi les occupants qui ne portaient pas la ceinture, mais l'écart n'est pas statistiquement significatif du fait du faible effectif de cette catégorie.

Le déclenchement des airbags

Le déclenchement des airbags a été renseigné en fonction des éléments recueillis à la lecture des PV obtenus, dont le niveau d'exhaustivité est très variable. L'appréciation est fondée sur les clichés disponibles de l'habitacle du véhicule et sur les constatations des enquêteurs judiciaires figurant dans le dossier. L'échantillon de 65 accidents se décompose en trois groupes de même volume :

- 21 accidents où le déclenchement des airbags est avéré,
- 22 accidents où l'absence de déclenchement des airbags est avérée (dont 1 accident dans lequel il est certain que le véhicule n'en était pas équipé),
- et 22 accidents dans lesquels les éléments disponibles ne permettent pas de trancher.

Si l'on s'en tient aux seuls accidents où le déclenchement de l'airbag est renseigné, il n'intervient donc que dans la moitié des cas. La proportion est un peu plus forte en cas de heurt d'un obstacle (18 cas sur 28), de dénivellée supérieure à 2 m (13 cas sur 23) ou de tonneau (12 cas sur 17), mais même dans ces situations **le déclenchement des airbags est loin d'être systématique**.

Dans les témoignages recueillis, les airbags déployés n'ont jamais été mentionnés comme ayant causé une gêne à l'évacuation.

Le bilan des accidents est de :

- 20 tués sur 32 occupants dans les 21 accidents où l'airbag s'est déclenché,
- 24 tués sur 32 occupants dans les 21 accidents où l'airbag ne s'est pas déclenché, bien que le véhicule en ait été équipé.

L'écart n'est pas statistiquement significatif.

La cinématique de l'immersion

Le délai entre la chute du véhicule à l'eau et son immersion totale, et les facteurs associés

On ne s'intéresse ici qu'aux 36 accidents dans lesquels l'habitacle a été totalement immergé. Seuls 16 d'entre eux ont pu être renseignés quant au délai entre la chute du véhicule à l'eau et son immersion totale, dont un PL tombé d'un pont et qui a coulé immédiatement sans flotter (non pris en compte dans la suite), 14 VT et un fourgon.

Sur ces 15 cas **le délai entre la chute du véhicule à l'eau et son immersion totale est extrêmement variable**, il est :

- de moins de 30 secondes dans 5 cas ;
- de 30 secondes à 2 minutes dans 2 cas ;
- de 2 à 4 minutes dans 3 cas ;
- de 4 à plus de 8 minutes dans 5 cas.

Cette variabilité s'explique principalement par l'existence d'ouvertures permettant à l'eau d'entrer plus rapidement dans l'habitacle :

- dans 3 cas, une ouverture a été causée par la chute du véhicule à la surface de l'eau ou un dégât occasionné sur la trajectoire (le pare-brise brisé dans 2 cas, avec une chute du véhicule sur le toit ou à la verticale, l'ouverture du coffre dans 1 cas lors d'une chute en position normale – accidents n° 1 et 35) ; le délai est alors très court, au maximum de 30 secondes ;
- dans 5 cas, au moins une fenêtre du véhicule était ouverte au moment de la chute à l'eau ; lorsque le véhicule est tombé sur le toit (3 cas), il s'est immergé en moins d'une minute (accident n° 59) ; lorsqu'il est tombé en position normale (2 cas), il s'est immergé en 2 à 3 minutes (accident n° 55) ;
- dans 2 cas, une fenêtre a été ouverte après la chute du véhicule à l'eau ; l'immersion totale est survenue en respectivement 3 min 30 s (accident n° 39) et en 8 minutes (accident non repris en annexe 4 ; c'est un cas particulier où le VT a dérivé avec la marée vers une zone plus profonde, ce qui explique le délai élevé) ;
- enfin, dans 4 cas, aucune ouverture n'a été créée dans l'habitacle et le véhicule était en position normale à la surface ; l'immersion totale a pris alors plus de 4 minutes, et jusqu'à 8 minutes dans un cas (accidents n° 8, 15, 24 et 63).

En conclusion, le délai de 2 à 3 minutes cité par les auteurs américains et canadiens est à nuancer : il ne vaut que si le véhicule n'a pas été endommagé entre la sortie de route et la chute à l'eau, et s'il ne tombe pas sur le toit avec une fenêtre ouverte. Dans le cas contraire l'immersion est très rapide. Les auteurs néerlandais, qui avaient pratiqué des conditions d'immersion des véhicules variées, avaient d'ailleurs observé des durées beaucoup plus variables.

A-t-on confirmation qu'un VT tombé en position normale à la surface de l'eau coule par l'avant ?

Selon la bibliographie (cf. partie 3.2.3), un VT tombé à l'eau en position normale bascule progressivement l'avant vers le bas (lorsque le moteur est à l'avant).

Pour confronter cette hypothèse à nos accidents, nous nous intéressons aux cas dans lesquels la profondeur d'eau est suffisante pour que le véhicule puisse « couler ». Il faut

également disposer d'éléments décrivant précisément les circonstances : témoignages de survivants ou de témoins directs, ou enregistrements vidéo, et connaître la position du véhicule à la surface de l'eau (sa position au fond de l'eau pouvant être différente, comme nous le verrons plus loin).

L'échantillon ne comporte que 12 accidents avec chute d'un véhicule en position « normale » à la surface de l'eau et dont les circonstances sont suffisamment décrites :

- 11 accidents où le véhicule a effectivement coulé par l'avant ; il a terminé en position normale dans 5 cas, le nez vers le bas dans 3 cas, sur le toit dans 2 cas (il s'est donc retourné lors de sa descente au fond), et dans une position inconnue dans 1 cas ;
- 1 accident où le VT a coulé « à plat » (le véhicule a descendu une rampe d'accès à la mer et a dérivé du fait de la marée montante ; accident n° 24).

L'hypothèse est donc confirmée.

Relation entre la position du véhicule à la surface de l'eau et sa position finale - A-t-on confirmation qu'un VT tombé à l'eau sur le toit se retourne systématiquement si la profondeur d'eau le permet ?

Selon les auteurs canadiens (cf. partie 3.2.2), un véhicule déposé par une grue à la surface de l'eau en position inversée (sur le toit) se remet ensuite « à l'endroit » avant de couler. Nous avons recherché si de tels retournements avaient été observés dans les accidents de l'échantillon.

Ce comportement implique que la profondeur d'eau soit suffisante pour que le véhicule puisse se retourner. L'analyse a donc été restreinte aux accidents avec immersion totale de l'habitacle pour lesquels on dispose de détails sur les circonstances de la chute dans l'eau, en excluant le cas du PL tombé d'un pont. Parmi les 26 accidents exploitables, aucun ne présente un déroulement conforme à cette hypothèse :

- dans 16 cas, le véhicule est tombé sur la surface de l'eau en position « normale » ; il a terminé au fond en position normale dans 14 cas, et sur le nez dans 2 cas ;
- dans les 10 autres cas, le véhicule est tombé l'avant vers le bas (1 cas), sur le côté (1 cas) ou sur le toit (8 cas), **il a systématiquement terminé sa trajectoire sur le toit au fond de l'eau, sans s'être retourné en position normale** ; à noter que dans 9 cas sur 10, le véhicule comportait des ouvertures ayant accéléré l'entrée de l'eau dans l'habitacle (5 cas avec des fenêtres ouvertes au préalable, et 4 cas avec des dégâts lors de la sortie de route ; les dégâts sont liés à la présence d'obstacles ou d'une forte dénivelée) ; lorsqu'il est connu (dans 5 cas sur les 10), le délai d'immersion a été inférieur à la minute.

En conclusion, **les éléments disponibles ne confirment pas l'observation selon laquelle un VT tombé à l'eau sur le toit se retournerait systématiquement en position normale** lorsque la profondeur d'eau le permet. Rappelons que les essais des auteurs canadiens ont consisté à déposer par une grue à la surface d'un plan d'eau des véhicules en bon état et aux fenêtres fermées ; ces conditions s'avèrent éloignées de celles des accidents étudiés ici, où les véhicules tombés à la surface de l'eau sur le toit présentent souvent des ouvertures (fenêtres préalablement ouvertes ou dommages causés lors de la sortie de route) qui provoquent leur submersion rapide. Les auteurs néerlandais avaient d'ailleurs observé une submersion très rapide lorsque le véhicule tombé sur le toit était endommagé ou doté d'un toit léger en toile.

Les actions des occupants et des tiers

Cette partie s'intéresse aux actions tentées par les occupants pour s'extraire du véhicule immergé, ainsi qu'aux tentatives des tiers pour les en extraire. Elle se focalise sur les configurations présentant pour les occupants un danger immédiat (risque de noyade), c'est-à-dire les accidents dans lesquels le véhicule termine :

- totalement ou aux trois quarts immergé (respectivement 36 et 4 accidents),
- ou à demi-immersé sur le toit ou le côté (8 accidents),

soit un ensemble de **48 accidents**.

Dans un tiers des cas (17 accidents), la profondeur d'eau est inférieure ou égale à 1,50 m ce qui peut favoriser l'intervention de tiers ; dans 5 cas supplémentaires la profondeur d'eau est de l'ordre de 2 m.

Les actions ou les tentatives des occupants

Pour 23 accidents des 48 accidents avec risque de noyade, aucune information n'est disponible quant aux tentatives des occupants, en général du fait d'une absence de témoin direct et de survivant. La figure 11 décrit la répartition des **25 accidents restants** en fonction des actions effectuées par les occupants.

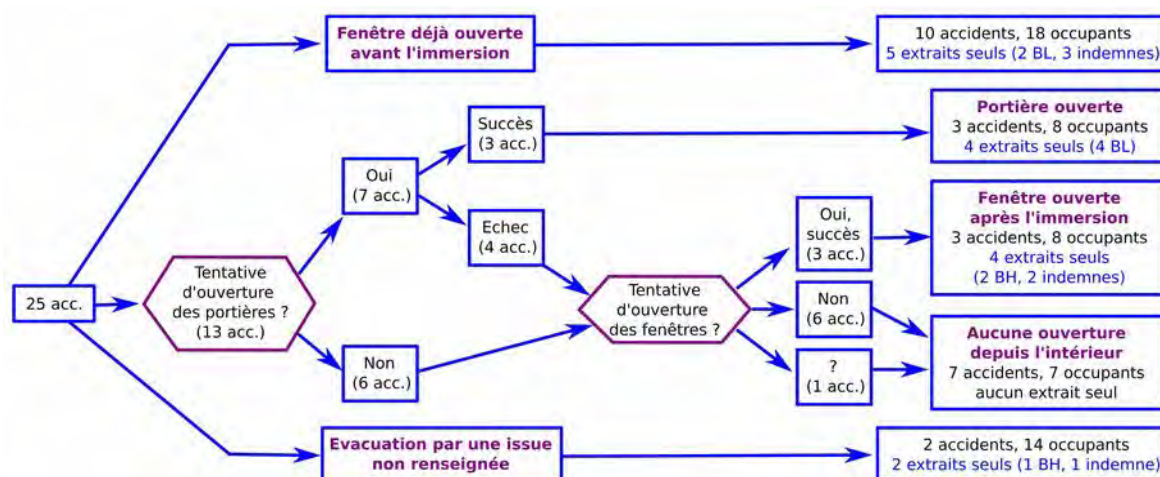


Figure 11 : Accidents avec risque de noyade pour lesquels les actions des occupants sont documentées (N = 25) - Répartition en fonction des tentatives des occupants

Sept tentatives d'ouverture des portières par les occupants sont mentionnées, dont trois seulement ont réussi (accidents n° 1, 28 et 59) ; l'évacuation s'est alors faite avant que le véhicule ne coule totalement.

Trois tentatives d'ouverture des fenêtres par les occupants sont mentionnées, toutes ont réussi (accidents n° 39 et 46, et un troisième non repris en annexe 4).

En définitive sur un total de 45 occupants, 15 ont pu s'extraire seuls dont :

- 3 ont été blessés hospitalisés, 6 blessés légers et 6 indemnes ;
- 9 ont évacué par une fenêtre (ouverte avant l'immersion pour 5 personnes, ouverte après la chute pour 4 personnes), 4 par une portière et 2 par une issue non renseignée.

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- Dans la quasi-totalité des cas (tous les accidents excepté le n° 28, où le conducteur était seul à bord), **seule une partie des occupants ont évacué par eux-mêmes**. Ce constat doit toutefois être relativisé par le biais de sélection mentionné en début de cette annexe : les accidents dans lesquels tous les occupants ont évacué par eux-mêmes sont nettement moins nombreux que dans l'étude d'enjeux.
- Les PV analysés mentionnent **peu de tentatives d'ouverture de fenêtre depuis l'intérieur** (3 cas). Deux ont réussi (l'une avec une fenêtre à commande électrique, l'autre dont le type de commande n'est pas renseigné). Dans la troisième (accident n° 39), les commandes électriques pour ouvrir les fenêtres ne fonctionnaient pas, un occupant a pu « à force de pousser sur la vitre, [réussir] à la sortir de son logement et elle est tombée dans la portière ». Cependant des échecs dans l'ouverture des fenêtres ont pu intervenir dans les nombreux accidents pour lesquels nous ne disposons pas d'informations détaillées, faute de témoins directs et de survivants. Et à l'inverse, les cas où les occupants seraient parvenus à ouvrir une fenêtre puis à évacuer sans dommage sont peu susceptibles d'être rapportés par un PV.
- **Le risque de verrouillage électrique des fenêtres** évoqué dans la littérature n'est pas observé ici.
- **Aucun des PV analysés ne mentionne un occupant qui aurait tenté de briser la fenêtre depuis l'intérieur** avec un outil ad hoc ou improvisé.
- **Aucun élément ne permet d'identifier de façon certaine la cause du blocage des portières** lorsque les occupants ne sont pas parvenus à les ouvrir : pression de l'eau à l'extérieur, déformation de la portière ou verrouillage.

Parmi ces 48 accidents avec risque de noyade, les occupants s'étant extraits seuls sont au nombre de 15 seulement, sur un total de 76. Comment l'expliquer ?

En premier lieu, on peut rappeler le biais de sélection évoqué plus haut, qui peut conduire à ce que les accidents dans lesquels un conducteur seul a pu évacuer par lui-même n'apparaissent pas dans notre échantillon. On peut également observer que la proportion des occupants ayant évacué par eux-mêmes est très différente parmi les conducteurs impliqués (4 seulement sur 47) et les passagers (11 sur 29).

Parmi les 40 conducteurs extraits de leur véhicule par des témoins ou par les secours, 8 ont été victimes d'un **malaise** (ce qui a causé l'accident), 1 autre était inconscient et 17 étaient **alcoolisés** (dont 14 avec une alcoolémie dépassant 1,5 g/l de sang). Ces facteurs peuvent tous expliquer une absence de réaction adaptée à l'urgence de la situation.

Nous ne disposons pas d'élément explicatif pour les 14 conducteurs restants. On peut relever que quatre d'entre eux étaient de façon avérée actifs et conscients lors de l'immersion du véhicule : il s'agit tous de personnes âgées (de 71 à 85 ans), pour lesquelles l'hypothèse d'une perte de moyens serait plausible. Aucun élément disponible ne permet de déterminer si les dix autres conducteurs étaient conscients ou non suite à l'immersion.

S'agissant des passagers, les dossiers de procédure comportent très rarement des analyses toxicologiques susceptibles d'apporter des éléments de réponse.

Les actions ou les tentatives des tiers, hors secours

Nous détaillons ici les tentatives éventuelles de témoins ou de tiers arrivés sur les lieux avant les sapeurs-pompiers afin d'extraire les occupants. Ces tiers comprennent

également les gendarmes et policiers dans la mesure où ceux-ci ne disposent pas d'équipement particulier pour porter secours.

Comme précédemment, l'échantillon analysé est composé des 48 accidents présentant un risque de noyade pour les occupants du véhicule immergé. Nous en retirons 4 accidents dans lesquels la totalité des occupants ont évacué par eux-mêmes ou ont été éjectés du véhicule, ou dont le mode d'extraction est indéterminé. Il reste **44 accidents** avec des occupants ayant nécessité une aide extérieure. La figure 12 décrit leur répartition en fonction des actions effectuées par les tiers.

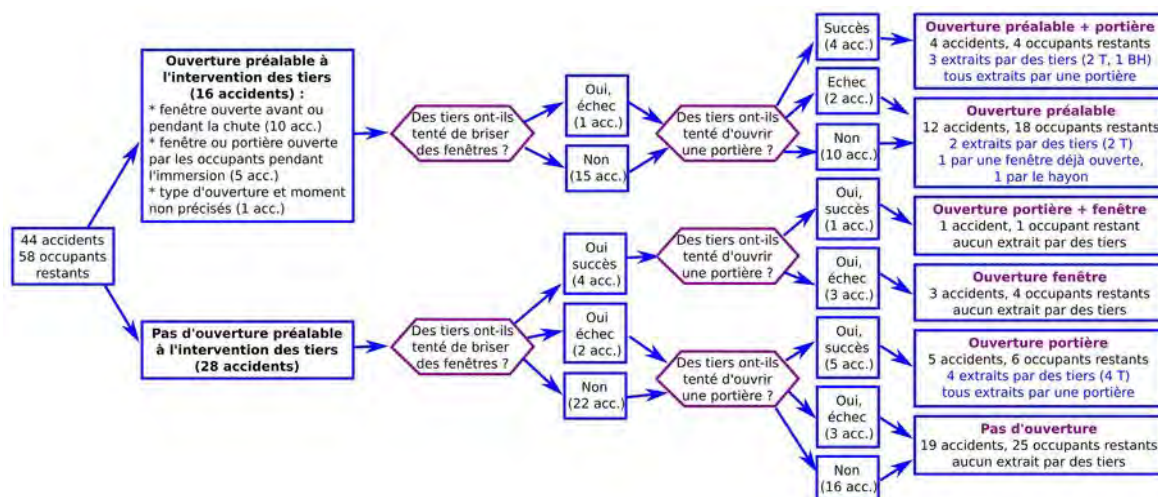


Figure 12 : Accidents avec risque de noyade pour lesquels les actions des tiers sont documentées (N = 44) - Répartition en fonction des tentatives des tiers

18 tentatives d'ouverture des portières depuis l'extérieur sont mentionnées, dont 10 seulement ont réussi (dont, dans 2 cas, après avoir constaté une ou deux portières bloquées : accidents n° 37 et 54). Dans tous les cas de succès où la séquence est renseignée (9 sur les 10), l'ouverture de portière s'est faite alors que le véhicule reposait déjà sur le fond. Parmi les 8 cas d'échec, 2 ont eu lieu alors que le véhicule flottait encore, et 6 alors que le véhicule reposait au fond.

7 tentatives de briser des fenêtres sont mentionnées, dont 4 ont réussi (accidents n° 8, 34, 56 et 63, au moyen d'un marteau, d'un outil brise-vitre ou d'une masse et une barre de fer ; certaines sont intervenues avant la submersion, d'autres après), et 3 ont échoué : accidents n° 1 (sans outil particulier), 9 (à l'aide de cailloux), et 24 (à l'aide d'un marteau mais alors que le véhicule était déjà totalement immergé).

En définitive sur un total de 58 occupants restants dans les véhicules, **9 ont été extraits par des tiers** (dans 9 accidents différents) :

- dont 8 tués et 1 blessé hospitalisé ;
- dont 7 ont été extraits par une portière, 1 par une fenêtre déjà ouverte et 1 par le hayon.

Dans 7 de ces 9 accidents, le véhicule est sur le toit et la profondeur d'eau est de l'ordre de 1,50 m (les tiers intervenant ont pied), ce qui explique la possibilité pour eux d'ouvrir une portière. Dans les deux autres cas :

- le véhicule est tombé dans un bassin de rétention de profondeur 2,50 m (accident n° 55), les tiers interviennent par une fenêtre déjà ouverte ;
- la profondeur de l'eau est inconnue mais très probablement supérieure à 2 m, les témoins parviennent à ouvrir la portière du conducteur et à extraire celui-ci avant l'immersion totale du véhicule (accident n° 13).

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- **Les tentatives d'ouverture de portière et de briser des fenêtres depuis l'extérieur sont couronnées de succès environ une fois sur deux. Les rares tentatives d'ouverture de portière alors que le véhicule flottait encore ont échoué.**
- **Un outil adapté (de type marteau) permet de briser une vitre depuis l'extérieur** si la tentative est faite hors de l'eau ; l'action est beaucoup plus difficile sous l'eau ; même hors de l'eau, **la tentative est vouée à l'échec sans outil adapté.**
- Aucun élément disponible ne permet d'identifier de façon certaine la cause du blocage des portières : pression de l'eau à l'extérieur, déformation de la portière ou verrouillage.
- **Le fait d'arriver à ouvrir une portière ou une fenêtre n'est pas suffisant pour assurer d'extraire la victime** (voir à titre d'exemples les accidents n° 16 et 63). Dans certains cas cela s'explique par un malaise de l'occupant, qui le rend totalement inactif, ou par des difficultés rencontrées par les tiers pour lui retirer sa ceinture de sécurité.
- **L'extraction d'une victime par des tiers n'est pas suffisante pour la sauver** : dans cet échantillon, presque tous les occupants extraits par des tiers sont ensuite décédés. Ce n'est pas le constat fait dans l'étude d'enjeux⁵¹, ce qui peut là encore s'expliquer au moins en partie par le biais de sélection (si un conducteur seul est extrait par des tiers et en ressort indemne ou légèrement blessé, l'accident fera rarement l'objet d'un PV).

Le bon fonctionnement des équipements du véhicule après l'immersion

Nous nous intéressons ici au bon fonctionnement des équipements électriques du véhicule (par exemple les phares) dans les minutes consécutives à la chute du véhicule à l'eau, ainsi qu'à la possibilité d'ouvrir les portières telle qu'elle a été constatée par les services de secours. Cette analyse est conduite sur les 36 accidents avec immersion totale.

Parmi ceux-ci, 10 accidents sont renseignés quant au **fonctionnement d'équipements électriques** du véhicule après sa chute dans l'eau. Il s'agit presque toujours d'observations sur le fonctionnement des feux :

- Dans 1 accident il est mentionné une durée de fonctionnement des feux et des essuie-glace de 3 à 4 minutes puis leur arrêt.
- 7 autres dossiers mentionnent que les feux étaient toujours allumés après l'immersion, après un délai très variable de l'ordre de 2 à 5 minutes (4 cas), 20 minutes (1 cas), 30 minutes (1 cas) voire 35 minutes (1 cas) ; les constatations ne mentionnent pas à quel moment les feux se seraient éteints.
- Pour 1 accident, un plongeur intervenu plus de 30 minutes après l'accident signale que les feux, allumés lors de la sortie de route, ne fonctionnaient plus lors de son intervention ; mais aucun élément ne permet de préciser leur durée de fonctionnement.
- Une tentative d'ouverture de fenêtres à commande électrique avant l'immersion complète du véhicule est mentionnée dans 2 accidents, avec succès pour l'un (accident n° 46), sans succès pour l'autre (accident n° 39) alors que les feux du véhicule étaient bien encore allumés.

Parmi les 36 accidents avec immersion totale, 16 sont renseignés quant à la possibilité pour les services de secours **d'ouvrir les portières du véhicule**. À ce stade

⁵¹ Dans l'étude d'enjeux, en cas d'immersion totale du véhicule, 24 personnes ont été extraites par des tiers, dont les deux tiers (16) sont indemnes, les 8 autres étant 3 tués, 3 blessés hospitalisés et 2 blessés légers.

l'impossibilité d'ouvrir les portières peut résulter soit de leur verrouillage, soit de leur déformation consécutive au choc :

- Dans 4 cas toutes les portières du véhicule étaient verrouillées ou bloquées ;
- Dans 5 cas certaines des portières étaient verrouillées ou bloquées, et au moins une des portières a pu être ouverte ;
- Dans 7 cas les intervenants ont pu ouvrir sans difficulté au moins une portière et ne mentionnent pas de portière verrouillée ou bloquée.

En conclusion, les phares et feux du véhicule fonctionnent au moins plusieurs minutes après l'immersion, mais nous ne disposons pas d'éléments relatifs au bon fonctionnement des commandes électriques des portières et des fenêtres. Toutefois les accidents dans lesquels la totalité des portières étaient verrouillées ou bloquées ne constituent qu'un cas sur quatre parmi ceux renseignés. Dans les autres cas, au moins une portière a pu être ouverte ce qui exclut un verrouillage électrique général.

L'intervention des secours et l'issue de l'accident

Comment les secours ont-ils été alertés ?

La répartition des 65 accidents analysés en fonction du mode d'alerte des secours est la suivante :

- alerte émise par une victime depuis le véhicule : 1 cas ;
- par un témoin direct de l'accident : 36 cas ;
- par un tiers alerté par un occupant survivant ayant évacué le véhicule : 3 cas ;
- par un tiers alerté par un témoin direct de la sortie de route : 2 cas ;
- par un tiers ayant trouvé ultérieurement le véhicule accidenté : 16 cas ;
- l'auteur de l'alerte est indéterminé dans 7 cas.

On peut observer que les alertes lancées par les occupants eux-mêmes sont rares (4 cas sur les 58 renseignés, dont 3 cas par l'intermédiaire d'un tiers) et que la majorité sont déclenchées par des témoins (38 cas sur 58).

Nous n'avons trouvé aucune mention d'un appel par l'eCall dans l'échantillon de PV analysé. Pour mémoire, l'eCall est obligatoire sur tous les nouveaux modèles de véhicules (tourisme et utilitaires légers) homologués à partir du 31 mars 2018. Les dossiers analysés ne renseignent pas l'équipement ou non du véhicule par un eCall, et nous n'avons pas engagé de recherches sur chaque modèle visant à répondre à cette question. La figure 13 représente la répartition des 63 véhicules impliqués dont l'âge est renseigné, leur âge moyen est de 15,3 ans.

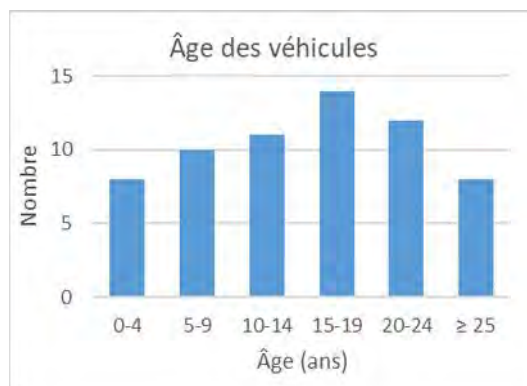


Figure 13 : Répartition des véhicules impliqués selon leur âge (N = 63)

Le délai d'intervention des premiers secours (sapeurs-pompiers)

On ne s'intéresse ici qu'aux 42 accidents pour lesquels l'alerte a été lancée par un occupant du véhicule accidenté ou un témoin, en excluant ceux trouvés ultérieurement par un tiers (parfois très longtemps après les faits) et ceux dont le mode d'alerte est inconnu.

Parmi ceux-ci, 27 dossiers apportent des éléments sur le délai entre la réception de l'alerte par les services de secours et l'arrivée des premiers sapeurs-pompiers sur les lieux. Ces éléments sont de nature variable (comptes-rendus des services de secours, constatations des forces de l'ordre, enregistrements vidéo, etc.) et n'ont pas tous la même précision. On peut distinguer deux catégories d'accidents, d'effectifs équivalents :

- 13 accidents pour lesquels le délai d'arrivée des secours est connu précisément,
- 14 accidents pour lesquels on ne dispose que d'un majorant de ce délai (leur présence étant constatée sur les lieux à un moment donné sans que l'on sache quand ils y sont arrivés).

La figure 14 représente la distribution cumulée du délai d'arrivée des premiers secours pour les 13 accidents pour lesquels ce délai est connu précisément. **La plupart des interventions (9 sur 13) se font en 10 à 15 minutes.** Le délai moyen d'arrivée sur ces 13 accidents est de 14 minutes.

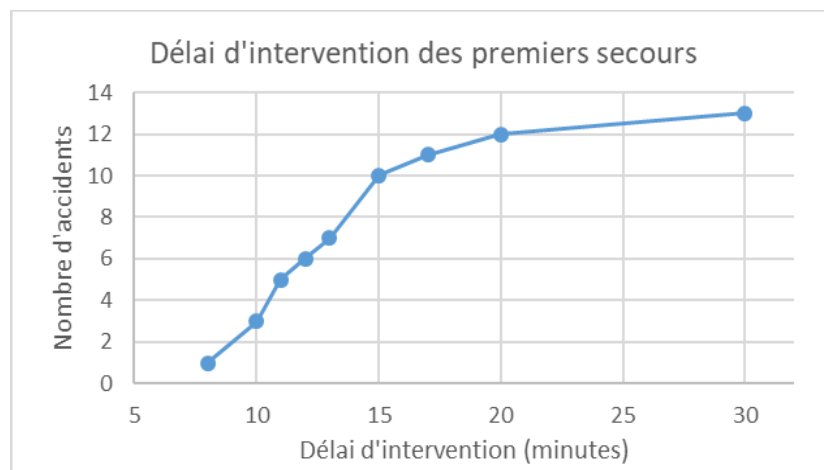


Figure 14 : Distribution cumulée des accidents selon le délai d'intervention des premiers secours (N = 13)

Lecture du graphique : le délai d'intervention est inférieur ou égal à 15 minutes pour 10 accidents parmi les 13

L'analyse des 14 accidents pour lesquels on ne dispose que d'un majorant du délai d'arrivée des secours conduit à des résultats cohérents avec les précédents, mais par nature plus élevés. Elle conclut par exemple que dans au moins 8 accidents sur les 14, les premiers secours sont arrivés sur les lieux en moins de 20 minutes.

Le délai d'intervention des secours spécialisés

Les secours spécialisés pour interventions en milieu aquatique peuvent être des plongeurs ou des sauveteurs aquatiques, ces derniers étant normalement destinés à des secours en surface : ils sont équipés de canots, de combinaisons, de masques et de palmes mais pas de bouteilles de plongée.

Parmi les 42 accidents pour lesquels l'alerte a été lancée par un occupant du véhicule accidenté ou un témoin, 15 dossiers comportent des éléments sur le délai entre la réception de l'alerte par les services de secours et l'arrivée des secours spécialisés

(15 accidents n'ont pas donné lieu à une intervention de ces services, et pour 12 autres accidents aucun élément ne précise leur délai d'intervention).

Un délai relativement précis est disponible pour 6 accidents, il est de 15 minutes dans 1 cas et **de 25 à 35 minutes** dans les 5 autres cas. Le délai moyen d'arrivée sur ces 6 accidents est de 27 minutes.

Pour 9 accidents on ne dispose que d'un majorant de ce délai. Les secours spécialisés sont arrivés sur les lieux en moins de 25 minutes dans au moins 3 cas sur 9, en moins de 30 minutes dans au moins 5 cas sur 9 et en moins de 40 minutes dans au moins 8 cas sur 9. Ces valeurs sont cohérentes avec les précédentes.

Les conditions de l'intervention des plongeurs

Lorsqu'ils sont auditionnés par les enquêteurs judiciaires sur les circonstances de leur intervention, les plongeurs des sapeurs-pompiers soulignent systématiquement la **très faible visibilité au fond de l'eau** du fait de la turbidité (matières en suspension), qui complique la recherche des victimes et leur extraction ; voir notamment les accidents n° 8, 35 et 39.

Le bilan de l'accident selon les modalités de l'extraction des occupants

On ne prend en compte ici que les 48 accidents avec risque de noyade (voir la définition plus haut), qui ont impliqué 76 occupants (58 tués, 5 blessés hospitalisés, 6 blessés légers, 7 indemnes). Les 15 occupants extraits seuls et les 9 occupants extraits par des tiers ont déjà été évoqués précédemment. Les 52 autres se répartissent comme suit :

- 49 ont été extraits par les sapeurs-pompiers (47 tués, 1 BH, 1 indemne), dont :
 - 5 par les pompiers de premier secours (4 tués, 1 indemne)
 - 38 par des secours spécialisés (37 tués, 1 BH)
 - 6 n'ont été extraits du véhicule qu'après son extraction de l'eau, le décès des occupants ayant été constaté par les plongeurs (6 tués) ;
- 2 ont été trouvés décédés hors du véhicule (2 tués) ;
- 1 dont le mode d'extraction est indéterminé (1 tué).

Comme déjà observé dans l'étude d'enjeux, **la quasi-totalité des victimes extraites par les sapeurs-pompiers sont décédées**. Très peu ont pu être extraites par les premiers intervenants, non spécialisés, et le délai d'intervention des secours spécialisés apparaît trop élevé, en cas d'immersion totale, pour permettre sauf exception la survie des occupants. À titre d'information, les deux accidents ayant fait exception sont les n° 8 et 54.

Le port de la ceinture de sécurité par les occupants lors de leur extraction

On ne considère ici que les 72 occupants extraits par des tiers ou par les secours. La rubrique est renseignée sur la seule base du témoignage des intervenants ou des constatations des forces de l'ordre si celles-ci ont eu accès au véhicule avant l'extraction des victimes. Les biais potentiels évoqués plus haut pour l'appréciation du port de la ceinture lors de la sortie de route n'interviennent pas ici.

Le port de la ceinture de sécurité lors de l'extraction du véhicule est renseigné pour 57 de ces occupants, l'effectif se répartit à peu près à parts égales entre ceux portant ou non la ceinture, et la part des tués dans chaque groupe est identique (24 sur 27 parmi ceux portant encore la ceinture, 26 sur 30 parmi ceux ne la portant pas ou plus).

Le temps pendant lequel les occupants sont restés dans l'eau

Nous nous intéressons ici à la durée pendant laquelle les occupants sont restés dans l'eau, pour les 48 accidents avec risque de noyade (voir plus haut la définition). Lors de l'analyse des PV on a estimé cette durée lorsque l'heure de l'accident était connue, c'est-à-dire lorsque l'alerte a été lancée par les occupants ou un témoin. Les 34 accidents répondant à ces critères ont impliqué 53 occupants, dont 13 se sont extraits seuls et n'ont donc pas séjourné dans l'eau.

Parmi les 40 occupants restants, nous disposons pour 31 d'entre eux d'éléments permettant de chiffrer précisément, ou par une fourchette réduite, le temps pendant lequel ils ont séjourné dans l'eau. Leur répartition est représentée sur la figure 15 avec une différenciation selon leur mode d'évacuation.

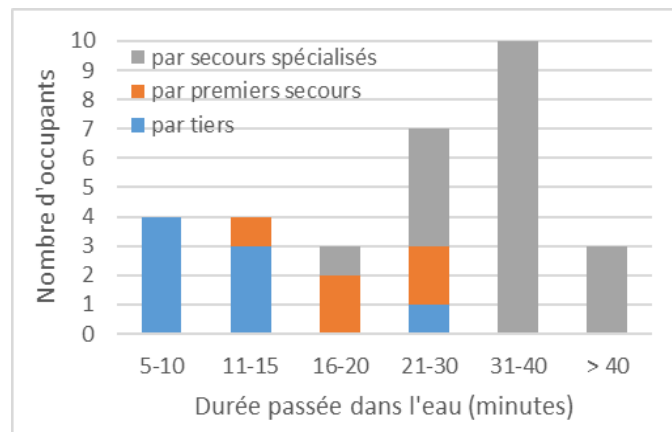


Figure 15 : Accidents avec risque de noyade - Répartition des occupants restés dans les véhicules, en fonction de la durée passée dans l'eau et du mode d'extraction (N = 31)

Le quart seulement de ces occupants (8 sur 31) a passé moins de 15 minutes dans l'eau, la durée médiane est de l'ordre de 27 minutes. La figure reflète les délais d'intervention respectifs des premiers secours et des secours spécialisés évoqués précédemment. La durée moyenne passée dans l'eau est de l'ordre de 10 minutes pour les occupants extraits par des tiers et de 20 minutes pour ceux extraits par les premiers secours.

Un objectif initial était de mettre en relation la gravité des blessures des occupants avec le temps durant lequel ils étaient restés dans l'eau. Mais parmi ces 31 occupants renseignés, presque tous (28) sont décédés, seuls 2 sont blessés hospitalisés (accidents n° 8 et 41) et 1 est indemne (accident n° 54). L'échantillon n'est donc pas assez différencié pour permettre de mettre en relation la gravité des blessures et le temps passé par les individus dans l'eau.

Focus sur les décès des occupants totalement immergés : le délai de survie

Sur le même échantillon d'accidents (avec risque de noyade et dont l'heure est connue), 37 des 40 occupants restants (après auto-évacuation) sont décédés ; 29 ont été déclarés décédés sur les lieux de l'accident et 8 sont décédés ultérieurement à l'hôpital.

Les 29 décès déclarés sur les lieux l'ont été :

- immédiatement dès l'extraction de la victime, dans 5 cas ;
- dans un délai entre 33 et 51 minutes après l'accident, dans 11 cas ;
- dans un délai entre 1 heure et 1 heure 20 minutes, dans 12 cas ;

- après un peu plus de 3 heures après l'accident dans 1 cas (accident n° 33, dans lequel le conducteur n'a pu être extrait de l'habitacle que 2 h 15 après l'accident).

Les 8 décès à l'hôpital sont survenus :

- dans un délai de 3 à 8 heures après l'accident dans 4 cas,
- 3 jours après l'accident dans 2 cas,
- respectivement 11 et 14 jours après l'accident dans les 2 derniers cas.

On ne met pas en évidence de relation entre le délai pendant lequel la victime a survécu et la durée pendant laquelle elle est restée immergée. On observe en revanche (cf. figure 16) que les victimes décédées à l'hôpital sont presque toutes jeunes (7 sur 8 ont au plus 42 ans) alors que celles décédées sur place se répartissent en deux groupes d'effectif similaire (14 ont au plus 30 ans, et 12 ont au moins 71 ans).

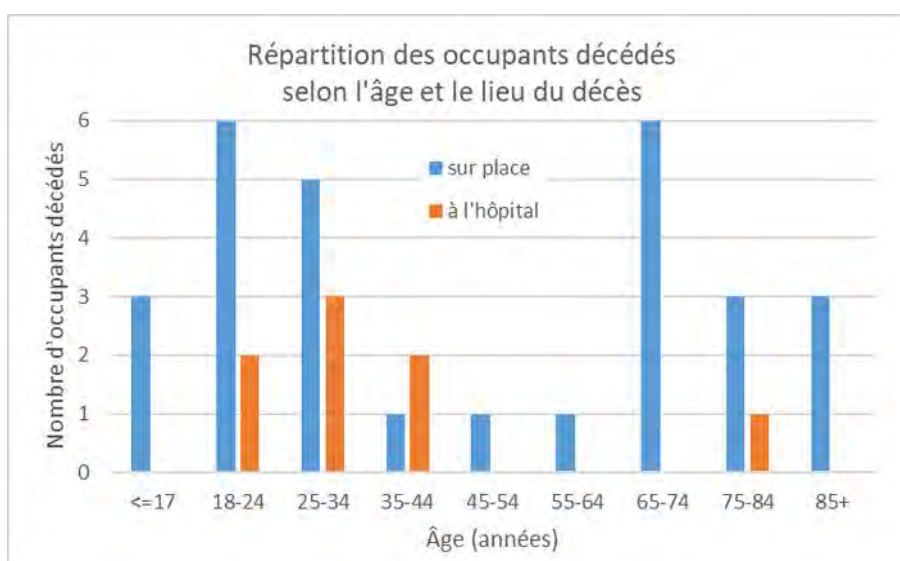


Figure 16 : Personnes décédées dans les accidents avec risque de noyade dont le délai de survie est connu - Répartition selon l'âge et le lieu du décès (N = 37)

Les causes de décès

Dans la plupart des cas les victimes décédées ont fait l'objet d'un examen médico-légal voire d'une autopsie. La cause du décès a été identifiée et renseignée dans le PV pour 51 des 66 personnes tuées. Le tableau suivant présente la répartition des victimes selon la cause identifiée du décès et le type d'accident.

	Accidents avec risque de noyade	Autres accidents	Ensemble
Noyade	36		36
Hydrocution	1		1
Noyade + Traumatismes	1	1	2
Traumatismes	1	4	5
Malaise	5	2	7
Cause indéterminée	14	1	15
Ensemble	58	8	66

Pour les accidents catégorisés « avec risque de noyade » :

- Lorsque la cause du décès a été identifiée, il s'agit d'une noyade ou d'une hydrocution dans 38 cas sur les 44 renseignés (86 %), d'un malaise dans 5 cas (11 %) et de traumatismes dans 2 cas, dont un en combinaison avec une noyade.

- Les trois décès d'occupants extraits du véhicule dans un délai maximal de 10 minutes ont été attribués à un malaise dans deux cas, dans le troisième cas la cause du décès n'a pas été déterminée.
- En revanche, les trois décès d'occupants extraits du véhicule dans un délai de 11 à 15 minutes ont tous été attribués à une noyade.
- La faible proportion de traumatismes physiques identifiés suggère que la plupart des victimes n'ont pas été empêchées d'évacuer le véhicule par une blessure préalable.

Pour les accidents non catégorisés « avec risque de noyade », le décès a été attribué à des traumatismes dans 5 cas sur 7 renseignés, dont un en combinaison avec une noyade (le véhicule se trouvait en position normale dans environ 1 m d'eau ; le conducteur, alcoolisé, semble en être sorti par lui-même mais n'a été retrouvé que plusieurs heures plus tard, flottant à proximité de son véhicule), et à un malaise dans 2 cas sur 7.

Sur l'ensemble des accidents analysés (avec ou sans risque de noyade), 7 occupants sont décédés du fait de **traumatismes** (dont 2 en combinaison avec une noyade).

- **L'absence de déclenchement de l'airbag** est avérée dans 1 cas (l'airbag s'est déclenché dans 5 cas et absence d'information dans 1 cas) ; le conducteur fortement alcoolisé a été retrouvé flottant dans un étier à l'extérieur du véhicule à demi-immergé, son décès est attribué conjointement aux traumatismes et à une noyade.
- **Deux occupants n'étaient pas ceinturés**, dont un a été éjecté après que le VT ait enfoncé un garde-corps et chuté d'une dénivelée de 5 mètres.
- Dans les quatre autres cas les traumatismes s'expliquent par la trajectoire du véhicule, qui a **heurté violemment des obstacles** (murs, candélabre, arbres, glissière bois enfoncée) ou a **chuté d'une hauteur de 200 mètres**.

Annexe 4 : Synthèses de 28 procès-verbaux d'accidents

Les 65 procès-verbaux d'accidents analysés présentent des niveaux d'exhaustivité très variables, en fonction notamment de l'existence de témoins et de la nature des investigations menées par les enquêteurs des forces de l'ordre.

Cette annexe présente une synthèse de 28 accidents dont les circonstances ont pu être rapportées avec un niveau de détail suffisant pour contribuer à mieux cerner le déroulement général de la séquence des accidents avec immersion. Ces accidents sont identifiés ci-après par leur numéro d'ordre dans l'ensemble de l'échantillon de 65 accidents analysé. Ces numéros peuvent être utilisés comme références dans la présentation des résultats de l'analyse des procès-verbaux pour renvoyer, à titre d'illustration, à ces synthèses.

Accident n° 1

En début d'après-midi, sur une petite route longeant un canal, la conductrice d'un VT à 3 portes, avec deux passagers à bord, perd le contrôle de son véhicule dans un virage. Elle heurte un tas de terre en dépôt sur son côté droit, en bordure d'un terrain agricole, puis part sur sa gauche et la voiture finit sa course dans le canal. La voiture « tombe à pic », son pare-brise explose et l'eau entre immédiatement. Le VT se retourne sur le toit et se trouve très rapidement complètement immergé. Les airbags ne se déclenchent pas.

Le passager avant droit s'est détaché lors de la perte de contrôle et parvient à s'extirper de lui-même en ouvrant sa portière. Il tente ensuite de briser une vitre (sans mentionner d'outil particulier) mais n'y parvient pas, et ne peut porter secours aux deux autres occupantes. Il est légèrement blessé.

La passagère arrière droite et la conductrice sont extraites de l'eau par les plongeurs des sapeurs-pompiers, réanimées puis transportées à l'hôpital. Elles y décèdent respectivement 5 heures et 3 jours après l'accident.

La conductrice portait la ceinture de sécurité, l'information n'est pas connue pour la passagère. Aucun examen médico-légal n'est réalisé, aucune conclusion n'est produite quant aux causes des décès. Les analyses toxicologiques de la conductrice relatives à l'alcool et aux stupéfiants sont négatives.

Accident n° 2

Dans la nuit d'un vendredi au samedi, un VT (3 portes) avec deux occupants à l'avant franchit le garde-corps d'un pont et tombe dans une rivière sur le toit, le plancher de l'habitacle au niveau de la surface de l'eau. L'un des occupants parvient à se détacher et s'extrait seul, par sa fenêtre ouverte. Arrivé sur la berge, il réalise que son compagnon ne l'a pas suivi, il retourne au véhicule et dit ne pas avoir réussi à ouvrir les portières.

Il va donner l'alerte chez un membre de sa famille qui habite à 200 m. Ce dernier, et d'autres intervenants externes, extraient ensuite le second occupant en ouvrant une portière, avec l'aide des premiers sapeurs-pompiers arrivés sur les lieux.

L'occupant est déclaré décédé peu de temps après son extraction. Les intervenants décrivent l'avoir extrait du véhicule du côté passager alors qu'il n'était pas attaché dans l'habitacle, de sorte qu'il est impossible pour les enquêteurs de déterminer avec certitude lequel des deux était le conducteur. Le survivant affirme qu'il était passager ; il est indemne.

Les airbags conducteur et passager se sont déclenchés.

Le décédé est positif à l'alcoolémie (0,9 g/l de sang) et aux stupéfiants. Son décès est attribué exclusivement à la noyade. Le survivant est négatif à l'alcoolémie mais positif aux stupéfiants.

Accident n° 6

Dans la soirée d'un vendredi, trois personnes se sont alcoolisées dans la soirée avant de prendre la route vers 01 h 30. En sortant d'un bourg, le conducteur perd le contrôle du véhicule qui quitte la chaussée et percute la clôture d'un étang puis un arbre. Le véhicule se couche sur le côté gauche et finit sur le toit dans l'étang, immergé jusqu'aux roues (non comprises). Le véhicule n'est découvert qu'en début d'après-midi, avec les trois occupants décédés à l'intérieur. L'examen médico-légal conclut que les décès sont liés à une noyade et/ou une hydrocution.

Trois des quatre portières du véhicule sont soit bloquées soit verrouillées. La fenêtre conducteur est grande ouverte. Aucun des trois occupants ne porte la ceinture. Les airbags se sont déclenchés.

Accident n° 8

En pleine ville, en matinée, descendant une rue perpendiculaire à un canal, un VT avec une conductrice seule à bord (71 ans) ne s'arrête pas au cédez-le-passage à l'intersection avec la rue longeant le canal, et plonge dans celui-ci en emportant une barre métallique faisant office de garde-corps.

Un équipage de police est témoin de la scène et l'un des policiers se met à l'eau pour porter secours. Il est ensuite rejoint par plusieurs autres équipages arrivés sur les lieux, puis des pompiers, puis des pompiers sauveteurs nautiques. Ce sont ces derniers, plongeant en apnée, qui parviennent finalement à extraire la victime, en arrêt cardio-respiratoire, du véhicule entièrement immergé. La victime est réanimée puis hospitalisée. Elle sort du coma 4 jours après l'accident et quitte l'hôpital deux semaines et demie après l'accident, avec apparemment peu de séquelles. Interrogée sur les circonstances de la sortie de route, elle pense avoir confondu les pédales du véhicule.

Séquence détaillée de l'intervention

Le recoupement des témoignages des intervenants ainsi que l'exploitation d'un enregistrement de vidéo-surveillance permettent de retracer de façon détaillée le déroulement de l'immersion ainsi que les tentatives d'extraction de la victime. Dans ce qui suit le temps est décompté à partir de l'instant T de la chute du véhicule dans l'eau.

Les premiers intervenants (deux policiers) arrivent à **T + 10 s**. L'un d'eux alerte les secours par radio, l'autre tente de communiquer avec la conductrice depuis la berge. Rapidement le VT pique de l'avant dans l'eau puis s'immobilise, le capot est encore visible. Le véhicule dérive vers le centre du canal. Il commence à sortir du champ de la caméra.

À **T + 1 min 30 s**, le capot n'est plus visible, hors champ de la vidéo-surveillance et certainement dans l'eau.

À **T + 2 min 20 s**, le véhicule est de nouveau dans le champ de vision. Le haut du pare-brise est entièrement dans l'eau, la vitre de la portière arrière est hors d'eau.

Voyant le véhicule s'enfoncer de plus en plus, l'un des policiers se déshabille et saute dans le canal, il rejoint le véhicule à **T + 3 min 40 s**. L'avant du véhicule est totalement immergé et l'eau commence à s'infiltrer dans la partie avant de l'habitacle. Il demande à la conductrice, toujours positionnée côté conducteur, ceinture attachée, de se détacher et de venir se placer à l'arrière du véhicule où l'eau n'est pas encore arrivée. La conductrice réussit à se détacher et passe à l'arrière du véhicule.

Le policier tente d'ouvrir la portière arrière gauche, ne réussit pas. Il demande à la conductrice de tenter l'ouverture, elle ne réussit pas. Il tente de casser la vitre avec ses poings, puis d'ouvrir le coffre, mais ne réussit pas non plus (il n'a aucun outil).

Vers **T + 4 min** (horaire approximatif), deux équipages de police arrivent en renfort ; quatre agents plongent ; l'arrière du véhicule est encore hors de l'eau et la conductrice n'est pas encore immergée totalement, elle est toujours consciente. Les effectifs restant sur la berge organisent l'arrivée des secours en déviant la circulation.

Le premier intervenant demande un marteau. Un premier outil lui est lancé à **T + 5 min 00 s**, il n'arrive pas à l'attraper, à **T + 5 min 30 s** il regagne la berge en nageant, récupère un second marteau, puis repart vers le véhicule qu'il atteint à **T + 6 min 10 s**. À bout de forces, il donne le marteau à un autre collègue qui se trouvait dans l'eau.

Un policier s'entaille profondément la main lors de la tentative du bris de vitre avec un outil.

À **T + 6 min 40 s**, deux autres équipages de police (six agents) arrivent sur place. L'un des policiers possède un brise-vitre dans ses effets personnels, il le donne à ses collègues déjà dans l'eau puis se déshabille pour les rejoindre en compagnie d'un autre agent. Le véhicule est alors totalement immergé. Les collègues ne réussissent pas à utiliser le brise-vitre, il le récupère et tente à son tour. Dans un premier temps, il ne trouve pas la voiture malgré plusieurs plongées en apnée, la visibilité sous l'eau étant extrêmement réduite (20 cm selon son estimation). C'est un collègue remonté sur la berge qui lui indique la voiture.

Il replonge à l'endroit indiqué et trouve la lunette arrière du véhicule ; il ne voit rien à l'intérieur du véhicule et ne localise donc pas la victime. Il tente de briser la lunette arrière avec le brise-vitre, sans résultat. Il remonte prendre de l'air et replonge pour trouver la vitre conducteur, pensant que la conductrice se trouve toujours au volant. Il trouve la vitre conducteur mais ne réussit pas du premier coup à la casser. Après avoir pris de l'air à la surface, il réussit à casser la vitre conducteur. La voiture est remplie d'eau et aucune bulle d'air n'en ressort. Il tente d'attraper la victime mais ne réussit pas à la toucher. Avec ceux de ses collègues restés dans l'eau, ils se relaient en plongeant pour tenter de remonter la conductrice mais ne la trouvent pas.

À **T + 10 min 05 s**, un premier camion de pompiers (VSAV) arrive. À **T + 12 min 40 s** un pompier se met à l'eau avec une bouée et rejoint les policiers.

À **T + 13 min 10 s**, un second camion de pompiers (VSAV) arrive.

À **T + 14 min 50 s**, un véhicule de pompiers sauveteurs nautiques arrive. Les policiers remontent. Ces pompiers ne sont pas des plongeurs mais des sauveteurs côtiers : ils sont supposés n'intervenir qu'en surface ; ils sont équipés de combinaisons, masques et palmes mais pas de bouteilles (les pompiers plongeurs sont basés à 30 km). Toutefois, étant donné l'urgence de la situation, ils interviennent en plongeant en apnée.

Un pompier plonge une première fois en reconnaissance et voit la vitre cassée côté conducteur. Il remonte prendre de l'air, on lui donne un coupe-ceinture, il replonge et ouvre la porte avant côté conducteur en passant la main par la fenêtre brisée, mais se rend compte qu'il n'y a personne aux deux places avant.

Deux pompiers redescendent pour essayer d'ouvrir la porte arrière côté conducteur, sans résultat. Ils redescendent et cassent la lunette arrière. L'un d'eux entre dans le véhicule sans trouver la victime. Celle-ci est retrouvée lors d'une deuxième tentative, à l'arrière,

collée au plafond. Ils l'extraient alors du véhicule, la remontent à la surface puis sur la berge.

Pendant ce temps, le SMUR est arrivé sur place à **T + 18 min 50 s**.

La victime est ramenée sur la berge à **T + 20 min 15 s**, elle est inconsciente, en arrêt respiratoire, et sa température corporelle est de 25 degrés. Le massage cardiaque est effectué sur place par le SMUR, qui parvient à récupérer un pouls et transporte la victime au Centre Hospitalier.

Les sauveteurs retournent à la voiture pour effectuer une dernière reconnaissance et s'assurer qu'il n'y a personne d'autre dans la voiture. Pour cela, ils ont repris un brise-vitre et cassent les deux vitres côté droit, les portières ne s'ouvrant pas.

Les sept policiers qui se sont mis à l'eau sont pris en charge par les sapeurs-pompiers pour hypothermie, l'un d'eux est également traité pour une blessure à la main.

Commentaires

Les témoignages des intervenants confirment les caractéristiques déjà vues dans la littérature :

- La visibilité très réduite au fond du canal, dont la profondeur est de l'ordre de 3 m : un policier l'estime à 20 cm, un sauveteur l'estime à « *environ 50 cm avec le masque* », et un autre sauveteur précise que la visibilité « *était floue* » et qu'ils arrivaient juste à distinguer les formes. Ainsi le policier équipé d'un brise-vitre a dû plonger à trois reprises pour localiser le véhicule ;
- La difficulté de briser une vitre lorsque celle-ci est immergée, même avec un outil : le policier équipé d'un brise-vitre n'a réussi qu'au troisième essai ; il lui a donc fallu au total au moins six tentatives pour accéder à l'intérieur du VT ;
- La difficulté d'ouvrir les portes du véhicule sous l'eau : les pompiers n'ont pu ouvrir qu'une seule des quatre portes.

Accident n° 9

Un dimanche à 5 h 30, un automobiliste seul à bord perd le contrôle de son véhicule en arrivant dans une agglomération, il part sur son côté droit, percute et arrache un candélabre, fait un vol plané au-dessus d'une rivière, heurte le mur en béton d'une habitation située sur la rive opposée, et termine sur le toit, immergé dans la rivière ; seuls émergent le bas de caisse du côté droit du véhicule ainsi que les deux roues de ce côté. Deux riverains ainsi qu'un tiers sautent à l'eau sans parvenir à extraire la personne du véhicule ; ils n'arrivent pas à briser une fenêtre avec des cailloux, ni à ouvrir la portière du conducteur, même une fois équipés d'un pied de biche. La personne est sortie inconsciente de l'eau par les plongeurs des sapeurs-pompiers. Les secours effectuent un massage cardiaque. L'homme est transporté au CHU. Son décès est prononcé à 13 h 00.

Le conducteur portait la ceinture de sécurité, les airbags se sont déclenchés. D'après les secours, le conducteur serait resté au moins 20 minutes sous l'eau. Selon l'autopsie, le conducteur est mort des suites d'un traumatisme abdominal grave avec atteintes à plusieurs organes, sans noyade. Son alcoolémie était de 0,97 g/l de sang et il était positif au cannabis.

Accident n° 10

Un samedi, tôt le matin, le conducteur d'un VT avec deux passagers entame un dépassement hasardeux et perd le contrôle du véhicule, qui quitte la chaussée, bascule dans un fossé et se renverse dans un chenal de lagune en s'immobilisant sur le toit, en

partie immergé. Le conducteur et le passager avant parviennent à s'extirper du véhicule par une fenêtre déjà ouverte, le passager arrière reste coincé dans l'habitacle.

Les deux premiers tentent sans succès d'ouvrir les deux portières arrière. Ils extraient le passager arrière par le hayon déjà ouvert, ils tentent sans succès de le réanimer, de même pour les secours à leur arrivée. Le passager arrière est déclaré décédé sur place par le médecin du SMUR environ 45 minutes après l'accident. Selon les déclarations des survivants, ils étaient tous les trois ceinturés.

Accident n° 13

Un après-midi, suite à un malaise ou à une erreur de conduite, un automobiliste âgé (94 ans) fait un « tout droit » depuis une voie communale perpendiculaire à une rivière et tombe à l'eau sans rencontrer d'obstacle. Deux témoins se jettent à l'eau, un troisième appelle les pompiers. Les deux témoins à l'eau parviennent à ouvrir la portière du VT alors qu'il flotte encore et à extraire le conducteur qui semble alors inconscient, ils sont rejoints en barque par un quatrième témoin qui leur donne un gilet de sauvetage dont ils équipent la victime. Les pompiers arrivés sur les lieux leur lancent une corde ce qui leur permet de ramener la victime sur la berge. Le décès du conducteur est constaté après une tentative de réanimation, environ 50 minutes après l'accident.

Selon l'autopsie et les analyses associées, le décès n'est pas dû à une noyade mais à une asphyxie liée à un état cardiaque altéré. La ceinture du conducteur n'était pas enclenchée lorsque celui-ci a été extrait du véhicule par les témoins.

La profondeur de l'eau n'est pas renseignée mais selon toute vraisemblance le véhicule a été ensuite totalement immergé.

Accident n° 15

Un dimanche matin, un VT circulant en ville sur le quai d'un port heurte sur sa droite le trottoir puis traverse les voies pour terminer sa course sur sa gauche dans le bassin du port. Des témoins appellent immédiatement les secours qui arrivent sur les lieux 8 minutes après l'accident. Le véhicule est alors à la verticale, il n'est pas encore totalement immergé, seuls l'essieu arrière et le hayon dépassent de l'eau.

Les premiers intervenants (pompiers et policiers) tentent sans succès de retenir le véhicule, qui coule entièrement et s'immobilise au fond de l'eau, sur le toit. Les plongeurs des sapeurs-pompiers ressortent le conducteur inanimé, son décès est prononcé 1 h 20 après l'accident, après tentative de réanimation.

L'examen médico-légal conclut à un décès par noyade. L'alcoolémie du conducteur était de 1,7 g/l.

L'airbag du véhicule ne s'est pas déclenché. Ses feux de croisement, allumés avant l'accident, étaient éteints lors de l'intervention des plongeurs 20 à 30 minutes plus tard.

Accident n° 16

Un soir d'hiver, vers 18 h 00, la conductrice d'un VT perd le contrôle sur le chemin de halage d'un canal et tombe en s'immergeant entièrement dans le canal. Deux promeneurs voient de loin les feux du VT dans l'eau, une fois sur place ils appellent les secours et tentent d'extraire la conductrice. Ils parviennent à ouvrir deux portières mais ne parviennent pas à la détacher.

Celle-ci est extraite par un pompier sauveteur aquatique, elle est déclarée décédée sur place après un délai non précisé dans le dossier. L'examen médico-légal conclut à un décès par noyade.

Les feux du véhicule étaient encore allumés lors de l'intervention des secours.

Accident n° 24

Un après-midi, un couple de personnes âgées se rend sur le parking d'un centre nautique. La conductrice stationne le véhicule au bord de la rampe d'accès à la mer et sort seule, laissant son mari côté passager. Le passager handicapé Alzheimer (77 ans) desserre probablement le frein à main, ou ce frein a été mal serré par la conductrice. Le VT descend la pente et finit sa course dans la mer avec toujours le passager à bord. Il s'enfonce progressivement dans l'eau. Des témoins tentent d'ouvrir les portières, sans succès. Le passager ne réagit pas. Le véhicule s'immerge totalement, dans 1,50 m à 2 m d'eau, et dérive en partie du fait de la marée montante. Lorsqu'un témoin tente de briser une fenêtre avec un marteau, le véhicule est déjà entièrement sous l'eau et il n'y parvient pas. Les plongeurs des sapeurs-pompiers extraient le passager décédé noyé dans le véhicule.

La durée pendant laquelle la victime est restée dans le véhicule n'est pas déterminable à partir des éléments figurant dans le dossier, elle est supérieure à 20 minutes.

Accident n° 28

Un matin de semaine, la conductrice d'un VT perd le contrôle, part en tête-à-queue et percute un autre VT circulant en sens inverse, qui tombe dans une rivière longeant la route. Le conducteur du VT tombé à l'eau tente sans succès d'ouvrir sa portière, il parvient à ouvrir la portière du côté passager et à s'extraire, il rejoint à la nage la berge distante de 4 à 5 m. Il est blessé légèrement, de même que la conductrice du premier VT. Son véhicule coule entièrement.

La route est relativement éloignée de la rivière (d'environ 6 m selon le PV et d'environ 14 m sur les vues aériennes disponibles), elle n'est pas équipée d'un dispositif de retenue mais est longée par un petit merlon d'une hauteur de l'ordre de 50 cm, que le véhicule a franchi.

Accident n° 33

Une route bidirectionnelle longe un ravin d'une quinzaine de mètres de profondeur, au fond duquel coule une rivière. Elle est située en agglomération (limitation de vitesse 50 km/h) mais dans une zone non urbanisée. Un dimanche matin, vers 9 h 00, par temps clair et sec, un VT roulant à vive allure (estimation des témoins 100 km/h) effectue un dépassement hasardeux et perd le contrôle en se rabattant en sortie de virage. Il heurte la paroi rocheuse sur sa droite puis traverse la route, décolle après avoir percuté la bordure du trottoir du côté gauche, et traverse une clôture légère séparant le trottoir du ravin. Le VT tombe sur le toit dans la rivière de profondeur environ 2 m. Le conducteur, seul à bord, est décédé. Il portait la ceinture. Le prélèvement pour analyses toxicologiques est impossible.

Accident n° 34

Sur une route à 2x2 voies, de jour et par météo normale, le conducteur d'un fourgon perd le contrôle, il part sur son côté droit et décolle sur l'extrémité abaissée d'une glissière en béton, pour atterrir sur le toit dans une rivière de profondeur environ 1 m. Les secours sont appelés immédiatement par des témoins directs de l'accident.

Le toit de la cabine du VU est fortement écrasé. Des gendarmes, premiers secours sur les lieux, se mettent à l'eau pour localiser et extraire le conducteur, seul à bord, mais ne parviennent pas à y accéder, malgré l'apport par un tiers d'une masse et d'une barre de

fer avec lesquelles ils brisent la vitre avant droite, non immergée (le véhicule étant légèrement penché).

Le conducteur est extrait par les pompiers, grâce à leur matériel de désincarcération, environ 25 minutes après l'accident. Son décès est prononcé 1 h 05 après l'accident, après tentative de réanimation. Le dossier ne comporte pas de pièce médico-légale statuant sur la cause du décès.

L'extrémité de la glissière béton ayant joué un rôle de tremplin se trouve 17 m en amont de l'aplomb du bord le plus proche de la rivière. La position finale du fourgon dans la rivière est à environ 35 m de cette extrémité.

Accident n° 35

De jour, sur route humide et sous une pluie fine, un jeune conducteur (19 ans) fait une crise d'épilepsie et son VT quitte la route du côté gauche, franchit un merlon, heurte un bollard et tombe dans une sortie d'écluse se raccordant à une rivière. Le VT coule immédiatement (selon des témoins, il est déjà entièrement immergé 30 secondes après sa sortie de route) ; l'explication la plus probable est que son coffre s'est ouvert lors de la chute.

La passagère avant droite parvient à s'échapper, par un moyen qu'elle est incapable de préciser ensuite aux enquêteurs. Au vu des constatations et de son témoignage, le plus probable est que sa vitre, entrouverte (elle parle de 5 cm) pendant le trajet s'est brisée lors du choc et qu'elle s'est extraite par la fenêtre. Un témoin se jette à l'eau et l'aide à rejoindre la berge, d'autres témoins la remontent.

Les deux autres occupants, le conducteur et la passagère arrière, sont extraits par les plongeurs environ 35 minutes après l'accident. Un plongeur auditionné estime la profondeur de l'eau à 6 ou 7 m, il rapporte qu'il « *n'y avait pas de courant et pas du tout de visibilité* », et que malgré les indications des témoins, la présence des traces du véhicule au sol et d'une bouée posée par les premiers intervenants pour matérialiser l'emplacement approximatif du véhicule, sa localisation leur a quand même demandé cinq minutes de recherches.

Le conducteur et la passagère arrière sont déclarés décédés environ 30 minutes plus tard après tentative de réanimation. Les autopsies concluent à un décès par noyade sans lésion autre que celles résultant de l'intervention des secours.

Le conducteur est resté ceinturé sur son siège (inconscient du fait du malaise ?), la passagère arrière n'était pas attachée lorsque les plongeurs l'ont extraite. Les deux portières du côté droit du véhicule étaient verrouillées, les deux portières du côté gauche étaient enfoncées. Les airbags se sont déclenchés.

Accident n° 37

Un samedi après-midi, sur une petite route de forêt traversant un petit cours d'eau, un VT ayant manifestement quitté la route dans le virage précédant le pont est découvert sur le toit à demi-immergé dans le cours d'eau. Le passant ayant fait la découverte va prévenir le maire de la commune et revient sur les lieux avec lui. Ils sautent tous deux dans l'eau afin de sortir le conducteur du véhicule, ils ne parviennent pas à ouvrir les deux portières du côté gauche mais parviennent à ouvrir la portière arrière droite. Ils extraient le conducteur (77 ans) du véhicule, non ceinturé. La victime est déclarée décédée sur place environ 1 h 15 après la découverte du véhicule.

L'examen médico-légal impute le décès à un malaise. Aucune analyse toxicologique n'a été effectuée.

Accident n° 39

Dans l'enceinte d'un port maritime, de nuit par fortes intempéries avec de ce fait une très mauvaise visibilité, la conductrice d'un VT (avec trois autres passagers à bord) sortant d'un ferry prend une mauvaise direction et finit sa course dans l'eau. La conductrice et deux des passagers parviennent à s'extraire par une fenêtre à l'avant du véhicule, le troisième passager, de forte corpulence, reste coincé à l'arrière du VT qui coule.

Deux employés du port se jettent à l'eau et aident les trois survivants à remonter, aidés par d'autres agents restés sur le quai. L'un des survivants est blessé hospitalisé et les deux autres indemnes. Le passager resté dans le VT est extrait par un pompier plongeur, et déclaré décédé sur place après tentative de réanimation, une heure après la chute du VT dans l'eau. L'examen médico-légal conclut à un décès par noyade sans cause traumatique.

Les témoignages des survivants et des intervenants, ainsi que l'exploitation d'un enregistrement de vidéo-surveillance, apportent des précisions utiles sur le déroulement de l'immersion :

- Le passager avant droit a essayé d'ouvrir sa portière mais selon lui la pression l'en a empêché.
- Les commandes électriques pour ouvrir les fenêtres ne fonctionnaient pas. En revanche les phares et les feux du VT sont restés allumés au moins pendant toute la période où le véhicule flottait.
- Le passager avant droit, à force de pousser sur sa vitre, a réussi à la sortir de son logement et *« elle est tombée dans la portière »* (NB : au vu des photos du véhicule après sa sortie de l'eau, elle n'a été qu'à demi ouverte). Il est alors sorti.
- La conductrice a ensuite tenté, sans succès, de déchausser le pare-brise depuis le siège avant droit en lui donnant des coups de pieds, puis est sortie par la fenêtre ouverte suivie de la passagère arrière droite.
- La voiture a commencé à se cabrer, l'avant s'est enfoncé, l'eau a pénétré par la vitre ouverte et sous la pression le coffre arrière s'est ouvert, tout son contenu a été éjecté et s'est retrouvé dans l'eau.
- Cela a pris environ 3 minutes et demie pour que le VT soit complètement immergé.
- Les plongeurs des sapeurs-pompiers sont arrivés sur les lieux 30 minutes après la chute du VT dans l'eau.
- Selon le pompier plongeur intervenu sur le véhicule, *« l'eau était très trouble, la visibilité guère de plus d'un mètre, il n'y avait pas beaucoup de remous, c'était plutôt la turbidité de l'eau qui était gênante pour [lui] »*. *« Les portes côté conducteur étaient fermées et verrouillées »*, en revanche *« côté passager arrière, la portière était fermée mais déverrouillée »*.

Accident n° 41

En agglomération, en début de soirée, un VT avec deux personnes à bord perd le contrôle sur un rond-point et tombe sur le toit dans une rivière, il est presque entièrement submergé. De nombreux témoins interviennent. Le passager parvient à se détacher, à sortir par sa fenêtre et à regagner la berge. Il est indemne.

La conductrice est extraite par des témoins après avoir coupé sa ceinture, l'un deux commence un massage cardiaque relayé ensuite par les pompiers. La conductrice est ensuite hospitalisée pendant 5 semaines.

Les analyses toxicologiques révèlent une alcoolémie de la conductrice de 2,7 g/l de sang. Le passager, non testé, avait probablement une alcoolémie similaire eu égard à leur

emploi du temps dans les heures précédentes. Le dossier ne précise pas si la fenêtre du passager était ouverte avant la chute du VT dans l'eau, ou si le passager l'a ouverte pour évacuer. Toutefois, il est peu probable qu'un occupant d'un véhicule tombé sur le toit et totalement immergé ait le réflexe d'ouvrir sa fenêtre pour évacuer : les exploitations réalisées ont fait l'hypothèse que cette fenêtre était déjà ouverte avant la chute du véhicule à l'eau.

Accident n° 46

De nuit, en agglomération, par temps sec, un VT avec deux occupants emprunte par erreur une impasse donnant sur un canal, percute à l'extrémité de l'impasse un rocher puis une barrière en bois et finit sa course dans le canal, à 25 m du bord. Les airbags se sont déclenchés. Le conducteur reste inconscient sur son siège, le passager ne parvient pas à l'extraire. Le passager parvient à ouvrir sa fenêtre (électriquement) et à s'extraire du véhicule, à regagner le bord et à aviser un riverain qui alerte les secours. Pendant ce temps le véhicule coule entièrement.

Le conducteur, porteur de la ceinture de sécurité, est extrait par les pompiers plongeurs qui signalent que le véhicule au fond du canal est « à l'oblique », l'avant vers le bas, et que le coffre est ouvert. La profondeur du canal est de 3,50 m.

Les deux occupants sont transportés à l'hôpital, le conducteur y décède environ 3 heures après l'accident, son passager en ressort après quelques jours. L'examen médico-légal du conducteur conclut à un décès par noyade sans aucune trace de traumatisme. Son analyse toxicologique affiche une alcoolémie de 0,8 g/l de sang et une positivité aux stupéfiants. Selon la presse, le conducteur serait resté 35 minutes dans l'eau.

Accident n° 50

En matinée, sur une route de campagne, par forte pluie, un VT, avec un conducteur seul à bord, effectue une sortie de route à la fin d'un virage sur la droite et se retrouve sur le toit dans un ruisseau, anormalement haut pour la période de l'année. Le véhicule fait barrage pour le ruisseau et l'habitacle du véhicule se remplit rapidement d'eau par la fenêtre passager brisée, immergeant de ce fait totalement la tête du conducteur.

Le conducteur est extrait du véhicule par des tiers arrivés sur les lieux quelques minutes plus tard, qui coupent sa ceinture et le remontent sur la berge. Le conducteur aurait ainsi passé une quinzaine de minutes immergé.

Parmi les intervenants se trouvent des ambulanciers qui effectuent un massage cardiaque puis des insufflations avec une bouteille d'oxygène. Les secours prennent ensuite rapidement en charge la victime et la transportent à l'hôpital. Elle y décède 11 jours après l'accident, sans avoir repris connaissance.

Les analyses toxicologiques (alcool et stupéfiants) sont négatives. Le décès est attribué à une privation d'oxygène consécutive à une noyade.

Accident n° 52

Sur un chemin de campagne, en fin d'après-midi, un VT bascule dans un étang et se retrouve sur le toit, aux trois quarts immergé ; ses deux fenêtres avant étaient ouvertes. Le conducteur, seul à bord et non attaché, est extrait par un tiers qu'un premier témoin est allé chercher. Les secours arrivés peu après réussissent à réanimer la victime et le transfèrent à l'hôpital où il décède trois jours plus tard sans avoir repris connaissance.

L'alcoolémie du conducteur s'élève à 2,7 g/l de sang. L'examen médico-légal ne relève pas de lésion traumatique visible, le décès est attribué à la noyade. Les airbags ne se sont probablement pas déclenchés.

Accident n° 53

Un après-midi en semaine, par temps sec, un VT effectue une sortie de route en traversant la voie de circulation inverse et finit sa course en contrebas d'un pont, sur le toit, totalement immergé dans un cours d'eau. Le conducteur, seul à bord, est sorti de son véhicule par un pompier plongeur. Malgré la tentative de réanimation du SMUR et des pompiers, il est déclaré décédé environ 50 minutes après l'accident.

En l'absence d'examen médico-légal, le dossier ne comporte pas d'élément sur la cause du décès.

Les airbags ne se sont pas déclenchés. Le pare-brise a été enfoncé sur la moitié de sa hauteur, probablement lors de la chute du véhicule, favorisant ainsi une entrée rapide de l'eau dans l'habitacle. Un témoin a tenté d'ouvrir une portière arrière, sans succès, *« comme si il y avait la centralisation et que le véhicule était verrouillé »*. Cependant le pompier plongeur a extrait la victime par la porte avant passager, sans que le dossier ne mentionne de difficulté pour ouvrir cette porte.

Accident n° 54

Un dimanche soir, vers 21 h 15, de nuit, un VT avec deux personnes à bord heurte sur son côté droit le garde-corps d'un pont, le longe jusqu'à une partie remplacée par une glissière de chantier provisoire en plastique, franchit celle-ci et tombe dans un canal sur le toit. Le VT est immergé aux trois quarts. Des témoins interviennent et parviennent à extraire par sa portière le conducteur inanimé resté attaché sur son siège. Un infirmier parmi eux tente de le réanimer, relayé par les pompiers à leur arrivée. Les témoins, assistés plus tard par un pompier, tentent ensuite d'extraire le passager avant qui s'était détaché et avait trouvé une poche d'air en se mettant debout. Ils ne réussissent pas à ouvrir la porte avant passager, endommagée par la collision, mais parviennent à ouvrir la porte arrière droite, coulissante.

Le décès du conducteur est prononcé sur place environ 40 minutes après l'accident. Le passager est indemne. L'analyse toxicologique du conducteur révèle une alcoolémie de 0,8 g/l de sang, une positivité aux stupéfiants, et les enquêteurs estiment également probable qu'il ait inhalé du protoxyde d'azote. Selon l'examen médico-légal, aucune lésion traumatique n'a été décelée, la noyade est la cause privilégiée du décès.

Accident n° 55

En matinée, sur le parking d'une zone commerciale, un VT en train de se garer accélère subitement, enfonce un grillage et tombe dans un bassin de rétention de profondeur 2,50 m que la clôture protégeait. La conductrice (76 ans), seule à bord, ne réagit pas. Sa fenêtre est ouverte. Le VT s'enfonce progressivement dans l'eau jusqu'à se trouver totalement submergé. Des employés des magasins voisins interviennent, ils tentent sans succès d'ouvrir la portière qui semble bloquée. Ils réussissent par la fenêtre ouverte à couper la ceinture de la conductrice et à l'extraire. Ils pratiquent un massage cardiaque, relayés ensuite par les pompiers. La victime est déclarée décédée 49 minutes après l'accident.

L'examen médico-légal attribue le décès à un malaise et non à une noyade. Un enregistrement vidéo permet d'établir que la victime a été extraite de son véhicule 8 minutes 20 secondes après la chute à l'eau.

Accident n° 56

Vers midi, en entrée d'une petite agglomération, juste après une courbe à gauche, un VT manœuvre pour tourner à droite et entrer dans une cour. Un second VT circulant dans le

même sens le heurte à l'arrière puis continue sa course sur la gauche de la chaussée pour ensuite descendre un talus de 1,50 m de hauteur environ, traverser un chemin en terre et plonger dans un étang.

La vitre avant gauche du véhicule est à demi ouverte. Le VT s'enfonce assez rapidement dans l'eau, par l'avant. Les deux occupants semblent conscients au début de l'immersion mais disent ne pas parvenir à se détacher. Des témoins éloignés interviennent mais lorsqu'ils se jettent à l'eau, seuls le coffre et les vitres arrières du VT sont encore visibles. L'un d'eux parvient à briser la vitre arrière droite à l'aide d'un marteau mais cela n'induit aucune réaction de la part des occupants. Une fois le VT totalement submergé, d'autres intervenants tentent de porter secours mais ne parviennent pas à briser les vitres sous l'eau.

Les deux occupants (personnes âgées, 85 ans) sont extraits par les plongeurs des sapeurs-pompiers environ 40 minutes après la sortie de route. Leur décès est prononcé sur place environ 1 h 15 après la sortie de route.

Les analyses toxicologiques de la conductrice sont négatives. Lors de l'extraction du véhicule on constate que les portières sont verrouillées. Le VT, de modèle ancien, n'est pas équipé d'airbags.

Le dossier ne comporte aucun élément d'examen médico-légal mais les corps ne présentent pas de signe externe de lésion, ce qui suggère que les décès seraient probablement dus à une noyade.

Accident n° 57

Au pied d'un pont surplombant un marais, sur une petite route peu fréquentée, des promeneurs découvrent un matin un VT totalement immergé en position normale et appellent les secours. Le conducteur, seul à bord, est extrait par le toit ouvrant. Son décès est prononcé après tentative de réanimation, l'examen du corps ne relève pas de trace de traumatisme.

La victime avait une alcoolémie de 3,0 g/l de sang. Au vu des témoignages de ses proches, l'accident a probablement eu lieu plus de trois heures avant sa découverte.

Accident n° 59

Dans la nuit d'un samedi au dimanche, un VT avec quatre personnes à bord parcourt une petite route de campagne, par temps de brouillard et sur chaussée humide. La jeune conductrice, inexpérimentée et roulant probablement trop vite, manque un virage. Son véhicule fait un tonneau et tombe sur le côté gauche dans un étang après avoir traversé une clôture très légère. Les airbags ne se déclenchent pas. La fenêtre de la conductrice étant à demi ouverte, l'eau remplit rapidement l'habitacle. Le passager arrière droit se détache, réussit à ouvrir sa portière et à quitter le véhicule, suivi par le passager arrière gauche. Le VT bascule progressivement pour terminer sur le toit, l'habitacle totalement immergé, une vingtaine de secondes après la chute dans l'eau. Seuls restent émergés l'essieu arrière et la partie arrière du bas de caisse.

Les deux passagers arrières, n'entendant pas de signe de vie de leurs camarades, n'ont pas de téléphone en état de marche et partent en courant chercher du secours. Pendant ce temps, un riverain qui a entendu l'accident appelle les secours. Les deux survivants croisent les pompiers et leur signalent la présence dans le véhicule de leurs deux camarades. Le temps écoulé entre l'accident et l'arrivée des pompiers varie de 10 à 20 minutes selon les témoignages.

La conductrice et le passager avant sont extraits par les pompiers au bout d'environ 10 minutes. Leur décès est déclaré environ 1 h 20 min après l'accident, la seule cause

identifiée étant la noyade. Les deux passagers survivants ne sont que légèrement blessés.

La conductrice est négative aux tests d'alcoolémie et de stupéfiants. Les trois passagers avaient consommé de l'alcool mais en quantité réduite. Selon les témoignages les deux victimes décédées portaient la ceinture de sécurité.

Les feux du véhicule fonctionnaient encore 35 minutes après l'accident.

Accident n° 61

En journée, sur une petite route de campagne, un camping-car fait plusieurs embardées et termine sa course dans un étang, sur son côté droit, partiellement immergé. Le conducteur, resté ceinturé, a la tête et le buste dans l'eau.

Il semble ressortir du dossier que l'accident n'a pas été signalé immédiatement mais environ une heure et demie plus tard, et que le décès du conducteur a été acté dès son extraction du véhicule par les plongeurs, sans tentative de réanimation. Le conducteur était sujet à des crises d'épilepsie, un malaise pourrait être à l'origine de la perte de contrôle. Le décès est attribué à une noyade. Le conducteur est négatif à l'alcool et aux stupéfiants.

Accident n° 63

En fin d'après-midi, en ville, un fourgon fait une sortie de route, heurte un poteau et un arbre puis descend un talus et tombe dans un canal. Il commence à couler par l'avant. Plusieurs témoins ainsi qu'un policier en patrouille à proximité se mettent à l'eau environ 3 minutes après la chute du véhicule à l'eau. Le fourgon est totalement submergé après 5 min 30s.

Alors que la cabine du véhicule est probablement déjà totalement immergée, les premiers intervenants brisent deux vitres latérales à l'aide d'un brise-vitre dont disposait l'un des témoins dans son véhicule mais ils ne parviennent pas à extraire le conducteur, toujours ceinturé. Lorsque les pompiers arrivent, l'un d'eux se met également à l'eau. Le policier et le pompier parviennent à sortir le conducteur du fourgon après avoir coupé sa ceinture et ouvert la portière du côté droit. Son décès est prononcé sur place après tentative de réanimation.

Le conducteur n'a pas freiné lors de sa sortie de route, et paraissait inconscient lorsque son véhicule s'enfonçait progressivement dans l'eau ; ceci laisse penser qu'il a été victime d'un malaise. L'autopsie attribue le décès à un malaise cardiaque, avec possible intervention d'une noyade.

Le conducteur a été extrait 19 minutes après la chute du véhicule dans l'eau, son décès a été prononcé 44 minutes après la chute du véhicule.

Règlement général de protection des données

Le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) est investi d'une mission de service public dont la finalité est la réalisation de rapports sur les accidents afin d'améliorer la sécurité des transports terrestres (articles L. 1621-1 et 1621-2 du code des transports, voir la page de présentation de l'organisme).

Pour remplir cette mission, les personnes chargées de l'enquête, agents du BEA-TT habilités ainsi que d'éventuels enquêteurs extérieurs spécialement commissionnés, peuvent rencontrer toute personne impliquée dans un accident de transport terrestre (articles L. 1621-14) et recueillir toute donnée utile.

Ils traitent alors les données recueillies dans le cadre de l'enquête dont ils ont la responsabilité uniquement pour la seule finalité prédéfinie en garantissant la confidentialité des données à caractère personnel. Les rapports d'enquêtes sont publiés sans le nom des personnes et ne font état que des informations nécessaires à la détermination des circonstances et des causes de l'accident. Les données personnelles sont conservées pour une durée de 4 années à compter de la publication du rapport d'enquête, elles sont ensuite détruites.

Le traitement « Enquête accident BEA-TT » est mis en œuvre sous la responsabilité du BEA-TT relevant du ministère des transports. Le ministère s'engage à ce que les traitements de données à caractère personnel dont il est le responsable de traitement soient mis en œuvre conformément au règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (ci-après, « *règlement général sur la protection des données* » ou RGPD) et à la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

Les personnes concernées par le traitement, conformément à la législation en vigueur, peuvent exercer leurs droits auprès du responsable de traitement : **droit d'accès aux données, droit de rectification, droit à la limitation, droit d'opposition.**

Pour toute information ou exercice de vos droits, vous pouvez contacter :

1- Le responsable de traitement, qui peut être contacté à l'adresse suivante :

- à l'adresse : bea-tt@developpement-durable.gouv.fr
- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

Ministère des transports

À l'attention du directeur du BEA-TT

Grande Arche - Paroi Sud, 29^e étage, 92055 LA DEFENSE Cedex

2- Le délégué à la protection des données (DPD) du ministère:

- à l'adresse suivante : ajag2.daj.sg@developpement-durable.gouv.fr ;
- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

Ministère des transports

À l'attention du Délégué à la protection des données

SG/DAJ/AJAG2

92055 La Défense cedex

Vous avez également la possibilité d'adresser une réclamation relative aux traitements mis en œuvre à la Commission nationale informatique et libertés.

(3 Place de Fontenoy - TSA 80715 - 75334 PARIS CEDEX 07)



Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre



Grande Arche - Paroi Sud
92055 La Défense cedex

Téléphone : 01 40 81 21 83

bea-tt@developpement-durable.gouv.fr

www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

