



**HAL**  
open science

## Saisir les comportements humains en situation de catastrophes : proposition d'une démarche méthodologique immersive

Damienne Provitolo, Anne Tricot, Alexandra Schleyer-Lindenmann, Abdel Halim Boudoukha, Nathalie Verdière, Sébastien Haule, Edwige Dubos-Paillard, Valentina Lanza, Rodolphe Charrier, Cyrille Bertelle, et al.

### ► To cite this version:

Damienne Provitolo, Anne Tricot, Alexandra Schleyer-Lindenmann, Abdel Halim Boudoukha, Nathalie Verdière, et al.. Saisir les comportements humains en situation de catastrophes : proposition d'une démarche méthodologique immersive. *Cybergeographe : Revue européenne de géographie / European journal of geography*, 2022, 1030, 10.4000/cybergeographe.39495 . halshs-03763799v2

**HAL Id: halshs-03763799**

**<https://shs.hal.science/halshs-03763799v2>**

Submitted on 29 May 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



---

## Saisir les comportements humains en situation de catastrophes : proposition d'une démarche méthodologique immersive

*Understanding human behavior in disaster situations: proposal for an immersive methodological approach*

*Dilucidar el comportamiento humano en situaciones de desastre : propuesta desde un enfoque metodológico inmersivo*

**Damienne Provitolo, Anne Tricot, Alexandra Schleyer-Lindenmann, Abdel-Halim Boudoukha, Nathalie Verdière, Sébastien Haule, Edwige Dubos-Paillard, Valentina Lanza, Rodolphe Charrier, Cyrille Bertelle, Oscar Navarro, Manuelle Lago-Marques, Patrick Ranarimahefa, Alexandre Berred, Moulay Aziz-Alaoui, Pascal Mallet, Sandra Perez et Emmanuel Tric**



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/cybergeo/39495>

DOI : 10.4000/cybergeo.39495

ISSN : 1278-3366

### Éditeur

UMR 8504 Géographie-cités

Ce document vous est offert par Nantes Université



### Référence électronique

Damienne Provitolo, Anne Tricot, Alexandra Schleyer-Lindenmann, Abdel-Halim Boudoukha, Nathalie Verdière, Sébastien Haule, Edwige Dubos-Paillard, Valentina Lanza, Rodolphe Charrier, Cyrille Bertelle, Oscar Navarro, Manuelle Lago-Marques, Patrick Ranarimahefa, Alexandre Berred, Moulay Aziz-Alaoui, Pascal Mallet, Sandra Perez et Emmanuel Tric, « Saisir les comportements humains en situation de catastrophes : proposition d'une démarche méthodologique immersive », *Cybergeo: European Journal of Geography* [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 1030, mis en ligne le 26 août 2022, consulté le 29 mai 2024. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/39495> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeo.39495>

---

Ce document a été généré automatiquement le 16 février 2023.



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

---

# Saisir les comportements humains en situation de catastrophes : proposition d'une démarche méthodologique immersive

*Understanding human behavior in disaster situations: proposal for an immersive methodological approach*

*Dilucidar el comportamiento humano en situaciones de desastre : propuesta desde un enfoque metodológico inmersivo*

**Damienne Provitolo, Anne Tricot, Alexandra Schleyer-Lindenmann, Abdel-Halim Boudoukha, Nathalie Verdière, Sébastien Haule, Edwige Dubos-Paillard, Valentina Lanza, Rodolphe Charrier, Cyrille Bertelle, Oscar Navarro, Manuelle Lago-Marques, Patrick Ranarimahefa, Alexandre Berred, Moulay Aziz-Alaoui, Pascal Mallet, Sandra Perez et Emmanuel Tric**

---

*Nous remercions l'Agence Nationale de la recherche, la Direction Générale de l'Armement, le Secrétariat Général de la Défense et la Sécurité Nationale pour le financement du projet Com2SiCa au titre du Défi sociétal 9 « Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents » (ANR-17-CE39-008).*

*Nous remercions nos soutiens institutionnels qui ont facilité la réalisation des enquêtes sur le terrain : le Havre Seine Métropole, la Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Alpes-Maritimes, la Direction de la Prévention et de la Gestion des Risques de la ville de Nice, le Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes-Maritimes, l'association Synerzip-LH. Nous remercions également les étudiants de l'IUT du Havre du département Techniques de Commercialisation, encadrés de leurs professeurs, Nathalie Verdière et Mickaël Millet, pour leur soutien logistique durant l'enquête.*

*Nous remercions Thierry Bontems (UMR PACTE-Grenoble) et Mickaël Millet (Université du Havre) pour leur aide précieuse à la réalisation de de la bande son.*

*Nous remercions aussi Max Nicola pour avoir accepté de tester tout le dispositif et d'avoir assuré nombre de soutien logistique durant les campagnes d'enquêtes.*

## Introduction

- 1 Ces cinquante dernières années ont été marquées par un accroissement important de catastrophes révélant la complexité d'évènements où s'enchevêtrent de multiples causalités physiques, biologiques, technologiques et humaines (Dauphiné et Provitolo, 2013). Cette tendance ne devrait pas s'inverser dans les années à venir, tant les facteurs de risque restent nombreux : réchauffement climatique, tensions géopolitiques, croissance démographique et pauvreté, dégradation de l'environnement et pression urbaine, risques biologiques, sanitaires ou technologiques, cyberattaques etc.
- 2 La gestion des catastrophes et des crises est un domaine où l'incertitude, si elle n'est pas toujours radicale, reste aujourd'hui centrale (Reghezza, 2019), notamment en ce qui concerne les mécanismes et dynamiques des comportements humains et les moyens de les réguler. Plusieurs raisons, tant pratiques qu'éthiques, peuvent expliquer ce manque de connaissances : observer (ou être observé) sur le lieu et au moment même d'une catastrophe posent des difficultés pratiques (voire de survie) qui limitent la possibilité et l'intérêt de collecter des données dans de telles situations (Chandessais, 1979 ; Moussaid, 2019). D'un point de vue éthique, il ne paraît guère envisageable d'équiper les personnes de divers instruments afin de les suivre en continu dans l'attente d'un éventuel évènement catastrophique qui génèrerait des réactions en rupture avec le quotidien (Provitolo *et al.*, 2015) et une adaptation temporaire à la situation.
- 3 Dans ce champ d'étude, les recherches en sciences humaines et sociales s'appuient classiquement sur trois grands types de recueil de données : les études *a posteriori*, les enquêtes immersives recourant à la réalité virtuelle et aux jeux sérieux et enfin les exercices sur le terrain, en « grandeur nature » avec les acteurs opérationnels.
- 4 Les principales sources d'information sur les comportements adoptés lors d'une catastrophe sont des récits d'évènements, des entretiens et des enquêtes menés *a posteriori* auprès d'acteurs opérationnels, d'habitants et de victimes sur un territoire spécifique. Ces différentes démarches ont été menées à différentes échelles, notamment : i) sur de vastes territoires : les réactions face aux bombardements aériens lors de la seconde guerre mondiale (Janis, 1951), la comparaison des perceptions des évènements naturels dans le monde recensés dans le programme Man And Biosphère<sup>1</sup> (Baumann et Sims, 1974 ; Whyte, 1978), les comportements de panique observés à travers le monde pour différents types de catastrophes (Crocq, 2013), ii) sur des territoires plus restreints en prise avec de grands chocs qui surprennent les populations et les acteurs par leur soudaineté et leur fulgurance, par exemple : les tremblements de terre d'Esméralda en 2016 (Rebotier *et al.*, 2019) ou de Loma Prieta en 1989 (Bourque et Russel, 1994 ; Mileti, 1991), la tempête Alex en 2020 (Provitolo et Ranarimahefa, 2021 ; Ranarimahefa *et al.*, 2021), les cyclones Irma en 2017 (Benitez *et al.*, 2020 ; Jouannic *et al.*, 2020 ; Vinet *et al.*, 2020) ou Katrina en 2005 (Barsky *et al.*, 2006), l'éruption volcanique du Karthala en 2006 (Morin *et al.*, 2009), les coulées de boue au Venezuela en 1999 (Revet, 2009), les inondations torrentielles en Méditerranée (Boschetti *et al.*, 2018 ; Girard et Langumier, 2006 ; Lutoff et Ruin, 2010 ; Papagiannaki *et al.*, 2017 ; Ruin *et al.*, 2014), les tsunamis en Europe<sup>2</sup> (Labbé, 2017 ; Lavigne, 2017 ; Lavigne et Paris, 2011), ou encore les attentats (Drury *et al.*, 2009 ; Ripley, 2008). Ces recherches mettent en lumière le déni ou au contraire l'importance des comportements pro-sociaux, le rôle de la culture du risque, des niveaux de préparation (Beck *et al.*,

2018) et de connaissances de procédures d'alerte telles que les sirènes et l'application des consignes de sécurité édictées par les pouvoirs publics (Daudé *et al.*, 2021 ; Douvinet *et al.* 2021 ; Douvinet, 2020 ; Dubos-Paillard *et al.*, 2022 ; Ferrand, 2022 ; IRMa 2022).

- 5 Certaines limites peuvent toutefois être relevées. Les protocoles utilisés étant souvent spécifiques à la catastrophe étudiée, ils sont difficilement répliquables et réduisent de ce fait les possibilités de comparer les résultats obtenus sur d'autres terrains. De plus, les enquêtes post-catastrophes ne peuvent saisir « sur le vif » les réactions produites par le choc. Les réponses des enquêtés peuvent alors comporter des biais liés à la désirabilité sociale : une personne ayant eu un comportement individualiste ou « peu glorieux » pourrait ne pas souhaiter participer à une demande d'entretien, comparé à d'autres individus ayant adopté des comportements socialement attendus (Dubos-Paillard *et al.*, 2021). Enfin, le panel des répondants ne peut pas être absolument représentatif de la population impactée : comme l'indique Lewis Killian (1956), seules les personnes ayant survécu à l'évènement peuvent éventuellement répondre aux enquêtes : « the fact that those who did not survive can not tell their stories automatically makes one gap in data on survival behavior » (Killian, 1956, p. 4).
- 6 Concernant les enquêtes immersives, on observe depuis quelques années un regain d'intérêt pour le développement des jeux sérieux et de la réalité virtuelle. Sous la forme de jeux mono ou multi-acteurs, les jeux sérieux sont de plus en plus utilisés pour éduquer et former les acteurs et la population en les confrontant à des situations réelles plausibles et complexes de risques de catastrophes. Le jeu peut prendre la forme d'un jeu de plateau, d'une application informatique, voire combiner les deux et cibler différents publics. Nous pouvons citer à titre d'exemple « Extreme Event » développé par le LabX de l'académie nationale des sciences à Washington, « FloodSim » créé par la Norwich Union en collaboration avec l'entreprise Playgen, « Stop disaster » de l'International Strategy for Disaster Reduction, le module « IMPACT » (Immédiat Management Planification ACTION) développé par le Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes-Maritimes pour s'immerger dans une gestion de crise et s'entraîner à la prise de décisions sous incertitude (Castagnola, 2017) ou encore « LittoSim » sur le risque de submersion marine (Amalric *et al.*, 2017 ; Becu *et al.*, 2017). Certains auteurs intègrent dans les jeux sérieux des travaux basés sur la réalité virtuelle. Au-delà de la formation de la population, ils impliquent davantage le participant dans la simulation en lui permettant de se déplacer. Des capteurs placés sur le corps de ce dernier permettent de mesurer le rythme cardiaque, de connaître les zones regardées ou encore d'observer les expressions du visage, la dilatation des pupilles, etc. (Kiefer *et al.*, 2017). Ces méthodes permettent ainsi la compréhension du mouvement de la personne associée à sa perception sensorielle de l'environnement (Balzarini *et al.*, 2019). Encore peu mobilisées dans le domaine des risques et des catastrophes, elles nécessitent des protocoles plus stricts, sous forme d'expérimentations en laboratoire (Verdière *et al.*, 2021a ; Verhulst *et al.*, 2019).
- 7 Enfin, d'autres recherches recourent à des exercices de simulation sur des terrains réels véritablement exposés à un danger. On peut citer par exemple « Sain et Sauf ? » : réalisé par l'équipe I<sup>2</sup>PRI du laboratoire PACTE de Grenoble, cet exercice propose de sensibiliser et de tester les connaissances de la population en situation d'évènement naturel extrême (inondation et séisme) par des mises en situation théâtralisée. En France, ces formes de mises en situation sont fortement encouragées par la réglementation pour les grands services publics ou les établissements SEVESO. Les

collectivités territoriales et les autorités déconcentrées de l'Etat (préfectures de département et zones de défense) doivent également régulièrement organiser des exercices pour évaluer les documents de planification de l'organisation de la réponse de sécurité civile (ORSEC). La loi de modernisation de la sécurité civile de 2004 impose en effet de « bâtir une véritable politique d'exercices, variés et réalistes ». Elle incite à réaliser des exercices en grandeur réelle, en y associant directement le public (au moins un exercice par département et par an). Ces exercices de crise peuvent être de niveau international, zonal, départemental ou communal, de type exercice cadre, lorsque les membres de la cellule de crise sont en salle ou de type cadre et terrain quand il y a intégration d'une action sur le terrain (DSC, 2011). On peut citer l'exercice EU Sequana qui a eu lieu en mars 2016 en Ile-de-France pour préparer les opérateurs publics et privés et tester leurs capacités à faire face à une crue centennale de la Seine (Préfecture de Police de Paris, 2015). Il s'agit d'un exercice européen de gestion de crise organisé par le Secrétariat Général de la Zone de Défense et de Sécurité de Paris (SGZDS) réunissant quelques 87 opérateurs publics et privés, ainsi qu'un nombre important de pays observateurs et une quarantaine de chercheurs issus de disciplines différentes (géographes, sociologues, sciences de gestion etc.). Les acteurs institutionnels et opérationnels de la gestion des crises ainsi que de nombreux opérateurs d'importance vitale (OIV) ont été amenés à « jouer » collectivement le scénario d'une crue centennale se déroulant sur plusieurs jours. Des chercheurs ont alors observé et analysé les relations entre les partenaires (November et Créton-Cazanave, 2017), les outils de coordination ainsi que les stratégies d'improvisation face à l'inattendu (Caietti, 2017). Même si la population n'a pas été partie prenante dans cet exercice, ce type de préparation à la crise, indéniablement d'une grande validité écologique, reste relativement rare en raison de son coût et du nombre d'acteurs mobilisés. Les acteurs s'accordent cependant sur les apports de ces simulations de crise proches de situations réelles. La plupart des mises en situation dans un environnement réel se font à des échelles moins importantes (Castagnino et Faveton, 2021). Or, comme pour les enquêtes *a posteriori*, l'une de leurs limites est de ne pas développer des protocoles permettant d'identifier et de comparer les comportements de populations lors de différents types de catastrophes. En effet, ce type d'exercice est destiné le plus souvent aux acteurs opérationnels et non aux citoyens ordinaires.

- 8 Afin de pallier ces difficultés de compréhension des réactions et des rassemblements de population, d'autres recherches ont recours à la modélisation. Les modélisateurs s'intéressent alors aux dynamiques de la foule en état de panique et de son évacuation en milieu fermé ou semi-fermé (Daudé *et al.*, 2019 ; Hagenauer *et al.*, 2011 ; Helbing *et al.*, 2000 ; Helbing et Molnar, 1995 ; Moussaid, 2019 ; Provitolo, 2005). Ces modèles de simulation se basent sur les aspects physiques du mouvement de la foule en situation de catastrophe ; ils intègrent rarement la prise de décision individuelle car ils sont davantage fondés sur une analyse écocentrée (vue de l'extérieur) de la situation que sur une approche égocentrée (point de vue des individus). De plus, si la réaction de panique a bien été démontrée (Crocq, 2013 ; Drury et Reicher, 2011 ; Dupuy, 1991 ; Quarantelli, 2008), elle n'est cependant pas la seule observée (Noto *et al.*, 1994). Sur des territoires urbains, où l'emprise spatiale de la catastrophe est étendue et concerne des milieux ouverts<sup>3</sup>, semi-fermés<sup>4</sup> ou fermés<sup>5</sup>, les comportements sont multiples et révèlent une large diversité de trajectoires allant de la fuite panique aux déplacements d'évacuation organisée ou non (Dubos-Paillard *et al.* 2019 ; Fenet et Daudé, 2020 ; Provitolo *et al.* 2021).

- 9 En se focalisant sur la panique, les modèles ne permettent pas d'appréhender les dynamiques de changements d'états comportementaux. Or, les recherches en psychologie et en neurosciences enseignent que l'être humain reste rarement figé dans un même état comportemental. Enfin, même si les recherches en géographie ont montré l'importance des contextes spatiaux, les modèles de simulation précédemment cités présentent souvent une configuration spatiale simplifiée, voire un espace isotrope et homogène. La topographie, l'agencement des bâtiments dans un espace urbain, les possibilités en matière de déplacements, sont pourtant des éléments à même d'influencer les comportements des populations en situation de catastrophe.
- 10 Il ressort de ce rapide tour d'horizon des connaissances scientifiques que de nombreux questionnements subsistent notamment sur la diversité des comportements durant une catastrophe et sur leurs enchaînements dynamiques (séquences comportementales). A cela s'ajoutent des dimensions spatio-temporelles peu prises en compte dans la connaissance des réactions et des déplacements (notamment en matière d'évacuation, de fuite, ou de confinement), comme l'influence de l'évènement (sa plus ou moins grande soudaineté) et des configurations territoriales (les espaces où se déroule l'évènement).
- 11 Pour apporter des éléments de réponse à ces questionnements, nous avons conçu un dispositif de recherche que l'on pourrait qualifier d'expérimental au sens où il est planifié et manipulé par le chercheur (Matalon, 1988). Il se caractérise par le recours à des simulations sur le terrain mettant les participants (ici des habitants) en situation de catastrophe imminente. La démarche, décrite dans le détail ci-après, permet de respecter une validité écologique (Schmuckler, 2001) en s'appuyant sur une simulation *in situ* dans des environnements familiers et pratiqués par les participants (dans leur cadre de vie habituel). La notion de validité écologique interroge la représentativité et la signification de la situation, des stimuli et des comportements observés pour les participants d'une étude (Schmuckler, 2001), le but étant de mener à la fois une étude écologiquement valide et scientifiquement robuste, avec des variables bien définies. Ainsi, la configuration territoriale réelle fait partie intégrante du dispositif. Prise en compte dans sa complexité, elle permet d'identifier et cartographier les diverses trajectoires des personnes. L'autre caractéristique de ce dispositif expérimental est qu'il a été conçu en interdisciplinarité regroupant des chercheurs issus de la géographie, de la psychologie, des mathématiques et de l'informatique. Prolongeant ce dialogue interdisciplinaire, les données qualitatives, quantitatives et spatiales issues des enquêtes ont permis aussi d'affiner les modèles mathématiques que nous élaborons par ailleurs dans le programme Com2SiCa (<https://www.com2sica.cnrs.fr/>) pour comprendre les dynamiques spatio-temporelles des comportements (Lanza *et al.* 2022 ; Provitolo *et al.* 2020a-b ; Verdière *et al.*, 2021b). En effet, afin de ne pas construire des modèles « hors-sol », la volonté du groupe de recherche a été d'alimenter les travaux de modélisation à partir de données empiriques issues de mises en situation. Cette articulation entre collecte de données et calibration des modèles reste rare dans ce domaine de recherche, alors qu'elle est fondamentale tant pour enrichir la modélisation que pour anticiper la gestion des crises.
- 12 Dans cet article, nous présentons cette méthode de mise en situation sur le terrain, reproductible et ne nécessitant pas de moyens financiers et techniques lourds. A la différence des exercices de gestion des crises évoqués précédemment, notre démarche inclut des personnes ordinaires : dans les scénarios proposés, il ne s'agissait pas



d'observer les interactions entre les professionnels et les acteurs de la gestion des risques, mais davantage de comprendre comment des personnes ordinaires se comportaient spontanément, en postulant qu'elles ne connaissaient pas d'emblée les codes et les manières d'agir dans des situations potentiellement catastrophiques. Par ailleurs, à la différence des exercices en réalité virtuelle, où la personne est plongée d'emblée dans une situation non-équivoque (exemple : une explosion, un incendie, etc.), notre objectif était de proposer un scénario qui introduit de l'ambiguïté, partant d'une situation quotidienne (des bruits de ville, de tramway etc.) suivie de bruits plus soutenus (des cris, des sirènes) évoquant potentiellement une catastrophe. Le sens que lui donnait le participant restait ouvert, il pouvait être sujet, comme dans la réalité, à plusieurs interprétations. Enfin, notre méthode permettait d'intégrer dans l'enquête des personnes de différentes tranches d'âge qui, en ce qui concerne les plus âgées, n'étaient pas nécessairement préparées « à s'immerger » dans une simulation informatique interactive ou dans un jeu de rôles, technologies plus souvent utilisées par un public jeune, étudiant ou scolaire.

- 13 La méthodologie a été déployée sur deux villes aux scénarios de menaces plausibles, co-élaborés avec des experts de la prévention et de la gestion de crises : un tsunami à Nice et un évènement technologique majeur au Havre. Ces deux scénarios correspondent à des situations spatiales différentes : l'hypothèse d'un tsunami à Nice est fondée sur la sismicité de cette région<sup>6</sup> tandis que celle d'un évènement technologique majeur est liée au tissu industriel propre au Havre<sup>7</sup>. Les deux types d'aléas « naturel » ou « industriel » partagent des caractéristiques temporelles intégrées aux scénarios élaborés, à savoir : une survenue soudaine, rapide d'un évènement majeur, avec peu ou sans signes précurseurs. Ce sont donc les grands chocs qui surprennent les victimes qui nous intéressent ici ; ils se distinguent de scénarios où la catastrophe en s'étirant ou s'installant sur du temps long<sup>8</sup> produit des adaptations aux effets davantage envisagés.
- 14 Nous présentons étape par étape cette démarche méthodologique (partie 1). La conduite de l'enquête réalisée sur la ville du Havre sert de fil conducteur et d'illustration concrète de cette expérimentation sur le terrain (partie 2). Les principaux résultats (partie 3) révèlent la pertinence et l'intérêt de la démarche.

## Immerger, faire réagir et observer les enquêtés dans un scénario de catastrophe simulée

- 15 Pour répondre aux enjeux de cette recherche, nous avons proposé une triangulation méthodologique<sup>9</sup> (Caillaud et Flick, 2016) articulant des techniques d'enquêtes classiques (entretiens individuels sur des lieux réels et potentiellement concernés par une catastrophe) à des techniques immersives. Cette méthode de triangulation permet de recouper les résultats et de saisir plus finement les dynamiques de comportements. La production, l'enregistrement et le traitement des données collectées permettent des analyses tenant compte des différents effets de contexte, réel (la réalité de l'espace géographique) et simulé (l'immersion visuelle et sonore, figure 1)<sup>10</sup>.
- 16 L'immersion a donc pour objet de faire réagir, observer et enregistrer les comportements des participants volontaires. Elle comporte une visée anticipative au sens où, en les immergeant dans un scénario de catastrophe fulgurante, imprévue et sans pré-alerte, l'enquête cherche à donner des clés de compréhension des réponses comportementales pouvant survenir durant ce type d'évènement. La démarche

s'appuie sur plusieurs éléments : des entretiens sur des lieux réels (l'Esplanade de la plage et la place Oscar Niemeyer dite « Le Volcan » au Havre) constituent le cadre de l'enquête (carte 1) et sont associés à une immersion visuelle et une immersion sonore pour la dimension simulée de la catastrophe. Cette démarche est structurée en trois étapes (figure 1) cadrées par un guide d'entretien<sup>11</sup>, dont nous présentons ci-après les thèmes principaux.

- 17 Conduire des entretiens avec un recrutement aléatoire de participants tout en se basant sur un échantillonnage précis<sup>12</sup> n'a rien d'une évidence : chaque citoyen peut avoir le sentiment d'être sur-sollicité (par les médias, la publicité, les sondages etc.) et de ce fait adopter une stratégie d'évitement face à une nouvelle sollicitation, fût-elle scientifique. Durant la phase de recrutement, la photographie aérienne associée à l'enquête « Gulliver » (Tricot *et al.*, 2012) joue un rôle déterminant. Les différentes techniques et outils mobilisés pouvant surprendre, voire stresser les personnes, l'entretien nécessite une information préalable.

Figure 1 : Les trois étapes de l'enquête : méthodes et objectifs



Source : Programme Com2SiCa – Conception-réalisation : Lago-Marques, Tricot, Provitolo, 2020.

- 18 Avant de développer les 3 étapes de l'enquête (figure 1), nous présentons la phase de recrutement qui conditionne le déroulement des entretiens.

## La phase de recrutement des participants

- 19 Le recrutement s'effectue de deux manières : d'une part, un appel à participation est diffusé par voie de presse et par des réseaux universitaires indiquant les lieux, dates et la durée de l'entretien (estimé à 45 mn) ; d'autre part, les participants sont contactés *in situ*, au moment de l'installation sur place de l'immense photographie aérienne (photographies 3 et 4) qui capte l'attention et la curiosité des passants : attirés par cette

image, ils viennent spontanément poser des questions sur ce dispositif, ce qui permet à l'équipe de présenter la recherche, ses objectifs et de les inviter à participer aux entretiens.

- 20 L'entretien est mené par un binôme de chercheurs et s'appuie sur un protocole où chaque membre de l'équipe a un rôle précis : la responsable du programme, les enquêteurs, les observateurs, les coordinateurs des équipements et des enregistrements, les régulateurs de la venue de badaud<sup>13</sup>. Outre sa dimension organisationnelle, ce protocole, élaboré avec des collègues psychologues, cadre le contenu scientifique et déontologique de l'enquête<sup>14</sup>.
- 21 La responsable du programme accueille un participant à la fois, lui donne des renseignements sur l'entretien, lui fait signer la lettre de consentement à la participation. Cette lettre l'informe qu'il va être exposé à une situation potentiellement stressante et qu'il peut arrêter à tout moment l'entretien. Elle introduit l'enquête de la manière suivante :
- « Bonjour Madame/Monsieur  
Nous vous remercions d'être venu. Nous allons démarrer l'enquête, et dans le cadre de cette recherche, nous vous invitons à signer une lettre de consentement qui est également signée par la responsable du projet et dont vous garderez un exemplaire. Nous vous demandons la permission d'installer cette montre connectée qui nous permettra d'enregistrer vos déplacements tout au long de l'enquête. »
- 22 Elle présente ensuite l'équipe et les objectifs de la recherche :
- « Nous sommes une équipe scientifique de recherche publique des universités et du CNRS. Nous menons une étude sur les comportements humains en situation de catastrophe et nous avons déjà réalisé une enquête auprès des habitants de Nice. »
- 23 Elle donne un minimum d'indications<sup>15</sup> sur le scénario proposé :
- [Extrait entretien]  
« Pour le Havre, nous allons imaginer avec vous l'hypothèse d'un accident technologique majeur qui se produirait sur la ville. Pour cela, nous échangerons avec vous durant 45 minutes. »
- 24 Une fois ces éléments précisés, le participant est équipé d'une montre connectée pour que, lors de l'immersion sonore, ses itinéraires d'évacuation soient enregistrés.

## Les trois étapes de l'enquête

### Etape 1 – L'immersion visuelle : une adaptation de l'enquête « Gulliver »

- 25 L'entretien débute par une immersion visuelle adaptée de l'enquête « Gulliver » (Tricot, 2016) qui s'appuie sur la composition d'une grande photographie aérienne ou ortho-photographie obtenue par assemblage de dalles IGN. Sa particularité est de combiner une vue aérienne de très grande dimension (de 20 à 25m<sup>2</sup>) à une échelle très précise (de 1/8000<sup>ème</sup> à 1/5000<sup>ème</sup>). L'objet produit ainsi une forme d'immersion visuelle : tel un géant (d'où la référence à Gulliver) le volontaire découvre son espace de vie « vu d'en haut ». Grâce à cet assemblage, il « parcourt » ainsi plusieurs hectares en quelques minutes à peine. Sur un mode interactif, il est ensuite invité à écrire, marcher et à s'exprimer sur ce grand format d'image imprimée sur bâche plastifiée (photographie 1).
- 26 L'enquête « Gulliver » a été adaptée au projet Com2SiCa afin de connaître les usages du lieu des participants, leurs trajectoires et leurs modes de transport usuels<sup>16</sup>. Pour

l'enquête du Havre, la photographie aérienne est placée sur les lieux mêmes de l'enquête (Esplanade de la plage et place Oscar Niemeyer) : nous invitons le participant à tracer sur celle-ci ses trajets usuels à l'aide d'un stylo-craie (photographie 1). Ces tracés sont ensuite photographiés et répertoriés, personne par personne : on obtient ainsi des données visuelles et spatiales localisées et individualisées (figure 8). Ce parcours spatialisé est commenté dans un échange basé sur un guide d'entretien (annexe 1, extrait entretien et relance ci-dessous) afin de connaître et comprendre les motivations de déplacement et les trajectoires des personnes en temps « normal ».

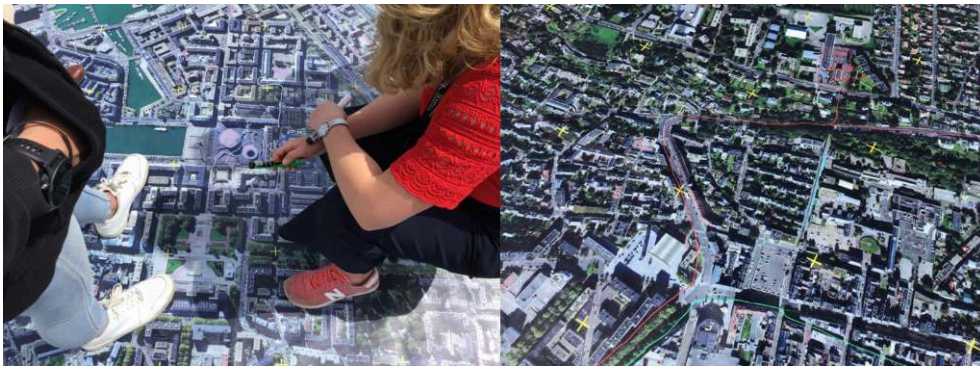
[Extrait de la première consigne]

« Pourriez-vous nous indiquer quel est votre lieu de départ pour accéder à l'Esplanade de la plage du Havre. »

[Relance éventuelle]

« Ce lieu de départ, correspond-il à votre lieu d'habitation ? Votre lieu de travail ? »

**Photographie 1 : Une participante trace ses itinéraires (extrait Enquête « Gulliver » – Le Havre, mai 2019)**



Source : Programme Com2SiCa - © Haule, 2019.

- 27 Afin de cartographier les trajectoires changeantes des personnes en situation de catastrophe, la démarche s'appuie sur une deuxième étape : l'immersion des participants dans un scénario progressif de catastrophe à l'aide d'une bande-son spécifiquement élaborée par les chercheurs de l'équipe.

## Etape 2 – L'immersion sonore sur les lieux de l'enquête

- 28 L'immersion sonore a pour objectif de projeter la personne dans une situation dynamique et fictive (mais crédible) de catastrophe soudaine et imprévue. La personne est ainsi plongée progressivement dans une ambiance d'évènement fulgurant visant à susciter des réponses émotionnelles et des réactions plus ou moins intenses. Pour permettre cette immersion progressive, nous avons élaboré une bande-son<sup>17</sup> où la personne à l'écoute passe en l'espace de 3 à 4 minutes d'une situation « normale », quotidienne, à une situation de « catastrophe ». L'écoute de la bande-son se déroulant sur le lieu même de l'enquête, qui est aussi un lieu choisi par le participant en fonction de ses usages, le dispositif permet de collecter des données sur les réponses comportementales en relation avec la configuration spatiale du terrain.
- 29 La bande-son est constituée d'une succession de séquences renvoyant à des bruits quotidiens (par exemple des bruits ambiants de ville) et à des évènements naturels, technologiques ou sociaux (par exemple des bruits d'explosion liés à un accident technologique ou à un attentat pour le scénario havrais, des bruits de vagues évoquant

l'arrivée d'un tsunami ou d'une tempête pour le scénario niçois, des bris de vitres, des bruits de sirènes – d'alerte, d'intervention des secours -, des consignes d'évacuation, des bruits de foule, des commentaires de personnes etc. pour les deux scénarios). La bande-son a été réalisée et séquencée<sup>18</sup> de manière à pouvoir, lors du traitement des données, mettre en relation le stimulus sonore et les réponses comportementales associées.

- 30 Comme précisé précédemment, le scénario est volontairement présenté de façon succincte afin que la personne découvre peu à peu l'ambiance de crise ; elle est en situation d'incertitude par rapport à l'évènement en train de se produire. En effet, le contexte d'une catastrophe renvoie bien souvent à des ambiances sonores, visuelles et des environnements dynamiques le plus souvent chaotiques où les signaux pour reconnaître le phénomène peuvent être difficiles à décoder : à quel évènement a-t-on affaire, quel est ce bruit, d'où vient-il ? Qu'est-ce qu'il se passe ? Comment répondre à la situation ? Où partir ? Ces questions auxquelles sont confrontées les personnes ne favorisent pas forcément l'adoption des comportements attendus par les décideurs ou les gestionnaires des crises, comme par exemple reconnaître les signes de l'alerte, évacuer calmement, se mettre à l'abri.
- 31 Durant cette phase, il est uniquement demandé au volontaire d'écouter attentivement la bande-son et d'y réagir spontanément, sans que l'enquêteur ne vienne lui demander ou suggérer d'adopter un comportement spécifique. Il est toutefois accompagné et informé que l'écoute de la bande-son peut générer une émotion forte, voire du stress :

[Extrait entretien]

« Nous allons maintenant à l'endroit que vous fréquentez habituellement. Nous allons vous équiper d'écouteurs dans lesquels vous allez entendre une bande sonore. **Vous serez exposé à une situation de stress. Nous vous rappelons que vous pouvez arrêter cette étude à tout moment** ».

[Extrait consigne]

« Nous vous demanderons de vous comporter lorsque vous écouterez la bande-son, comme si vous étiez dans la situation » (seul, en famille..., au choix du participant). »

Photographie 2 : Casque audio pour l'immersion et montre connectée pour le suivi des réactions des participants sur le terrain

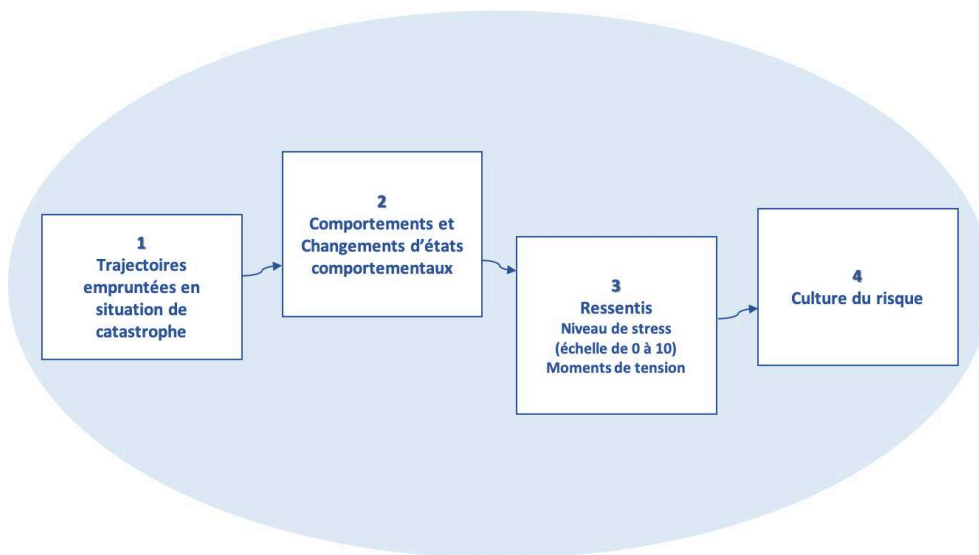


Source : Programme Com2SiCa - © Provitolo, 2019.

### Etape 3 – Le débriefing

- 32 L'entretien de débriefing constitue la dernière étape de l'enquête. C'est une étape réflexive qui invite le participant à revenir sur ses réactions, ses choix. La simulation sonore étant émotionnellement stressante, ce moment de débriefing est également important pour vérifier que le participant s'est déconnecté de la simulation et est revenu à un état plus apaisé, proche du quotidien. En fonction des réponses obtenues, le débriefing permet également aux chercheurs de valider la crédibilité du scénario proposé. Le débriefing repose sur quatre thématiques : les trajectoires empruntées, les comportements (adoptés et/ou envisagés), les ressentis émotionnels et la culture du risque (figure 2).

Figure 2 : La structure de l'entretien individuel en débriefing



Source : Programme Com2SiCa - Conception-réalisation : Lago-Marques, 2019.

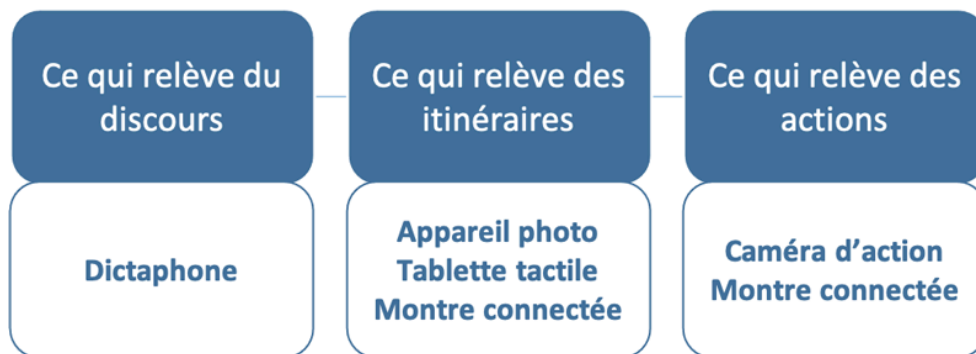
- 33 La première thématique est relative aux trajectoires : les participants sont invités à décrire et expliquer, en retournant sur la carte « Gulliver », les choix d'itinéraires qu'ils auraient empruntés en cas de catastrophe. Utilisée comme technique de réactivation dans l'entretien (Petiteau et Pasquier, 2001), la carte « Gulliver » est ici remobilisée pour leur permettre d'indiquer et d'expliciter les motivations émotionnelles et cognitives qui les auraient guidées. Au cours de cet échange, chaque participant fait également part de sa compréhension du scénario de catastrophe. Cette phase permet de comparer les déplacements des personnes en situation normale avec les itinéraires empruntés en situation d'exceptionnelle gravité (figure 8). Les données discursives et topographiques collectées permettent de contextualiser le comportement de la personne.
- 34 Dans la seconde thématique, l'enquêteur demande aux participants de décrire les comportements et changements de comportements (par exemple le passage de la fuite à la recherche d'abri) qu'ils ont adoptés, ou auraient souhaité adopter, durant l'immersion sonore. L'objectif est de les amener à expliciter leur perception du déroulement des événements ainsi que leurs réactions dans cette ambiance (sonore, spatiale, visuelle). Cet échange se déroule autour d'une table pour continuer l'entretien individuel (figure 1).

- 35 La thématique 3 renvoie aux ressentis émotionnels afin de comprendre comment les enquêtés ont vécu l'immersion sonore. Pour ce faire, une échelle d'auto-évaluation de stress<sup>19</sup> leur est proposée. Sur cette échelle numérique, le participant note ses niveaux de stress de 0 à 10, du moins au plus intenses, en considérant trois temps différents : celui de l'immersion sonore (au moment le plus fort), celui à la fin du débriefing (après l'immersion sonore) et celui du quotidien, afin de permettre un meilleur cadrage de la charge émotionnelle générée par l'évènement catastrophique. Au-delà de servir d'indicateur d'état émotionnel, la discussion sur le niveau de stress permet également d'identifier les sons (par exemple, explosions, bruits de vague, sirènes, commentaires de foule) qui font réagir plus spécifiquement les personnes et de préciser les moments les plus anxiogènes ressentis durant la mise en situation.
- 36 Enfin, la thématique 4 du débriefing renvoie à la culture du risque, en invitant les personnes à préciser leur connaissance et leur préparation au risque de catastrophe sur leur territoire. On souhaite ici connaître comment les personnes ont acquis cette culture : par participation à des campagnes de sensibilisation, par formation aux risques majeurs et/ou par expérience d'un accident ou catastrophe. Ces deux types de culture du risque (par formation ou par expérience) permettent de comprendre l'influence des acquis sur les comportements adoptés lors de l'expérimentation.
- 37 Des données sont recueillies sur le profil des enquêtés (âge, catégorie socio-professionnelle et quartier d'habitation) pour les traitements statistiques et l'interprétation des résultats. Enfin, l'entretien termine par le recueil de l'avis individuel de chaque participant sur l'enquête, la démarche et la thématique de la recherche.

## Le recueil et l'enregistrement de la diversité de données

- 38 Lors de chaque entretien, d'une durée de 45 à 60 mn, différentes techniques d'enregistrement sont mobilisées pour sauvegarder les données. Cinq équipements sont utilisés (figure 3) : un dictaphone, un appareil photo, une tablette tactile, une montre connectée et une caméra d'action.

Figure 3 : Les outils d'enregistrement et de recueil des différents types de données



Source : Programme Com2SiCa - Conception-réalisation : Lago-Marques, 2019.

- 39 Le dictaphone est utilisé durant l'intégralité de l'expérimentation afin d'enregistrer ce qui est dit par le participant lors des entretiens initiaux (étape 1) et finaux (étape 3), et ce qu'il verbalise durant l'immersion sonore (étape 2). Toutes les informations

déclaratives des enquêtés sont ensuite retranscrites dans leur intégralité, sous forme de verbatim pour l'analyse des données discursives.

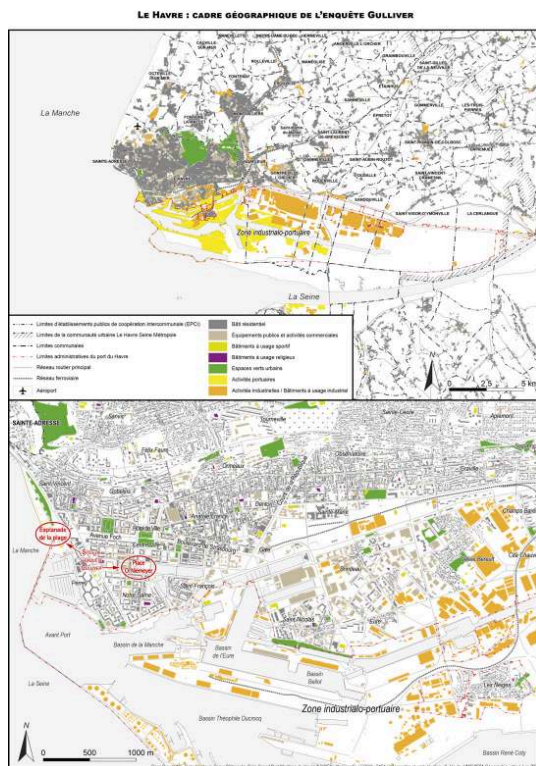
- 40 L'appareil photo et la tablette tactile permettent d'enregistrer les données spatialisées (figure 8) des itinéraires tracés sur la carte « Gulliver » (étapes 1 et 3) afin d'alimenter par la suite une base de données cartographiées.
- 41 La caméra d'action et la montre connectée ont pour fonction de filmer et d'enregistrer les comportements et trajectoires des participants (étape 2). Par son capteur GPS, la montre connectée fournit une carte précise des déplacements de chaque participant durant l'immersion sonore.
- 42 Les données collectées sont à la fois discursives, visuelles (photographies, caméra d'action), spatiales (GPS) et manuscrites (notes d'observation des chercheurs). Leur diversité rend possible une analyse contextuelle fine des interactions, des changements d'états comportementaux, qu'ils soient associés à une action (comme par exemple : protéger ses proches, être en état de sidération) ou à un déplacement (comme par exemple : fuir, s'abriter, se confiner, etc.).

## **L'application de la méthodologie à un cas et scénario d'étude : un accident technologique majeur au Havre**

- 43 Dans cette partie, nous présentons l'application de la démarche sur le terrain havrais (carte 1) pour un scénario d'accident technologique majeur dont les caractéristiques sont la soudaineté, la rapidité et le caractère imprévu. Ce scénario a été co-construit avec les acteurs institutionnels et opérationnels de ce territoire et deux sites ont été choisis : l'un en milieu semi-fermé (la place basse Oscar Niemeyer) et l'autre en milieu ouvert (l'Esplanade de la plage).



Carte 1 : La ville du Havre



Source : Programme Com2SiCa - Conception-réalisation : Haule, 2021.

## Une ville exposée à plusieurs risques technologiques

- 44 Accueillant 17 établissements classés SEVESO<sup>20</sup> Seuil Haut, la zone industrialo-portuaire du Havre fait face à de multiples risques technologiques tels que des explosions (et leurs effets de surpression), des incendies (avec des effets thermiques) et des émissions de gaz (à effets toxiques). Vivre avec ces risques signifie pour le pôle havrais la mise en place d'un ensemble d'outils impliquant différents niveaux décisionnels et allant de la prévention à l'information de la population sur les risques. Ainsi pour la prévention, l'agglomération havraise dispose d'un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) ; concernant la gestion des secours, les industries disposent de plans de secours internes – les Plans d'Opération Internes (POI) – complétés par des plans de secours externes, comme le Plan Particulier d'Intervention (PPI) spécifiant « ce qu'il fait faire en cas d'alerte » (figure 4). Par ailleurs, la zone industrialo-portuaire du Havre dispose aux échelles communales et intercommunales de Plans Communaux de Sauvegarde (PCS). Pour l'information sur les risques, la collectivité havraise dispose également d'un ensemble d'outils d'information du public tels que le Dossier Départemental des Risques majeurs (DDRM) et le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM). Elle utilise enfin des plaquettes d'information, mises à disposition du public, afin d'instruire les citoyens sur les comportements à suivre en cas d'accident technologique. La diversité de ces outils témoigne de l'exposition réelle et multiforme de la population havraise à la survenue de risques majeurs.

Figure 4 : Les consignes du Plan Particulier d'Intervention en cas d'un accident technologique majeur



Source : ORMES, 2010.

- 45 Les comportements attendus par les institutionnels au regard du PPI sont essentiellement de trois types : la mise à l'abri, le confinement et le suivi des consignes de sécurité transmises durant la catastrophe. Si ces consignes existent dans le PPI et les DICRIM, les résultats des enquêtes permettront d'indiquer si les réponses comportementales des personnes répondent à cet horizon d'attente des acteurs institutionnels.

### La sensibilité d'un terrain industriel et la co-construction du scénario de recherche avec les acteurs institutionnels locaux

- 46 Réaliser des enquêtes sur un territoire à risques technologiques pose plusieurs types de difficultés. Evoquer un scénario de catastrophe dans une ville est susceptible d'inquiéter la population, même si celle-ci peut régulièrement être en alerte à travers divers incidents (odeurs suspectes, incendies, sirènes etc.) ou campagne de sensibilisation. Ce type de scénario est aussi susceptible d'être perçu par les acteurs institutionnels locaux comme désignant potentiellement des responsables, les industries ou les entreprises par exemple.
- 47 Il fallait par conséquent imaginer un scénario adapté à ce contexte : c'est en collaboration avec la communauté urbaine Le Havre Seine Métropole, le réseau Synerzip-LH, partenaires du projet, le service Protection civile urbaine de la ville du Havre et la Capitainerie du port, que nous avons donc volontairement opté pour un scénario « d'accident technologique majeur », sans préciser le lieu ni l'origine précise du sinistre. Au-delà de la définition du scénario, la coopération avec les acteurs institutionnels a permis d'affiner nos questions de recherche, en particulier celles renvoyant au comportement attendu de confinement lorsque la sirène d'alerte retentit.

## Des sites d'enquête permettant de tester l'hypothèse de confinement

- 48 Ces enquêtes immersives sur le terrain avaient pour objectif de saisir la diversité *in situ* des dynamiques comportementales privilégiées par la population. Deux zones d'étude ont été définies sur la ville du Havre : un site en milieu semi-fermé (la place basse Oscar Niemeyer) et un en milieu ouvert (l'Esplanade de la plage) (figure 5).

Figure 5 : La localisation des deux sites d'enquête<sup>21</sup>



Source : BDOrtho HR, IGN, 2018. Programme Com2SiCa - Conception-réalisation : Ranarimahefa et Lago-Marques, 2020.

- 49 L'Esplanade de la plage, face à la mer (photo 3), est comme son nom l'indique, une grande esplanade de promenade, de plage et d'activités de loisirs (restaurants, skate-park...), avec peu d'emprise de bâtiments au sol. Du fait de cette configuration, le confinement peut donc difficilement être la première réaction immédiate lorsque la sirène se déclenche. La place basse (photo 4) est à l'inverse une esplanade semi-fermée : elle est en contrebas des rues qui l'entourent et est encerclée d'immeubles résidentiels et de bâtiments recevant du public (médiathèque, théâtre), ce qui devrait favoriser un confinement rapide lors du signal sonore d'alerte. Cependant, du fait de la situation en soubassement de la place, les personnes n'ont pas d'information visuelle sur les évènements qui pourraient se passer sur la zone industrialo-portuaire.

Photographie 3 : L'Esplanade de la plage au Havre



Source : Programme Com2SiCa - © Lago-Marques, avril et mai 2019.

Photographie 4 : La place basse Oscar Niemeyer (« Le Volcan ») au Havre

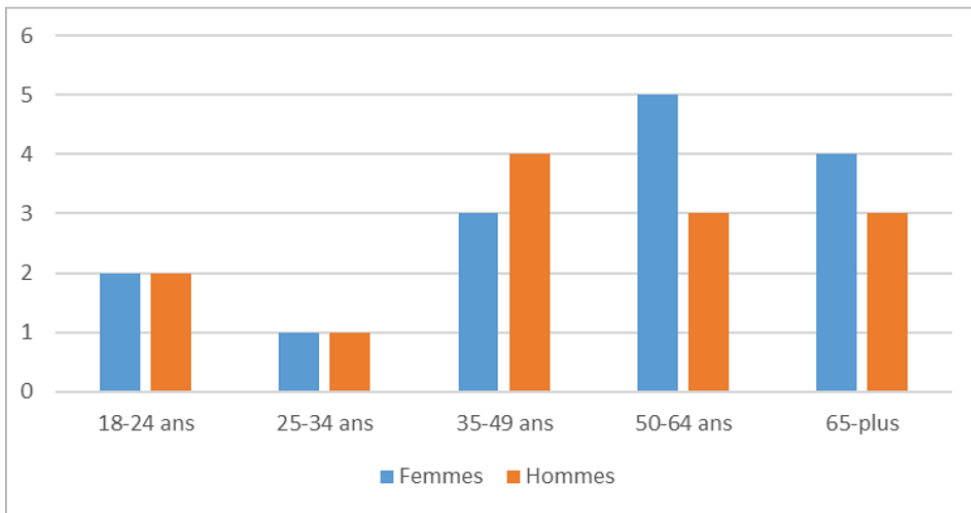


Source : Programme Com2SiCa - © Lago-Marques, avril et mai 2019.

## La campagne d'enquêtes menée au Havre

- 50 Lors de la campagne du Havre (printemps 2019) 28 entretiens ont été menés durant 4 jours auprès de participants <sup>22</sup>recrutés aléatoirement. Des paramètres précis d'échantillonnage ont été suivis afin de respecter des quotas d'âge et de genre correspondant au profil de la population française selon l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE, 2018) (figure 6). Selon leurs habitudes et usages des lieux, les personnes ont été enquêtées soit à la place basse Oscar Niemeyer soit à l'Esplanade de la plage.

Figure 6 : Les personnes recrutées par genre et tranche d'âge



Source : Programme Com2SiCa - 2019.

- 51 L'immersion visuelle a permis de collecter des données pour chaque participant : ses habitudes au sein de la ville et sur les sites d'enquêtes, ses itinéraires pour rejoindre et repartir du lieu. L'interaction avec la carte « Gulliver » (figure 7 et photographie 1)<sup>23</sup> a permis d'identifier et cartographier les usages des lieux et les trajectoires de déplacement en « temps normal » et en « temps de crise ».

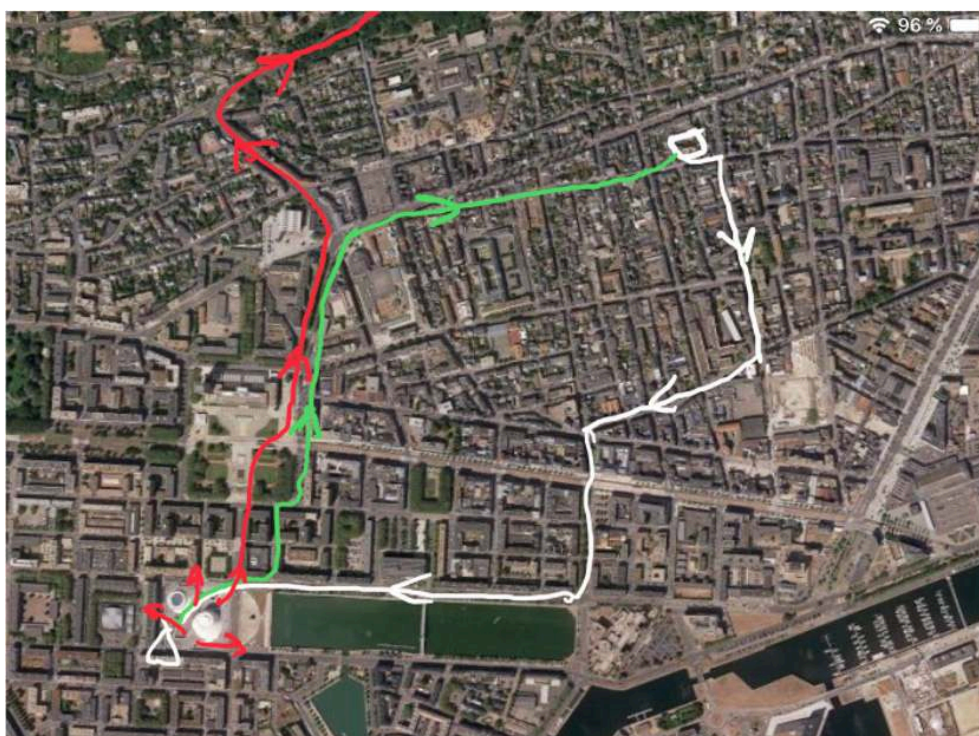
Figure 7 : Le montage de la photographie aérienne pour l'enquête « Gulliver »



Source : BDOrtho HR, IGN, 2018 - Programme Com2SiCa – Conception-réalisation : Haule et Tricot, 2019.

- 52 Ces itinéraires, tracés par chaque participant sur le support cartographique déployé au sol, ont été systématiquement retranscrits par des membres de l'équipe sur une tablette tactile (figure 8).

Figure 8 : Les itinéraires décrits sur la photographie aérienne et retranscrits à l'aide de la tablette tactile (enquête JV4, Le Havre, 2019)



Les tracés de couleur blanche et verte correspondent aux parcours du quotidien, respectivement les itinéraires aller et retour. Le tracé de couleur rouge est l'itinéraire emprunté durant l'écoute du scénario d'accident technologique

Source : BDOrtho HR, IGN, 2018 - Programme Com2SiCa - © Provitolo.

- 53 La bande-son, d'une durée d'un peu plus de trois minutes, a déroulé une catastrophe technologique avec un enchaînement de séquences sonores : des bruits urbains relatifs à une « situation normale » sont suivis d'une explosion avec éclat de vitres (pour simuler l'apparition soudaine d'un accident technologique), du déclenchement de la sirène officielle d'alerte et de séquences sonores caractéristiques d'une catastrophe (notamment l'intervention de la police et des secours, les commentaires d'une foule de plus en plus inquiète, etc.) (tableau 1).

Tableau 1 : Le déroulé de la bande-son – Scénario d'un accident technologique majeur

Séquences	Enchaînement temporel des séquences	Durée de chaque séquence	Evénements	
<b>Situation normale</b>	s_situation-normale	00''- 51''	51''	Bruits ambiants (urbains) normaux

<b>Sinistre</b>	s_explosion- eclat-vitres	52''- 1'04''	12''	Explosion de type industriel et impacts de l'explosion (éclat de vitres)
<b>Commentaires des passants</b>	s_premieres- reactions	1'05''- 1'38''	33''	Brouhaha des passants, gens qui s'inquiètent
<b>Sirène officielle d'alerte</b>	s_decl-sirene	1'38''	1'20''	Déclenchement de la sirène officielle d'alerte
<b>Secours</b>	s_police	1'46''-2'01''	15''	Sirènes de police
	s_foule- commentaires	2'02''-2'18''	16''	Foule agitée
	s_pompiers	2'19''-2'34''	15''	Sirènes des secours
<b>Foule qui s'agite</b>	s_foule-agitee	2'35''-3'00''	25''	Foule tendant vers la panique
<b>Ambiance tendue</b>	s_helicoptere	3'00-3'07''	7''	Survol d'hélicoptères d'intervention
	s_sans-son	3'08''-3'10''	2''	Séquence sans son, marquant la fin de l'immersion

Source : Programme Com2SiCa - Conception-réalisation : Lago-Marques, Tricot, Provitolo, 2019, à partir des sources brutes : [www.universal-soundbank.com/](http://www.universal-soundbank.com/)

- 54 Le traitement et l'analyse croisée de toutes ces données enregistrées ont permis ensuite de caractériser les comportements en relation avec chaque séquence de la bande-son (tableau 1 et figure 9).

## Principaux résultats

### Les comportements les plus fréquemment adoptés

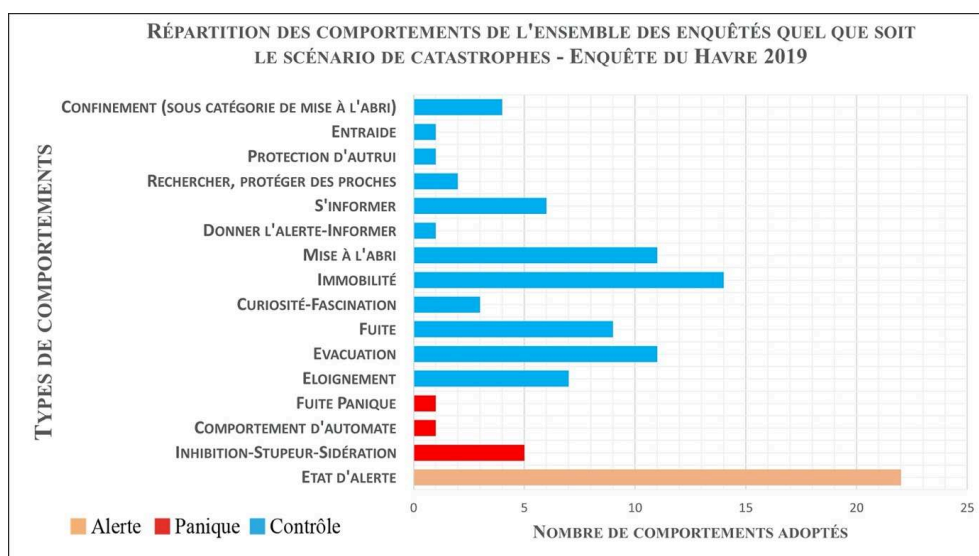
- 55 Dans le cadre des autres axes de recherche du projet, des typologies de comportements ont été élaborées classant les réponses comportementales en 16 catégories allant de l'état d'alerte au confinement (Dubos-Paillard *et al.*, 2021, 2019). Elles ont ensuite été regroupées en trois grandes classes, respectivement nommées : Alerte, Panique, Contrôle<sup>24</sup> (Lanza *et al.*, 2021, Tricot *et al.*, 2020b). Ces catégories ont permis de qualifier les comportements observés durant les enquêtes menées au Havre.
- 56 Parmi les comportements prédominants, certains illustrent des réactions statiques comme l'état d'alerte et l'immobilité ; d'autres des réactions dynamiques comme la

fuite et l'éloignement. Tous révèlent que durant l'immédiat de l'évènement, les comportements sont en rupture avec le quotidien et s'adaptent temporairement à la situation (figure 9). Bien évidemment, une même personne peut adopter, pendant le déroulement de l'immersion sonore, plusieurs comportements en fonction de l'évolution de la situation. Cela rejoint les conclusions des neurosciences qui spécifient que l'être humain reste rarement figé dans un même état comportemental. Ce résultat confirme l'intérêt et la robustesse de cette enquête immersive qui fournit des informations plus fines sur les types de comportements pouvant s'enchaîner.

- 57 Ces réactions, statiques ou dynamiques face à l'inattendu, se rencontrent à des phases différentes de l'évènement. Durant l'écoute de la bande-son, l'état d'alerte a été adopté principalement au début de la catastrophe (séquences « sinistre » et « commentaires des passants », tableau 1), lorsque la personne cherche à identifier et comprendre l'origine du bruit. 88 % des enquêtés sont passés par cet état, et ce quel que soit l'interprétation donnée aux scénarios de catastrophe. L'immobilité en revanche se retrouve dans toutes les séquences sonores, avec une prédominance de ce comportement dans 2 séquences (« commentaires des passants » et « sirène officielle d'alerte », tableau 1). Ce résultat confirme bien le fait que l'immobilité peut exprimer soit une attention aux évènements qui se déroulent autour de soi, soit une attitude de passivité de la personne en attente de messages et consignes pour agir lorsque le signal sonore est diffusé. Les comportements dynamiques, comme la fuite et l'éloignement, expriment le fait de chercher à se protéger en mettant de la distance rapidement entre soi et le danger identifié. Ces réactions s'observent dans toutes les séquences sonores, avec une prédominance quasi systématique de la fuite comparativement à l'éloignement. La fuite est souvent suivie d'une recherche de protection par une mise à l'abri, en retournant chez soi ou vers un lieu sécurisant, ou par un confinement dans un bâtiment à proximité. Moins dominants mais ressortant tout de même de l'analyse, on remarque des comportements de recherche d'information : ceux-ci sont cependant tous directs, c'est-à-dire sans médiation par l'usage des nouvelles technologies ou des réseaux sociaux. On peut émettre l'hypothèse que les participants, malgré l'immersion, sont conscients qu'il s'agit d'une simulation et ne vont pas, par conséquent, chercher de l'information au-delà de la situation.



Figure 9 : La répartition des comportements adoptés par les enquêtés - Le Havre 2019

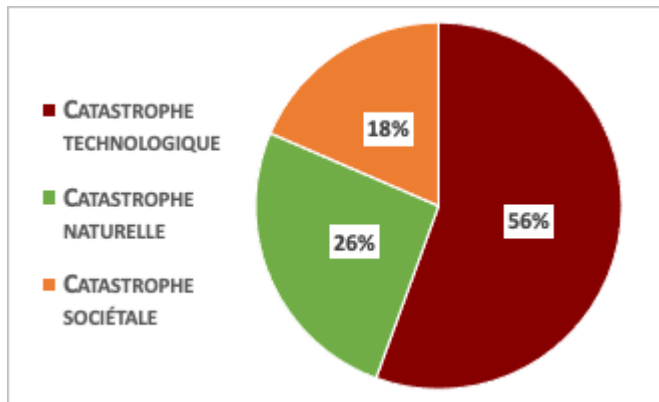


Source : Programme Com2SiCa – Conception-réalisation-traitement des données : Provitolo et Lago-Marques, 2021, à partir de Dubos-Paillard *et al.*, 2021 et Tricot *et al.*, 2020b

## Une diversité d'interprétations du scénario catastrophe proposé

- 58 L'analyse des données d'entretien révèle une information surprenante, qui peut sembler contradictoire avec la présentation du contexte de l'enquête, à savoir l'étude des comportements pour un scénario d'accident technologique. Malgré cette information, trois grands types d'évènements ont été distingués à l'écoute de la bande-son et du signal national d'alerte (tableau 1) : si 56 % des enquêtés ont bien identifié un scénario de catastrophe technologique (notamment un accident industriel), 26 % ont en revanche interprété les bruits comme étant relatifs à une catastrophe naturelle (notamment des tempêtes ou des épisodes de submersion marine) et 18 % à une catastrophe sociétale (spécifiquement des attentats) (figure 10). On peut suggérer que cette variété d'interprétation s'accorde à une situation réelle de catastrophe où l'incertitude sur ce qu'il est en train de se passer est prégnante, notamment lorsque l'évènement ne se déroule pas « sous ses yeux ». Par ailleurs, l'importance du score (18 %) liée à une catastrophe sociétale renvoie au contexte conjoncturel des attentats en France (par exemple 2015 à Paris, 2016 à Nice), encore très présents dans les mémoires. Cette diversité d'interprétations met également en lumière la validité écologique de l'immersion sonore au sens où la grande majorité de participants s'est immergée dans le scénario proposé.

Figure 10 : La diversité d'interprétations du scénario proposé



Source : Programme Com2SiCa - Conception-réalisation- traitement des données : Provitolo et Lago-Marques, 2020

## Une recherche de mise à l'abri plus fréquente que le confinement

- 59 Le confinement est le comportement préconisé lors des campagnes de sensibilisation aux risques technologiques (figure 4). Dans notre classification des comportements, le confinement est considéré comme une sous-catégorie de la mise à l'abri : cette dernière renvoie à une catégorie universelle (rentrer chez soi comme abri primaire) tandis que le confinement en revanche fait référence à une consigne ou une procédure qui préconise de rentrer dans le bâtiment le plus proche, de fermer portes et fenêtres (SIRACEDPC, 2008). Lors de l'enquête réalisée au Havre, au vu du contexte technologique, nous souhaitions vérifier avec les acteurs si le confinement était un comportement acquis et adopté spontanément. Pour ce faire, nous avons volontairement exclu de la bande-son des consignes verbales explicites de mise à l'abri dans le bâtiment le plus proche, seule l'écoute de la sirène d'alerte pouvait déclencher ce type de réaction immédiate.
- 60 Les résultats de l'enquête révèlent que le confinement est une adaptation temporaire rarement retenue par la population. En effet, si l'on se focalise uniquement sur les 56 % de population ayant bien identifié un scénario de catastrophe technologique, soit 15 personnes, seulement 4 d'entre elle ont décidé de se confiner dans le bâtiment le plus proche. Au contraire, la majeure partie a préféré s'éloigner et fuir le danger au risque de s'exposer à l'air libre et donc à une source de contamination durant la fuite. Pour sept d'entre elles, cette fuite a été suivie d'une mise à l'abri, le plus souvent à leur domicile.

Tableau 2 : Des extraits d'entretiens relatifs au confinement – Enquête Le Havre, 2019

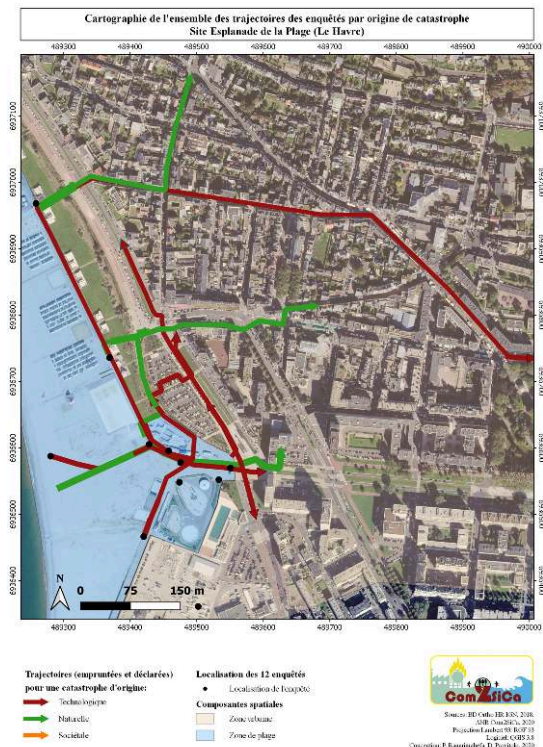
Extrait entretien - Code MEP2	« (...) Au départ j'ai eu l'impression d'avoir le bruit d'une vitre et puis une sirène de voiture... et après, un petit moment après, j'entends la sirène qui est déclenchée en cas de dommage dans les usines, les sirènes PPI, là (...) et donc... <b>la consigne là c'est de se mettre dans un confinement et d'attendre des informations</b> ».
-------------------------------	---

Extrait entretien - Code JV7	« (...) Si j'avais à chercher un abri, je serais rentrée dans la bibliothèque, parce que je sais que là, en fait, je sais qu'on rentre... je ne sais pas... comme c'est conçu, on est comme dans une cave, là-dedans. Je serais rentrée... donc, <b>s'il fallait s'abriter d'un nuage de fumée ou quoi, je serais rentrée dans le bâtiment (...)</b> ».
------------------------------	---

## Des trajectoires différenciées selon le contexte spatial

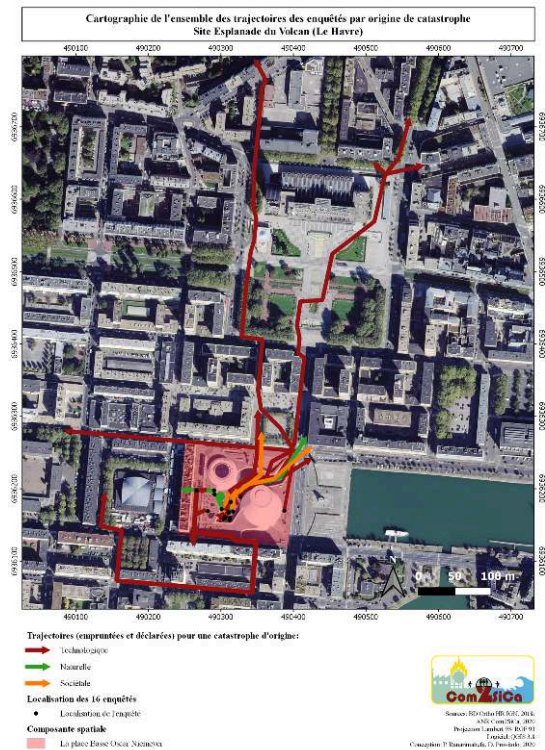
- 61 Comme explicité précédemment, la fuite, la fuite panique, l'évacuation, l'éloignement, voire la recherche des proches, sont des comportements dynamiques associés à des trajectoires que nous avons pu cartographier (cartes 2 et 3). Le choix de faire les enquêtes sur deux zones distinctes (l'une en milieu ouvert, l'autre en milieu semi-fermé) avait également pour objectif d'identifier l'influence du contexte spatial sur ces réactions. Comme le montrent les résultats, les personnes se trouvant sur l'Esplanade de la plage optent pour des déplacements opposés à la mer (carte 2), elles ont toutes tendance à s'éloigner du bord ou à fuir le front de mer pour rejoindre l'intérieur de la ville, y chercher de l'information ou s'y abriter. Les personnes se trouvant au cœur de la ville sur la place basse Oscar Niemeyer ont des stratégies de trajectoires différentes (carte 3) : certaines cherchent à sortir de l'encerclement du bâti, d'autres au contraire décident de rester dans le soubassement de la place. En résumé, on constate davantage de stratégies diversifiées dans l'espace semi-fermé alors que l'espace ouvert induit plutôt une stratégie uniforme, celle de la fuite du front de mer.

Carte 2 : La cartographie des trajectoires en milieu ouvert, Le Havre, 2019



Source : BDOrtho HR, IGN, 2018. Programme Com2SiCa - Conception-réalisation : Ranarimahefa et Provitolo, 2020.

Carte 3 : La cartographie des trajectoires en milieu semi-fermé, Le Havre, 2019



Source : BDOrtho HR, IGN, 2018. Programme Com2SiCa - Conception-réalisation : Ranarimahefa et Provitolo, 2020.

## Conclusion et perspectives

- 62 Au cours de cette recherche et à travers la mise au point de cette démarche méthodologique, nous avons voulu contribuer à la connaissance des comportements humains durant un moment précis, le « pendant » d'une catastrophe.
- 63 Différente des recherches en laboratoire, cette démarche méthodologique immersive a combiné deux techniques de simulations (visuelles et sonores) à des entretiens sur des lieux réels, familiers aux participants, où la survenue d'une catastrophe était plausible.
- 64 La démarche a permis de collecter une grande diversité de données : un corpus composé de données discursives (enregistrements audio retranscrits), visuelles et spatiales (films, photographies, données gps). Cette richesse offre une lecture nuancée des états comportementaux, changements d'états et trajectoires en situation complexe.
- 65 Les enseignements de la démarche se situent à plusieurs niveaux : méthodologiques et thématiques. Au niveau méthodologique, ils confirment l'intérêt du recours à la combinaison de techniques des plus classiques (entretiens individuels en face-à-face) aux plus expérimentales (l'immersion obtenue par la simulation sonore et visuelle de l'évènement). D'un point de vue thématique, les simulations proposées ont permis de préciser des comportements significatifs tels que les comportements d'alerte, de fuite et de recherche de mise à l'abri. La prise en compte du contexte spatial combinée à

l'état émotionnel de chaque enquêté a permis d'identifier des premiers éléments de compréhension des trajectoires empruntées en situation de stress ou d'émotions fortes.

- 66 Ce type de démarche constitue donc une alternative intéressante à la nécessité de collecter des données durant une catastrophe, situation généralement difficilement observable. L'enquête avait de plus une visée d'application au sens où, en immergeant les personnes volontaires dans un scénario simulé, il s'agissait de donner des clés de compréhension des questionnements, raisonnements et comportements. L'enjeu sera alors que les principaux intéressés, acteurs et habitants, s'en approprient les enseignements majeurs. Pour ce faire, des réunions d'échanges et de présentations des résultats ont été programmées dès septembre 2022.
- 67 Les résultats de cette enquête trouvent leur prolongement naturel dans le déroulement des autres axes du projet, la modélisation, la simulation virtuelle en 3D ainsi que l'analyse des comportements réels des personnes (par l'étude de vidéos par exemple).

---

## BIBLIOGRAPHIE

Amalric M., Anselme B., Becu N., Delay E., Marilleau N., Pignon C., Rousseaux F., "Sensibiliser au risque de submersion marine par le jeu ou faut-il qu'un jeu soit spatialement réaliste pour être efficace ?", *Sciences du jeu*, 8/2017, mis en ligne le 27 décembre 2017. <https://journals.openedition.org/sdj/859>.

Balzarini R., Tricot A., Provitolo D., 2019, *Campagne expérimentale -exploratoire - pour l'étude de l'attention visuelle en eye-tracking*, Rapport ANR Com2SiCa, Inria GRA, UMR Géoazur, UMR Espace.

Barsky L., Trainor J., Torres M., 2006, *Disaster realities in the aftermath of Hurricane Katrina: Revisiting the looting myth.*, University of Colorado at Boulder, Disaster Research Center.

Baumann D.D., Sims J.H., 1974, "Human response to the hurricane", in: White G.F. (eds.), *Natural hazards: local, national, global*, London, Oxford University Press, 25-30.

Beck E., Cartier S., Colbeau-Justin L., Azzam C., Saikali M., 2018, "Vulnerability to earthquake of Beirut residents (Lebanon): perception, knowledge and protection strategies", *Journal of Risk Research*, vol. 22, Issue 11, 1391-1408.

Becu N., Amalric M., Anselme B., Beck E., Bertin X., Delay E., Long N., Marilleau N., Pignon-Mussaud N., Rousseaux F., 2017, "Participatory simulation to foster social learning on coastal flooding prevention", *Environmental Modelling and Software*, vol. 98, 1-11.

Benitez F., Reghezza-Zitt M., Meschinet de Richemond N., 2020, "Culture du risque cyclonique et résilience individuelle en Guadeloupe et à Saint-Martin", *EchoGéo*, 51/2020. <http://journals.openedition.org/echogeo/18567>

Boschetti L., Provitolo D., Tric E., 2017, "La modélisation conceptuelle comme aide à la construction de villes résilientes", *Risques urbains - Urban Risks*, N° spécial : Faire la ville résiliente pour faire la ville plus sûre, vol. 1, 14 décembre 2017. <https://www.openscience.fr/>

Bourque L., Russell L., 1994, *Experiences During and Responses to the Loma Prieta Earthquake*, Oakland, Governor's Office of Emergency Services, Earthquake Program.

- Caïetti B., 2017, "Comment se préparer à une crue de la Seine ?", *CNRS Le Journal*, No.288, 50-52.
- Caillaud S., Flick U., 2016, "Triangulation méthodologique. Ou comment penser son plan de recherche", in : Lo Monaco G., Delouée S., Rateau P. (dir.), *Les représentations sociales. Théories, méthodes et applications*, Bruxelles, De Boeck, 227-240.
- Castagnino F., Fayeton J., 2021, "La mise en scène du pacte de sécurité, ou pourquoi les exercices de gestion de crise réussissent toujours", *Revue française d'administration publique*, vol. 2, No.178, 345-362.
- Castagnola F., 2017, *Rapport Recherche Expérimentation - Immédiat Management Planification Actions : Epreuve de sensibilisation à la conscience du risque et la gestion de crise*, Diplôme Universitaire de conseiller en management des risques, SDIS 06, CNFPT, EISTI.
- Chandessais C.A, 1979, "Un nouveau domaine de recherches : les comportements humains associés aux catastrophes", *Le travail humain*, vol. 42, No.1, 71-85.
- Crocq L., 2013, *Les paniques collectives*, Paris, Odile Jacob.
- Daudé E., Grancher D., Lavigne F., "Évacuation massive des populations en temps d'épidémie de COVID-19 : comment éviter la sur-crise ?", *EchoGéo*, Sur le Vif. <http://journals.openedition.org/echogeo/20961>
- Daudé E., Chapuis K., Taillandier P., Tranouez P., Caron C., Drogoul A., Gaudou B., Rey-Coyrehourq S., Saval A., Zucker J.-D., 2019, "ESCAPE: Exploring by Simulation Cities Awareness on Population Evacuation", *Proceedings of the 16th Information Systems for Crisis Response and Management Conference (ISCRAM)*, Valence (Spain), 76-93.
- Dauphiné A., Provitolo D., 2013, *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Paris, Armand Colin.
- Ministère de l'Intérieur, de l'Outre-Mer, des Collectivités territoriales et de l'Immigration, Direction de la Sécurité Civile et de la gestion des risques, 2011, *Exercices de sécurité civile, Guide méthodologique sur les exercices cadre et terrain*, Asnières sur Seine, Direction de la sécurité civile.
- Directive 2012/18/UE du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2012 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, modifiant puis abrogeant la directive 96/82/CE du Conseil. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026306231>
- Douvinet J., Serra-Llobet A., Bopp E., Kondolf G. M., 2021, "Are sirens effective tools to alert the population in France?", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 21, Issue10, 2899-2920.
- Douvinet J., 2020, *Alerter la population face aux crues rapides - Compréhension et évaluation d'un processus en mutation*, Paris, Ed. Quae.
- Drury J., Reicher S., 2011, "Des foules solidaires", *L'essentiel Cerveau et Psycho*, No.43, 47-52.
- Drury J., Cocking C., Reicher S., 2009, "Everyone for themselves? A comparative study of crowd solidarity among emergency survivors", *British Journal of Social Psychology*, vol. 48, 487-506.
- Dubos-Paillard E., Tricot A., Verdière N., Lanza V., Provitolo D., 2022, "A theoretical reflection on temporal aspects of emergency population warning and rescue response on human behaviors during disasters", *UGI-IGU*, July 18-22, Paris.
- Dubos-Paillard E., Berred A., Provitolo D., 2021, *Classification des catastrophes fondées sur l'analyse des relations entre les propriétés de l'évènement et les comportements humains*, Rapport ANR Com2SiCa, UMR Géographie-cités, LMAH, UMR Géoazur.

- Dubos-Paillard E., Provitolo D., Connault A., Haule S., Chalonge L., Berred A., 2019, "Com2SiCa - A database to explore the human behavior at the very moment of disasters", *AAG - American Association of Geographers*, April 3-7, Washington.
- Dupuy J.P., 1991, *La panique*, Paris, Ed. Delagrangue, Coll. Les Empêcheurs de tourner en rond.
- Fenet J., Daudé E., 2020, "La population, grande oubliée des politiques de prévention et de gestion territoriales des risques industriels : le cas de l'agglomération rouennaise", *Cybergeo : European Journal of Geography*, article 932. <http://journals.openedition.org/cybergeo/34020>
- Ferrand Y., 2022, "L'organisation d'un exercice tsunami pour tester l'alerte et la perception de la population", *Risques Infos, Dossier L'alerte à la population*, Hors Série No.1, 36-38.
- Girard V., Langumier J., 2006, "Risques et catastrophe : de l'enquête de terrain à la construction de l'objet", *Genèses*, vol. 2, No.63, 128-142.
- Hagenauer J., Helbich M., Leitner M., 2011, "Visualization of crime trajectories with self-organizing maps: a case study on evaluating the impact of hurricanes on spatio-temporal crime hotspots", *Proceedings of the 25th Conference of the International Cartographic Association*, Paris, 3-8 July.
- Helbing D., Farkas I., Vicsek T., 2000, "Simulating dynamical features of escape panic", *Nature*, No. 407, 487-490.
- Helbing D., Molnar P., 1995, "Social force model for pedestrian dynamics", *Physical Review E*, vol. 51, 4282-4286.
- Institut des Risques Majeurs, 2022, *Dossier L'alerte à la population*, Risques Infos, Hors Série No.1, Grenoble, IRMa.
- Janis L.I., 1951, *Air war and emotional stress: psychological studies of bombing and civilian defense*, New York, McGraw-Hill.
- Jouannic G., Ameline A., Pasquon K., Navarro O., Tran Duc Minh Ch., Boudoukha A.H. Corbillé M.-A., Crozier D., Fleury-Bahi G., Gargani J., Guéro P., 2020, "Recovery of the Island of Saint Martin after Hurricane Irma: An Interdisciplinary Perspective", *Sustainability*, vol. 12, No.8585, 1-25.
- Kiefer P., Giannopoulos I., Raubal, M., et Duchowski, A.T., 2017, "Eye Tracking for Spatial Research: Cognition, Computation, Challenges", *Spatial Cognition and Computation*, vol. 17, Issue 1-2, 1-19.
- Killian L.M, 1956, *An introduction to methodological problems of field studies in disasters*, Washington, National Research Council.
- Labbé T., 2017, *Les catastrophes naturelles au Moyen Âge - XII<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècle*, Paris, Cnrs Editions.
- Lanza V., Dubos-Paillard E., Charrier R., Provitolo D., Berred A., 2022 "An analysis of the effect of territory properties on population behaviors and evacuation management during disasters using coupled dynamical systems", *Applied Network Science*, vol. 7, No.17, 1-26.
- Lanza V., Dubos-Paillard E., Charrier R., Verdière N., Provitolo D., Navarro O., Bertelle C., Cantin G., Aziz Alaoui M., 2021, "Spatio-temporal dynamics of human behaviors during disasters: a mathematical and geographical approach", in: Bertelle C., Sajous P. (eds), *Complex systems, smart territories and mobility*, Berlin, Springer, coll Understanding complex systems, 205-222.
- Lavigne F. (dir.), 2017, *Preparedness skills, resources and attitudes within the communities of Sines, Portugal*, Rapport Prog. de recherche européen ASTARTE, Assessment, strategy and risk reduction for tsunamis in Europe.

- Lavigne F., Paris R. (dir.), 2011, *Tsunarisque. Le tsunami du 26 décembre 2004 à Aceh, Indonésie*, Paris, Éditions de la Sorbonne.
- Lutoff C., Ruin I., 2010, "Conduite à contre-courant. Représentation des risques liés aux crues rapides sur les routes du Gard (France)", in : Cousin B. (dir.), *Les sociétés méditerranéennes face aux risques. Représentations*, Institut Français d'Archéologie Orientale, Bibliothèque générale, 105-120.
- Matalon B., 1988, *Décrire, expliquer, prévoir. Démarches expérimentales et terrain*, Paris, Armand Colin.
- Mileti D. S., O'Brien P., 1991, *Public Response to the Loma Prieta Earthquake Emergency and Aftershock Warnings: Findings and Lessons*, Fort Collins, Colorado State University, Hazards Assessment Laboratory.
- Monteil J.M., 1989, *Eduquer et former. Perspectives psychosociales*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble.
- Morin J., Lavigne F., Bachèlery P., Finizola A., Villeneuve N., 2009, "Institutional and people's response in the face of volcanic hazards in island environment: Case of Karthala volcano, Comoros Archipelago. Part I - Analysis of the May 2006 eruptive crisis", *SHIMA: The International Journal of Research into Island Cultures*, vol. 3, No.1, 33-53.
- Moussaid M., 2019, *Fouloscopie : ce que la foule dit de nous*, Paris, Editions HumenSciences.
- Noto R., Huguenard P., Larcan A., 1994, *Médecine de catastrophe*, Paris, Masson.
- November V., Créton-Cazanave L., 2017, *La gestion de crise à l'épreuve de l'exercice EU SEQUANA*, Paris, La Documentation Française.
- ORMES - Office des Risques Majeurs de l'Estuaire de la Seine, 2010, *Les établissements industriels de la zone du Havre, Plaquette Information sur la sécurité*, Paris, Préfecture de la Seine-Maritime.
- Papagiannaki K., Kotroni V., Lagouvardos K., Ruin I., Bezes A., 2017, "Urban area response to flash flood-triggering rainfall, featuring human behavioural factors: The case of 22 October 2015, in Attica, Greece", *Weather, Climate & Society*, vol. 9, No.3, 621-638.
- Petiteau J-Y., Pasquier E., 2001, "La méthode des itinéraires : récits et parcours", in : Grosjean M., et Thibaud J.-P. (dir.), *L'espace urbain en méthodes*, Marseille, Editions Parenthèse, 63-78.
- Préfecture de la Seine-Maritime, 2016, *Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) de la zone industrialo-portuaire du Havre*, Note de présentation, Préfecture de la Seine-Maritime.
- Préfecture de Police de Paris, 2015, *Exercice EU SEQUANA 2016*, Réunion plénière du 10 avril 2015, Plaquette informative.
- Provitolo D., Dubos-Paillard E., Verdière N., Lanza V., Charrier R., Bertelle C., M. A. Aziz Alaoui, "Comportamientos humanos en situación de desastre : de la observación a la modelización conceptual y matemática", *Cybergeo : European journal of geography, Systems, Modelling, Geostatistics*, article 735, Online since 18 August 2021. <http://journals.openedition.org/cybergeo/37495>
- Provitolo D., Ranarimahefa P., 2021, *Retour d'expérience (Retex) de la cellule bâtiminaire pilotée par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Alpes-Maritimes lors de la tempête Alex (octobre 2020)*, sous la coordination de J. Porcher et S. Liautaud, Rapport confidentiel, UMR Géoazur, DDTM06.
- Provitolo D., Lozi R., Tric E., 2020a, "Topological analysis of a weighted human behaviour model coupled on a streets and places network in the context of urban terrorist attack", in: Manchanda P., Lozi R., Siddiqi. A.H. (eds.), *Recent Advances in Mathematical Models - optimization, industrial*



*problems with analytic and numerical solutions*, Singapore, Springer, Industrial and Applied Mathematics series.

Provitolo D., Lozi R., Tric E., 2020b, "A Model to Assess the Role of Spatial Urban Configurations on Crowd Evacuation Dynamics During Terrorist Attacks", in: Siddiqi A.H.; Singh R. C.; Veerappa Gowda G. D. (eds.), *Computational Science and Its Applications*, Chapman and Hall/CRC, Taylor & Francis Group.

Provitolo D., Dubos-Paillard E., Verdière N., Lanza V., Charrier R., Bertelle C., M. A. Aziz-Alaoui, 2015, "Les comportements humains en situation de catastrophe : de l'observation à la modélisation conceptuelle et mathématique", *Cybergeo : European Journal of Geography*, article 735. <http://journals.openedition.org/cybergeo/27150> ;

Provitolo D., "Un exemple d'effets de dominos : la panique dans les catastrophes urbaines", *Cybergeo : European Journal of Geography*, article 328, <http://journals.openedition.org/cybergeo/2991>

Quarantelli E.L., 2008, "Conventional beliefs and counterintuitive realities", *Social Research*, vol. 75, No.3, 873-904.

Ranarimahefa P., Provitolo D., Liautaud S., Fiorelli F., 2021, *Tempête Alex - Retour d'enquête à chaud : retex interorganisation des interventions menées sur les terrains de La Roya, La Tinée, La Vésubie, du Var et de l'Estéron*, Rapport, UMR Géoazur, DDTM06, SDIS06.

Rebotier J., Pigeon P., Metzger P., 2019, "Returning social context to seismic risk knowledge & management. Lessons learned from an interdisciplinary research in the city of Esmeraldas, Ecuador", *Cybergeo: European Journal of Geography*, article 886, mis en ligne le 01 mars 2019. <http://journals.openedition.org/cybergeo/31787>

Reghezza-Zitt M., 2019, "Gestion de crise et incertitude(s) ou comment planifier le hors-cadre et l'inimaginable. Application aux crises résultant de crues majeures en Île-de-France", *Annales de géographie*, vol. 2, No.726, 5-30.

Revet S., 2009, "De la vulnérabilité aux vulnérables. Approche critique d'une notion performative", in : Becerra S., Peltier A. (dir.), *Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*, Paris, L'Harmattan, 89-99.

Ripley A., 2008, *The unthinkable - Who survives when disaster strikes and why*, New York, Three Rivers Press.

Ruin I., Lutoff C., Boudevillain B., Creutin J.-D., Anquetin S., Bertran Rojo M., Boissier L., Bonnifait L., Borga M., Colbeau-Justin L., Creton-Cazanave L., Delrieu G., Douvinet J., Gaume E., Gruntfest E., Naulin J.-P., Payrastré O., Vannier O., 2014, "Social and Hydrological Responses to Extreme Precipitations: An Interdisciplinary Strategy for Postflood Investigation", *Weather, Climate and Society*, vol. 6, No.1, 135-153.

Schmuckler M.A., 2001, "What is ecological validity? A dimensional analysis", *Infancy*, vol. 2, No.4, 419-436.

Préfecture de la Seine-Maritime, Service Interministériel régional des affaires civiles et économiques de défense et de la protection civile (SIRACEDPC), 2008, *Guide de confinement pour se protéger en cas d'accident industriel générant un risque toxique*, Seine-Maritime, Préfecture.

Tricot A., Lago-Marques M., Provitolo, 2020a, *Elaboration et mise en place d'un protocole d'enquête de terrain sur les comportements humains en contexte de catastrophe technologique*, Rapport ANR Com2SiCa, UMRs Espace, Géoazur.

Tricot A., Provitolo D., Dubos-Paillard E., 2020b, *Typologie synthétique des comportements humains lors de catastrophes*, Rapport ANR Com2SiCa, UMRs Espace, Géoazur, Géographie-cités.

Tricot A., 2016, "Le recueil des données subjectives en géographie, expérimentation d'une démarche nommée "Enquête Gulliver" à la croisée de la cartographie participative et des cartes mentales. Intérêts, limites et perspectives", *CNRS, ANF - MATE SHS, Collecter et produire des données pour la recherche en SHS*, 15 -18 novembre, Fréjus.

Tricot A., Lolive, J., Gourgues, G., Bontems T., Meur-Ferec C., Hénaff A., Legeat, Y., Le Berre I., Cuq V., David L., Thibaud J-P., Leroux M., Paris M., Thomas R., Tixier N., Fodor F., Breviglieri M., 2012, *Capacités d'adaptation des sociétés littorales aux risques d'érosion et de submersion des côtes en prise aux changements climatiques*, Rapport Programme Gestion et impact du changement climatique, UMR PACTE.

Verdière N., Navarro O., Naud A., Berred A., Provitolo D., 2021a, "Towards Parameter Identification of a Behavioral Model from a Virtual Reality Experiment", *Mathematics*, vol. 9, No. 3175, 1-25.

Verdière N., Charrier R., Lanza V., Provitolo D., Haule S., 2021b, "Peut-on modéliser et prédire les comportements en situation de catastrophe pour mieux prémunir les populations ?", Poster, *Fête de la Science - Université Le Havre Normandie*, Le Havre, Oct 2021.

Verhulst E., Richard P., Provitolo D. et Navarro O., 2019, "Virtual Tsunami: navigation technique and user behavior analysis during emergency", *1st International Conference for Multi-Area Simulation - ICMASim*, Angers, 8-10 october.

Vinet F., Peroche M., Palany P., Leone F., Gherardi M., Grancher D., Moatty A., Defossez S., "Collecte et gestion des débris post-cycloniques à Saint-Martin (Antilles françaises) après le passage du cyclone Irma (sept. 2017)", *Cybergeo : European Journal of Geography*, article 937. <http://journals.openedition.org/cybergeo/34154> ;

Whyte A., 1978, *La perception de l'environnement : lignes directrices méthodologiques pour les études sur le terrain*, Notes techniques du MAB 5, Paris, Unesco.

## ANNEXES

### Annexe 1 - Guide d'entretien de l'enquête menée au Havre

#### Accueil et consignes

« Bonjour Madame/Monsieur

Nous vous remercions d'être venu. Nous allons démarrer l'enquête, et dans le cadre de cette recherche, nous vous invitons à signer une lettre de consentement qui est également signée par la responsable du projet et dont vous garderez un exemplaire. Nous vous demandons la permission d'installer cette montre qui nous permettra d'enregistrer vos déplacements et réactions lors de l'entretien ».

-----

« Tout d'abord, nous nous présentons : nous sommes une équipe scientifique de recherche publique des universités et du CNRS. Nous menons une étude sur les comportements humains en situation de catastrophe et nous avons déjà réalisé avec les

habitants une enquête à Nice.

Pour le Havre, nous allons imaginer avec vous l'hypothèse d'un accident technologique majeur qui se produirait sur la ville. Pour cela, nous échangerons avec vous durant 45 minutes ».

## Phase préalable à l'immersion – Questions sur les usages du lieu

« Merci, nous allons démarrer la recherche, voici quelques questions » :

- Nous sommes donc ici sur l'Esplanade de la plage (ou à la place du Volcan) : pourriez-vous nous dire à quelle fréquence venez-vous sur cet espace ?

Précisions :

- *Occasionnellement ? Habituellement ? Jamais fréquenté ?*

Relances éventuelles :

- *A quel moment de la journée ? A quels jours de la semaine ? A quelle saison ?*
- *Pourriez-vous nous dire les usages que vous faites de cet espace ?*

Relances éventuelles :

- *Esplanade de la plage : jogging ? Baignade ? Skate-park ? Pique-nique ? Sports nautiques ? Restauration ?*
- *Volcan : activités culturelles (intérieur/extérieur) ? Restauration ? Bibliothèque ? Bars ? Tourisme ? autres ?*
- *Venez-vous généralement seul(e) ou accompagné(e) ?*

Si accompagné : *Quelles sont les personnes qui vous accompagnent ?*

- *Habituellement, comment vous rendez-vous à la plage (ou au Volcan) ?*

Précisions : *A pied ? En tramway ? En voiture ? En vélo, en skate ? Autre ?*

## Etape 1 – L'immersion visuelle : le participant trace à la craie son parcours

- *Pourriez-vous nous indiquer quel est votre lieu de départ pour accéder à l'Esplanade de la plage (ou à la place du Volcan) ?*

Relance éventuelle :

- *Ce lieu de départ, s'agit-il de votre lieu d'habitation ? Votre lieu de travail ?*  
Utiliser la légende : cercle (lieu de travail), carré (lieu d'habitation), triangle (lieu d'usage)
- *Ensuite, depuis ce lieu de départ, pourriez-vous nous indiquer votre itinéraire pour accéder à l'Esplanade (au Volcan) ?*
- *Pouvez-vous nous indiquer l'endroit que vous choisissez pour exercer votre activité ?*  
(légende : triangle)

## Etape 2 – L'immersion sonore : le participant doté d'un casque écoute la bande-son et réagit au scénario

Consignes

« Nous allons vous équiper d'écouteurs dans lesquels vous allez entendre une bande sonore. **Vous serez exposé à une situation de stress. Nous vous rappelons que vous pouvez arrêter cette étude à tout moment** ».

L'animateur précise : « **Nous vous demandons de vous comporter lorsque vous écouterez la bande son comme si vous étiez dans la situation** (seul, en famille...) ».

L'animateur dit « **TOP immersion sonore** » et le coordinateur des enregistrements prend note de la minute précise [ex. : 20'02"] du démarrage de l'immersion sonore.

## Etape 3 - Le débriefing : retour réflexif sur les trajectoires empruntées durant l'écoute de la bande-son par le participant et sur son ressenti émotionnel

### a) Itinéraires (on revient sur la photographie aérienne)

- *En ce qui concerne le chemin que vous avez pris lorsque vous avez décidé de partir, de quitter le lieu ou de vous protéger (à adapter selon le cas), pouvez-vous nous le décrire ?*
- *Qu'est-ce qui vous a amené à prendre ce chemin ?*

Précisions :

- Les raisons topographiques (décrivez les étapes, les obstacles...)
- Les raisons psychologiques (croyances, habitudes...)
- *Sur la recherche d'abri :*
  - *Si la personne a recherché un abri : quel type d'abri avez-vous cherché (ouvert ou fermé, privé ou public, caractéristiques du bâtiment...) ? Pour quelles raisons ?*
  - *Si elle n'a pas recherché d'abri : avez-vous pensé qu'il fallait se protéger (ou encore : se réfugier, se confiner...)?*
  - *Si elle a pensé à se confiner : où pourriez-vous vous réfugier (ou confiner) ?*
  - *Si elle a cogité l'absence de transports en commun : quel chemin alternatif prendriez-vous ?*

### b) Indicateurs émotionnels (on prend place à la table de débriefing)

« On va revenir avec vous sur vos ressentis quand vous avez écouté la bande sonore, si vous deviez nous dire votre **niveau de stress** » :

- *Sur une échelle de 0 à 10 (avec 0 = état zen et 10 = stress maximal), comment vous êtes-vous senti lors de la simulation, au moment **le plus fort** ?*
- *Selon vous, quel est le moment ou l'information qui a déclenché ce stress important ?*
- *Sur une échelle de 0 à 10, comment vous sentez vous **à présent** ?*
- *Sur une échelle de 0 à 10 comment vous sentez vous **habituellement** dans le quotidien ?*

### c) Comportements

- *Au moment du **stress maximal**, quel comportement avez-vous eu ?*
  - *Si maintenant vous vous remémorez **toute** l'écoute sonore, pourriez-vous nous décrire les comportements ou les changements de comportement que vous avez eus ?*
- + Relances spontanées de l'enquêteur en fonction de l'échange
- *Au regard de tous ces éléments, est-ce que vous vous dites que votre comportement **était adapté** à la situation, ou est-ce que vous vous dites que vous **auriez préféré** finalement faire autre chose ?*

#### d) Culture du risque et connaissance du Havre

- *D'après vous, est-ce que cette situation pourrait se produire au Havre ?*
- *Avez-vous été formé (par votre entreprise, école, par la ville...) à des situations d'urgence ?*  
Précision : *formation, sensibilisation...*
- *Est-ce que dans la famille ou entre amis, vous avez l'occasion d'évoquer ces situations d'urgence ou de risque majeur ?*

*Avez-vous parlé des attitudes ou des comportements qu'il faudrait adopter dans pareilles situations ?*

- *Avez-vous vécu ou assisté à un évènement catastrophique ?*

Précisions :

- *Lequel ?*
- *Directement, en personne ou bien par un média : télévision, réseaux sociaux ?*

Relance : *si vous avez suivi des formations ou si vous avez été sensibilisé aux risques : cela pourrait-il influencer votre manière d'agir à l'occasion d'une situation de risque ? Si oui, comment ?*

#### e) Feedback de/à l'enquête

- *Avez-vous des questions, des commentaires ou des réflexions concernant cette enquête et cette recherche ?*
- *Dans le cadre de traitements statistiques anonymisés, nous avons besoin de quelques informations : Age ou fourchette d'âge / Profession / Lieu d'habitation.*

« Si vous souhaitez être informé des résultats de l'étude, n'hésitez pas à nous contacter via l'adresse indiquée sur la lettre de consentement.

Nous vous remercions pour votre participation. Nous en avons à présent terminé. Nous vous souhaitons une très bonne journée et restons à votre disposition ».

## Annexe 2 - Encadrement de l'enquête (synthèse du protocole)

### Encadrement des 3 étapes

**Etape 1** : 2 enquêteurs, 3 collègues encadrent l'enquête avec l'appui de 7 étudiants

**Etape 2** : 2 enquêteurs, 3 collègues encadrent l'enquête avec l'appui de 5 étudiants

**Etape 3** : 2 enquêteurs

### Consignes générales pour le recrutement des volontaires

**Lors des répétitions** : prise de RDV avec les volontaires dans chacun des sites de l'enquête. Faire remplir la fiche d'informations : nom, prénom, âge, adresse mail, téléphone et créneau horaire choisi.

**Prévoir confirmation du RDV** une semaine à l'avance (relance par mail).

**Durant l'enquête** : Recrutement s'effectue avec la venue spontanée de personnes qui souhaitent en savoir plus sur l'évènement. Toutefois, tout le monde ne pourra pas

participer, il faut veiller à suivre les paramètres précis d'échantillonnage pour respecter les quotas d'âge et de genre. Faire remplir la fiche d'informations : nom, prénom, âge, adresse mail, téléphone et créneau horaire choisi.

## Distribution des rôles à l'ensemble des participants

Rôle	Nombre et nom des personnes à indiquer
Conduite de l'entretien et enregistrement par dictaphone Relances éventuelles et prise détaillée de notes	2 enquêteurs + 2 observateurs
Enregistrement vidéo durant tout le déroulé de l'enquête	2 observateurs
Coordination des étudiants	2 coordinateurs
Installation et coordination des équipements connectés	2 coordinateurs
Coordination et synchronisation des enregistrements	2 coordinateurs
Collecte des informations de la bêche	5 observateurs
Filtrage des badauds	4 régulateurs

## NOTES

1. Programme intergouvernemental sur l'homme et la biosphère mis en place par l'UNESCO en 1969.
2. Notamment dans le cadre des recherches menées dans le Programme européen ASTARTE - Assessment, Strategy and Risk Reduction for Tsunamis in Europe - sur différents sites : Grèce, France, Italie, Norvège, Portugal, Turquie.
3. Exemple : une place publique.
4. Exemple : un stade.
5. Exemple : un bâtiment.
6. Le risque de tsunami est désormais une réalité prise en compte avec la création du CENALT (Centre d'Alerte aux Tsunamis). Organisme surveillant les forts séismes en Méditerranée Occidentale et dans l'Atlantique Nord-Est, il alerte la sécurité civile en cas de risque de tsunami. Il s'inscrit dans une dynamique de gouvernance internationale faisant suite au tsunami de Sumatra de décembre 2004.
7. Les risques technologiques sont pris au sérieux dans la gouvernance nationale, à travers les PPRT, et européenne à travers la directive Seveso. L'incendie de Lubrizol à Rouen en septembre 2019 souligne la vulnérabilité de ces territoires et populations exposés à cette catastrophe.
8. Par exemple, les épisodes de sécheresse ou la crise sanitaire engendrée par la COVID 19.
9. Dans la théorie des représentations sociales, la triangulation méthodologique renvoie « au fait d'appréhender un objet de recherche d'au moins deux points de vue différents » (Caillaud et Flick, 2016). Il s'agit d'agencer et connecter des données issues de méthodes de recueils différents dans l'optique d'aboutir le plan de recherche afin d'affiner la connaissance. Dans le cadre de nos

enquêtes, nous avons donc agencé et connecté des données sonores, spatiales et textuelles pour identifier les comportements adoptés par les individus (fig. 9), leurs enchaînements dynamiques et « spatialiser » les déplacements associés à ces réactions (cartes 2 et 3).

10. Le dispositif intégral a bénéficié du dialogue constant et interdisciplinaire entre toutes les parties prenantes de Com2SiCa : chercheurs en géographie, en psychologie, en mathématique, en informatique et acteurs institutionnels et opérationnels, notamment partenaires du projet.

11. Le déroulé détaillé du guide d'entretien figure en annexe 1 de l'article.

12. L'échantillonnage est basé sur les statistiques de l'INSEE et reflète les caractéristiques socio-démographiques de la population havraise.

13. Se reporter à l'annexe 2 de l'article pour l'encadrement de l'enquête.

14. Pour être anonymisées, les données ont été codées selon un protocole précis interne à la recherche et déposées sur un serveur dédié au projet et géré par l'unité coordinatrice de la recherche.

15. Cela est volontaire afin de ne pas influencer les personnes dont nous souhaitons observer les comportements.

16. Se reporter à l'annexe 1 de l'article pour une lecture détaillée du guide d'entretien.

17. Le montage de la bande-son a été réalisé à partir de la banque de données sonores : [www.universal-soundbank.com](http://www.universal-soundbank.com)

18. Un exemple de séquençage est présenté au tableau 1.

19. Cette échelle d'auto-évaluation a été conçue par un collègue psychologue clinicien, membre du projet et participant à l'enquête.

20. Directive 2012/18/UE du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2012 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, modifiant puis abrogeant la directive 96/82/CE du Conseil. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026306231>

21. La zone industrialo-portuaire du Havre au sud-sud-est du centre-ville s'étend sur une surface de plus de 10.000 hectares (hors figure).

22. La même démarche appliquée à Nice a permis de recruter 30 personnes, ce qui donne au total une population de 58 enquêtés pour la recherche.

23. En collaboration avec A. Tricot, la carte « Gulliver » a été réalisée par S. Haule.

24. Les états d'alerte désignent un ensemble de micro-comportements observables d'un point de vue moteur (sursaut, mouvement rapide etc.). Les états de contrôle sont des comportements réfléchis où la charge émotionnelle, plus ou moins forte, peut être régulée. Les états de panique désignent des comportements non contrôlés où les émotions liées à la peur ont pris le dessus.

---

## RÉSUMÉS

La recherche Com2SiCa dans laquelle s'inscrit cet article vise les objectifs suivants : d'une part appréhender la diversité des comportements humains et des possibles changements d'états pouvant se produire lors d'une catastrophe majeure, soudaine, rapide, avec peu ou sans signe précurseur ; d'autre part analyser les trajectoires de déplacement associées à des décisions spontanées d'évacuation (ou non) des espaces en prise avec l'évènement.

Les connaissances en ce domaine sont encore assez lacunaires car pour des raisons pratiques et éthiques, il est difficile d'appréhender la diversité des réponses comportementales durant le

déroulement d'une catastrophe. Afin de saisir ces dernières, nous avons élaboré une méthodologie expérimentale d'enquête sur le terrain qui s'appuie sur une simulation immersive visuelle et sonore. En plongeant les participants dans des scénarios-catastrophe, ce dispositif inédit a pour objet de produire des données relatives aux réponses comportementales observables face à des situations imminentes. Expérimenté sur deux villes littorales, Nice et Le Havre, afin de pouvoir tester la répliquabilité de la démarche et comparer les résultats, ce protocole a été pensé pour des scénarios d'aléas « naturels » ou « industriels ». Nous présentons la démarche, ses objectifs et le type d'innovation méthodologique qu'il a nécessité. La conduite de l'enquête pour la ville du Havre sert de fil conducteur et d'illustration concrète du déploiement du dispositif sur le terrain. Les résultats obtenus sont multiples : certains soulignent la validité et l'intérêt de mener des enquêtes immersives sur le terrain ; d'autres confirment le fait que, pour un même scénario de catastrophe, il n'y a pas un comportement unique pour faire face à l'évènement. Au contraire, c'est une diversité et un enchaînement de réactions qui ont pu être observés. Il en résulte une hétérogénéité des trajectoires pour évacuer les lieux de la catastrophe ou se mettre à l'abri. Nous observons aussi que ces déplacements dépendent de la configuration spatiale où a lieu l'évènement. La connaissance de cette hétérogénéité comportementale et de l'influence des lieux pourrait être utile aux acteurs opérationnels.

This article is part of the Com2SiCa research, which seeks two objectives: firstly, to understand the diversity of human behavior and the way in which it can evolve during a major, sudden and unpredictable disaster; and, secondly, to analyze the trajectories associated with spontaneous decisions to evacuate (or not) the area where a disaster has occurred.

Knowledge in this field is scarce because of the difficulty, for both practical and ethical reasons, to address the diversity of behavioral responses during the course of a disaster. In order to capture this precise moment, "during" the event, we have developed an experimental field survey methodology that relies on an immersive visual and acoustic simulation. By immersing participants in disaster scenarios, this innovative method aims to produce data on observable behavioral responses to emergency situations. Tried in two coastal cities, Nice and Le Havre, in order to test the replicability of the approach and compare the results, it was designed for "natural" or "industrial" disaster scenarios with common temporal characteristics, that is, a sudden, rapid onset with little or no warning. We present the approach, its goals and the type of methodological innovation it entailed. The city of Le Havre was chosen as a case-study to test our method. Our results highlight the validity and value of conducting immersive field investigations and confirm the fact that, for the same disaster scenario, people can behave in a wide variety of ways, and may be alert, in control or in a state of panic. Some people are static (for example, immobile or stunned), while others are dynamic (for example, searching for loved ones or fleeing). The result of this behavioural diversity is a heterogeneity in the trajectories taken to evacuate the site of the disaster or to take cover. We also observe that trajectories depend on the spatial configuration of the location where the event takes place. Knowledge of this behavioural heterogeneity as well as the influence of location could be useful to decision-makers and other stakeholders.

La investigación de Com2SiCa en la cual se sostiene este artículo tiene los siguientes objetivos : comprender la diversidad del comportamiento humano y los posibles cambios de estado que pueden ocurrir durante un desastre, repentino, rápido, con poca o ninguna señal de advertencia y analizar las trayectorias de movimiento asociadas a decisiones espontáneas al momento de evacuar (o no) un espacio afectado por el evento. El conocimiento en esta área es bajo por razones prácticas y éticas, resultando complejo comprender la diversidad de respuestas del comportamiento humano durante el transcurso de un desastre. Para dilucidar lo anterior, hemos desarrollado una metodología experimental de muestreo en terreno que se sostiene sobre una simulación visual y sonora inmersiva. Al sumergir a los participantes en escenarios de desastre,



este dispositivo produce datos relacionados a las respuestas de los comportamientos observables ante tales situaciones. Se testea en dos ciudades costeras, Niza y Le Havre, para así evaluar la replicabilidad del enfoque y comparar los resultados. Este protocolo fue diseñado para escenarios de peligros "naturales" o "industriales" y presentamos el enfoque, sus objetivos y el tipo de innovación metodológica que fue requerido. La realización de la encuesta para la ciudad de Le Havre aporta como hilo conductor y una ilustración concreta de la aplicación del dispositivo en terreno. Los resultados subrayan la validez e interés de realizar encuestas inmersivas in situ ; otros confirman que, para un mismo escenario de desastre, no se aprecia un comportamiento uniforme. Por el contrario, existe una diversidad y secuencia de reacciones. Lo anterior, entrega como resultado una heterogeneidad de las trayectorias de evacuación de los lugares donde ocurre el desastre o en la búsqueda de refugio. También apreciamos que tales desplazamientos dependen de la configuración espacial donde tuvo lugar el evento. El conocimiento de esta heterogeneidad del comportamiento y la influencia del lugar en que ocurren, podrían ser antecedentes útiles para los actores que gestionan el riesgo.

## INDEX

**Palabras claves :** riesgo tecnológico, riesgo natural, comportamiento humano individual y colectivo, trabajo de campo, simulación

**Mots-clés :** catastrophe, risque technologique, risque naturel, comportement humain individuel et collectif, enquête de terrain, simulation

**Keywords :** disaster, technological risk, natural risk, individual and collective human behavior, survey methodology, simulation

## AUTEURS

### DAMIENNE PROVITOLLO

Université Côte d'Azur, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, IRD, UMR Géoazur, Valbonne, France

Directrice de recherche CNRS

damienne.provitolo@geoazur.unice.fr

### ANNE TRICOT

Aix-Marseille-Univ, CNRS, Université Côte d'Azur, Avignon Université, ESPACE, UMR 7300, Avignon, France

Ingénieure CNRS

anne.tricot@univ-amu.fr

### ALEXANDRA SCHLEYER-LINDENMANN

Aix-Marseille-Univ, Université Côte d'Azur, Avignon Université, CNRS, ESPACE, UMR 7300, Avignon, France

Maître de conférences

alexandra.lindenmann@univ-amu.fr

**ABDEL-HALIM BOUDOUKHA**

Nantes Université, Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire, EA 4638, France  
Professeur des Universités  
Abdel-Halim.Boudoukha@univ-nantes.fr

**NATHALIE VERDIÈRE**

Université Le Havre Normandie, LMAH, FR-CNRS-3335, France  
Maître de conférences  
nathalie.verdiere@univ-lehavre.fr

**SÉBASTIEN HAULE**

CNRS, Géographie-cités, UMR 8504, Campus Condorcet, France  
Ingénieur CNRS  
sebastien.haule@parisgeo.cnrs.fr

**EDWIGE DUBOS-PAILLARD**

Université Paris 1, Panthéon-Sorbonne, Géographie-cités, UMR 8504, France  
Professeur des Universités  
Edwige.Dubos-Paillard@univ-paris1.fr

**VALENTINA LANZA**

Université Le Havre Normandie, LMAH, FR-CNRS-3335, France  
Maître de conférences  
valentina.lanza@univ-lehavre.fr

**RODOLPHE CHARRIER**

Université Le Havre Normandie, LITIS, Le Havre, France  
Maître de conférences  
rodolphe.charrier@univ-lehavre.fr

**CYRILLE BERTELLE**

Université Le Havre Normandie, LITIS, Le Havre, France  
Professeur des Universités  
cyrille.bertelle@univ-lehavre.fr

**OSCAR NAVARRO**

Université de Nîmes, UPR Chrome, Nantes Université, Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire, EA 4638, France  
Professeur des Universités  
oscar.navarro\_carrascal@unimes.fr

**MANUELLE LAGO-MARQUES**

Aix-Marseille-Univ, Université Côte d'Azur, CNRS, ESPACE, UMR 7300, Avignon, Géoazur, UMR 7329, Valbonne, France  
Ingénieure contractuelle CNRS

**PATRICK RANARIMAHEFA**

Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, Observatoire de la Côte d'Azur, Géoazur, UMR 7329, Valbonne, France

Ingénieur contractuel CNRS

patrick.ranarimahefa@etu.univ-cotedazur.fr

**ALEXANDRE BERRED**

Université Le Havre Normandie, LMAH, FR-CNRS-3335, France

Professeur des Universités

alexandre.berred@univ-lehavre.fr

**MOULAY AZIZ-ALAOUI**

Université Le Havre Normandie, LMAH, FR-CNRS-3335, France

Professeur des Universités

aziz.alaoui@univ-lehavre.fr

**PASCAL MALLET**

Communauté Urbaine Le Havre Seine Métropole

Chef de service RISQUES MAJEURS, Résilience des territoires,

Le Havre Seine Métropole, France

pascal.mallet@lehavremetro.fr

**SANDRA PEREZ**

Université Côte d'Azur, UMR Espace, Nice, France

Maître de conférences

Sandra.PEREZ@univ-cotedazur.fr

**EMMANUEL TRIC**

Université Côte d'Azur, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, IRD, UMR Géoazur, Valbonne, France

Professeur des Universités

Emmanuel.TRIC@univ-cotedazur.fr