



UNIVERSITÉ FRANÇOIS RABELAIS DE TOURS

École Doctorale « *Sciences de l'Homme et de la Société* »

UMR 7324 CITERES, équipe IPAPE

THÈSE présentée par :

Gaëtan PALKA

soutenue le : 11 décembre 2015

pour obtenir le grade de : Docteur de l'université François - Rabelais de Tours

Discipline/S spécialité : Aménagement de l'espace, urbanisme

Amélioration de la cartographie du risque d'inondation par l'intégration des besoins et préférences des destinataires

THÈSE DIRIGÉE PAR :

THIBAULT Serge
NÉRON Emmanuel
SERRHINI Kamal

Professeur des Universités, Université François - Rabelais de Tours
Professeur des Universités, Université François - Rabelais de Tours
Maître de Conférences, Université François - Rabelais de Tours

RAPPORTEURS :

HUBERT Gilles
RUAS Anne

Professeur des Universités, Université Paris-Est Marne
HDR, IFSTTAR, IGN

JURY :

CHAPELON Laurent
DAVOINE Paule-Annick
HUBERT Gilles
RUAS Anne
THIBAULT Serge
NÉRON Emmanuel
SERRHINI Kamal

Professeur des Universités, Université de Montpellier
Maître de Conférences - HDR, INP de Grenoble
Professeur des Universités, Université Paris-Est Marne
HDR, IFSTTAR, IGN
Professeur des Universités, Université François - Rabelais de Tours
Professeur des Universités, Université François - Rabelais de Tours
Maître de Conférences, Université François - Rabelais de Tours

Cette recherche a été co-financée par les projets de recherche :

Cartographie efficace du Risque d’Inondation (CRI)



et

Transport, Réseaux, Urbanisme, Croissance (TRUC)

Improving Flood Risk Maps as a Means to Foster Public Participation and Raising Flood Risk Awareness : Toward Flood Resilient Communities (RISK MAP) du 2^{ème} appel à projet ERA-NET CRUE « *Flood Resilient Communities – Managing the Consequences of Flooding* »

Représentations cartographiques de la qualité des ambiances sonores urbaines : acceptabilité des cartes (Cart-ASUR)



Remerciements

Je souhaite m'acquitter ici d'une dette que je contracte depuis quatre ans. Bien que la thèse soit un exercice solitaire en apparence, il convient de rester entouré, et je l'ai été admirablement.

Je souhaite tout d'abord remercier Serge THIBAUT et Emmanuel NÉRON qui ont dirigé cette thèse et m'ont guidé par leurs questionnements et leurs remarques toujours pertinentes. Sans ceux, cette aventure n'aurait pu aboutir à ce qu'elle est aujourd'hui.

Je remercie également Kamal SERRHINI qui m'a donné le goût de la recherche, a co-encadré celle-ci et m'a permis de participer à plusieurs projets de recherche qui ont nourri ma réflexion.

Je n'oublie pas les doctorants, les enseignants-chercheurs et les personnels techniques, administratifs et de recherche qui, je l'espère, m'excuseront de ne pas tous les nommer. Je leur suis reconnaissant d'avoir partagé des moments de discussion et de détente.

Je présente aussi mes sincères remerciements aux membres du jury, Laurent CHAPELON, Paule-Annick DAVOINE, Gilles HUBERT et Anne RUAS, qui me font l'honneur d'évaluer ce travail.

REMERCIEMENTS

Résumé

La gestion du risque d'inondation a évolué d'une approche structurelle à une politique non-structurelle supportée par des outils graphiques, dont les cartes, présents à toutes les étapes de la gestion du risque d'inondation. Cependant, si elles sont parmi les meilleurs outils pour la représentation, la communication et l'aide à la décision, ces cartes se caractérisent par des lacunes dans leur figuration, notamment en raison d'une faible prise en compte de la maîtrise d'usage lors de leur conception.

L'objectif principal de cette recherche est de définir les règles cartographiques spécifiques à différentes catégories d'acteurs directement usagers des cartes lors d'une phase d'évacuation (habitants, décideurs locaux et force de secours) en tenant de leurs caractéristiques et de leurs questions afin de produire des cartes plus efficaces pour la gestion de cette étape. Dans cette logique, l'application IMaDeS (Interactive Map Design System) a été développée pour permettre aux destinataires de co-concevoir leurs cartes dont les parangons sont évalués par oculométrie couplée à un questionnaire.

Mots clés : cartographie d'évacuation, usagers, communication cartographique, sémiologie graphique expérimentale, oculométrie

RÉSUMÉ

Abstract

Flood risk management has evolved from a structural approach to a non-structural policy supported by graphical tools (including maps), present at all stages of the flood risk management. However, although they are among the best tools for representation, communication and decision-making, these maps are characterized by gaps in their figuration, particularly because of a weak integration of their use in the design.

The main objective of this research is to define the specific mapping rules for different categories of stakeholders who are the end-users of maps during an evacuation (inhabitants, local decision-makers and rescue forces) by using their characteristics and their issues to produce more efficient maps in order to manage evacuation. Toward this goal, the IMaDeS application (Interactive Map Design System) was developed to allow stakeholders to co-build their maps and the most representative templates are evaluated by eye-tracking paired with a questionnaire.

Keywords : Evacuation maps, users, cartographic communication, experimental graphic semiology, eye-tracking

ABSTRACT

Table des matières

Remerciements	5
Résumé	7
Abstract	9
Liste des abréviations	15
Introduction	29
I La cartographie dans le risque d'inondation	37
1 Gestion du risque d'inondation	39
1.1 Composantes de la gestion du risque	40
1.2 Principales caractéristiques de la gestion du risque d'inondation . . .	48
2 Usage des cartes	57
2.1 La carte : définition, discipline et paradigme	58
2.2 La carte dans la gestion du risque d'inondation, un outil	68
Conclusion	77

II	Lecture de la carte	79
3	Description physiologique de la vision	83
3.1	Acquisition de l'information cartographique	83
3.2	De la carte acquise à la carte traitée : décomposition perceptive et analyse cognitive	89
3.3	Traitements ascendants et descendants et caractéristiques des fixations	91
4	Facteurs cartographiques et humains	95
4.1	Facteurs cartographiques	96
4.2	Facteurs humains	103
	Conclusion	119
III	Sémiologie graphique expérimentale et eye-tracking	121
5	Protocole expérimental : de la création des profils cartographiques à leur évaluation	125
5.1	IMaDeS, un outil pour la construction des profils utilisateurs et des cartes d'évacuations associées	126
5.2	Construction du profil utilisateur	132
5.3	Construction des modèles cartographiques	136
5.4	Construction des profils cartographiques	139
5.5	Évaluation des profils cartographiques	139
6	Volontaires, données et figurations	149
6.1	Volontaires	149
6.2	Données cartographiques	151

TABLE DES MATIÈRES

6.3	Figurations	154
IV	Résultats et discussion	159
7	Construction des modèles cartographiques	163
7.1	Utilité et rôle des couches d'informations	164
7.2	Modèles cartographiques	189
8	Construction des profils cartographiques	199
8.1	Cartes d'aléa et d'évacuation pour les habitants	200
8.2	Cartes mono-thématiques pour les secours	203
8.3	Cartes de situation denses en information pour les décideurs	207
8.4	Conclusion	210
9	Évaluation des profils cartographiques	211
9.1	Évaluation de l'utilité ressentie	212
9.2	Impact de l'adaptation sur la compréhension	219
9.3	Détection des zones d'intérêt et des points de difficulté cognitive	222
	Conclusion	235
	Bibliographie	239
	Annexes	257
A	Questionnaire utilisé dans IMaDeS	257

TABLE DES MATIÈRES

B	Figurations utilisées dans IMaDeS	271
C	Profils cartographiques testés	277
D	Enquête d'évaluation des profils	291
E	Enregistrements oculaires	311
F	Zones d'intérêt	389

Liste des abréviations

AZI Atlas des Zones Inondables

CFC Comité Français de Cartographie

CRI Cartographie du Risque d’Inondation

DCE Directive Cadre Européenne

DDRM Dossier Départemental des Risques Majeurs

DICRIM Dossier d’Information Communal sur les Risques Majeurs

ERP Établissement Recevant du Public

GRI Gestion du Risque d’Inondation

IAL Information Acquéreur-Locataire

MC Modèle cartographique

MCT Mémoire à Court Terme

MLT Mémoire à Long Terme

ORSEC Organisation de la Réponse de Sécurité Civile

PC Profil cartographique

PLU Plan Local d’Urbanisme

PU Profil utilisateur

PCS Plan Communal de Sauvegarde

PER Plan d'Exposition aux Risques

PGRI Plan de Gestion des Risques d'Inondation

PPI Plan Particulier d'Intervention

PPRI Plan de Prévention des Risques d'Inondation

PPRN Plan de Prévention des Risques Naturels

PPRT Plan de Prévention des Risques Technologiques

SAGE Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SCoT Schéma de Cohérence Territoriale

SCUVT Sécurité Civile Urbaine de la Ville de Tours

SDAGE Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDIS Service Départementale d'Incendie et de Secours

SIG Système d'Information Géographique

Liste des tableaux

1.1	Phases et étapes du <i>Dynamic Disaster Model</i>	45
2.1	Pratiques cartographiques selon la finalité [Che04]	74
3.1	Tailles minimales admises	88
3.2	Niveau de séparation selon la couleur	88
3.3	Décomposition de la durée d'une fixation	93
4.1	Ordre des tâches perceptives	111
6.1	Nombre de volontaires par catégorie aux deux phases participatives de l'enquête	151
6.2	Niveau d'aléa en fonction de la hauteur d'eau, de la vitesse et de la durée de submersion	153
7.1	Nombres de cartes produites par catégorie	163
7.2	Caractéristique de chaque classe de 4 individus ou plus de la catégo- risation en 10 classes	192
9.1	Coefficient de corrélation des zones lues	224
9.2	Indicateurs statistiques de la durée des fixations selon la catégorie d'acteurs	229

LISTE DES TABLEAUX

9.3	Profils cartographiques selon la catégorie d'acteurs	237
E.1	Liste des volontaires	311

Table des figures

1.1	Les trois cultures du risque, [CB01] d'après [Rej93]	44
1.2	Principaux documents de la GRI	51
1.3	Cartographie du risque d'inondation de Cartorisque pour le département d'Indre-et-Loire (37)	54
1.4	Portail Géorisques	55
2.1	Modèle de la communication cartographique de Kolacny [Kol69]	62
2.2	Modèle théorique de la lecture cartographique de Hake [Hak73]	65
2.3	Fonctions cartographiques selon Di Biase [DiB90]	66
2.4	Usages de la carte selon MacEachren et Kraak [MK97]	67
2.5	Cartographie de la zone inondable du DICRIM de Joué-lès-Tours	70
2.6	Cartographie de la zone inondable du DICRIM de Saint-Denis-sur-Loire	71
2.7	Cartographie de la zone inondable du DICRIM de Tours	72
2.8	Cartographie interactive du risque d'inondation de Quimper	73
3.1	Acquisition de l'information lumineuse par l'œil	84
3.2	Etapas physiologiques de la transformation de la scène visuelle en représentation mentale	84
3.3	Répartition des cônes et des bâtonnets, issue de [Duc07]	85
3.4	Différenciation du champ visuel humain	86

TABLE DES FIGURES

3.5	Bande de Mach	87
3.6	Aires et cortex cérébraux impliqués dans la lecture d'une carte [Duc07]	91
3.7	Chaines ascendante et descendante de la vision durant la lecture d'une carte [Jé13]	92
4.1	Matrices de similarité entre les fixations et les modèles de saillance visuelle [JDT12, p. 17]	97
4.2	Emprise au sol des bâtiments (extrait de la BD TOPO V2 © IGN) .	99
4.3	Application de la loi de similarité, carte topographique au 1/25 000 © IGN	100
4.4	Application de la loi de continuité, carte topographique au 1/25 000 © IGN	101
4.5	Le carré absent, d'après [LHB10]	101
4.6	Vase de Rubin (à gauche, le « contour » du vase, au centre les profils pleins et à droite le vase plein)	102
4.7	Modèle computationnel de Marr	106
4.8	Géons permettant la recomposition d'un objet [Bie87]	109
4.9	Processus de reconnaissance des objet selon [Bie87]	110
4.10	Modèle d'interprétation des graphiques de Kosslyn	113
4.11	Modèle de perception des graphiques de Pinker [Pin90]	114
4.12	<i>Visual description</i> d'un graphique en barres, [Mac95] d'après [Pin90]	115
4.13	Cube des profils cartographiques	120
4.14	Protocole expérimental	124
5.1	Modélisation UML d'une carte dans IMaDeS	127
5.2	Légende singulière (a) et légende plurielle (b)	128
5.3	Structuration de l'application IMaDeS	130

TABLE DES FIGURES

5.4	Capture d'écran du module de cartographie interactive d'IMaDeS . . .	136
5.5	Évolution de la vue initiale à la carte finale dans le module de carto- graphie interactive du prototype d'IMaDeS	138
5.6	Planche de présentation	141
5.7	Planches de distinction de la dyschromatopsie rouge-vert	141
5.8	Premier jeu de planches de distinction de la dyschromatopsie rouge- vert (inversion des couleurs)	142
5.9	Planches de détection de la confusion bleu-vert et teintes orangées . .	142
5.10	Second jeu de planches de distinction de la dyschromatopsie rouge- vert (inversion des couleurs)	142
5.11	Planches vides pour les sujets sains	143
5.12	Planches de distinction des sujets protans et des sujets deutans	143
5.13	Planches utilisées dans la phase d'évaluation des modèles	145
5.14	Texte d'évaluation de l'acuité visuelle	145
5.15	Échelle d'évaluation des caractéristiques subjectives	146
5.16	Questions de compréhension du questionnaire d'évaluation.	146
5.17	Poste d'enregistrement des mouvements oculaires	148
6.1	Figurations pour la donnée « aléa »	155
6.2	Documents officiels ayant servi à la figuration de l'aléa	157
6.3	Profil témoin basé sur le PPRi et l'AZI	158
6.4	Carte témoin basée sur des carte existantes	158
7.1	Choix de l'échelle	165
7.2	Échelles préférées dans le prototype par les habitants	165
7.3	Choix de l'échelle par catégorie d'acteurs	166
7.4	Échelles préférées dans le prototype par les forces de secours	167

TABLE DES FIGURES

7.5	Échelles préférées dans le prototype par les décideurs locaux	167
7.6	Choix de la figuration de l'aléa	169
7.7	Choix de la figuration de l'événement par catégorie d'acteurs	170
7.8	Figurations préférées pour l'aléa dans le prototype par les habitants .	171
7.9	Figurations préférées pour l'aléa dans le prototype par les forces de secours	171
7.10	Figurations préférées pour l'aléa dans le prototype par les décideurs locaux	172
7.11	Choix de la figuration du bâti	174
7.12	Figurations préférées pour le bâti dans le prototype par les habitants	175
7.13	Figuration préférée pour le bâti dans le prototype par les forces de secours	176
7.14	Icones recommandées pour représenter les ERP	176
7.15	Choix de la figuration du bâti par catégorie d'acteurs	177
7.16	Figuration préférée pour le bâti dans le prototype par les décideurs locaux	178
7.17	Choix de la figuration des itinéraires	179
7.18	Figuration préférée pour l'itinéraire d'évacuation dans le prototype par les habitants	180
7.19	Figurations préférées pour l'itinéraire dans le prototype par les forces de secours	181
7.20	Choix de la figuration des itinéraires par catégorie d'acteurs	182
7.21	Figurations préférées pour l'itinéraire dans le prototype par les forces de secours	183
7.22	Choix de la figuration des zones de sureté	183

TABLE DES FIGURES

7.23 Figurations préférées pour la zone de sûreté dans le prototype par les habitants	184
7.24 Choix de la figuration des zones de sureté	185
7.25 Choix de la figuration des croisements	187
7.26 Choix de la figuration des croisements par catégorie d'acteurs	188
7.27 Nuages de points issus de l'ACM	190
7.28 Nuage des modalités	190
7.29 Graphique d'inertie de la CAH	191
7.30 Parangons de la catégorisation en 3 classes	194
7.31 Classification en 6 groupes de modèle cartographiques	195
7.32 Parangon de la première classe	195
7.33 Parangon de la deuxième classe	196
7.34 Parangon de la troisième classe	196
7.35 Parangon de la quatrième classe	197
7.36 Parangon de la cinquième classe	197
7.37 Parangon de la sixième classe	198
8.1 Carte d'événement sur la commune de Berthenay selon le profil « carte simple du phénomène » brut	201
8.2 Carte d'événement sur la commune de Berthenay selon le profil « carte simple du phénomène » complété	202
8.3 Carte d'événement sur un quartier de Tours selon le profil « carte simple du phénomène »	202
8.4 Profil « itinéraire simplifié »	203
8.5 Profil « itinéraire détaillé »	204
8.6 Profil « itinéraire détaillé » pour l'évacuation d'un centre hospitalier .	205

TABLE DES FIGURES

8.7	Profil « intervention » avec l'accès à la zone d'intervention	207
8.8	Profil « intervention » avec l'organisation spatiale de la zone	208
8.9	Profil « itinéraires préconisés exploités »	209
8.10	Profil « situation détaillée »	210
9.1	Utilité selon le profil cartographique	213
9.2	Utilité des profils cartographiques par catégorie d'acteurs	214
9.3	Profils représentatifs de l'utilité selon la catégorie d'acteurs	215
9.4	Lien entre la lisibilité et l'utilité	216
9.5	Lien entre la lisibilité et la quantité d'informations perçue	217
9.6	Lien entre l'utilité et la quantité d'informations perçue	218
9.7	Pourcentage de réponses justes par carte selon la catégorie d'acteurs .	220
9.8	Profils offrant le meilleur taux de réponses correctes	220
9.9	Profils offrant le moins bon taux de réponses correctes	221
9.10	Score médian de chaque carte selon la valeur médiane de chaque cri- tère subjectif	221
9.11	Estimation par noyau de densité de fixations	223
9.12	Fixations et zones d'intérêt des forces de secours pour la carte issue du profil « carte simple du phénomène »	223
9.13	Classification des stratégies de lecture des cartes selon la distance de Lovenstein	224
9.14	Fixations et zones d'intérêt des forces de secours pour la carte issue du profil « carte simple du phénomène »	226
9.15	Zones de concentration des fixations sur la carte d'évacuation témoin de Berthenay	227

TABLE DES FIGURES

9.16 Zones de concentration des fixations sur la carte d'évacuation témoin de Berthenay	228
9.17 Répartition de la durée des fixations selon la carte et la catégorie d'acteurs	229
9.18 Zones à informations mixtes	230
9.19 Zones à changement de caractéristiques visuelles	230
9.20 Zones à informations textuelles	231
9.21 Zones à informations inhabituelles	231
F.1 Estimation par noyau de densité de fixations	389

TABLE DES FIGURES

Introduction

INTRODUCTION

La politique française de gestion du risque d'inondation est une politique ancienne qui a connu trois grandes évolutions. La première prise en compte de l'inondation dans le développement local correspond à la gestion pastorale par laquelle la population vit au rythme du cours d'eau. La seconde évolution est celle qui résulte de la gestion structurelle du risque d'inondation initiée suite aux inondations des fleuves français (la Seine, la Saône, le Rhône, La Loire et la Garonne) en 1856 et après lesquelles Napoléon III lance un programme de grands travaux (digues, canaux, barrages). Ces ouvrages, s'ils offrent une protection contre les crues mineures, ont deux inconvénients. D'une part, ils conduisent à un déplacement du risque vers les zones non protégées, rendant certaines zones, parfois habitées, dangereuses alors qu'elles n'étaient pas soumises au risque d'inondation auparavant. D'autre part, ces ouvrages conduisent à un sentiment de sécurité chez les habitants qui ne voient plus le risque, et donc à une perte de la culture du risque. Ainsi, le grand canal de Mulhouse qui protège la ville d'une crue majeure montre les limites de cette approche lors de la crue de 2007 considérée comme une crue cinquantennale [G⁺08]. Le long de la Loire, cette politique structurelle est plus ancienne [Vig62, GM05, Fou08]. Dès l'époque carolingienne, la construction de turcies¹ et de levées de protection a été initiée et au cours des siècles suivants, chaque crue majeure a conduit à l'extension et au rehaussement des ouvrages existants.

La troisième évolution débute dans la première moitié du XX^{ème} siècle et complète le dispositif structurel existant par l'intégration du risque dans les documents supportant les politiques de développement local. Le décret-loi du 30 octobre 1935 initie une gestion non-structurelle du risque d'inondation par l'instauration des Plans Surfaces Submersibles (PSS). Le PSS instaure une servitude d'utilité publique qui affecte l'usage du sol et permet à l'administration de s'opposer à tous travaux pouvant faire obstacle au libre écoulement des eaux ou à la conservation des champs d'expansion d'inondation. Il intègre la cartographie de l'aléa d'inondation, mais pas

1. Buttes de terres et de bois reliant des buttes naturelles insubmersibles.

la vulnérabilité résultant de cet aléa, et n'est pas basé sur une crue de référence fixée par une politique nationale, ce qui peut créer des disparités selon la crue retenue. Il faut attendre les années 1980 pour voir le dispositif évoluer avec l'instauration des Plans d'Exposition aux Risques (PER) par la loi 82-600 du 13 juillet 1982 (dite loi Tazieff). Les PER sont arrêtés par le préfet de département après information et consultation des acteurs locaux à travers l'enquête publique et l'avis des conseils municipaux. Ils sont basés sur une crue centennale résultant d'une analyse des crues historiques. Les PER sont remplacés par les Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) instaurés par la loi 95-101 du 2 février 1995 (dite loi Barnier). La démarche d'élaboration de ce document est allégée par rapport au PER et les décideurs locaux y sont intégrés plus en amont.

Ce dispositif réglementaire est complété par deux lois françaises et une directive européenne. La loi 2003-699 du 30 juillet 2003 (dite loi Bachelot) relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages instaure l'information de la population par le maire pour les communes soumises à un PPRN. La cartographie des risques doit se fonder sur le concept nouveau de bassin homogène de risques qui peut correspondre à « *un bassin versant hydrologique, [un] tronçon homogène d'un cours d'eau, d'un versant présentant un ensemble de critères caractérisant son instabilité* »² afin de pouvoir « *étudier les phénomènes dans leur globalité et dans leur réalité physique, en s'affranchissant des limites administratives qui sont réductrices* »³. La loi 2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la sécurité civile impose la création des Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) qui prépare préventivement les acteurs de la gestion du risque et fixe le fonctionnement général d'une intervention préventive à l'échelle communale. La directive cadre européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 vise à réduire les conséquences négatives des inondations sur l'Homme, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité

2. glossaire.prim.net/definition/bassin-de-risque [22/07/2015]

3. *loc. cit.*

INTRODUCTION

économique. Elle pose un cadre pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation par l'identification et la cartographie des territoires à risque et l'établissement des Plans de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI). Elle renforce également l'information au citoyen et la connaissance du risque en imposant la cartographie de plusieurs scénarii de crue (d'une crue forte probabilité à la crue extrême).

L'approche non-structurale est également accompagnée par des outils qui couvrent d'une part l'alerte et d'autre part l'information générale et préventive. L'alerte est supportée par le dispositif Vigicrue⁴ constitue le système d'information sur le niveau de risque de crue à l'échelle nationale et à celle du bassin versant hydrologique qui permet de définir le niveau de mise en alerte. L'information générale et préventive est portée par des documents tels que l'Atlas des Zones Inondables (AZI), le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), le Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) ou l'Information Acqureur Locataire (IAL) en application de l'article R125-11 du Code de l'Environnement, de loi 78-753 du 17 juillet 1978 et de la loi 2004-811 du 13 août 2004,. Depuis le début des années 2000, cette approche évolue vers une transversalité croissante en intégrant de nouveaux acteurs (forces de secours, forces de l'ordre, population ...) et leurs missions dans la mise en place de cette politique.

Cependant certains documents tels que le DICRIM rencontrent une certaine réticence dans leur acceptation et leur utilisation [DPGG⁺13]. L'approche non structurale montre encore des déficits qui résultent d'une intégration tardive et partielle des destinataires dans les procédures d'élaboration des documents qui supportent la GRI.

La gestion contemporaine du risque d'inondation implique donc de nombreux acteurs, comprenant les habitants impactés par le risque, les forces de secours en

4. <http://www.vigicrues.gouv.fr/> [11/09/2015]

charge de faciliter l'évacuation des personnes vulnérables et les décideurs locaux. Les besoins en information, tant en matière de représentation du risque lui-même qu'en matière de sa gestion, vont croissant et mobilisent des informations toujours plus variées et spécifiques selon les types d'acteurs. C'est ainsi que nous pouvons concevoir que les informations dont ont besoin les élus communaux ne sont pas du même ordre que celles dont ont besoin les forces de l'ordre, ne sont pas du même ordre que celles dont peut avoir besoin l'habitant touché par une inondation et qui l'oblige à évacuer son lieu de résidence habituel.

Considérant que la représentation cartographique de ces informations, qui vont de la représentation des zones inondables jusqu'aux itinéraires d'évacuation en passant par la localisation de moyens divers, est centrale en matière de gestion du risque, la prise en compte de la diversité des acteurs et des informations conduit à considérer que les besoins sont propres à chaque groupe d'acteurs. De plus afin que ces cartes puissent être utilisées de façon convenable, leur conception doit être ajustée à l'acteur lui-même.

Cette recherche vise à résoudre le problème posé par la démultiplication des acteurs dans la gestion du risque d'inondation, en matière de construction d'informations adaptées aux besoins de chaque catégorie d'acteurs. Posant la question suivante :

En quoi l'intégration des besoins et des préférences des destinataires finaux est nécessaire dans la conception de la cartographie d'évacuation ?

Nous supposons que la résolution de ce problème résulte en grande partie de l'intégration de la maîtrise d'usage dès la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre de la conception des outils d'information et d'aide à la décision.

Ce travail de recherche vise à y apporter une réponse à cette intégration. Il se base sur un outil développé pour générer des cartes à partir des besoins (quelles données représenter ?) et des préférences (Quelle mise en forme y associer ?) des utilisateurs finaux en fonction de leur catégorie (décideurs locaux, forces de secours et habitants) et des questions auxquelles une carte d'évacuation doit répondre. Le déroulé de cette recherche s'articule sur deux hypothèses :

H_1 : La participation des destinataires finaux dans la conception permet la création profils de carte d'évacuation spécifiques, c'est-à-dire des modèles de carte spécifiques aux catégories d'acteurs et à leurs questions.

H_2 : Une carte adaptée est une carte plus efficace qu'une carte générique basée sur les règles de l'État.

Certes liée à un problème particulier issu de la gestion du risque d'inondation, cette recherche qui s'inscrit dans la conception d'outils d'aide à la résolution de problèmes, est fondée sur l'intégration des différents usagers, que cela soient les habitants, les membres de différents organismes qui participent à la gestion de ce risque, et les décideurs. Cette participation des usagers au niveau de la conception des outils d'aide à la décision, et de façon plus étendue, la participation des usagers à la conception du projet lui-même, est aujourd'hui une démarche reconnue, notamment en aménagement et urbanisme, ce qui ne veut pas dire qu'elle est très largement développée. Notre recherche permet de démontrer que cette intégration de la maîtrise d'usage dans la gestion du risque d'inondation est tout à fait possible : nous disposons des méthodes et outils techniques pour ce faire. Cette gestion du risque revient tout compte fait à adapter et modifier temporairement l'agencement spatial d'un milieu urbain touché par l'inondation en espérant son retour à un état initial.

Dans la première partie de ce travail de recherche, nous questionnons l'approche non-structurelle et la place que la carte y occupe afin de définir si des déficits de la

GRI peuvent être comblés par l'intégration de la maîtrise d'usage dans la conception des outils graphiques d'information et d'aide à la décision. Cette partie est structurée en deux chapitres qui présentent (1) la gestion du risque puis (2) l'usage de la carte dans cette politique. Ces deux objets d'étude sont d'abord abordés selon une approche théorique puis dans son application. Nous commençons par définir ce qu'est le risque à partir de la théorie du danger, la cindynique, pourquoi la mise en place d'une politique de gestion de ce risque est nécessaire et les caractéristiques d'une bonne gestion du risque. Nous présentons les acteurs impliqués dans cette politique en mettant en évidence leur place dans le jeu d'acteurs et leurs missions au sein de cette gestion du risque. Les outils dans lesquels la carte est intégrée sont également présentés pour mettre en évidence leurs fonctions, leurs destinataires et leurs concepteurs. Puis nous traitons spécifiquement de la carte sur le plan théorique de la communication cartographique et dans la manière dont elle est exploitée dans la gestion du risque d'inondation (GRI). Cette partie met en évidence certaines faiblesses dans cette gestion et dans l'usage de la carte qui réduisent l'efficacité de cette dernière, notamment en raison d'un manque de prise en compte de certains acteurs de la GRI.

Il apparaît indispensable de comprendre comment fonctionne la lecture d'une carte pour la rendre plus efficace. Ainsi, dans la deuxième partie, ce processus visuel est abordé pour définir les principaux facteurs humains et cartographiques qui impactent l'acquisition, la compréhension et la mémorisation des informations contenues dans la carte à partir de théories et courants scientifiques utilisés dans la vision. Nous concluons par la proposition d'un cadre conceptuel, le profil cartographique, qui permet de traduire les besoins et les préférences des destinataires afin de les intégrer dans un système de cartographie numérique, cette intégration pouvant aboutir à une préconception de la carte pour laquelle une figuration des données géographique est proposée ou à une automatisation de la cartographie web qui tient compte de l'utilisateur.

Dans une troisième partie, nous présentons la méthode employée pour construire les cartes à partir d'une démarche centrée sur le destinataire. Nous détaillons le protocole expérimental mis en place et l'outil de conception cartographique assistée développé dans le cadre de ce travail de recherche. Ce protocole se compose d'une phase de conception assistée par IMaDeS, Interactive Map Design System, qui permet à un utilisateur non initié à la cartographie, dans un cadre délimité par un cartographe, d'exprimer son usage de la carte et de concevoir la carte qu'il juge la plus adaptée pour y répondre. Cette phase conduit à la création d'un ensemble de profils cartographiques (PC). Une phase d'évaluation basée sur l'oculométrie analyse si les cartes conçues à partir des PC aboutissent à la production de cartes plus efficaces. Dans un second chapitre, les volontaires, les données géographiques et les figurations employées sont présentées. Cette recherche s'intéresse à trois catégories d'acteurs (décideurs locaux, forces de secours et population) directement impliqués\footnote{Dans le sens présents sur le terrain (au centre de décision, dans la rue, aux points de rassemblement ...)} dans l'évacuation en cas de crise et qui nécessite un outil d'aide à la décision.

La dernière partie présente les résultats de la recherche. Le premier chapitre détaille les résultats de la conception cartographique et l'explication des choix des différents volontaires. Le second chapitre aboutit à la construction des PC et présente les cartes élaborées à partir de ces profils et qui sont testées dans la dernière section. Celle-ci détaille les résultats issus de l'évaluation des profils cartographiques.

Note relative aux figures et tableaux : Les illustrations de ce travail de recherche, sauf mention contraire sur l'illustration ou dans son titre, sont des productions originales de son auteur.

Première partie

La cartographie dans le risque d'inondation

Chapitre 1

Gestion du risque d'inondation

La gestion du risque d'inondation (GRI) fait partie intégrante de la politique de développement territorial pour 19 247 communes en France¹. Ce chapitre présente ce qu'est le risque et la science qui lui est associée, la cindynique. La définition générale est comparée avec celle des géographes utilisée dans la gestion du risque d'inondation. Puis la gestion du risque d'inondation est décrite pour en comprendre le fonctionnement et les buts à travers les acteurs impliqués et les instruments utilisés.

La section 1.1 présente le cadre général du risque à partir de la cindynique puis la définition du risque utilisée dans la GRI. Ensuite un modèle spécifique au comportement des individus au moment de l'évacuation est décrit et mis en parallèle avec le fonctionnement d'un déplacement des résidents lors d'une crue afin de comprendre quels sont les freins au bon déroulement de cette étape de la gestion du risque.

La section 1.2 décrit la politique française de gestion du risque d'inondation. Cette section analyse dans quelle mesure la GRI couvre les axiomes de la cindynique pour

1. Ce chiffre prend en compte les communes soumises au risque d'inondation de par cours d'eau et cartographiées dans les Atlas des Zones Inondables (AZI). <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/indicateurs-indices/f/1832/1328/population-exposee-risques-dinondation.html> [17/08/2015]

mettre en évidence ses limites. Une première approche cartographique est y intégrée car la carte est un outil central de cette politique.

1.1 Composantes de la gestion du risque

Avant d'étudier la cartographie dans la gestion du risque, il convient de définir ce qu'est le risque et ce qu'une politique de gestion doit permettre de réaliser.

1.1.1 La cindynique, science du danger

Kervern et Boulenger [KB07] proposent avec la cindynique un cadre théorique du danger². Ils la définissent comme la « *science visant à rendre intelligibles et donc prévisibles, les dangers, les risques qui en découlent, endogènes et exogènes au sein d'un système et de permettre de le réduire.* ». La cindynique est donc la science qui vise à comprendre le risque pour le réduire.

Cette théorie repose sur sept axiomes :

- l'axiome de **relativité** : le danger est considéré différemment par les acteurs impactés en fonction de la perception qu'ils en ont, de la similitude entre l'espace et celui qu'ils pratiquent, de leur place dans la société et des horizons chronologiques. La notion de relativité est subjective car spécifique au groupe auquel appartient chaque individu et s'oppose à celle d'objectivité.
- l'axiome de **conventionalité** : les mesures du risque ont un caractère de convention entre les acteurs. Les dimensions classiques du risque (niveau et probabilité) sont le résultat de négociations entre les experts et les parties prenantes.

2. Bien qu'il existe une nuance entre les notions de danger, situation où la sécurité d'un individu ou d'un objet est menacée, et de risque, danger éventuel, nous admettons l'équivalence des deux termes.

1.1. COMPOSANTES DE LA GESTION DU RISQUE

- l'axiome de **téléologie** : les acteurs ont des missions et des questionnements différents.
- l'axiome d'**ambiguïté** : le danger est perçu différemment par les individus en fonction de leur connaissances, de leurs croyances, de leur positionnement social, ...
- l'axiome de **transformation** : « *Les accidents et catastrophes sont des symptômes révélateurs des ambiguïtés. Ils opèrent comme transformateurs de situation.* »
- l'axiome d'**ago-antagonicité** : « *Toute interaction ou intervention sur un système comporte deux composantes d'effets opposés : une composante réductrice du risque (cindynolytique), une composante créatrice de danger (cindynogène).* » C'est typiquement l'effet des digues : elles protègent du risque mais conduisent à créer un sentiment de protection supérieur à la protection réelle et engendrent une augmentation potentielle de crise en raison du phénomène de rupture de digue.
- l'axiome de **crise** : « *La crise est une désorganisation des réseaux d'acteurs.* »

Selon cette théorie, le risque est le résultat d'un déficit systémique cindynogène, c'est-à-dire de lacunes dans la politique de gestion du risque qui conduisent à rendre plus important les dommages. Ces déficits sont de trois natures : culturelle (vision du risque différente entre les acteurs), organisationnelle (dilution ou redondance des responsabilités) et managériale (manque d'information, de formation ou de compétence des acteurs). Se pose alors la question de la stratégie de communication portant sur la gestion du risque.

Dans cette théorie, le risque est défini dans un hyperespace à cinq dimensions :

- les faits de mémoire de l'histoire et des statistiques qui correspondent au stockage des caractéristiques des événements historiques et aux retours d'expérience correspondants ;

- les représentations et modèles élaborés à partir des faits. Cette dimension comprend la logique des faits, c'est-à-dire la cinétique du danger, les effets domino, la démarche d'évacuation à mettre en œuvre ... La principale question est de savoir quel est le modèle à retenir en fonction des différents acteurs. Pour les ingénieurs, le modèle est numérique tandis que pour les acteurs locaux ou la population, le modèle mathématique n'est pas adapté et la représentation personnelle du risque (intensité et dommages imaginés par exemple) en est la base ;
- les objectifs et des finalités. Cette dimension correspond à la « *raison d'être de l'organisation et de ses réseaux* » [KB07, p. 34], c'est-à-dire dans le cadre de la gestion du risque d'inondation à la fonction fondamentale de la politique mise en œuvre nationalement et localement ;
- les normes, lois, règles, standards et codes de déontologie ;
- les systèmes de valeurs qui équilibrent le système. Ces valeurs sont les informations qui sont dignes d'intérêt et pertinentes à considérer. Pour les hydrologues et les hydrauliciens, les informations sont celles de relief ou du modèle de diffusion de la crue tandis que pour les habitants les informations sont celles relatives à leur espace de vie et celui de leurs proches.

Par conséquent, la mise en place d'une politique de gestion du risque doit prendre en compte les hyperespaces des différentes catégories d'acteurs. Or comme le montre la section suivante, cette vision différente du risque selon la catégorie d'acteurs est peu intégrée dans les outils principaux de cette politique, notamment en raison de la définition du risque employée.

1.1.2 Définition géographique du risque

Pour les géographes, le concept de risque « *repose sur un modèle théorique. Il est la résultante de deux autres concepts : celui d'aléa et celui de vulnérabilité. Un*

lieu est menacé par un risque lorsqu'il y a une probabilité de déclenchement inopiné d'un phénomène naturel destructeur et qu'il y a existence de biens, de personnes et d'activités pouvant subir des préjudices du fait de celui-ci. » [Man97, p. 50] et est souvent formulé comme une équation :

$$\text{risque} = \text{aléa} * \text{vulnérabilité des enjeux}$$

L'aléa est « *une menace potentielle d'origine naturelle, technologique ou civile qui pèse sur l'Homme, ses biens ou sur l'environnement. Il s'exprime généralement sous forme de probabilité d'occurrence d'un événement et intègre à la fois son intensité, sa fréquence et son étendue* » [CB01, p. 210]. La vulnérabilité est « *la sensibilité ou l'exposition de notre monde et de nos sociétés à un aléa et à ses effets dommageables* » [CB01, p.210]. Cette définition du risque résulte d'une approche quantitative et physique de la géographie (modélisation hydraulique, hydromorphologique, ...) et d'une gestion du risque historiquement technique et structurelle (barrages, digues, ...).

Chesneau [Che04] souligne que le concept de vulnérabilité peut être remplacé par un autre paramètre dans cette définition selon les acteurs. Pour certains établissements publics comme le Cemagref, le risque naît du couplage de l'aléa avec la vulnérabilité, définition ci-avant, tandis que pour les services de l'État, le risque résulte de la conjonction de l'aléa et des enjeux. Pour ces derniers acteurs, le paramètre à couplé avec l'aléa est un objet spatialisable (bâtiment, réseau, population ...) définit par des caractéristiques globales (type d'entreprise, capacité, nombre ...) tandis que pour d'autres acteurs comme les établissements publics et les acteurs locaux, une caractérisation plus fine peut être apportée : une population faiblement mobile (personnes à mobilité réduite, personnes sans véhicule personnel ...) est plus vulnérable qu'une population qui a une plus grande capacité de déplacement. Or comme nous le verrons par la suite avec le paradigme de la communication cartographique et le rôle donné aux cartes par l'État, ces différences peuvent restreindre la pertinence de

1.1. COMPOSANTES DE LA GESTION DU RISQUE

la carte en raison d'un discours partiellement adapté dans son contenu.

Cette variation dans la définition du risque résulte de trois cultures différentes et de la valeur sociale qui lui est donnée [Rej93, DZ03]. Les scientifiques et ingénieurs abordent le risque selon une approche d'évaluation de celui-ci à travers une modélisation de l'aléa. Cette approche est celle que l'on rencontre dans les services de l'Etat qui fournissent la connaissance sur le phénomène. Les décideurs locaux et les gestionnaires abordent le risque sous l'angle de sa gestion. Ils ont la mission de limiter au mieux l'impact du phénomène sur leur territoire. Les habitants abordent le risque selon une approche personnelle et cherchent à savoir quel peut être l'impact sur leur espace de vie. Rejeski[Rej93] synthétise dans un schéma ces trois cultures dont l'intersection est constituée de la modélisation et de la cartographie du risque même si les besoins des différents acteurs en informations géographiques et en cartes sont spécifiques (Figure 1.1). L'existence de ces trois cultures et le positionnement central de la cartographie aboutissent au besoin d'adapter la carte pour correspondre au mieux à chaque culture.

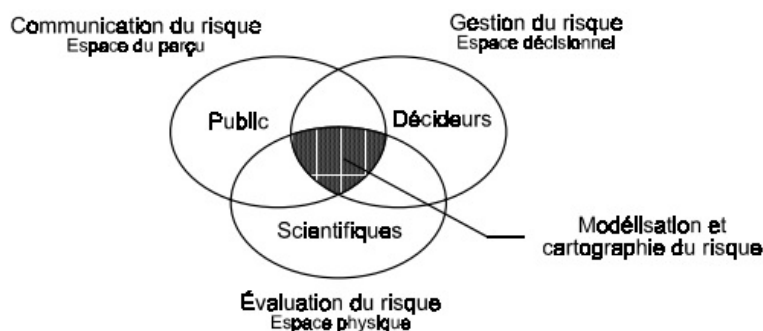


FIGURE 1.1 – Les trois cultures du risque, [CB01] d'après [Rej93]

Cornellis et Billen [CB01] intègrent le paramètre culturel en considérant que le risque « *est fonction du sujet d'étude, de l'aléa et de la vulnérabilité à cet aléa. Il peut se calculer par une simple multiplication de l'aléa et de la vulnérabilité. Il exprime*

1.1. COMPOSANTES DE LA GESTION DU RISQUE

la potentialité d'un événement. »

Ainsi le risque est un concept quantifiable et modélisable mais dont la définition et le contenu doivent être adaptés en fonction des destinataires. Afin qu'il soit compris, les facteurs dont il résulte doivent être appréhendables par les destinataires. Comme il sera présenté par la suite, une partie de l'incompréhension du risque d'inondation par les habitants résulte de l'inadéquation entre leur perception du risque et les concepts sur lesquels il est basé.

Cette nécessaire prise en compte de l'individu est d'autant plus importante que le risque est temporellement proche. Leach [LC94] s'intéresse aux facteurs humains qui conditionnent le comportement des habitants face à la catastrophe.

1.1.3 Intégration de la psychologie des sinistrés, le *Dynamic Disaster Model*

Leach [LC94] dans son ouvrage *Survival psychology* propose un modèle de catastrophes dynamique. Ce dernier est un modèle générique sur le comportement des individus lors de l'évacuation pendant une catastrophe. Il se compose de trois phases découpées en cinq étapes (Tableau 1.1) :

Pre-impact phase	Threat stage	Evacuation
	Warning stage	
Impact phase		
Post-impact phase	Recoil stage	
	Rescue stage	
	Post-traumatic stage	

TABLE 1.1 – Phases et étapes du *Dynamic Disaster Model*

Vorst [Vor10] se base sur ce modèle pour analyser le déroulement d'une évacuation en cas de crue. La première phase correspond à la phase qui précède la catastrophe à courte échelle temporelle. Lors de cette étape la menace est identifiée mais est généralement ignorée. Les risques personnels sont considérés comme inférieurs au risque réel. Des signes reconnaissables (hauteurs d'eau en des points stratégiques en amont, valeurs de débits, de précipitation, ...) permettent de prévoir une crue. L'évacuation peut être envisagée mais les victimes potentielles ne sont pas cognitivement et émotionnellement prêtes pour l'évacuation. Le risque d'inondation (et de rupture de digue en zones endiguées) reste perçu comme faible et une proportion importante des victimes potentielles refuse d'évacuer. Au moment de l'avertissement, on constate un déni de la menace et les signaux d'alerte sont ignorés ou mal perçus et un sentiment d'incertitude s'installe, l'inconfort et la tension s'accroissent. Le risque d'inondation est imminent et l'évacuation est nécessaire. Les victimes potentielles perçoivent mal les signaux d'avertissement et montrent un comportement hyperactif inefficace : les personnes menacées ne sont pas prêtes pour l'évacuation et une proportion importante des habitants refuse d'évacuer.

La seconde phase est celle de l'impact. La quantité d'informations reçue par les individus est trop importante et difficile à comprendre. Ces derniers sont dans une situation d'incrédulité et de déni. Une désorganisation s'installe en raison du stress et les individus sont désorientés et ont des comportements réflexes de trois types :

- l'apathie, caractérisée par un manque d'initiative (75%) ;
- l'hyperactivité qui induit une inefficacité et une perte de contrôle (15%) ;
- le calme qui permet de garder une vue d'ensemble et une certaine organisation (10%).

A cette étape, la crue est un fait. L'évacuation est inévitable mais difficile en raison de l'impact durable de l'inondation (routes coupées, bâtiments endommagés, risque de rupture de digues, ...). Les survivants sont stimulés par un afflux important et varié d'informations qui crée un état de confusion générale qui conduit à l'incapacité

d'évacuer pour une proportion importante des survivants. Pour Vorst, l'évacuation est tardive car « *at the first two stages of the disaster the price of evacuation is too high for a large proportion of inhabitants. In evacuation models this problem is not represented in simulations of evacuation procedures* »³.

La troisième phase est la phase post-impact. Elle se caractérise dans un premier temps par une confusion et un déni de la catastrophe puis les individus réalisent l'étendue des dégâts et des pertes. Les individus reprennent conscience de la réalité. A cette étape l'expression des émotions et de la colère s'accroît et on constate une dépendance affective, voire infantile, qui peut se traduire par une volonté de ne pas évacuer, laisser ses biens derrière soi. Les dangers directs de la crue sont terminés, les survivants sont encore dans l'incertitude. L'évacuation est parfois aiguë, en raison de blessures et de dégâts matériels qui obligent à adapter en permanence les actions de secours et de protection. En raison d'aspects cognitifs, affectifs et comportementaux, une proportion importante de survivants n'est pas prête à évacuer. Ensuite, lors de l'étape de sauvetage, la confusion et le déni reviennent avec des comportements d'anxiété, de culpabilité et de colère. Les individus, bien qu'apathiques et épuisés, ont alors besoin de contact et d'échanges et sont maintenant prêts à évacuer. Enfin, au cours de l'étape post-traumatique, les survivants tentent de reconstruire leur vie, surmonter la catastrophe, ce qui favorise le renforcement psychologique et la résilience.

La politique de GRI développée en France au cours des trente dernières années permet-elle de couvrir les principes de la cindynique ? Aboutit-elle à une gestion efficace de la phase d'évacuation ? Possède-t-elle les outils qui permettent de limiter la désorganisation du territoire en cas de crise ?

3. traduction : aux deux premières étapes de la catastrophe, le coût de l'évacuation est trop important pour une large proportion des habitants. Dans les modèles d'évacuation, ce problème n'est pas représenté dans les simulations des procédures d'évacuation.

1.2 Principales caractéristiques de la gestion du risque d'inondation

En France, la GRI repose sur sept principes [MED11] qui en structurent ses étapes [Led06, DP13] :

- la connaissance des phénomènes, de l'aléa et du risque ;
- la surveillance ;
- l'information préventive et l'éducation des populations ;
- la prise en compte des risques dans l'aménagement et l'urbanisme ;
- la réduction de la vulnérabilité ;
- l'anticipation de la crise, notamment en termes organisationnel ;
- le retour d'expérience.

Dauphiné et Provitolo [DP13] font le point sur les risques et les catastrophes naturels et technologiques à travers le monde selon quatre axes : leur observation, leur spatialisation, leur compréhension et leur gestion. Pour ces auteurs, la gestion du risque et de la catastrophe couvre les six derniers principes ci-dessus. Le principe « connaissance des phénomènes, de l'aléa et du risque » est établi par leur observation, leur compréhension et leur spatialisation et il repose sur la connaissance de la temporalité du risque et de la catastrophe, de leurs interactions avec le territoire et de leurs représentations par les acteurs territoriaux qui aboutissent à des comportements différents face au risque. Cette connaissance passe également par la relation du risque et de la catastrophe à l'espace, c'est-à-dire la perception et la représentation que s'en fait chaque catégorie d'acteurs à travers sa propre culture, les interactions avec les composantes du territoire ou encore les imbrications d'échelles. Cette spatialisation ne repose pas seulement sur la mise en forme graphique de l'aléa et du risque, dont une partie appartient à la gestion, mais repose aussi sur la mise en évidence de leur spécificité selon le territoire impacté. Enfin la connaissance du

1.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION

risque et de la catastrophe nécessite de les comprendre et de les expliquer à partir de modèles et de théories qui fournissent les paramètres sur lesquels agir pour gérer le risque et la catastrophe. Dauphiné et Provitolo donnent une place importante à la prévention dans la gestion des risques et des catastrophes : une politique de gestion du risque impose une forte activité en amont et repose sur la mise en place de méthodes et d'outils de prévision et de prévention ainsi que sur des outils de gestion de la crise.

Ledoux [Led06] s'intéresse plus précisément à la politique de GRI et la scinde en deux grandes phases : la connaissance du risque et sa gestion. La première phase correspond au premier principe. Elle repose sur la connaissance des composantes du risque selon la définition des géographes, c'est-à-dire sur la connaissance de l'aléa, des enjeux exposés, qu'ils soient humains, économiques ou patrimoniaux, et de leur vulnérabilité. Cette évaluation du risque repose sur des modélisations de chaque composante. La seconde phase recouvre les six autres principes. Ledoux définit la phase de gestion du risque comme une démarche globale et intégrée basée sur un ensemble de mesures adaptées aux caractéristiques locales. Elle repose sur la gestion des cours d'eau et l'aménagement du bassin versant, une planification urbaine qui cherche à réduire la vulnérabilité humaine, économique, ..., des mesures structurelles ainsi que l'information et la communication.

Ces deux analyses de la gestion du risque et de la catastrophe opèrent la même séparation des principes définis par l'État. D'une part la connaissance des phénomènes, de l'aléa et du risque qui nécessite la compréhension des composantes du risque : aléa, enjeux, vulnérabilité des enjeux mais aussi relations du territoire au risque et d'autre part la gestion du risque, dont la principale approche est la réduction des effets du risque, qui s'appuie sur la réglementation de l'usage du sol, la prévention et la surveillance.

1.2.1 Une politique centrée sur la réglementation de l'usage du sol

La GRI actuelle repose sur les infrastructures existantes héritées de la phase structurelle initiée par Napoléon III et sur un ensemble de documents (Figure 1.2) qui abordent la gestion du risque par l'usage réglementé du sol (PPRI et PLU), la bonne gestion des réseaux hydrographiques (SDAGE⁴ et SAGE⁵), la prévention (SCoT⁶, IAL⁷), l'information (DDRM⁸ et DICRIM⁹) et la gestion de crise (plan ORSEC¹⁰, PPI¹¹ et PCS¹²). Certains de ces documents sont spécifiques à la gestion du risque (en noir dans la figure 1.2) tandis que d'autres appartiennent à des politiques impactées par la GRI (en gris dans la figure 1.2). L'un des documents centraux de la GRI est le PPRI¹³.

Cette politique résulte d'une avancée en paliers qui font suite à des crises de grande ampleur comme les inondations du XIX^{ème} siècle qui ont conduit à la mise en œuvre de la politique structurelle de Napoléon ou la loi 2003-699 du 30 juillet 2003, dite loi Bachelot, qui institue les PPRT¹⁶ et renforce la concertation, suite à l'explosion d'AZF à Toulouse et aux crues du Gard en 2002. Cette politique suit donc l'axiome de transformation, c'est-à-dire que des changements sont apportés à cette politique suite à des événements catastrophiques.

4. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

5. Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

6. Schéma de Cohérence Territoriale

7. Information Acqureur-Locataire

8. Dossier Départemental sur les Risques Majeurs

9. Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs

10. Organisation de la Réponse de Sécurité Civile

11. Plan Particulier d'Intervention

12. Plan Communal de Sauvegarde

13. Instauré par la loi 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement (dite loi Barnier) et son décret d'application du 5 octobre 1995, le plan de prévention des risques remplace les documents existants (PER¹⁴ et PSS¹⁵) et délimitent réglementairement les zones soumises au risque d'inondation.

16. Plan de Prévention des Risques Technologiques

1.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION

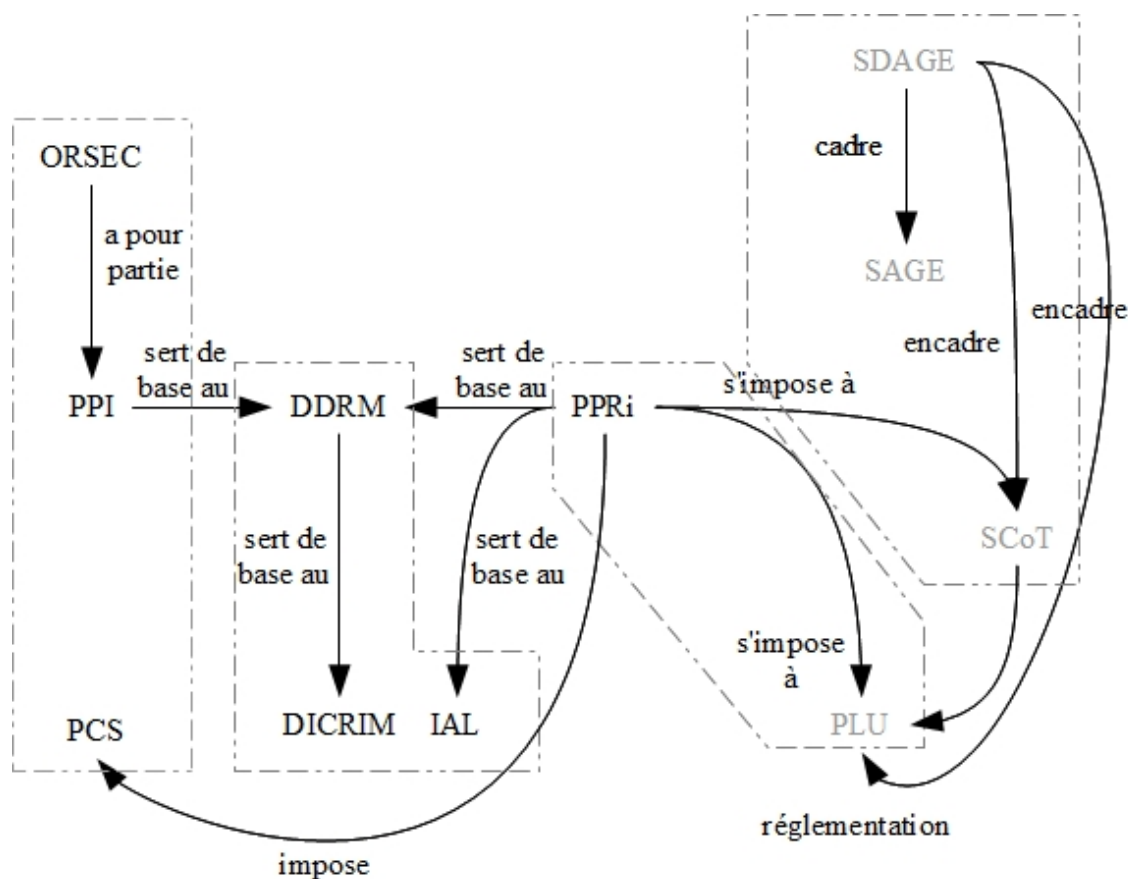


FIGURE 1.2 – Principaux documents de la GRI

L'axiome de téléologie, c'est-à-dire de considération des différentes missions des acteurs, est presque entièrement couverte par la diversité de documents qui enveloppe les principes de connaissance, d'information préventive, de prise en compte des risques dans l'aménagement et l'urbanisme, de réduction de la vulnérabilité et d'anticipation de la crise. Certaines missions très spécifiques relatives aux forces de secours et forces de l'ordre, notamment, font l'objet de documents internes à ces services et peuvent s'éloigner de la logique des documents en partie centrés sur la gestion de l'usage de l'espace.

Bien que discutée avec les acteurs locaux en charge de la gestion de l'usage du sol, la GRI repose sur une mesure du risque qui est celle de l'État et de l'Union

1.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION

Européenne. La DCE 2007/60/CE impose un cadre réglementaire sur les crues de référence. Au delà des crues centennales et des Plus Hautes Eaux Connues, cette directive impose la connaissance de crues de forte, moyenne et faible probabilité. La mesure du risque est par conséquent une norme imposée et non débattue. En l'absence de discussion pour définir les fréquences à retenir sur chaque territoire, l'axiome de conventionnalité n'est que partiellement respecté.

Une réponse à l'axiome de crise, qui considère que cette dernière est le résultat d'une désorganisation des réseaux d'acteurs, est mise en place par l'usage de plusieurs documents tels que le plan ORSEC (Organisation de la Réponse de la Sécurité Civile) et le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) [Fou90, dIDedISC05]. Le plan ORSEC se veut un système polyvalent de gestion de la crise qui prévoit les moyens et l'organisation nécessaire pour répondre au plus grand nombre de situations. Le PCS est la transcription d'un plan d'action qui définit les actions, le rôle et les limites d'intervention de la commune.

La GRI semble couvrir la plupart des axiomes de la cindynique. Cependant deux axiomes sont peu ou pas pris en compte dans ce dispositif dirigé par l'État. Les axiomes de relativité et d'ambiguïté, respectivement la définition du risque variable et la perception différente selon les acteurs, restent les maillons faibles de cette politique en raison de leur complexité et hétérogénéité.

1.2.2 La communication, une adaptation du discours encore nécessaire

La communication sur le risque d'inondation repose aujourd'hui sur des canaux variés : les documents d'information de l'Etat et des collectivités locales, les médias (presse, journaux télévisés, radio, ...) et les alertes. Les documents d'information, outre les initiatives locales, dont certaines seront présentées dans la section 2.2.1,

1.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION

sont encadrés par la réglementation (pour le PPRI, l'IAL et l'AZI) ou des guides (pour le DICRIM et le DDRM).

Par la loi du 22 juillet 1987 qui précise que « *les citoyens ont droit à l'information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis (...). Ce droit s'applique aux risques technologiques et aux risques naturels prévisibles* », la politique non structurelle mise en place au début des années 1980 intègre le droit à l'information de tout citoyen et se dote d'un premier outil d'information : l'Atlas des Zones Inondables (AZI). Ce document qui cartographie à l'échelle départementale la connaissance du risque à partir d'étude hydrogéomorphologiques est consultable par tout citoyen (habitant, élu, service de l'État, ...). Depuis 2006, le portail Cartorisque¹⁷ (Figure 1.4) permet d'accéder par département et commune à la visualisation de l'ensemble des risques et aléas naturels et technologiques. Ce dernier est complété à partir de 2014 par le portail Géorisque¹⁸ (Figure 1.4) qui facilite l'accès à l'information grâce au géocodage¹⁹.

La loi 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages élargit l'information en ajoutant l'Information Acquéreur Locataire (IAL). L'IAL est un document qui précise à tout nouveau propriétaire et locataire l'état des risques sur sa commune dès lors qu'un PPR naturel et/ou technologique y est prescrit. La cartographie de ce document reprend celle du PPR.

Or comme le montrent Baggio et Rouquette [BR06] à partir des travaux de Beck [Bec86] ou Bourrelier et al. [BDdV00], la perception des risques par les acteurs institutionnels (scientifiques et représentants de l'autorité publique) est différente de

17. <http://cartorisque.prim.net/> [21/09/2015]

18. <http://www.georisques.gouv.fr/> [13/08/2015]

19. Le géocodage permet à partir d'une adresse et d'une base de données de localiser une position. Cela se traduit dans Géorisque par un zoom sur l'adresse indiquée.

1.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION

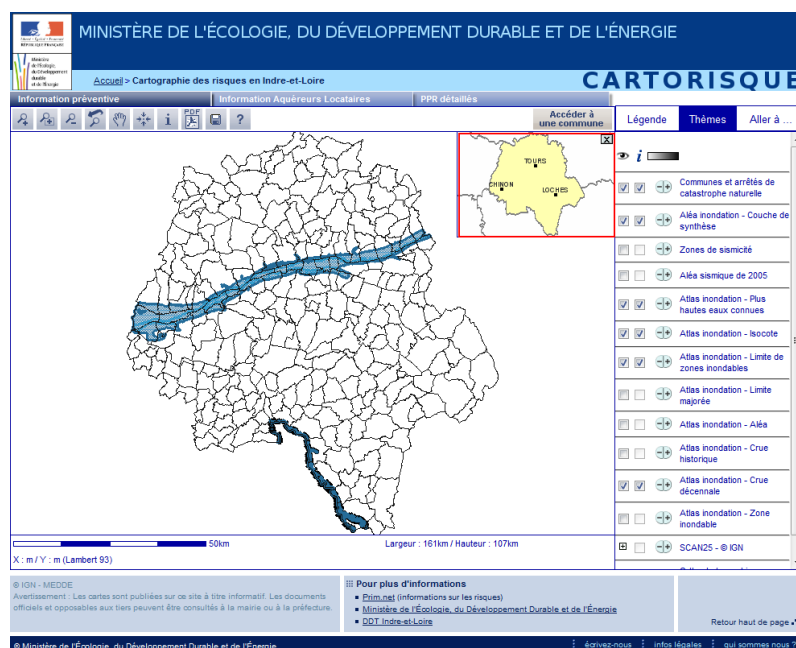
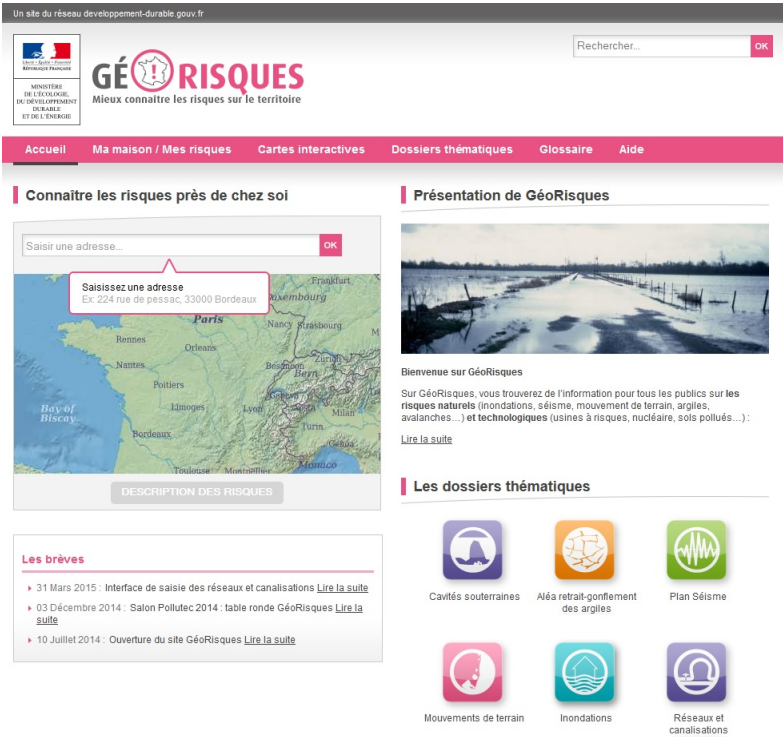


FIGURE 1.3 – Cartographie du risque d’inondation de Cartorisque pour le département d’Indre-et-Loire (37)

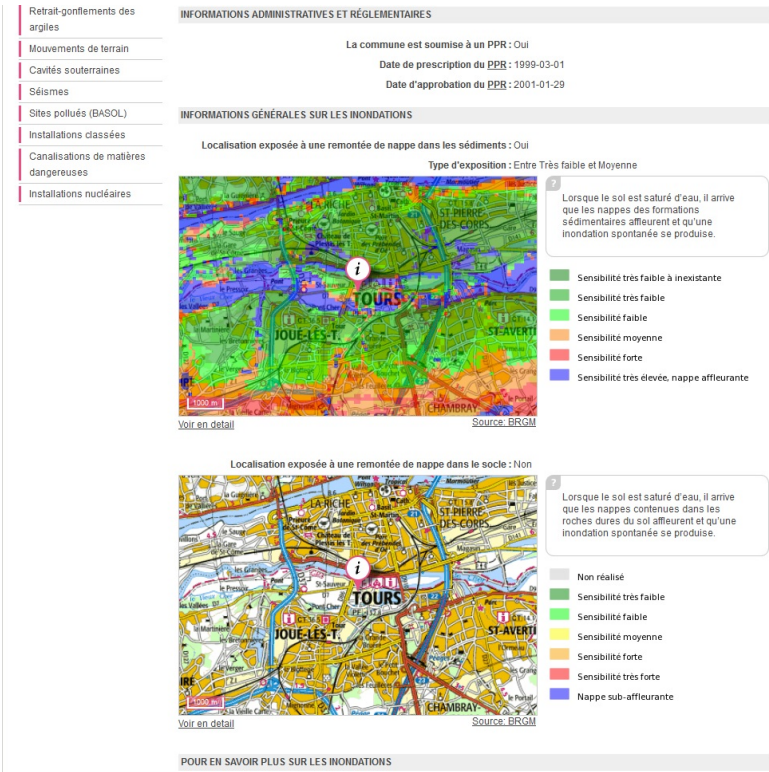
la perception sociale des risques par des habitants en raison de leur culture propre. Zimmerman [Zim96, p. 15] l’explique par le fait que les différents acteurs « *ne font pas référence aux mêmes espaces, n’ont pas les mêmes objectifs et leurs représentations spatiales changent selon leurs préoccupations respectives* ». Par conséquent en fonction de la localisation spatiale [Tri08], des motivations, de l’expérience, de la catégorie socioprofessionnelle²⁰ [Woo93, WGCJ11, Sat01] ou de genre [Mul99]. Ainsi l’écart entre les éléments techniques nécessitant une connaissance minimale et les compétences/connaissances de la population conduit à une mécompréhension du message par non-compréhension ou incompréhension [GGGD03] qui peut aboutir au désintérêt du citoyen qui n’y voit pas un message adapté, voir finir par un déni de la population s’il y a conjonction avec d’autres facteurs socio-politiques.

20. « *La nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles dite PCS a remplacé, en 1982, la CSP. Elle classe la population selon une synthèse de la profession (ou de l’ancienne profession), de la position hiérarchique et du statut (salarie ou non).* », source : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/nomencl-prof-cat-socio-profes.htm>[26/06/2015]

1.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION



(a) Page d'accueil



(b) Information à l'adresse

FIGURE 1.4 – Portail GéoRisques

1.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION

Chapitre 2

Usage des cartes

La carte dans la gestion du risque d'inondation peut être abordée selon deux paradigmes : la communication cartographique et la géovisualisation. La géovisualisation est un paradigme qui se focalise sur la conception et l'utilisation de représentations graphiques et cartographiques pour la mise en évidence de schémas invisibles dans les données géographiques (cf. définition en page 64). L'étude de l'usage et de la conception de certaines cartes de la gestion du risque d'inondation (GRI), notamment celles dédiées à la prise de décision, la recherche des enjeux majeurs et la compréhension de l'aléa, peut se placer dans ce paradigme. La communication cartographique est l'autre paradigme à partir duquel peut-être abordé la cartographie du risque d'inondation (CRI). La communication cartographique est un paradigme qui remonte à la fin de la première moitié du XXème siècle suite aux travaux et réflexions de Kolacny [Kol69], Board [Boa72], Muerke [Mue72], Morrisson [Mor78] entre autres et certaines commissions nationales et internationales telles que la commission *Cartographic communication* de l'ICA.

La section 2.1 détaille la conception et l'usage de la carte dans le paradigme de la communication cartographique. Cette section met en évidence l'importance de considérer la maîtrise d'usage de la carte, c'est-à-dire de prendre en compte le des-

tinataire dans le processus de conception cartographique, afin de produire une carte efficace, c'est-à-dire une carte que le lecteur comprend facilement et rapidement.

La section 2.2 positionne la conception et l'usage de la carte dans la GRI par rapport au cadre théorique de ce paradigme afin d'en soulever les limites.

2.1 La carte : définition, discipline et paradigme

Il convient, avant de se questionner sur l'usage de la carte dans la GRI, de fournir une définition exhaustive de ce qu'elle est puis d'en expliquer la conception et ses possibles usages. La carte et sa discipline sont dans un premier temps définies puis le paradigme duquel se rapproche le plus la cartographie de la GRI et les usages qui en découlent sont présentés.

2.1.1 Définition de la discipline et de l'objet

L'usage de la carte dans le contexte particulier de l'évacuation, et non pas la carte pour ce qu'elle est, est l'objet de cette recherche. Par conséquent, avant de présenter ce qu'est une carte, définir la discipline traitant de cet objet apparaît important pour en comprendre certains aspects qui dépassent les limites de l'objet carte et l'orientation théorique privilégiée dans cette recherche. Pour Ferland [Fer00, §. 8] la cartographie est « *l'art, la technique et la science d'élaborer des cartes, c'est-à-dire des représentations de l'espace géographique qui sont communicables.* » Cauvin et al. [CES07, p. 65] la définissent de manière similaire : « *La cartographie, discipline scientifique et artistique, est l'ensemble des concepts, des méthodes et des techniques permettant de représenter sur un plan ou son équivalent, une partie de la surface terrestre (ou de toute autre planète), avec ses caractéristiques, ses attributs que l'on peut observer ou extraire, et de faire apparaître, de transmettre ou de communiquer de l'information dans un but précis, à des individus définis, au moyen de cette*

2.1. LA CARTE : DÉFINITION, DISCIPLINE ET PARADIGME

représentation, numérique, graphique, visuelle, sonore ou tactile, appelée carte. »

Ces deux extraits mettent en évidence l'aspect dual de la cartographie, être une discipline à la fois technique et artistique. Cette dualité implique qu'une approche purement technique ou purement artistique de l'analyse de la carte conduit inévitablement à un résultat partiel et que toute recherche doit prendre en compte ces deux aspects. Par conséquent cette recherche aborde la carte à la fois comme un objet technique par les règles de conception semi-automatisées et comme un objet artistique par la part du savoir acquis par l'expérience tant du concepteur que du lecteur. Cette dualité implique également l'importance de la prise en compte de cette connaissance propre à chaque individu que ce soit dans la conception que dans la lecture de la carte. Ce facteur humain apparaît dans le paradigme de la communication cartographie développé par Board [Boa72] pour le concepteur et est détaillé selon une approche cognitiviste dans la partie II pour le lecteur.

La carte est définie de manière exhaustive, dans la littérature francophone, par Cauvin et al. [CES07, p. 58] comme « *une représentation géométrique, conventionnelle d'une partie de la surface terrestre ou de toute autre planète, c'est-à-dire, une représentation en positions relatives, de phénomènes concrets ou abstraits, localisables dans l'espace, caractérisés par des attributs spatiaux et non spatiaux ; c'est un modèle conceptuel d'un espace donné, impliquant une réduction (exprimée par une échelle), une simplification, une généralisation de cet espace. C'est également un modèle iconique, faisant appel à des signes, des codes numériques, visuels, sonores, tactiles. Cette représentation s'effectue sur un support, souvent plan, permanent (sur papier par exemple), temporaire ou même virtuel (écran), sous une forme ou une autre (plans, modèles tridimensionnels, globes, ...), conçue à un moment donné du temps dans un contexte historique, sociétal. Elle est établie dans un (ou des) but(s) précis, afin de présenter ou de transmettre des informations en fonction de l'utilisateur, exprimant (explicitement ou non), révélant les relations spatiales entre les*

éléments, les variations des phénomènes dans le temps ainsi que leurs mouvements, leurs déplacements. Elle nécessite des choix qui impliquent nécessairement l'intégration consciente ou non de la subjectivité de son auteur, la carte étant, dans son processus comme dans son résultat, la projection, la matérialisation d'un schéma mental sur un support quel qu'il soit. ». Cette définition recoupe celle de Rimbert [Rim62] et celle retenue par le Comité Français de Cartographie (CFC) [BD70].

Rouleau [Rou91, p. 161] apporte une nuance et considère que *« ce que l'on appelle communément une carte, c'est donc l'image d'un certain espace, avec des localisations et des données représentées sur ces lieux. Telle quelle, la carte, avec le langage spécifique qu'elle met en œuvre, ne se suffit pas à elle-même et nécessite toujours des éléments complémentaires qui vont lui permettre d'être non seulement une image, mais un instrument d'information. Aussi la carte s'insère-t-elle toujours dans un ensemble qui constitue un tout indivisible : le document cartographique. »*. La carte dépasse alors la seule représentation de l'espace définie par Cauvin et al. C'est un objet structuré qui intègre la représentation de l'espace et l'ensemble des informations qui en permettent la compréhension. Cette nuance importante apparaît dans le modèle de lecture cartographique de Hake [Hak73] présenté en page 62.

L'ensemble des règles et des informations nécessaires à la conception de la carte ne sont pas présentées dans ce travail car elles en dépassent le cadre de cette recherche ¹.

2.1.2 Le paradigme de la communication cartographique

A la fin de la première moitié du XX^{ème} siècle, la communication cartographique est le paradigme dominant de cette discipline. Robinson, dans son ouvrage *Look of the Maps* [ROB52], définit la communication comme la fonction première de

1. Les règles et les informations nécessaires sont présentées dans de nombreux ouvrages de sémiologie graphique et de cartographie tels que [Ber73], [CES07], [PB10] ou [ZT03].

2.1. LA CARTE : DÉFINITION, DISCIPLINE ET PARADIGME

la carte et propose le positionnement de la cartographie comme une science de la communication dans son ouvrage *Elements of Cartography* [Rob58].

La communication cartographique repose sur l'approche classique de la communication c'est à dire sur la chaîne émetteur - message - récepteur. Elle prône la séparation entre le cartographe et le lecteur et positionne la carte comme un intermédiaire entre ces deux acteurs. Cette dernière transporte de l'information du cartographe vers le lecteur et par conséquent nécessite de connaître les paramètres cognitifs et psychophysiques des capacités du lecteur à comprendre, apprendre et mémoriser l'information communiquée par la carte [Cra01]. Les acteurs (cartographe et lecteur) du processus de transmission de l'information sont des filtres de ce dernier. Les filtres du côté de la conception sont d'une part les connaissances, l'expérience, les compétences et les processus d'abstraction du cartographe, et d'autre part les considérations comme demandes particulières du client et les objectifs donnés à la carte. Cauvin et al. [CES07] proposent une description complète du processus de conception cartographique. Les filtres du côté lecture sont le niveau de compréhension du système de symboles, les capacités perceptives et spatiales, les buts, temps de lecture, préconceptions, ... du lecteur.

Dans ce paradigme, la cartographie dépasse la seule conception de la carte. MacEachren [Mac95] considère que c'est un traitement de l'information spatiale communicante qui a des entrées, une transmission et une réception d'information. Ce point de vue rapproche la communication cartographique de la théorie du traitement de l'information issue de l'informatique et se retrouve dans les modèles cognitifs de la vision (cf. partie II). Pour Ferland [Fer00], la communication cartographique est plus précisément « *la relation qu'entretient un lecteur de la carte avec la disposition particulière de données et de renseignements que le cartographe y a placé, et d'autres qui peuvent en être induits ou déduits grâce aux coordonnées, à la topologie, à l'échelle, ...* ».

2.1. LA CARTE : DÉFINITION, DISCIPLINE ET PARADIGME

Un des premiers modèles de la cartographie est celui proposé par Kolacny [Kol69]. C'est un modèle cyclique non itératif (Figure 2.1) qui débute sur le monde réel et la représentation que s'en fait le concepteur et se termine sur le monde réel et la représentation que s'en fait le lecteur avec un cheminement passant par des traitements qui varient en fonction du cartographe et du lecteur, tous deux reliés par la carte.

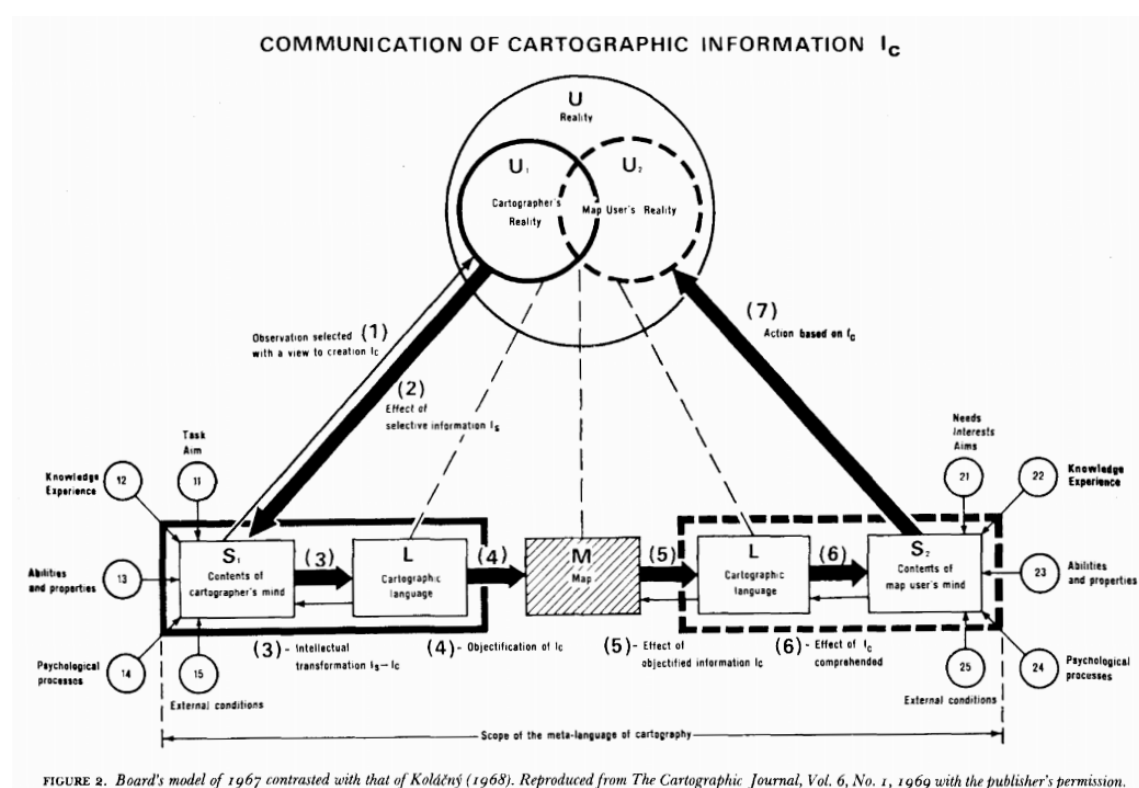


FIGURE 2.1 – Modèle de la communication cartographique de Kolacny [Kol69]

Kolacny considère 7 facteurs principaux dans le traitement de l'information géographique :

- la réalité perçue par le cartographe. Elle dépend de la connaissance que le cartographe a de la réalité à travers son expérience directe (parcours de la réalité) ou indirecte (documents écrits ou graphiques) ;
- le cartographe (émetteur). Celui-ci doit posséder trois compétences : tech-

nique pour maîtriser les outils de conception, scientifique pour comprendre les transformations utilisées et artistique pour effectuer les choix les plus pertinents tant sur les informations du monde réel à représenter que sur les transformations à leur appliquer, tout en anticipant l'impact du message sur le lecteur. Pour Jégou et Deblonde [Jé13], cette dernière compétence est celle qui manque à un apprenti cartographe. Comme le montre la section suivante, ce constat est similaire pour les concepteurs des cartes du risque d'inondation qui dépendent principalement des règles techniques et scientifiques ;

- le langage cartographique (mise en forme du message). ;
- la carte (le support/vecteur de communication) ;
- le lecteur (récepteur). La carte est perçue différemment par ce dernier en fonction de l'usage notamment [Woo93] ;
- la réalité perçue par le lecteur. Cette réalité, ou représentation mentale, est très variable. Rowntree [Row97], en étudiant la représentation que ce font des habitants d'âge et de catégorie socioprofessionnelle différents, montre que leur représentation mentale de l'espace urbain est très variable. Cette variation résulte de leur pratique différente du territoire (fréquence et mode de déplacement, niveau d'abstraction et de conceptualisation) et se traduit par une échelle d'appréhension et des détails de l'espace très variable ainsi qu'une importance des repères spatiaux (bâtiments remarquables, relief) ;
- l'information cartographique (le message).

Les autres modèles de la communication se concentrent principalement sur la partie de conception cartographique. Freitag [Fre71] intègre le temps dans la chaîne de construction de la charte et de transmission de l'information et Board [Boa67], dans son modèle, se concentre sur les interactions entre les traitements et les acteurs qui influent sur la construction cartographique.

Contrairement aux autres modèles de la communication cartographique, Hake [Hak73] se concentre sur la lecture de la carte et en propose un modèle procédural (Figure 2.2). Ce modèle considère deux types de lecture : la recherche active et la perception passive. La perception passive se traduit par une lecture sans but de la carte tandis que la recherche active repose sur une recherche d'objet, et de sa signification si nécessaire. Le lecteur pouvant passer de l'une à l'autre au cours de la lecture de la carte. Hake place l'utilisation de la carte comme facteur important de son modèle. Dans le cadre de la cartographie d'évacuation, la lecture passive est minoritaire. En effet, les décideurs locaux, les forces de secours, les forces de l'ordre, les services de l'État interviennent selon une procédure prédéfinie et ont donc des questionnements qui guident la lecture. Les habitants qui utilisent la carte ont eux aussi des questionnements qui dirigent leur lecture cartographique. Hake s'éloigne également de la représentation mentale que se fait le lecteur de l'espace cartographié et ne prend pas en compte le décalage de cette représentation avec la réalité. Hake remplace ce facteur par la compréhension syntaxique et sémantique des symboles cartographiques.

Avec l'évolution de l'informatique, la cartographie est de plus en plus intégrée dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et glisse du paradigme de la communication vers celui de la géovisualisation. La géovisualisation (ou visualisation scientifique géoréférencée) fait appel à des représentations visuelles concrètes pour rendre visibles, pour révéler les contextes et les problèmes spatiaux. Elle s'appuie sur la cognition pour rendre compréhensible les traitements cognitifs et l'interaction homme-ordinateur (ici homme-carte) [CES07]. Ce paradigme s'appuie, entre autre, sur la séparation des usages de la carte proposés par DiBiase [DiB90] et Maceachren et Kraak [MK97].

2.1. LA CARTE : DÉFINITION, DISCIPLINE ET PARADIGME

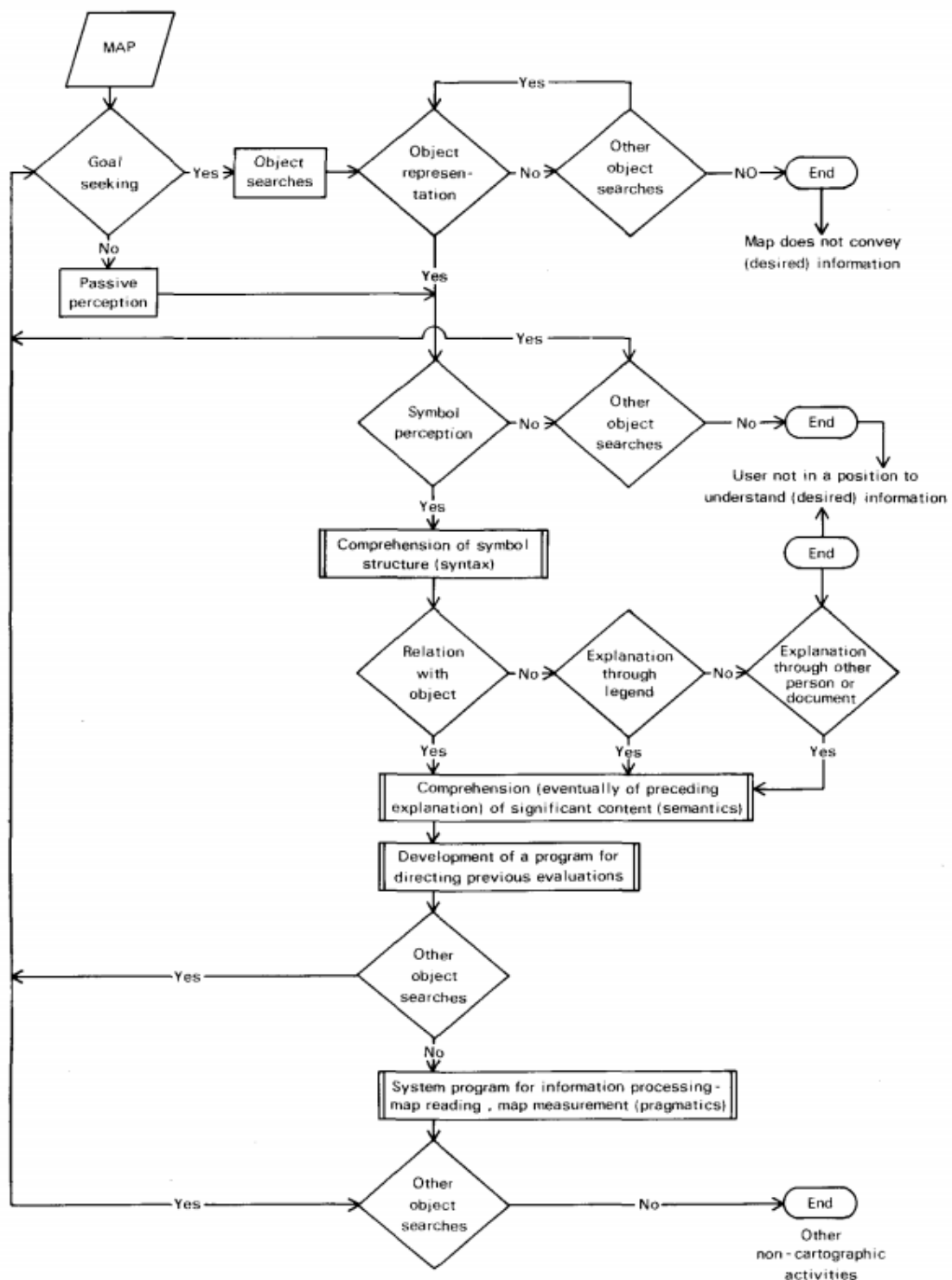


FIGURE 4. Process of the recognition of symbols in map evaluation. Translated from Figure 7 of Hake's paper "Kartographie und Kommunikation", *op.cit.* Drafted by Mrs Carol Randall, Cartographic Office, York University.

FIGURE 2.2 – Modèle théorique de la lecture cartographique de Hake [Hak73]

2.1.3 Usages

Dans les années 1970, outre le rôle proposé par Robinson, la carte acquiert un nouveau rôle : celui d’obtenir de l’information spatiale [CES07]. En 1990, DiBiase [DiB90] développe un modèle graphique révélant quatre usages de la carte dans les sciences (Figure 2.3) qui peuvent être divisés en deux grandes catégories :

- la pensée visuelle, *visual thinking*, qui regroupe les cartes d’exploration et de confirmation qui mettent en évidence des schémas dans les données et révèlent les liens qui ne sont pas directement visibles. Elles relèvent du domaine de la communication privée, c’est-à-dire visant un utilisateur ou plusieurs utilisateurs pris isolément. La symbolisation et le design doivent aider à remarquer l’inattendu et l’invisible. La lecture de ces cartes impliquerait des tâches cognitives d’ordre supérieur² ;
- la communication visuelle, *visual communication*, qui rassemble les cartes de synthèse d’information et de présentation des données, dont le but est de faire le point sur ce qui est connu et qui relève de la communication de groupe, c’est-à-dire de la communication à plusieurs utilisateurs simultanément.

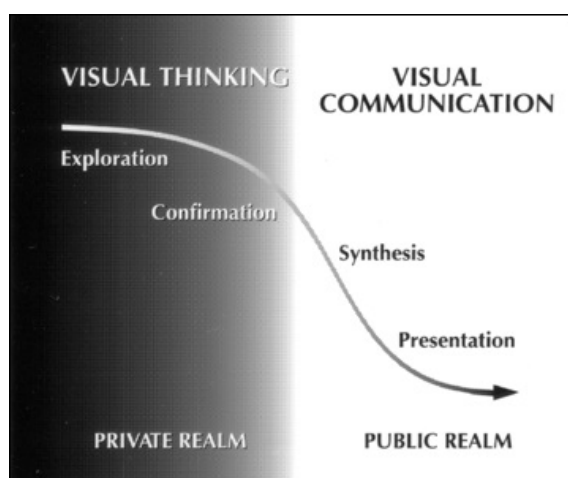


FIGURE 2.3 – Fonctions cartographiques selon Di Biase [DiB90]

2. Ces tâches sont celles de l’étape conceptuelle de la vision présentées dans la section 4.2

2.1. LA CARTE : DÉFINITION, DISCIPLINE ET PARADIGME

Ce modèle est étendu par [MK97] pour le paradigme de la géovisualisation en le dotant de trois dimensions :

- l’audience qui reprend la séparation de DiBiase entre une carte qui vise un individu (domaine privé) ou un groupe d’individus (domaine public) ;
- le degré d’interaction ;
- le niveau de connaissance que le lecteur a des relations entre les données.

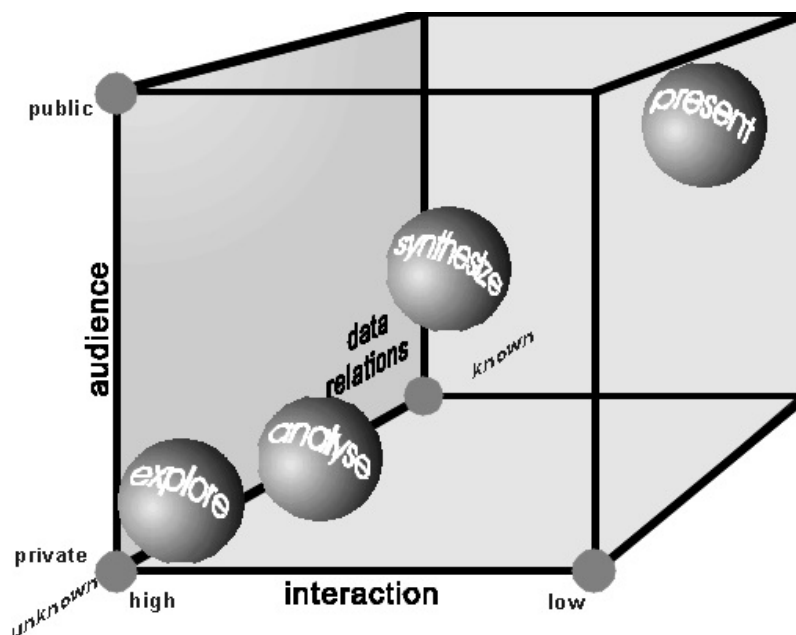


FIGURE 2.4 – Usages de la carte selon MacEachren et Kraak [MK97]

Cauvin et al. [CES07] ajoutent, aux cinq fonctions de Robinson et DiBiase, trois autres fonctions : la discussion, l’échange et l’aide à la décision grâce à la capacité de la carte à rendre visible des éléments invisibles autrement. Cette évolution des usages suit celle des paradigmes cartographiques qui passent de la communication cartographiques [Boa72] à la géovisualisation, la place prise par la carte dans les documents institutionnels et l’évolution technologique.

Plutôt que de parler de nouveau rôles et usages de la carte, cette diversification des fonctions s’apparente plus à une prise en compte de l’étendue de ses fonctions

et rôles. Au sein de la communication, certaines cartes visent à transmettre une information qui aboutit à rendre visible des phénomènes invisibles directement tandis que d'autres cartes transmettent une information qui supporte la discussion, la concertation entre plusieurs acteurs traitent d'une même problématique ou d'un même sujet.

Ces paradigmes montrent l'importance de considérer la carte non pas en tant que telle et prise isolément mais dans un système plus large qui intègre son usage et son destinataire. Moisuc et al. [MGDM06] proposent par exemple un framework qui intègre les besoins des destinataires pour la représentation de données spatio-temporelles. Deux projets de recherche européens, RISKCATCH et RISKMAP, intègrent cette considération afin d'améliorer les cartes d'inondation pour la sensibilisation et la participation des citoyens dans la GRI [SDM⁺08, FDS⁺09, MKL⁺11, MKL⁺12].

2.2 La carte dans la gestion du risque d'inondation, un outil ...

La carte est un instrument central dans la GRI³ car elle est l'outil le plus efficace pour communiquer sur un élément spatial. Lors du tremblement de terre de mars 2011 au Japon, le discours cartographique s'est montré plus efficace qu'une utilisation de consignes orales[Mor11]. Cependant elle souffre de quelques lacunes qui restreignent son efficacité. Après avoir décrit dans la section précédente ce qu'est une carte et son positionnement dans le paradigme de la communication cartographique, cette section étudie cet outil dans le cadre de la gestion du risque d'inondation et montre pourquoi la carte, bien que travaillée pour être dans cette politique un support important de transmission de l'information, ne prend pas suffisamment

3. Gestion du Risque d'Inondation

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

en compte le destinataire.

2.2.1 ... qui couvre une multitude d'acteurs et de situations

La CRI⁴ repose sur un ensemble d'outils graphiques qui accompagnent principalement les documents de la GRI. On y retrouve la carte du PPRI⁵, de l'AZI⁶ et de l'IAL⁷, cette dernière reprenant celle du PPRI. Deux autres outils graphiques complètent cette cartographie à travers les sites Cartorisque⁸ et Géorisques⁹. Dans le cas des cartes accompagnant des documents, ces dernières en prennent la valeur informative ou réglementaire. Ces documents sont à destination des décideurs et gestionnaires locaux, des services déconcentrés de l'État en charge de diverses missions en lien avec les risques, les habitants, les forces de secours, ...

Les documents d'information tels que le DICRIM¹⁰ reprennent aussi très souvent les cartes du PPRI (cas du DICRIM de Joué-lès-Tours¹¹, Figure 2.5), de l'AZI (cas du DICRIM de Saint-Denis-sur-Loire¹², Figure 2.6) ou des cartes proches de ces documents (DICRIM de Tours¹³, Figure 2.7). Ces cartes, si elles sont devenues habituelles pour les décideurs locaux, conservent toutes les critiques des documents originaux auxquelles s'ajoutent les faiblesses d'un message mal adapté. Les cartes du PPRI utilisées dans le DICRIM de Joué-lès-Tours ont une approche à double entrée : zone urbanisée ou non et niveau d'aléa. Elle est adaptée pour des décideurs

4. Cartographie du Risque d'Inondation

5. Plan de Prévention du Risque d'Inondation

6. Atlas des Zones Inondables

7. Information Acqureur-Locataire

8. *op. cit.* p.46

9. *op. cit.* p.46

10. Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs

11. <http://www.ville-jouelestours.fr/utills/tinymce/upload/upload/Documentstelechargeables%20web/DIC.pdf>[15/08/2015]

12. http://www.saintdenissurloire.fr/mod_turbolead/upload/file/document-pdf/dicrim%20ST%20denis%20version%20web.pdf[20/06/2015]

13. http://www.tours.fr/include/viewFile.php?idtf=1847&path=75%2F1847_214_DICRIM-_oct-2007.pdf [15/10/2013]

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

en charge du développement local mais correspond-t-elle aux informations sur le risque encouru attendu par la population ? L'utilisation de la carte de l'AZI à Saint-Denis-sur-Loire permet une approche plus simple basée sur le niveau d'aléa. Mais la symbologie de l'AZI n'adopte pas une variation linéaire telle un dégradé allant du bleu clair au bleu foncé et ne respecte pas la sémiologie graphique. La compréhension de la carte pour un lecteur peu habitué à cette figuration nécessite un travail plus important de la part du destinataire pour comprendre et mémoriser l'information contre le montre la partie II. La carte du DICRIM de Tours, qui s'éloigne de celles du PPRI et de l'AZI, utilise des couleurs qui ne signifient ni le risque ni l'eau et ne permet pas une détection facile des digues importantes.

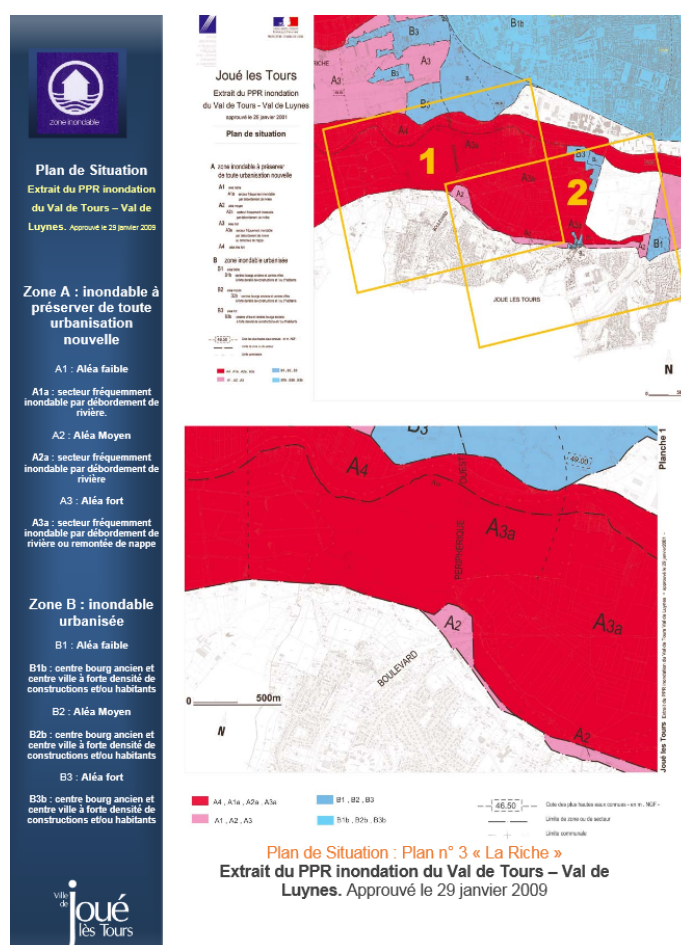


FIGURE 2.5 – Cartographie de la zone inondable du DICRIM de Joué-lès-Tours

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

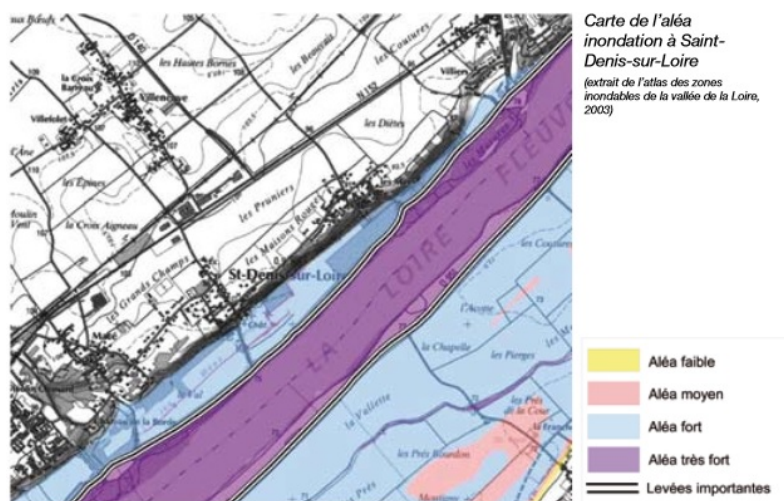


FIGURE 2.6 – Cartographie de la zone inondable du DICRIM de Saint-Denis-sur-Loire

Elle est complétée par des initiatives locales telles que celles de Saint-Étienne¹⁴ ou de Quimper¹⁵. Ces communes ont mis en place des systèmes d'information géographique (SIG) dédiés à la communication sur les risques. Ces SIG prennent la forme d'une carte interactive qui regroupent plusieurs sources d'information : l'étendue d'événements historiques majeurs et d'événements récents, les surfaces retenues dans les documents officiels, les repères de crue et des documents courants comme des photographies et des vidéos prises lors d'inondations et des coupures de journaux. Ces approches récentes utilisent les nouvelles technologies et adaptent leurs informations à la population en valorisant une approche historique en se basant sur des événements récents et des supports courant tels que les extraits de journaux et les photographies (Figure 2.8)

Pour Givone [Giv98], la CRI doit répondre à trois besoins qui sont (1) l'information, la formation et la documentation, (2) la réglementation et (3) les recommandations et la prescription, besoin intermédiaire aux deux précédents. En France, la

14. <https://www.saint-etienne.fr/cadre-vie/risques-majeurs/carto-evenement>

15. <http://sig-diffusion.quimper-communaute.fr/Internet/04/pli/PlanInondations.aspx?p1=&p5=0&p6=0>

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...



FIGURE 2.7 – Cartographie de la zone inondable du DICRIM de Tours

réponse cartographique au premier besoin suit une logique descendante et provient de l'État pour les collectivités et des collectivités pour leurs activités d'aménagement et l'information au citoyen. Elle doit reposer sur une iconographie administrative plutôt que zonale d'aléa, être basée sur des mesures historiques pour servir une information générale et maintenir la mémoire du risque. Elle doit être pédagogique et adopter une symbologie travaillée pour favoriser la culture individuelle du citoyen et utiliser le plus possible les technologies modernes (SIG, multimédia, ...). Les nouvelles approches telles que le DICRIM interactif de Saint-Étienne et Quimper utilisent les caractéristiques mentionnées par Givone. Le second (respectivement le troisième) besoin doit respecter les échelles des documents d'urbanisme (respectivement les échelles administratives).

Chesneau [Che04], à travers l'analyse de 200 cartes utilisées dans la gestion des risques, définit quelle carte est utilisée pour quelle action et quel public. Ces cartes couvrent les besoins en information générale et préventive, l'aide à la décision et à la négociation, la gestion de crise et la réglementation. À l'exception du retour d'expérience et de la surveillance, les cartes de la gestion du risque couvrent les principes définis par l'État (cf. page 48). Elles correspondent globalement aux échelles préconisées par Givone (Tableau 2.1) mais les besoins en formation et en documentation

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

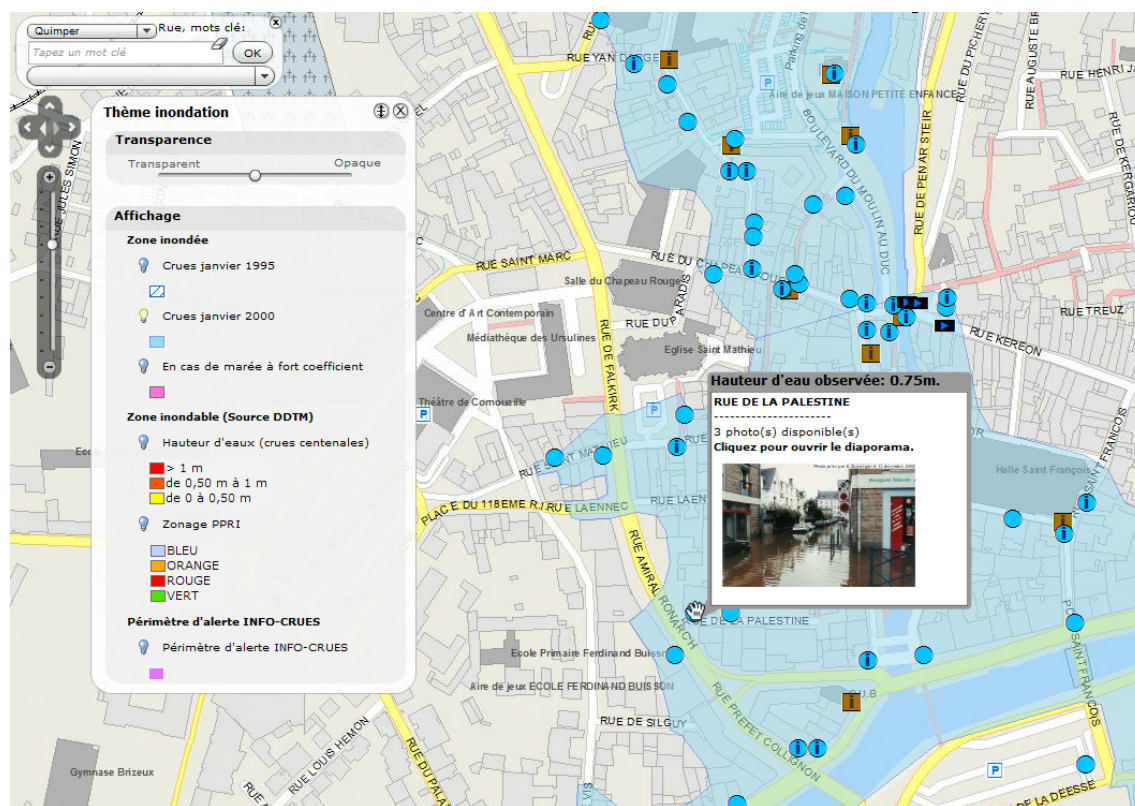


FIGURE 2.8 – Cartographie interactive du risque d'inondation de Quimper

transparaissent peu car couverts par d'autres outils [Mdl08].

2.2.2 ... technique, qui dit le risque vu par l'État

La cartographie de la GRI semble adaptée comme support à cette politique mais Le Bourhis et Bayet mettent en avant deux caractéristiques qui limitent son impact : son aspect techniciste et une définition du risque faiblement négociée qui dit le risque tel que vu par l'État.

Bayet [Bay00] s'interroge sur l'articulation entre science et politique dans la cartographie des risques naturels. Dans cette cartographie, seul des aspects et des arguments scientifiques et techniques (phénomènes de référence, variables pertinentes à retenir, modalité de recueil et de calcul, conventions de représentations graphiques)

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

Finalité de la carte	Pratiques cartographiques
Information générale	— tout public ; — très petite échelle (monde, pays) ; — pas de fond ; — extension du phénomène, unité administrative.
Information préventive	— citoyens et élus pour sensibiliser ; — petite à moyenne échelle ; — fond possible ; — extension du phénomène, unité administrative, enjeu.
Aide à la décision et à la négociation	— public averti ; — petite à moyenne échelle ; — fond pour les cartes de l'Etat ; — extension du phénomène, carroyage, enjeu, casier hydraulique.
Gestion de crise	— intervenants en cas de crise ; — petite à moyenne échelle ; — fond pour les cartes de l'Etat ; — extension du phénomène, carroyage, enjeu.
Réglementation	— citoyens et élus ; — très grande échelle ; — fond possible ; — extension du phénomène.

TABLE 2.1 – Pratiques cartographiques selon la finalité [Che04]

doivent intervenir dans la conception de carte car elle doit être incontestable. Pour Le Bourhis et Bayet [LBB02], la carte est un outil d'objectivation du phénomène. Ainsi « *mis en cartes, le risque d'inondation est transformé en une réalité objective et publiquement affichée* ».

Le Bouris et Bayet [Bay00, LBB02, LB07] constatent également que la cartographie du risque d'inondation sert à asseoir la vision de l'Etat : « *Au travers des cartes,*

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

l'État "affiche" ou "dit le risque", selon la formule consacrée, devenue un leitmotiv des discours publics » [Bay00, p. 77]. Au-delà de cette objectivation, la carte est un outil d'institutionnalisation du risque qui transforme ce dernier en une réalité objective de nature bureaucratique. Elle permet à l'administration de transmettre des messages de nature politique, qu'il serait difficile ou moins efficace de faire passer autrement. Les services utilisent les capacités de communication inhérentes à la carte en jouant sur la représentation et la définition des problèmes collectifs et ses propriétés de visualisation. La carte fournit une image immédiate et concrète de notions ou de phénomènes abstraits. Pour Le Bourhis et Bayet [LBB02], c'est le cas des cartes de l'AZI ¹⁶.

La cartographie étatique est donc l'illustration des conventions mises en place par l'État, elle est le support de l'axiome de conventionalité de la cindynique dans la GRI en France. Selon cet axiome, la convention résulte de négociations entre les experts et les parties prenantes. Cette construction conjointe de la convention, qui nécessite la prise en compte de l'aspect culturel en plus d'un aspect technique, explique en partie l'efficacité limitée des Plans d'Exposition au Risques (PER), institués par la loi 82-300 du 13 juillet 1982, et qui sont « *le reflet d'une approche régaliennne et techniciste de la fonction publique* » [HR03, p. 24]. Leur élaboration s'effectue en deux étapes : la première phase, dite « technique », aboutit à la construction du cahier des charges au niveau national et au guide méthodologique puis, dans la seconde phase dite administrative, à la cartographie réglementaire. L'expertise technique et scientifique joue un rôle central alors que la concertation a une place mineure dans cette approche linéaire qui se veut rationalisante. Pour limiter les contestations d'une convention technique imposée, cette approche évolue vers les Plans de Prévention des Risques (PPR), instaurés par la loi 95-101 du 2 février 1995. La démarche d'élaboration du PPR intègre plus en amont la discussion avec les acteurs locaux et la « *définition du risque et de son dispositif de prévention est aujourd'hui pensée comme la résultante*

16. Atlas des Zones Inondables

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

des arguments scientifiques, juridiques, socio-économiques et politiques » [HR03, p. 27].

Chapuis et Golbéry [CDG00] montrent qu'il peut exister un déni d'utilisation des cartes comme outil d'action dans diverses politiques du niveau national à local. La capacité des cartes à mettre en évidence les phénomènes spatiaux est parfois limitée par un manque d'information annexe et en utilisant le caractère non intuitif de la lecture pour de nombreuses personnes. Peltier et al. [PVB08] considèrent que la mise en ligne de la cartographie du risque d'inondation se rapproche de la recherche d'un alibi en raison de sa dilution et de son manque de visibilité dans les recherches.

Pour Leone et Lesales qui étudient la cartographie du risque volcanique « *les représentations jouent souvent un rôle plus important que les caractéristiques objectives d'une situation dans les comportements adoptés par les individus ou les groupes. Ainsi l'analyse des représentations doit être un préalable à toute campagne ou stratégie de prévention des risques de manière à mettre en place des schémas (plans de secours par exemple) qui soient compréhensibles et suivis par les populations, ou bien corriger d'éventuelles distorsions entre représentations collectives et scénarii scientifiques (vis-à-vis du déroulement d'une éruption par exemple)* » [LL04, p. 121]. Dans le domaine du développement territorial, connexe à la GRI, Lardon et al. [LMPB01] montrent l'importance des représentations spatiales des acteurs. Ce constat est partagé par l'Etat pour qui les « *supports de communication sont à adapter aux acteurs visés [tabl. 3], selon leur connaissance du sujet, leurs attentes, leur degré d'implication, leur histoire (population ayant vécu un événement ou l'ayant en mémoire, nouvelle population venant de s'installer dans la région), etc. En particulier, le mode de dialogue varie selon cinq grandes catégories d'acteurs : la société civile, les professionnels de l'éducation, les acteurs décisionnels, les professionnels de l'aménagement, de la construction, etc. et les acteurs techniques (services de l'État et des collectivités territoriales).* » [Mdl07, p. 6]

Conclusion

La carte tient une place importante dans la GRI en raison de sa grande capacité à transmettre de l'information sur des objets spatiaux tels que l'événement (la crue) et les enjeux (personnes, activités sensibles, réseaux pour l'évacuation ...). La CRI permet de couvrir les différentes étapes de cette politique grâce à un outil adaptable (supports, technologies, contenus, ...) et de diffuser facilement l'information à l'ensemble des acteurs impactés par le risque d'inondation.

Cependant la CRI conserve une faiblesse héritée des premières approches de la gestion non structurelle du risque d'inondation. Initialement et principalement basée sur les outils de gestion du sol majoritairement adressés aux acteurs locaux en charge de cette politique, la CRI prend peu en compte les facteurs du côté du destinataire tels que définis par la communication cartographique (cf. page 62) alors que le public auquel elle est destinée s'est élargi.

Afin d'améliorer la CRI, il apparaît indispensable de considérer les particularités des diverses catégories d'acteurs qui seront des utilisateurs directs de la carte, notamment lors d'une évacuation qui rassemble tous les acteurs d'un territoire autour d'un même danger. La carte n'étant pas une reproduction exacte de la réalité (simplification d'échelle, masquage des objets non nécessaires pour mettre en évidence les objets importants, codage de l'information à travers la sémiologie graphique ...), il est possible de travailler les symboles employés pour rendre la carte plus efficace.

2.2. LA CARTE DANS LA GESTION DU RISQUE D'INONDATION, UN OUTIL ...

Pour cela il convient de comprendre comment une carte est lue, c'est-à-dire connaître les paramètres iconiques et anthropiques à prendre en compte. La compréhension de la vision humaine à travers les modèles de vision en apporte une explication.

Deuxième partie

Lecture de la carte

La phase d'évacuation rassemble une multitude d'acteurs (habitants, forces de secours, forces de l'ordre, décideurs locaux, ...) aux connaissances, expertises et questionnements différents. Cela conduit à des besoins en informations géographiques et en figurations cartographiques spécifiques. Afin de comprendre quelles sont les origines de ces spécificités, cette partie explique le fonctionnement de la lecture d'une carte à partir de modèles de vision et y intègre des éléments complémentaires spécifiques à la cartographie.

Deux types d'approches s'opposent pour définir le fonctionnement de la vision. La première rassemble le comportementaliste, la théorie de la Gestalt et l'approche écologique de la vision et considère le fonctionnement du système visuel comme une boîte noire ou se limite à des traitements de haut niveau¹⁷. La seconde, composée de l'approche cognitive, s'intéresse aux traitements et adopte une approche qualifiable de bas niveau¹⁸.

Cette partie utilise la définition cognitive de la vision qui en décompose les traitements selon trois niveaux [Luy09] :

- le niveau **sensoriel**, qui implique les premiers traitements neuro-sensoriels liés aux caractéristiques physiques du stimulus : couleur, orientation, mouvement, texture. Il s'y déroule donc la détection/extraction « automatique » de certaines variables visuelles primitives qui correspondent à celles de Bertin [Ber73] ;
- le niveau perceptif ou **configurationnel** où se réalise une organisation, une structuration des traitements du niveau précédent en éléments d'échelon supérieur comme par exemple la ségrégation figure-fond, stable-mobile, proche-lointain ;

17. L'expression « de haut niveau » est à considérer selon la définition utilisée pour décrire les langages informatiques, c'est-à-dire que les traitements sont à un niveau d'abstraction plus élevé et s'éloigne du travail machine. Les traitements décrits par la théorie de la Gestalt ou l'approche écologique sont un regroupement des opérations.

18. Selon la définition utilisée pour décrire les langages informatiques.

-
- le niveau cognitif ou **conceptuel** où une signification est donnée aux organisations perceptives du niveau précédent. Ces organisations sont comparées à l'expérience et potentiellement reconnues comme des objets. Il faut noter ici l'intervention du concept de signification, qui est important dans les développements ultérieurs.

Contrairement à la définition des géographes qui considèrent la perception comme englobant l'acquisition sensorielle et les traitements cognitifs et qui relève à la fois de l'individu et de la société [LL⁺13], l'approche cognitiviste met en avant le fonctionnement physiologique de la vision.

Le chapitre 3 décrit le fonctionnement physiologique de la vision humaine sur lequel se basent les modèles cognitivistes. Cette présentation met en avant les caractéristiques du système visuel pour expliquer pourquoi un lecteur doit bouger les yeux, pourquoi voit-il mieux le point de fixation que la périphérie et en quoi cela influe la construction cartographique.

Le chapitre 4 traite des facteurs impliqués dans la stratégie de lecture de la carte, la carte et le lecteur, comme cela a été montré en page 62 dans la section 2.1 qui aborde le paradigme de la communication cartographique. Ce chapitre montre (1) comment l'usage des variables visuelles pour mettre en évidence certains objets cartographique oriente la lecture de la carte et facilite ou non la compréhension de cette dernière et (2) pourquoi la même carte peut aboutir à une lecture différente entre deux destinataires.

Chapitre 3

Description physiologique de la vision

Ce chapitre décrit le fonctionnement physiologique de la vision en suivant les trois étapes définies par les cognitivistes. La section 3.1 détaille le système sensoriel qu'est l'œil. Elle décrit les caractéristiques de ce capteur afin d'en comprendre les limites. La section 3.2 détaille le système percepto-cognitif qu'est le cerveau. Elle décrit comment ce dernier prépare et traite l'information transmise après sa capture par l'œil lors des étapes configurationnelles et conceptuelles.

3.1 Acquisition de l'information cartographique

Ce que nous voyons de notre environnement est appelé **scène visuelle**. Il s'agit du terme générique employé en traitement d'image pour désigner l'ensemble des informations en entrée du processus de traitement. Les objets de cette dernière sont les entrées du système visuel quand les rayons lumineux qu'ils réfléchissent entrent dans chaque œil par une ouverture de petite taille, la pupille, et sont projetés sur la rétine. Cette ouverture s'apparente à un obturateur d'appareil photographique : son diamètre est réglable par la contraction et le relâchement de l'iris dont une des fonctions est de modérer la quantité de lumière pénétrant l'œil. La netteté de l'image rétinienne est assurée par la déformation du cristallin grâce à la contraction ou le

3.1. ACQUISITION DE L'INFORMATION CARTOGRAPHIQUE

relâchement des muscles ciliaires (Figure 3.1).

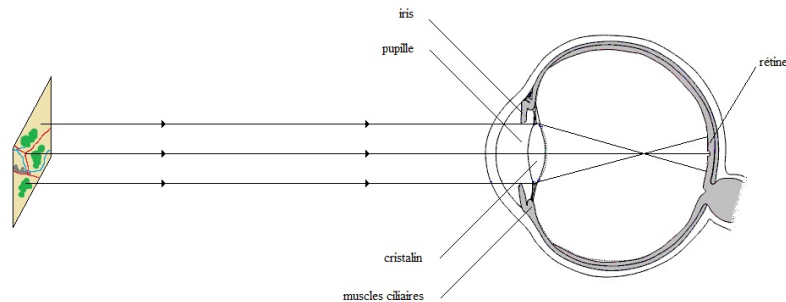


FIGURE 3.1 – Acquisition de l'information lumineuse par l'œil

L'image créée est une reproduction de ce qui est capté par chaque œil et forme l'**image visuelle** ultérieurement traitée par le cerveau qui en construira une représentation mentale (Figure 3.2).

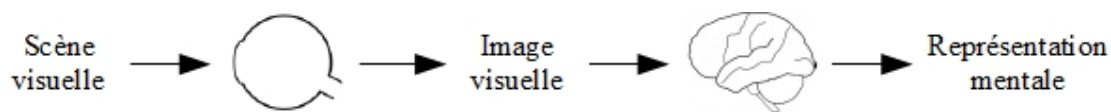


FIGURE 3.2 – Etapes physiologiques de la transformation de la scène visuelle en représentation mentale

Cette image visuelle, centrée sur la zone fovéale, stimule deux types de photorécepteurs, les cônes et les bâtonnets qui sont respectivement sensibles aux stimuli en conditions de luminosité et d'obscurité. La zone fovéale, ou *area centralis*, est une zone circulaire d'environ 5mm de diamètre, soit 2 degrés [Bul98, Rod03], qui contient la quasi-totalité des cônes et très peu de bâtonnets (Figure 3.3 issue de [Duc07]). À cette répartition différenciée des photo-récepteurs s'ajoute une décroissance de leur densité avec l'éloignement au centre de la fovea. La densité de photorécepteurs évolue d'une cellule tous les 0,5 minute d'arc (soit $2,5\mu\text{m}$) au niveau de la fovea à 60 minutes d'arc en périphérie. Ceci implique qu'un symbole en périphérie doit être plus grand pour attirer le regard [Mac95]. De plus, la zone parafovéale, plus dense

3.1. ACQUISITION DE L'INFORMATION CARTOGRAPHIQUE

en bâtonnets, ne traite que les grandes lignes et les textures simples [CE84] et les objets les plus fortement saillants. Bien qu'elle ne représente que 2% de la surface de la rétine, la zone fovéale contient un tiers des cellules ganglionnaires qui forment le nerf optique et qui transmettent les informations au cerveau. La surface de vision nette équivaut à un disque de 2cm de rayon sur un plan situé à 60cm et un disque de 3,5cm de rayon sur un plan situé à 1m.

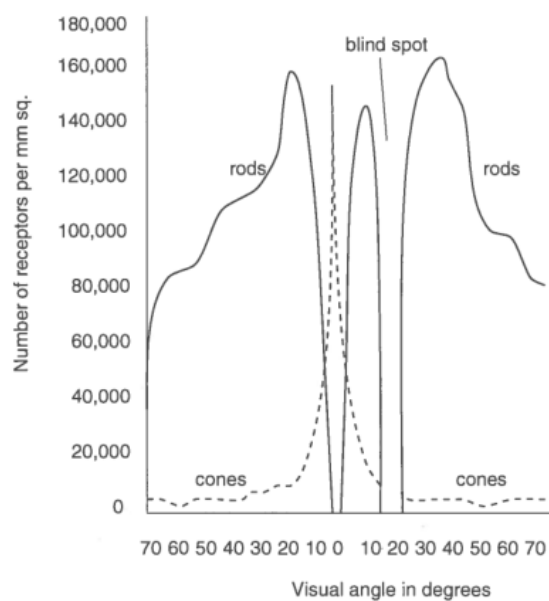


FIGURE 3.3 – Répartition des cônes et des bâtonnets, issue de [Duc07]

La très grande netteté de la zone fovéale s'explique, outre sa forte concentration de cônes et de cellules ganglionnaires, par une spécialisation des ces derniers. Les cônes de type S (respectivement de type M et L) sont plus sensibles aux rayons de longueurs d'onde 430nm soit aux teintes bleu/violet (respectivement 535 soit la teinte vert, et 565 soit la teinte rouge) [Bul98].

Cette répartition des photo-recepteurs et cellules ganglionnaires aboutit à une acquisition différenciée selon l'écart de chaque objet de la scène visuelle avec l'axe visuel. En fonction de la distance angulaire à l'axe visuel et des caractéristiques de

3.1. ACQUISITION DE L'INFORMATION CARTOGRAPHIQUE

l'objet visuel, ce dernier est acquis avec plus ou moins de précision [PZ79]. La figure 3.4¹ montre les limites de discrimination.

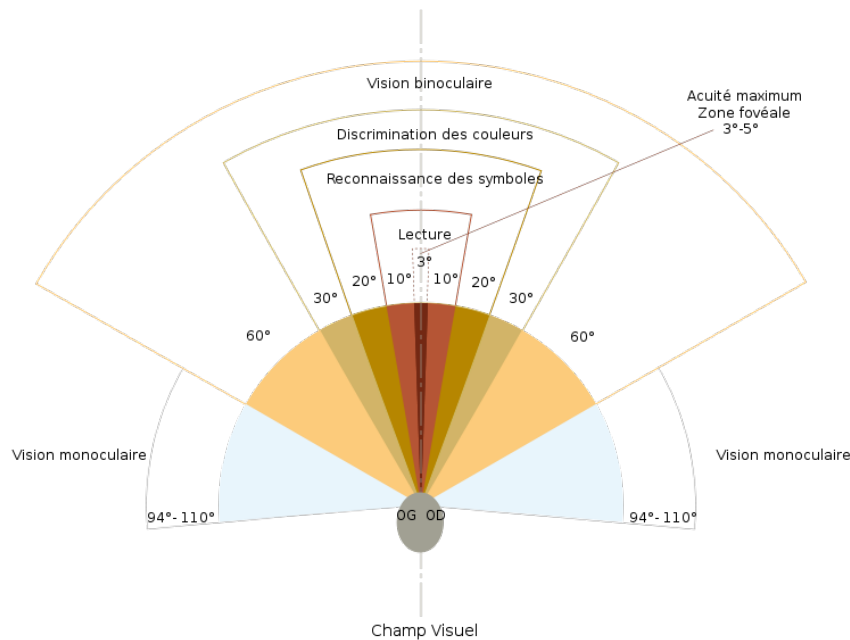


FIGURE 3.4 – Différenciation du champ visuel humain

L'ensemble de ces caractéristiques physiologiques expliquent pourquoi un lecteur peut suivre le tracé d'un itinéraire même si celui-ci est plus grand que la zone fovéale. Des informations de forme et de couleurs, simples et saillantes, sont détectées dans la zone parafovéale et guident le positionnement de la fixation suivante.

Cette répartition des photorécepteurs explique aussi pourquoi un lecteur effectue des mouvements oculaires pour recentrer la zone fovéale. Le lecteur qui parcourt une carte doit ajuster en permanence la position de la zone fovéale pour voir nettement toutes les parties de la carte. Cet ajustement est réalisé soit par des mouvements oculaires soit par des mouvements de la tête et/ou du corps. Les mouvements de la

1. Graphique issu de https://fr.wikipedia.org/wiki/Champ_visuel [21/02/2015] réalisé d'après [PZ79].

3.1. ACQUISITION DE L'INFORMATION CARTOGRAPHIQUE

tête et du corps ne sont pas pris en compte dans cette recherche car les techniques par infrarouge utilisées pour l'enregistrement des trajectoires oculaires actuellement prennent en compte et corrigent (oculomètres dits à tête libre) ou empêchent ces mouvements (oculomètres à mentonnière).

L'activation de certains photo-récepteurs conduit en parallèle à l'inhibition des photorecepteurs proches et produit une inhibition latérale qui accentue l'effet de contraste. C'est pourquoi la lecture d'une carte peut être rendue plus difficile. Dans certaines situations, une couleur ou une teinte peu paraître différente de ce qu'elle est réellement. Par exemple, lorsque le regard se porte sur un niveau de gris de la bande de Mach ci-après (Figure 3.5), la valeur de gris de chaque palier semble plus claire (resp. foncée) à gauche (resp. à droite) de celui-ci.



FIGURE 3.5 – Bande de Mach

De cette organisation anatomique découle les caractéristiques cartographiques qui conduisent à une bonne lisibilité de la carte. Ces caractéristiques se traduisent sous forme de seuils [Rou91] :

- le **seuil de perception**, pour voir les moindres détails de la carte sans effort, se traduit par une taille minimum d'un figuré. Par exemple la taille minimale d'un point sur fond blanc est de 0,1mm tandis que pour une ligne elle sera de 0,06mm. Les normes suivantes sont généralement adoptées (Tableau 3.1, d'après [Rou91]) :
- le **seuil de séparation**, pour facilement séparer les éléments de leurs voisins proches, se traduit par une distance minimale entre deux figurés voisins pour facilement les distinguer. Cette distance est de 0,2mm quel que soit le figuré ;

3.1. ACQUISITION DE L'INFORMATION CARTOGRAPHIQUE

forme	taille minimale
point	0,2mm
ligne	0,1mm
largeur d'un carré plein	0,4mm
largeur d'un carré vide	0,6mm

TABLE 3.1 – Tailles minimales admises

- le **seuil de différentiation**, pour différencier nettement les éléments d'une même catégorie, se traduit par l'écart pour percevoir la différence entre 2 figurés de formes, valeurs ou tailles voisines. Pour les couleurs, ce seuil varie de 3 à 10 paliers (Tableau 3.2, d'après [Rou91]) :

couleur	nombre de paliers
noir	10
violet	8
bleu	7
rouge	6
vert / orange	5
jaune	3

TABLE 3.2 – Niveau de séparation selon la couleur

Le système visuel humain étant binoculaire, chaque œil perçoit une image en deux dimensions qui sont interprétées en une image en trois dimensions par le cerveau. La carte représente généralement un espace dans un plan (feuille ou écran), cette étape de la vision n'est pas considérée dans cette recherche mais est mentionnée car elle est prise en compte dans certains modèles de la vision présentés ultérieurement et qui dépassent le cadre de la lecture cartographique.

Le signal photonique est ensuite converti par les photo-récepteurs en un signal neural transmis aux cellules bipolaires puis aux cellules ganglionnaires jusqu'au corps genouillé latéral. Des fibres nerveuses, appelées radiations optiques, relient le corps genouillé latéral au cortex visuel.

3.2. DE LA CARTE ACQUISE À LA CARTE TRAITÉE : DÉCOMPOSITION PERCEPTIVE ET ANALYSE COGNITIVE

Trois paramètres du système visuel humain ne sont pas pris en compte dans cette recherche. D'une part la vision étant binoculaire, chaque œil perçoit une image en deux dimensions qui sont interprétées en une image en trois dimensions par le cerveau. La carte représente généralement un espace dans un plan (feuille ou écran), cette étape de la vision n'est pas considérée dans cette recherche mais est mentionnée car elle est prise en compte dans certains modèles de la vision présentés ultérieurement et qui dépassent le cadre de la lecture cartographique. D'autre part le système visuel humain peut être imparfait et souffrir de cécité chromatique et/ou d'une mauvaise acuité. Par exemple 8% des français (0,4% des françaises) ont des lacunes chromatiques, c'est-à-dire qu'ils ne voient pas ou mal certaines couleurs. La cécité chromatique et l'acuité visuelle sont évaluées lors de l'expérimentation par le test de Ishihara [Ish10] et la lecture d'un texte à différentes taille de caractères. Ces deux tests sont présentés dans le protocole expérimental en pages 140 et 144.

3.2 De la carte acquise à la carte traitée : décomposition perceptive et analyse cognitive

Le cerveau est constitué de multiples cortex qui sont activés au cours des différentes étapes percepto-cognitives. L'information neurale est traitée par le cortex visuel puis par d'autres cortex cérébraux spécialisés dans la mémoire, les autres sens, les représentations conceptuelles ou les représentations spatiales.

Le cortex visuel se compose de multiples aires dont 5 (V1 à V5) sont spécifiques au décodage de l'image visuelle avec chacune leur spécialisation et leurs interconnexions.

Le signal neural arrive dans le cortex strié, cortex visuel primaire ou aire 17 de Brodmann ou **aire V1**. Cette aire est composée de six couches fonctionnelles distinctes. La quatrième couche reçoit la majeure partie des informations issues des

3.2. DE LA CARTE ACQUISE À LA CARTE TRAITÉE : DÉCOMPOSITION PERCEPTIVE ET ANALYSE COGNITIVE

corps genouillés latéraux. Ce traitement dure environ 100ms avant de transmettre le signal neural à des aires plus spécialisées. Cette aire décode l'orientation, la vitesse, le mouvement et sa direction des objets visuels vus.

Le signal neural est transmis au cortex visuel secondaire, ou aire 18 de Brodmann ou **aire V2**. Cette aire est fortement connectée avec les aires voisines (V3, V4 et V5) et opère un feedback sur l'aire V1. Elle est plus spécialisée dans le traitement des discontinuités et traite la direction d'axe, l'orientation du contour, le contraste et la séparation figure-fond

Le signal neural passe ensuite vers le cortex visuel associatif, ou aire 19 de Brodmann, contenant les **aires V3, V4 et V5**. Ces aires traiteraient respectivement la forme, la couleur et le mouvement des objets constitutifs de l'image visuelle.

En raison des fortes connexions entre les différents cortex, les spécialisations de chaque aire restent difficiles à délimiter. Certaines aires traiteraient la même information mais selon une approche différente. L'aire V1 analyserait l'orientation générale des éléments de l'image visuelle et l'aire V2 traiterait plus spécifiquement l'orientation du contour.

Après la décomposition perceptive, le signal est transmis à d'autres cortex composant le cortex visuel qui font le lien avec les autres sens (cortex intra pariétal ventral), des représentations spatiales (cortex intra pariétal latéral), la mémoire (cortex temporal inférieur), etc. (Figure 3.6 issue de [Duc07])

3.3. TRAITEMENTS ASCENDANTS ET DESCENDANTS ET CARACTÉRISTIQUES DES FIXATIONS

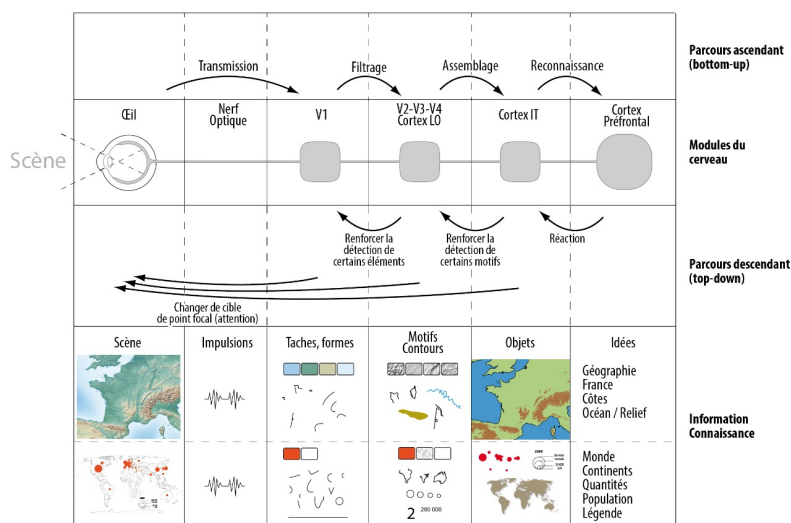


FIGURE 3.7 – Chaines ascendante et descendante de la vision durant la lecture d’une carte [Jé13]

L’acquisition des objets de la carte étant limitée par la taille de la zone fovéale, la lecture d’une carte se construit par conséquent par une succession de fixations dirigée par les caractéristiques de la carte et du lecteur [RFTW04]. Ces caractéristiques sont présentées dans le chapitre suivant. Cette stratégie visuelle peut être mise en évidence par l’enregistrement des mouvements oculaires. Les mouvements oculaires sont de deux types : les fixations et les saccades [Ray98]. Les fixations sont les moments où le regard reste fixé sur une zone de la carte et durant lesquels le système visuel humain acquiert et traite l’information de la zone fovéale et de la zone parafovéale. Les saccades sont les mouvements qui relient les fixations.

La durée d’une fixation varie de 200ms à plusieurs centaines de millisecondes selon les traitements perceptifs et cognitifs à effectuer [Eno59, FWL59], n’est pas spécifique au support (texte, image, carte, ...) [CE85] et se décompose comme indiqué dans le tableau suivant [Rod03] :

La durée de l’étape d’acquisition varie peu quel que soit le stimulus. Ainsi la durée de la fixation dépend principalement des traitements perceptifs et cognitifs. Il

3.3. TRAITEMENTS ASCENDANTS ET DESCENDANTS ET CARACTÉRISTIQUES DES FIXATIONS

De la rétine au nerf optique	20ms
Du nerf optique au cortex strié	10ms
Traitement du cerveau	110 à 130ms
Du cerveau au muscle	40ms
Total	180 à 220ms

TABLE 3.3 – Décomposition de la durée d’une fixation

est donc possible de définir quelles zones de la scène visuelle demandent des traitements plus longs, c’est-à-dire sont plus complexes à traiter. Pour Castner et Eastman [CE85], les fixations peuvent être classées en trois catégories :

- les fixations de type 1 d’une durée d’environ 225ms. Ce sont des fixations d’examen général composées d’une acquisition d’informations avec le minimum de traitements perceptifs et cognitifs ;
- les fixations de type 2 dont la durée varie de 225ms à 550ms et qui renseignent sur la complexité perçue de la carte ;
- les fixations de type 3 d’une durée supérieures à 550ms. Ces fixations vont au-delà de l’acquisition et traduisent des processus perceptifs et cognitifs qui dépassent les traitements des objets visuels captés dans la zone fovéale. Par exemple, la recherche d’un caractère précis demande de 500 à 600ms [Naz98]. Dans le cas d’un symbole cartographique, la recherche d’un symbole particulier nécessite la recherche dans la mémoire sémantique (reconnaissance et appariement d’un symbole à la représentation mémorielle) et dans la mémoire spatiale.

Des fixations plus courtes, dites fixations intermédiaires peuvent apparaître. Durant le traitement de la zone fovéale, le champ périphérique est aussi analysé [Viv89, RP83] et prépare la fixation suivante. En raison de la netteté restreinte à la zone fovéale, certains objets visuels saillants ne sont pas détectés efficacement et la saccade pour atteindre cet objet n’est pas suffisamment précise. Une fixation intermédiaire est alors nécessaire pour atteindre avec précision l’objet visuel.

3.3. TRAITEMENTS ASCENDANTS ET DESCENDANTS ET CARACTÉRISTIQUES DES FIXATIONS

Chapitre 4

Facteurs cartographiques et humains

Comme le souligne le paradigme de la communication cartographique présenté dans la sous-section 2.1.2, la lecture de la carte est impactée à la fois par des facteurs iconiques et anthropiques. Ce chapitre détaille les facteurs cartographiques et humains en jeu dans la construction de la stratégie visuelle lors de la lecture d'une carte.

La section 4.1 traite du principal facteur cartographique, la saillance, et de la façon dont elle influe la lecture de la carte en guidant le regard et en facilitant, ou non, l'organisation perceptive.

La section 4.2 explique comment les données acquises sont traitées lors des étapes perceptives et cognitives de la vision et comment des facteurs humains tels que la connaissance, l'expertise ou le questionnement du lecteur modifient la stratégie visuelle et aboutissent à la compréhension, ou non, de la carte.

4.1 Facteurs cartographiques

Une scène visuelle n'est pas un objet homogène. Certaines zones se détachent plus que d'autres : c'est la **saillance visuelle**. Jégou et Deblonde [JD12] la définissent comme étant « *la rapidité avec laquelle une position de l'image observée est le sujet de l'attention visuelle, et de la durée du maintien de cette attention* ». Zender [Zen11] la décrit sous le terme *pop-out*, qu'il définit comme « *a phenomena where some visual forms stand out from surrounding objects very quickly and effortlessly* ». Par conséquent les écarts de saillance des différents objet d'une scène visuelle orientent le regard.

Diverses approches sont utilisées pour modéliser la saillance. Certains modèles tels que [IKN98] ou [RLN07] sont basés sur les traitements ascendants de la vision et utilisent les variables visuelles teinte, valeur et orientation. D'autres comme le modèle SUN (Saliency Using Natural statistics) intègre les processus top-down en utilisant des connaissances sur les positions probables d'objet dans les scènes naturelles telles que des photographies [ZTM⁺08].

Judd et al. [JDT12] étudient la capacité des modèles de saillance visuelle à prédire les zones d'intérêt d'une image. Leurs résultats montrent que la seule prise en compte de la saillance visuelle ne permet pas de prédire quelles sont les zones attractives. La figure 4.1 montre la similarité entre les modèles de saillance et les fixations, sans correction dans la matrice de gauche et avec correction (attractivité plus importante du centre de la scène visuelle) dans la matrice de droite. Les deux matrices montrent qu'avec ou sans correction, la similarité entre les zones saillantes définies par les modèles et les zones fixées par les lecteurs reste faible. Les paramètres employés (iconiques couplés ou non avec des approches statistiques simulant des régulations cognitives simples par exemple) dans ces modèles ne permettent de prédire que partiellement quelles zones de la carte vont attirer le regard du lecteur en considérant

4.1. FACTEURS CARTOGRAPHIQUES

la saillance.

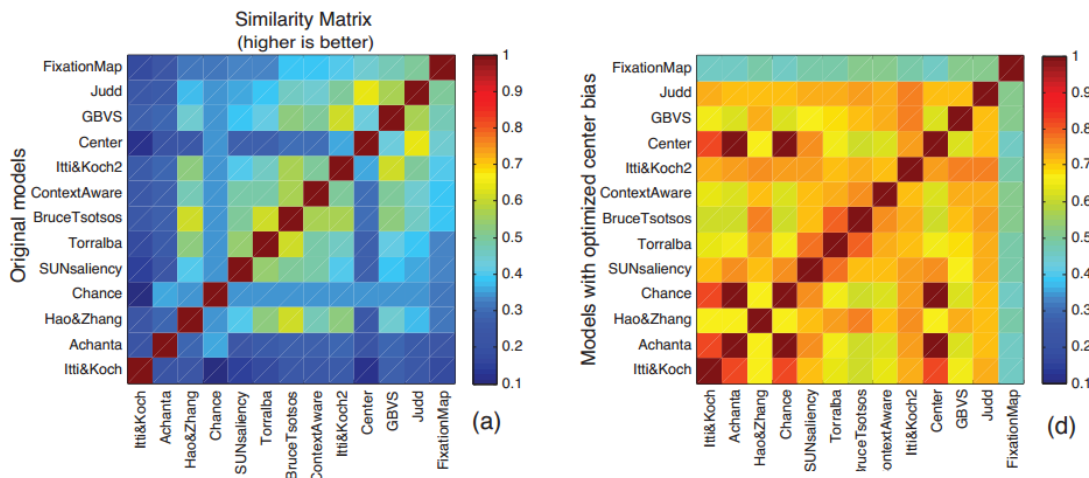


FIGURE 4.1 – Matrices de similarité entre les fixations et les modèles de saillance visuelle [JDT12, p. 17]

Cette faible corrélation résulte du fait que les prédictions des mouvements oculaires basées sur des cartes de saillance sont entraînées par des processus sensoriels et perceptifs et ne reflètent pas ou peu l'influence des facteurs cognitifs comme la connaissance de la tâche, le type de visualisation ou la connaissance du domaine [Hen07] alors que les processus descendants de régulation issus des étapes perceptives et cognitives de la vision sont prioritaires sur l'attractivité de la carte résultant de la saillance visuelle de ses composant [IK01, DD95]. De plus, les modèles de saillance visuelle traitent toute information sans distinction du niveau d'agrégat et de valeur sémantique. Cette dernière est d'autant plus importante que la carte n'est pas une reproduction directe de la réalité.

Fabrikant et al. [FHH10] étudient comment la saillance visuelle et l'entraînement à la lecture cartographique impactent l'efficacité d'une carte. Ils se basent sur les modèles de saillance bottom-up de Itti et al. [IKN98] et de Rosenholtz et al. [RLN07] pour analyser la saillance des cartes étudiées et proposer des modifications pour en

4.1. FACTEURS CARTOGRAPHIQUES

améliorer la saillance visuelle. Ils montrent que l'amélioration graphique conduit à une inférence¹ accrue et une meilleure organisation des stratégies visuelles mais n'aboutit pas à une amélioration de l'exactitude des réponses. Cette dernière dépend du niveau d'entraînement du lecteur.

4.1.1 Théorie de la Gestalt

Cette capacité des objets à se détacher des autres permet, en plus d'orienter la lecture, de structurer la scène visuelle. La théorie de la Gestalt² apparaît dans les années 1920 avec les travaux de Wertheimer, Koffka et Köhler. Cette théorie décrit la manière dont les composants d'une scène visuelle influe sur notre cerveau dans le traitement du monde environnant en le considérant comme un ensemble de formes pour en produire des éléments de niveau supérieur dont la valeur est supérieure à la somme des valeurs de chaque élément pris séparément. Cette théorie repose sur un ensemble de règles basées sur les caractéristiques graphiques de la scène visuelle pour expliquer comment ces dernières impactent les traitements perceptifs et cognitifs.

Dans l'exemple suivant représentant les bâtiments du quartier des Prébendes à Tours (Figure 4.2), la considération de toutes les formes comme un ensemble fournit plus d'informations que la considération de chaque forme indépendamment. La position dans l'espace de chaque élément permet au lecteur de construire des îlots à partir de la distance entre chaque élément en gris (les bâtiments) et l'espace public à partir de la distinction entre le fond blanc et la couleur des polygones.

Cette caractéristique du tout plus informatif que les parties prises individuellement est reprise et expliquée par les modèles cognitivistes présentés par la suite.

1. L'inférence est une opération par laquelle le lecteur rend explicite les informations cartographiques, c'est-à-dire arrive à la résolution d'une question ou d'un problème à partir des informations contenues dans la carte.

2. Le terme allemand *Gestalt* a pour traduction littérale forme ou apparence



FIGURE 4.2 – Emprise au sol des bâtiments (extrait de la BD TOPO V2 © IGN)

La théorie de la Gestalt repose sur un ensemble de lois d’association des formes [CDT02, LHB10, Mac95] :

- loi de **proximité** : les éléments proches dans l’espace sont regroupés en un ensemble de niveau supérieur. Dans la figure 4.2, même sans l’affichage des routes, le système visuel interprète la répartition spatiale des bâtiments pour former des agrégats de bâtiments de niveau supérieur, les îlots.
- loi de **similarité** : les éléments les plus similaires sont regroupés en des ensembles homogènes. Dans le cas d’une carte, la similarité est principalement portée par la variable visuelle employée. Dans la figure 4.3, la similarité conduit au regroupement des bâtiments pour former l’espace urbanisé de la commune de Chanceau-sur-Choisille.
- loi de **destin commun** : des objets en mouvements avec la même direction – ou qui semblent se diriger dans la même direction dans le cas d’une scène visuelle statique – sont considérés comme appartenant à même ensemble. Morita [Mor91] montre que les variables visuelles orientation et taille conduisent à des stratégies de lectures différentes. La première variable visuelle (orientation) influence le lecteur qui suit l’orientation des symboles tandis que la deuxième variable visuelle (taille) guide le lecteur vers les cercles de plus grande taille.

4.1. FACTEURS CARTOGRAPHIQUES



FIGURE 4.3 – Application de la loi de similarité, carte topographique au 1/25 000
© IGN

- loi de **concision**³ : les objets sont vus comme des formes simples.
- loi de **stabilité** : si, au cours du temps, des objets reconnus initialement comme appartenant à un même ensemble de niveau supérieur évoluent spatialement, ces objets resteront considérés comme appartenant à cet ensemble jusqu'à ce qu'un autre ensemble de niveau supérieur apparaisse.
- loi de **continuité** : les éléments qui suivent sont regroupés pour construire une forme. Dans l'extrait cartographique ci-après (Figure 4.4), les cours d'eau temporaires sont symbolisés par des tirets bleus (en bas de l'image) mais notre cerveau l'interprète comme un tout. Il en est de même pour les routes irrégulièrement entretenues et chemins d'exploitation (tirets jaunes bordés de

3. Le terme original allemand est *Prägnanz* et sa traduction française est concision.

4.1. FACTEURS CARTOGRAPHIQUES

noir au centre).



FIGURE 4.4 – Application de la loi de continuité, carte topographique au 1/25 000
© IGN

- loi de **fermeture** : le système visuel tend à voir les objets fermés comme un tout et à fermer les objets non clos pour produire des formes courantes. Lors de la lecture de l'image suivante (Figure 4.5), le système visuel relie les objets similaires pour former des formes simples. Le lecteur voit dans cette image quatre disques et deux carrés.

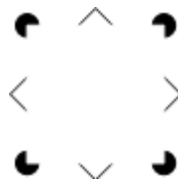


FIGURE 4.5 – Le carré absent, d'après [LHB10]

- loi de **simplicité** : les objets visuels sont regroupés selon des ensembles de forme simple. Le système visuel analyse l'image précédente comme un ensemble d'éléments simples : quatre disques noirs qui entourent un carré à bord noir au dessus desquels est placé un carré blanc.

4.1. FACTEURS CARTOGRAPHIQUES

- loi de **familiarité** : le cerveau voit en priorité les formes familières et significatives.
- **distinction figure-fond** : une forme familière, régulière, signifiante ou différente se détache du fond. Un exemple classiquement utilisé est le vase de Rubin (Figure 4.6). Dans la première image, le lecteur percevra soit deux profils soit un vase selon son expérience des deux objets. La familiarité de la forme à voir est prédominante. Dans les deuxièmes et troisièmes images, le remplissage en noir soit des profils soit du visage oriente le cerveau du lecteur à voir l'un ou l'autre des objets.



FIGURE 4.6 – Vase de Rubin (à gauche, le « contour » du vase, au centre les profils pleins et à droite le vase plein)

Ces lois peuvent être combinées. Ces combinaisons peuvent être soit complémentaires et renforcer les groupements d'objets et par conséquent renforcer la construction d'ensembles de niveau supérieur, soit contraires et aboutir à la multiplication des ensembles ou à l'impossibilité de rassembler les objets en ensembles de niveau supérieur. Ces regroupements sont d'autant plus importants qu'il facilitent la lecture de la scène visuelle.

Shah [Sha97] montre que si un graphe contient des *chunks*, regroupements d'objets visuels, que le lecteur peut aisément se représenter en informations, la traduction des caractéristiques visuelles en une représentation conceptuelle par des cycles d'identification des relations quantitatives et des variables associées est faite automatiquement. Sinon, l'information doit être analysée par des processus d'inférence composés de sous-étape de récupération d'information et de comparaison qui sont

sources d'erreurs. Ces *chunks* sont également importants pour la mémorisation car ce sont les structures qui sont stockées dans la mémoire à long terme [Eas85].

Cependant la bonne structuration de la scène visuelle et la mise en évidence par la saillance de certains objets n'est pas suffisante pour rendre une carte plus efficace. Outre la carte, la prise en compte des connaissances et de l'expérience du lecteur sur l'espace représenté, sur le phénomène cartographié ainsi et sur les variables visuelles servant au codage de l'information, c'est-à-dire les facteurs anthropiques, sont fondamentaux.

4.2 Facteurs humains

Deux grands approches scientifiques étudient le fonctionnement de la vision [HT94]. La première aborde l'individu comme une boîte noire et la vision comme un ensemble de traitements pour lesquels un objet visuel conduit à une réponse. Cette approche regroupe le behaviorisme, la théorie de la Gestalt et l'approche écologique de la vision. La seconde, dite cognitive, considère la vision comme un ensemble de opérations de décodage/encodage de l'information à plusieurs niveaux (sensoriel, configurationnel et conceptuel).

4.2.1 Approche écologique

Gibson [Gib79], avec la théorie écologique de la perception, aborde l'analyse de la perception par l'individu et sa place dans son environnement. Cette approche est :

- **De haut niveau** : la structuration d'une scène visuelle en éléments de plus bas niveau n'est pas adaptée, il faut considérer l'individu dans sa relation avec son environnement car l'individu fait partie du monde. Cette relation conduit à examiner l'environnement à un niveau compréhensible par un individu. Des objets dont les échelles de taille ou de temps non significatives

pour l'individu ne seront pas perçus. Cette notion d'échelle significative peut en partie expliquer la difficulté de faire comprendre l'importance d'une gestion de l'occupation du sol spécifique pour une crue majeure. Cette dernière intervient selon une occurrence et sur un espace qui sont au-delà des échelles significatives correspondantes.

- **Directe** : Alors que les approches cognitivistes de la vision intègrent une représentation mentale intermédiaire à partir de laquelle le cerveau effectue des traitements, l'approche écologique de la vision considère l'inexistence de cette représentation car elle ne correspond pas au niveau de perception d'un individu. Cette représentation est remplacée par le champ « optique ambiant » (*ambient optic array*) qui est le point d'observation auquel se rejoignent les rayons lumineux, c'est-à-dire les yeux de l'observateur. Ce champ optique ambiant doit être considéré comme un flux, et non pas comme une image à un instant donné, structuré par la différence de lumière émise ou réfléchiée par les différentes substances et leurs surfaces⁴. Le système visuel perçoit les variations et les invariants dans la structure du champ optique. Dans le cas d'une carte statique en tant que seule substance, le fonctionnement d'un tel système aboutit à son arrêt s'il n'y a pas de modification de point de vue de l'individu. Ce changement de point de vue ne peut avoir lieu que par une notion complémentaire qu'est l'affordance.
- **Active** : Gibson définit les affordances comme les possibilités d'interaction offertes par l'environnement à un individu en guidant et limitant ses actions[Gib77]. Ainsi, la perception d'un symbole sur la carte conduit l'utilisateur vers différentes actions telles que positionner le symbole par rapport aux autres de même nature, trouver l'explication du symbole, suivre le symbole s'il est linéaire ...

4. Dans la théorie écologique, l'environnement est composé de trois éléments : le milieu qui est généralement l'air, les substances qui sont la matière qui forme les objets et les surfaces qui sont les frontières entre le milieu et les substances.

4.2. FACTEURS HUMAINS

La matière qui compose l'environnement peut être séparée en trois catégories principales : le milieu, les substances et les surfaces. Le milieu est la matière dans laquelle se déplace l'animal. Le milieu est plus ou moins homogène. La composition du milieu peut varier mais elle change toujours graduellement, les ruptures n'existent pas dans le milieu. Une autre caractéristique essentielle du milieu est qu'il permet la perception. La vision est possible car le milieu est transparent. La matière qui n'appartient pas au milieu représente les substances qui forment les objets. Certaines la transmettent simplement, d'autres la reflètent intégralement ou partiellement. D'un point de vue écologique, cette caractéristique forme la couleur. plusieurs substances peuvent être mélangées de façon hétérogène. La dernière catégorie est formée par les surfaces. Ce sont les frontières entre les substances et le milieu. Les caractéristiques des surfaces, comme la couleur ou la texture, dépendent des substances dont elles sont la frontière. Les surfaces sont les éléments du monde les plus significatifs pour l'activité de l'animal en général et la perception visuelle en particulier.

Gibson distingue également l'environnement du monde propre. A contrario de l'environnement, le monde propre est spécifique à chaque individu car il dépend des capacités perceptives de l'individu, de sa position, de son expérience ... C'est un facteur important de la communication cartographique présentée en page 60. Cette spécificité montre qu'une crue majeure peut être vue différemment selon les individus en fonction de leur expérience passée avec l'inondation ou leur proximité au fleuve par exemple. Ainsi la vision de la crue de l'ingénieur qui modélise le phénomène est différente de celle de l'habitant qui ne voit pas la montée de l'eau d'une rivière endiguée ou de celle de l'élue qui évalue la dangerosité de la montée des eaux. De même cette spécificité va conduire à une lecture de carte différente d'un individu à l'autre [MKL⁺11].

La théorie écologique de la perception ne détaille pas le fonctionnement du système visuel et les traitements mis en jeu au-delà de l'échelle significative de l'individu et se

rapproche du comportementalisme et de la Gestalt qui considèrent le lecteur comme une boîte noire. Eastman [Eas85], qui critique cette approche, considère que ce sont ces traitements qui sont importants et qu'une approche de type « traitement de l'information » qui cherche à répondre à cette question est à privilégier.

4.2.2 Modèles cognitifs généraux

Marr [Mar82] propose un modèle computationnel qui permet de transcrire les traitements physiologiques de la vision en une succession de traitements opérables par une machine (Figure 4.7).

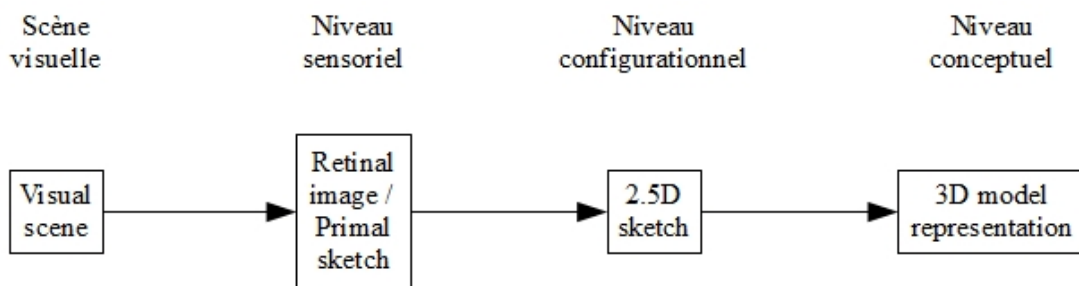


FIGURE 4.7 – Modèle computationnel de Marr

Il y définit 3 niveaux différents pour la compréhension des systèmes de traitement de l'information :

- L'ébauche primitive (*primal sketch*) est le premier niveau de description de l'image avec prise en compte des orientations et des surfaces d'intensités lumineuses différentes. La détection de changements d'intensité, la représentation et l'analyse des structures géométriques locales et la détection des effets d'illumination a lieu dans le processus de génération de l'ébauche primitive. Un principe important de l'ébauche primitive est que les organisations spatiales indépendantes des intensités vues dans une scène reflètent la structure des surfaces visibles. Marr propose de capturer ces organisations en utilisant un ensemble de caractéristiques de bas niveau qui correspondent aux arêtes

orientées, aux barres, aux extrémités et aux taches, qui sont représentés par un tuple de cinq éléments : (le type, la position, l'orientation, l'échelle, le contraste). Ces cinq éléments se rapprochent des variables visuelles définies par Bertin [Ber73].

- La représentation en 2.5D⁵ (*2.5D sketch*) est une description des surfaces visibles des objets qui varie avec la position de l'observateur par rapport à l'objet. La représentation 2.5D est destinée à représenter l'orientation et la profondeur des surfaces visibles ainsi que les discontinuités. Elle est composée de quelques primitives d'orientation des surfaces locales, de la distance du spectateur et des discontinuités dans la profondeur et la surface d'orientation et est construite dans un système de visualisation centré sur l'utilisateur.
- La représentation 3D (*3D model representation*) centrée sur l'objet où il est décrit dans son système de coordonnées en fonction :
 - de l'orientation de l'axe principal ;
 - des longueurs et de l'arrangement spatial des axes des parties de l'objet ;
 - du type des composantes constitutives de l'objet (cylindre, bloc) invariantes à l'orientation.

La représentation 3D de Marr peut être considérée comme un catalogue modulaire et hiérarchique en fonction de la spécificité de l'information qu'ils transportent. Le niveau supérieur d'une telle hiérarchie est un modèle qui ne présente aucune décomposition de l'objet et décrit l'axe principal du modèle. Au niveau suivant, plus de détails sont ajoutés à l'objet, comme le nombre et la répartition des sous-axes le long de l'axe principal défini au niveau supérieur. Aux niveaux inférieurs du modèle de chaque objet reçoit des descriptions plus précises, et ils peuvent maintenant être distingués par les angles et la longueur de leurs composants. Il existe trois types d'indices dans le catalogue de modèles :

5. Cette représentation est en deux dimensions mais intègre des informations sur la troisième dimension au lecteur.

- L'indice de la spécificité soutient le processus de reconnaissance principal qui concerne un modèle 3D nouvellement dérivé d'un modèle dans le catalogue. Le processus commence au sommet de la hiérarchie et des recherches sur les bas niveaux grâce à des modèles dont les descriptions sont compatibles avec les descriptions du nouveau modèle jusqu'à ce que la précision de l'information dans le nouveau modèle et le modèle de catalogue aient le même niveau de spécificité. Les adjoints et les indices parents jouent un rôle secondaire par rapport à celle de l'indice de spécificité et leur objectif est de fournir contraintes contextuelles qui soutiennent le processus de dérivation.
- L'indice complément (ou sous-composante) vient de relations auxiliaires dans un modèle 3D et fournit l'accès aux modèles 3D pour ses composants en fonction de leur emplacement, leur orientation et leur taille relative. L'inverse de l'indice complément est l'indice parent (ou *supercomponent*).
- L'idée derrière l'indice parent est que chaque fois qu'un élément de forme est identifié, il peut fournir des informations sur la forme entière qui est susceptible d'être.

Les deux premières représentations du modèle, l'ébauche primitive et la représentation en 2.5D, sont destinées à effectuer essentiellement la séparation des composants du modèle 3D. Elles correspondent respectivement au niveau sensoriel et au niveau configurationnel qui aboutissent à la représentation 3D sur laquelle sont opérés les traitements sémantiques et spatiaux du niveau conceptuel.

Biederman [Bie87] étend la théorie de Marr et développe la théorie de la « reconnaissance par composants » selon laquelle la reconnaissance des objets repose sur la perception d'entités volumétriques communes à tous les objets et qu'à partir de leur arrangement spatial un objet peut être construit. Ces éléments sont nommés *geons*, contraction de *geometrics ions*. Les *geons* sont des objets avec des proprié-

4.2. FACTEURS HUMAINS

tés géométriques non accidentelles (colinéarité, curvilinearité, symétrie, parallélisme, cotermination de lignes, ...) qui structurent notre environnement.

Leur perception permettrait l'appariement avec la représentation prototypique de l'objet. Biederman considère que 36 géons suffisent pour décrire tous les objets existants définis à partir de 4 formes principales (cône, cylindre, bloc, coin) et des variations métriques de ces formes (Figure 4.8).

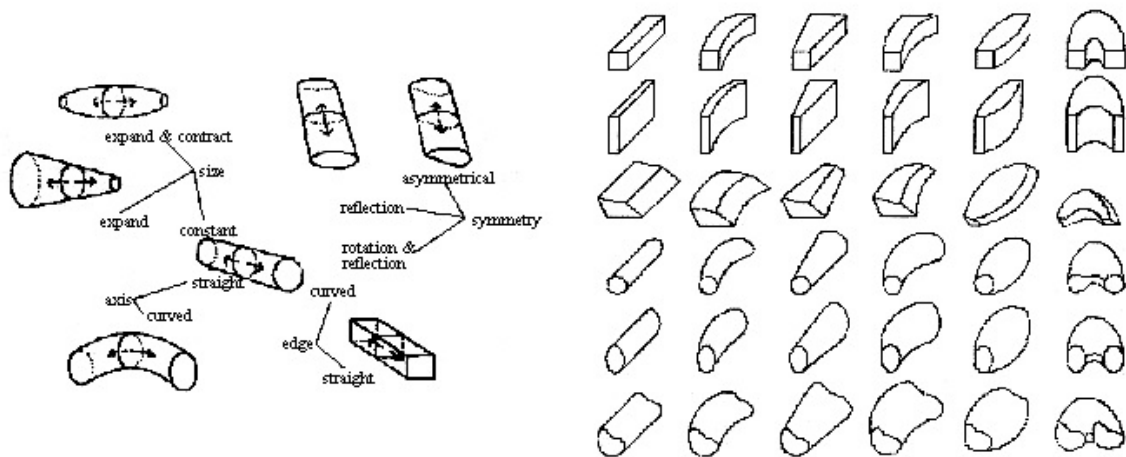


FIGURE 4.8 – Géons permettant la recomposition d'un objet [Bie87]

Le modèle postule la segmentation de la forme en composantes avant l'accès aux représentations des objets stockés dans la mémoire et la description des représentations structurales des objets en termes d'assemblage de structures locales (Figure 4.9). Il prédit qu'un objet doit être identifié plus rapidement si ses géons ont été préactivés en mémoire par une représentation préalable.

À partir des résultats expérimentaux de Biermann et Cooper [BC91, BC92], Biederman et Gerardstein [BG93] et Biederman et Kaloscai [BK97], Boucart [Bou98, p. 219] conclut que la « *théorie des géons prédit que le système de reconnaissance d'objets est plus sensible aux modifications de la forme des composantes qu'aux modifications de leurs propriétés métriques* ». Un symbole cartographique composé de

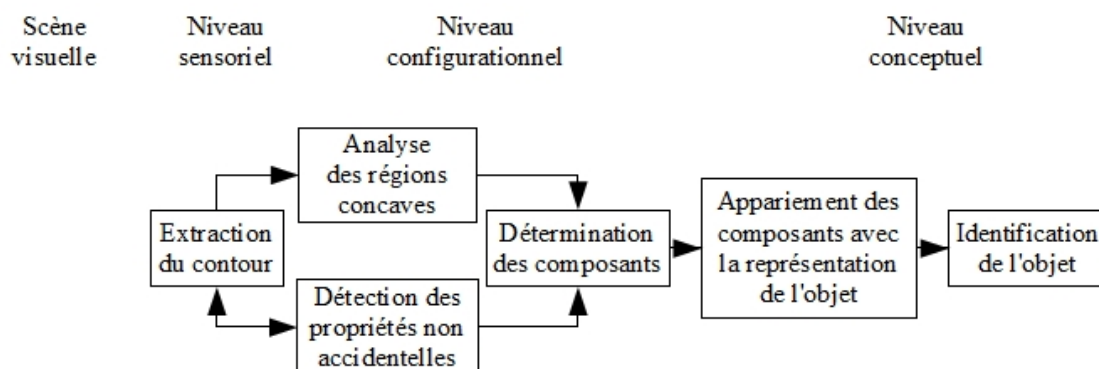


FIGURE 4.9 – Processus de reconnaissance des objet selon [Bie87]

plusieurs formes élémentaires sera plus simple à analyser s'il subit une modification de proportions ou couleur que s'il subit le remplacement d'une forme simple par une autre.

Se référant aux travaux de Biederman, Bonnet [Bon89, p. 69] différencie le niveau syntaxique et le niveau sémantique des scènes visuelles, le premier niveau renvoie principalement aux relations spatiales qui existent entre les différentes entités qui constituent la scène, le second concerne la signification de l'ensemble. L'un et l'autre niveaux sont dépendants de nos connaissances du monde, connaissances qui expliquent en partie la rapidité du traitement de l'ensemble, et l'inférence de la présence d'entités non perçues.

Cleveland et al. [CM84, CM85] se concentrent sur les aspects configurationnels. Ils identifient et ordonnent certaines tâches de la perception graphique que les humains effectuent dans le décodage visuel des graphiques en se basant sur la précision. Ces derniers contiennent des informations qui sont codées en utilisant les propriétés graphiques comme la position, la taille, l'angle ... Les humains comprennent les graphiques en étant capable de les décoder visuellement et ensuite de traiter les informations codées extraites. La précision des différentes tâches de perception graphique dépend de la façon dont les humains peuvent décoder l'information. Cleveland et al.

4.2. FACTEURS HUMAINS

se concentrent uniquement sur les tâches qui semblent être effectuées instantanément et sans effort mental apparent. Ils appellent ces tâches « tâches de perception graphiques élémentaires ». Le tableau suivant (Tableau 4.1) présente l'ordre de Cleveland et al. (basé sur la précision) des tâches de perception graphiques qu'ils ont analysés.

Ordre	Traitement perceptif
1	Position le long d'une échelle commune
2	Position sur des échelles identiques mais non alignées
3	Longueur
4	Angle, orientation
5	Surface
6	Volume, densité
7	Saturation de la couleur

TABLE 4.1 – Ordre des tâches perceptives

Comme Cleveland et al., Simkin et al. [SH87] se concentrent sur les aspects configurationnels. Ils revendiquent que l'ordre des tâches proposé par Cleveland et al. n'est pas absolu : il change selon les tâches de jugement en jeu lors de la compréhension du graphique. Cleveland et al. considèrent à partir de leurs expériences que les jugements relatifs à la longueur sont antérieurs à ceux concernant les angles en termes de précision. Mais Simkin et al. montrent que lors de l'extraction d'informations à partir d'un graphique circulaire l'ordre est inversé. Ils soutiennent en outre que les tâches de jugement que Cleveland et al. considèrent comme instantanées sont composées d'une séquence d'opérations visuelles tels que l'ancrage⁶, la numérisation⁷, la projection⁸ et la superposition⁹.

6. Les caractéristiques des objets du graphique sont définies à partir d'objets aux caractéristiques simples. Par exemple, l'orientation d'un symbole à 60° est calculée à partir de la projection du symbole orienté à 0° et 90°.

7. Des mouvements oculaires sont réalisés entre l'objet et des objets virtuels aux caractéristiques plus simples.

8. Une ligne imaginaire est projetée entre deux objets visuels pour faciliter leur comparaison.

9. Un objet est translaté sur un autre afin de pouvoir les comparer. Ceci est possible grâce à la persistance rétinale et mémorielle [Gil90].

Les modèles cognitifs de la vision proposent principalement une explication de l'étape perceptive, celle relative à la décomposition de la scène visuelle en sous-ensembles analysables par le cerveau. Cependant, même s'ils fournissent un début d'explication sur le fonctionnement de l'étape conceptuelle, ils n'intègrent pas les facteurs humains tels que le questionnement qui dirige la vision lors de la lecture d'une carte. Il faut attendre les travaux de Pinker sur la lecture des graphiques pour intégrer ces facteurs.

L'ensemble de ces traitements perceptifs et cognitifs sont d'autant facilités que l'objet traité se rapproche du prototype que le lecteur se fait de cet objet. Le prototype est le concept catégoriel, qui peut être réel ou fictif, le plus représentatif d'une catégorie d'objets. Thorpe [Tho98] montre que le lion est un prototype de la catégorie « animal ». Plutôt que de parler de prototype, Ladwein [Lad95] parle de typicalité qui permet d'exprimer l'appartenance catégorielle de n'importe quel élément c'est-à-dire que le positionnement de chaque élément d'une catégorie par rapport aux autres se fait en fonction de sa capacité à représenter la catégorie. On peut donc postuler que certains symboles cartographiques sont des prototypes et peuvent faciliter la lecture de la carte.

4.2.3 Modèles cognitifs dédiés aux graphiques et aux cartes

Les modèles présentés précédemment prennent en considération une scène visuelle générale. Cependant la majorité des graphiques et des cartes ne possèdent pas les mêmes propriétés. Ils sont majoritairement en deux dimensions alors que l'environnement d'un individu est en trois dimensions et représentent une information à travers un codage, la sémiologie graphique [Ber73].

Kosslyn [Kos89] propose un cadre dans lequel le système de traitement de l'information construit, à partir de la scène visuelle, une représentation visuelle interne

4.2. FACTEURS HUMAINS

appelée « perceptual image » concentrée sur la spatialité, la forme, des objets (Figure). Ce *framework* aborde la lecture des graphiques selon l'axe mémoriel, c'est-à-dire, leur passage et transformations entre la scène visuelle, la mémoire à court terme (MCT) et la mémoire à long terme (MLT). Il détermine plusieurs facteurs qui influencent les traitements aux différentes étapes. Entre la « perceptual image » et la MCT, les problèmes de discrimination, les distortions, l'organisation et les propriétés des objets sont les principaux facteurs. Kosslyn considère également la capacité de la MCT, limitée à 7 objets stockés (+/-2) qui correspond au nombre de Miller en ergonomie [Bou11], et les connaissances de la MLT. Entre la MCT et la MLT, l'encodage et la réorganisation des informations sont les principaux facteurs.

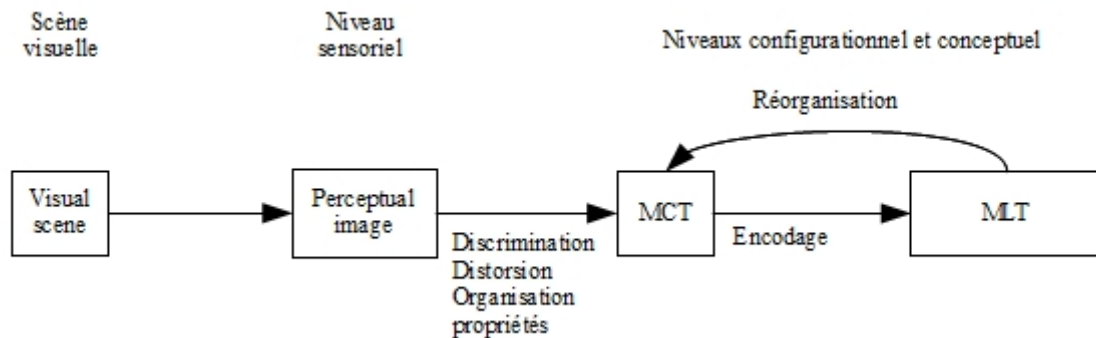


FIGURE 4.10 – Modèle d'interprétation des graphiques de Kosslyn

Pour Perterson [Pet87], les cartes sont des produits de la pensée spatiale, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas des copies de la scène visuelle acquise. Elles sont des représentation mentales traitées et généralisées. En effet la carte est une représentation simplifiée de la réalité ou une représentation d'un phénomène non visible directement issue d'une manipulation mathématique et personnelle du cartographe (cf. les définitions de la carte et de la cartographie dans la section 2.1). Ainsi les facteurs humains interviennent très tôt dans le processus de lecture, dès le résultat du traitement sensoriel.

4.2. FACTEURS HUMAINS

Pinker [Pin90] adapte le modèle de Marr à la perception des graphiques et élabore un modèle prenant en compte la valeur conceptuelle de l'information (Figure 4.11).

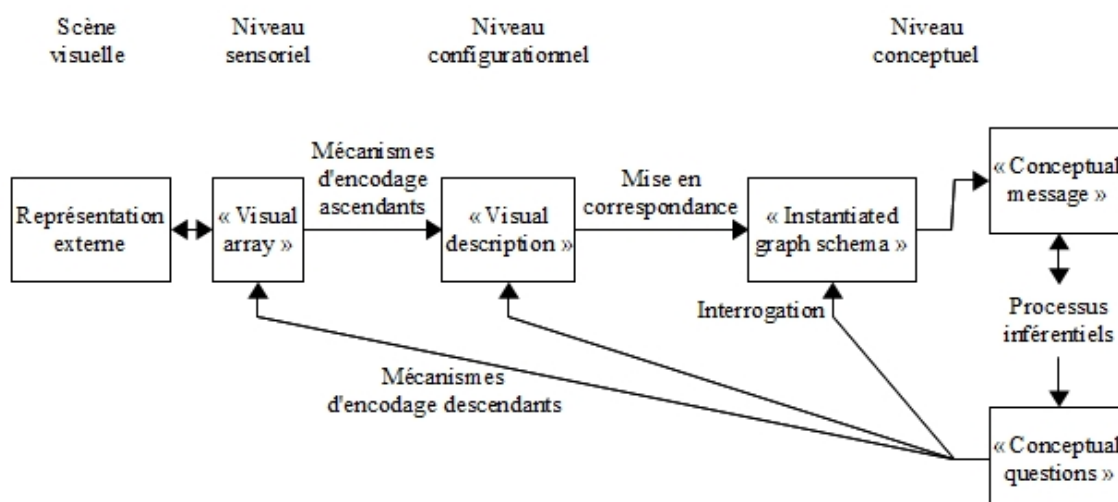


FIGURE 4.11 – Modèle de perception des graphiques de Pinker [Pin90]

Le système construit, à partir de la scène visuelle, une représentation visuelle interne, appelé « visual description » par Pinker. Cette étape organise la matrice d'intensité, la *visual array* de la scène visuelle en objets et en groupes d'objets. L'ensemble du processus respecte les lois et les contraintes de la Gestalt. Dans le cas d'une scène visuelle schématique comme un graphique, le résultat de cette étape sera constitué d'objets tels que des lignes, des points, des régions et des étiquettes qui leur sont associés. Dans la *visual description* les objets seraient symboliquement représentés (par exemple une barre verticale de vingt unités de haut).

Pinker ne détaille pas la relation entre cette représentation et celle de la mémoire à court terme (MCT) et reconnaît que cette dernière est soumise à des limitations de la MCT. Dans le modèle de Pinker, en fonction des processus attentionnels, seule une partie de la *visual description* peut être dans la MCT à un instant donné. La figure 4.12 ci-après montre la traduction d'un graphique en barres (en haut à droite) en *visual description* (en bas à gauche) sous forme d'un graphe dont les

4.2. FACTEURS HUMAINS

nœuds correspondent aux différents objets du diagramme (barre, titre, axes, étiquette des ordonnées ...) et les arcs représentent les liens entre ces objets. Le nombre de nœuds et d'arcs dépasse la capacité de la MCT. La lecture de ce diagramme en barres est par conséquent un processus itératif visant à former une image globale à partir de représentations partielles combinées.

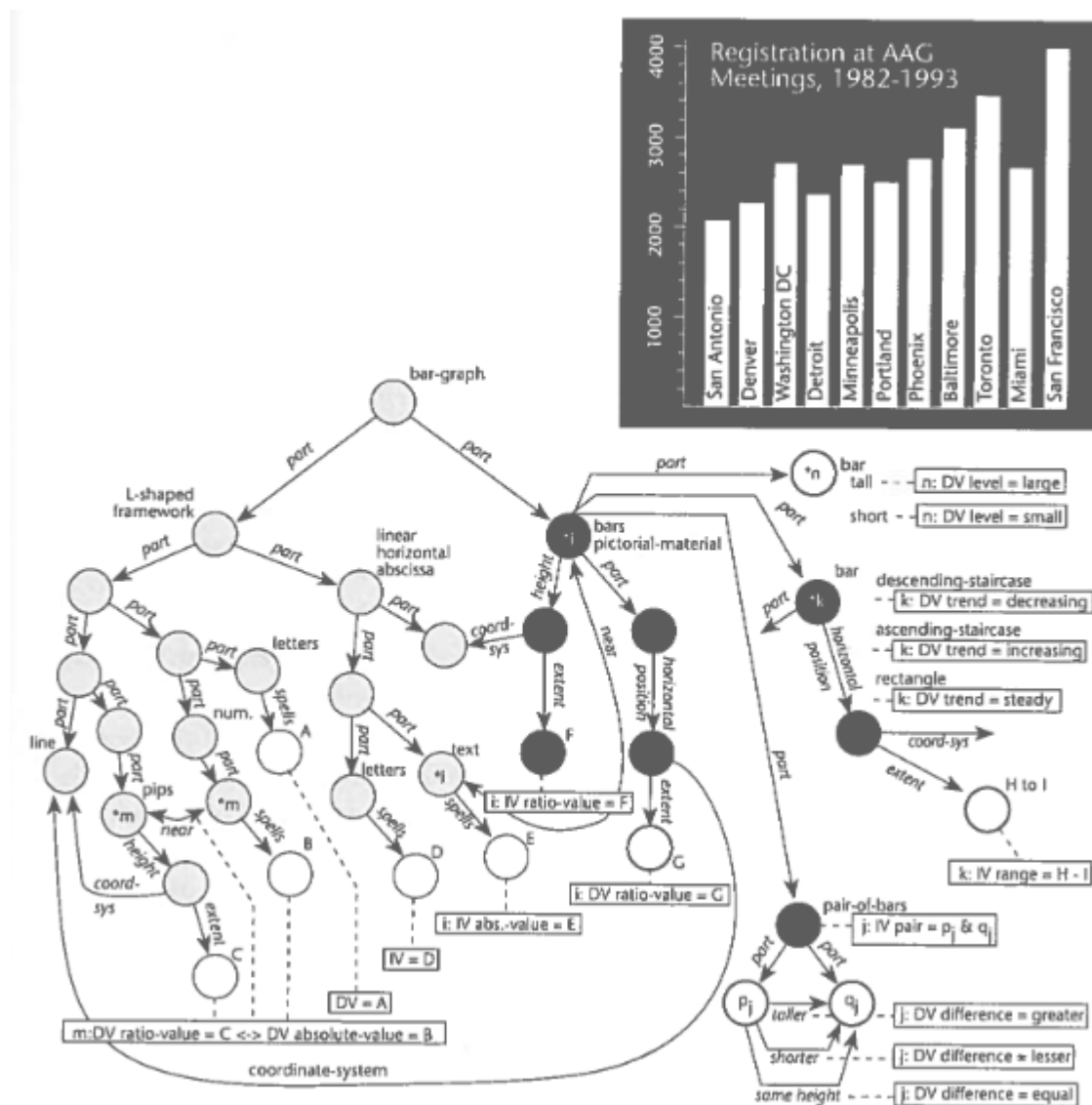


FIGURE 4.12 – *Visual description* d'un graphique en barres, [Mac95] d'après [Pin90]

La construction de cette représentation visuelle interne est dans un premier temps un processus de type bottom-up, c'est-à-dire qu'il est conditionné par la scène visuelle, puis devient un processus séquentiel dans lequel plusieurs processus top-down et bottom-up sont combinés : l'état de la représentation visuelle partielle à un moment de la vision de la scène visuelle et les objectifs du lecteur déclenchent la récupération des informations pertinentes dans la mémoire à long terme (MLT), qui à son tour dirige les processus attentionnels qui aident à construire d'autres éléments de la représentation visuelle interne.

Pinker se réfère aux éléments pertinents de la MLT comme des schémas, des collections organisées de connaissances sur la structuration des graphes. L'activation de ces connaissances est appelé *instanciated schema*. Guidé par ce schéma, le lecteur dirige son attention vers les objets et les caractéristiques appropriés de la scène visuelle. Le but de cette activité est de donner un sens au graphique pour déterminer le type de graphique, les endroits, les caractéristiques intéressantes des axes et trouver tout autre objet graphique pertinent. Ces propositions ne sont pas spécifiques à savoir si les représentations visuelles résident simplement dans la mémoire de travail, existent dans un endroit séparé ou sont une sorte d'abstraction stockée de la MCT.

Les schémas, en conjonction avec la tâche spécifique, dirigent les processus sensoriels vers différents éléments du graphe et les objectifs spécifiques de perception sont instanciés. Ces objectifs de perception peuvent être aussi généraux que l'identification des types d'éléments graphiques (barres d'histogramme, secteurs de diagramme circulaire, ...) afin de déterminer le type de graphique, ou spécifiques comme la détermination de la valeur de l'axe y pour une barre correspondant à une variable particulière.

Pinker traite spécifiquement de la façon dont les processus cognitifs entraînent des changements dans l'attention lorsqu'il faut répondre à des questions particu-

4.2. FACTEURS HUMAINS

lières (partie droite du modèle de la figure 4.11 contenant les objets et transition compris entre la mise en correspondance et les mécanisme d’encodage descendants). Il s’appuie principalement sur l’hypothèse que les structures en MCT et en MLT sont de nature graphique-symbolique. La description de Pinker pour ce processus peut être résumée comme suit :

- La description visuelle qui est initialement formée est incomplète : dans le formalisme du schéma, la description contient de nombreux emplacements vides (vus comme des points dans la figure 4.12) qui sont annotés dans le formalisme de Pinker avec des indicateurs de message précisant l’information comme manquante.
- Un schéma approprié est ensuite instancié, les indicateurs de message déclenchent l’extraction de plus amples informations. Pinker appelle l’information qui est déjà présente (ou a été acquise précédemment) *conceptual message* et les informations que l’on souhaite *conceptual question*.
- En fonction du schéma instancié et des messages conceptuels, le processus d’inférence identifie quelles informations doivent être ensuite acquises, *conceptual question*. Cela se traduit par le déplacement de l’attention vers d’autres indicateurs de message et le cycle se répète.

La *visual description* de Pinker souligne les relations entre les descriptions qui résultent également de la perception.

4.2. FACTEURS HUMAINS

Conclusion

Cette partie montre que la prise en compte du destinataire est fondamentale pour aboutir à une carte qui permette à ce dernier de répondre à ces interrogations. Le seul travail sur l'amélioration de la carte, qui porte souvent sur l'amélioration de la transformation de la donnée réelle ou de la précision de la méthode de calcul d'un indicateur, s'il est nécessaire, n'est pas suffisant.

L'usage de la saillance visuelle et des caractéristiques (seuils de perception, de séparation et de différenciation) du système d'acquisition (l'œil) du système visuel humain facilite la lecture de la carte par la mise en évidence des objets cartographiques importants et en évitant de créer des objets cartographiques dont les caractéristiques sont au-delà des limites du système visuel. Mais ces objets cartographiques, s'il ne correspondent pas à ce qui est analysable par le lecteur par comparaison avec ses connaissances, n'aboutissent pas à la création d'une carte plus efficace. Il faut en effet faciliter les traitements de l'étape d'acquisition mais aussi ceux des étapes configurationnelles et conceptuelles, c'est-à-dire prendre en compte les facteurs anthropiques.

Afin de pouvoir intégrer les facteurs humains dans la conception cartographique dans les outils actuels, nous proposons le concept de profil cartographique (PC). Le profil cartographique correspond, pour un utilisateur donné et une question spécifique, à l'ensemble des caractéristiques visuelles que la carte doit posséder pour permettre à l'utilisateur ciblé de répondre le plus efficacement à une question spéci-

fique. Les caractéristiques visuelles de la carte intégrées dans le PC sont l'échelle, les données et les figurations associées. Ces dernières sont les figurations prototypiques du lecteur qui permettent, par l'aide de leur saillance visuelle propre, de faciliter la lecture et la compréhension de la carte pour tendre vers une carte plus efficace. La figure 4.13 schématise le profil cartographique d'un individu.

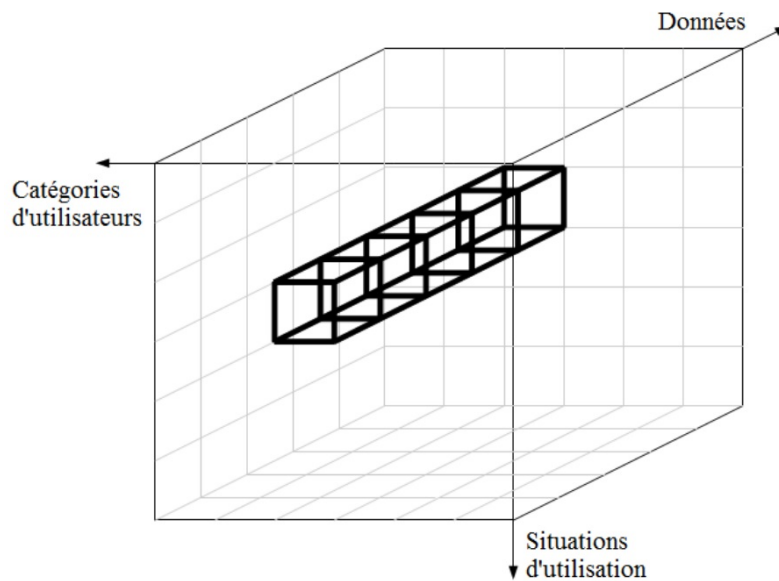


FIGURE 4.13 – Cube des profils cartographiques

Les parties suivantes développent le protocole expérimental mis en œuvre pour renseigner les PC utiles aux acteurs impliqués dans l'évacuation d'une crue sur le territoire des Vals de Tours et de Luynes et présentent les résultats obtenus. Ce protocole repose sur la Sémiologie Graphique Expérimentale (SGE), une méthode de construction cartographique cyclique définie par Serrhini [Ser00] qui place le destinataire au centre de la démarche. Dans la SGE, le destinataire évalue une production cartographique qui est améliorée puis réévaluée afin d'approcher la carte la plus adaptée.

Troisième partie

Sémiologie graphique expérimentale et eye-tracking

Cette partie présente les étapes de la phase expérimentale de la recherche et le matériel employé. Au nombre de deux, ces étapes aboutissent à la construction de profils cartographiques (PC) et à leur évaluation (Figure 4.14).

Lors de l'étape de construction des profils cartographiques, des représentants de trois catégories d'acteurs (décideurs locaux, forces de secours et population) créent la carte qui renseigne le mieux une question qu'ils se posent lors d'une évacuation sur les vals de Tours et de Luynes. Pour les aider, IMaDeS, une application de conception de carte assistée par ordinateur a été développée. Cette application se compose d'un module d'enquête et d'un module de cartographie interactive. Le module d'enquête permet d'obtenir des informations sur les volontaires (catégorie d'acteur, expertise en cartographie, questions lors d'une évacuation, ...) qui sont synthétisées en profils utilisateurs (PU). Le module de cartographie interactive permet aux volontaires de construire la carte qui leur semble la plus pertinente pour une question donnée à partir de données et de figurations préalablement sélectionnées par le cartographe. Les cartes produites sont analysées pour en extraire des modèles cartographiques (MC), c'est-à-dire les cartes les plus représentatives. Ces MC sont ensuite croisés avec les PU pour générer les profils cartographiques (PC). Le PC est donc l'ensemble des données et leurs figurations jugées utiles pour un sous-ensemble d'acteurs de l'évacuation et une question posée.

Les représentants des trois catégories d'acteurs évaluent ensuite des cartes produites à partir des PC générés précédemment à l'aide de deux techniques : un questionnaire et l'oculométrie. Le questionnaire évalue le ressenti de la carte dans sa globalité et le niveau de compréhension des informations présentées. L'enregistrement des mouvements oculaires permet une analyse locale de la carte par la détection des zones d'intérêt ou de forte activité perceptive et cognitive. Suite à cette évaluation, les PC sont améliorés. Cette modification est nécessaire car l'application IMaDeS n'intègre pas toutes les spécificités de la mise en forme cartographique, notamment le

placement d'informations textuelles complémentaires à la représentation graphique des données géographiques.

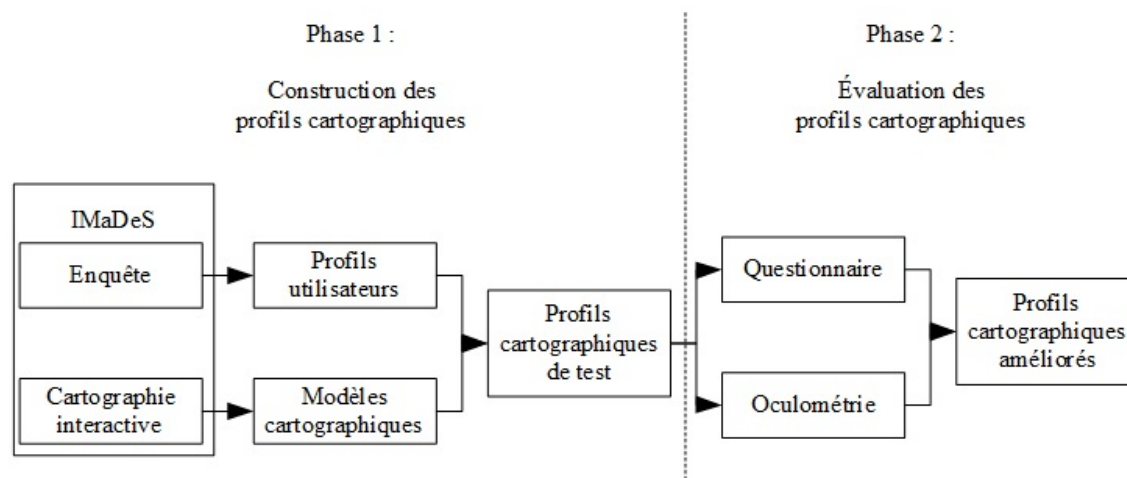


FIGURE 4.14 – Protocole expérimental

Le chapitre 5 décrit la méthode et les outils employés pour répondre à la problématique de recherche. Il détaille les paliers successifs qui conduisent à la création de PC qui respectent les deux conditions de l'efficacité cartographique : (1) répondre aux besoins et aux préférences des utilisateurs des cartes d'évacuation et (2) faciliter leur lecture et leur compréhension.

Le chapitre 6 présente les caractéristiques des participants à la recherche et explique les choix des données employées et des figurations cartographiques appliquées.

Chapitre 5

Protocole expérimental : de la création des profils cartographiques à leur évaluation

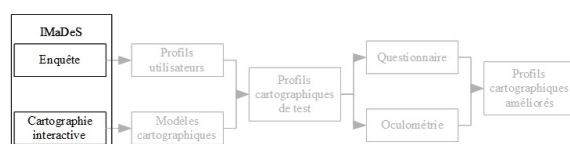
Ce chapitre se découpe en 5 sections. La section 5.1 présente l'Interactive Map Design System (IMaDeS), une application web développée pour collecter les informations sur les lecteurs et leur permettre de construire interactivement la carte d'évacuation dont ils ont besoin.

Les sections 5.2 et 5.3 détaillent respectivement l'enquête dont les résultats permettent de construire les profils utilisateur (PU) des acteurs impliqués dans l'évacuation en cas de crue et la construction des cartes par les volontaires et les outils statistiques mobilités pour créer les modèles cartographiques (MC).

La section 5.4 décrit la construction des profils cartographiques à partir des profils utilisateur et des modèles cartographiques.

La section 5.5 présente l'évaluation des profils cartographiques par les volontaires. Elle utilise l'oculométrie (enregistrements des mouvements oculaires) couplée à un questionnaire pour quantifier l'efficacité de chaque profil.

5.1 IMaDeS, un outil pour la construction des profils utilisateurs et des cartes d'évacuations associées



La première étape du protocole expérimental consiste en la collecte des données sur les volontaires par l'intermédiaire d'un questionnaire et la construction de cartes grâce à un outil de cartographie interactive assistée.

5.1.1 Définition de la carte utilisée dans IMaDeS

La définition de la carte de Cauvin et *al.* [CES07] en page 59 est adaptée à une approche basée sur le paradigme de la communication cartographique [Boa72], [Kol69] mais n'est plus suffisante si on cherche à définir plus précisément les caractéristiques sémiotiques des informations représentées dans une situation d'interactivité [CM09].

Dans IMaDeS, la carte se définit comme une scène visuelle¹ codifiée et structurée composée comme le montre la modélisation UML² de la figure 5.1 :

— d'un **titre explicite** ;

1. cf. définition en page 83
 2. Unified Modeling Language

- d'**une ou plusieurs légendes**. C'est un ensemble de cartouches qui donnent une explication de la figuration de l'ensemble des objets cartographiques visibles dans la zone graphique. Si la figuration est singulière, c'est-à-dire sans variation du symbole (Figure 5.2 (a)), le cartouche comprend une seule signification composée du symbole et de sa description. Si la figuration est plurielle (Figure 5.2 (b)), c'est-à-dire qu'elle comporte au moins une variation de la variable visuelle, le cartouche comprend autant de significations que de changements de la variable visuelle visibles dans la zone graphique et un titre. Dans la plupart des cartes la légende est monobloc mais dans certains cas elle peut être divisée en plusieurs blocs disposés à plusieurs endroits sur la carte. C'est généralement le cas lorsque la zone graphique principale n'est pas de forme simple pour éviter les zones sans information trop grandes ;

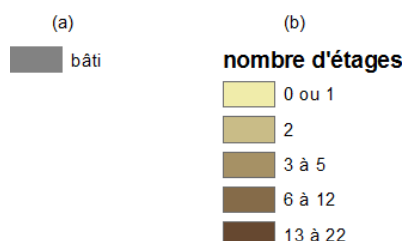


FIGURE 5.2 – Légende singulière (a) et légende plurielle (b)

- d'**une zone graphique** (ou plusieurs) composée d'un ensemble de couches qui contiennent des **objets cartographiques**. Ces derniers sont le résultat de l'application d'une **figuration**, c'est-à-dire d'une mise en forme cartographique, sur les objets géographiques de cette couche. Chaque **objet géographique** étant lui-même la combinaison d'une implantation et d'une ou plusieurs informations attributaires. Ces dernières sont un identifiant unique et optionnellement des informations descriptives. Ces informations descriptives peuvent être de quatre natures : qualitative nominale, qualitative ordinale, quantitative relative ou quantitative absolue. La figuration dépend à la fois de l'implantation et de la nature de l'information descriptive qui est mise en

- avant³. Dans le cas où les objets géographiques ne possèdent pas d'information descriptive, la figuration ne peut pas être plurielle. La figuration est la mise en forme cartographique d'une couche d'objets géographiques, c'est-à-dire l'application d'une variable visuelle respectant les règles de la sémiologie graphique de Bertin [Ber73] et optionnellement d'une information textuelle ;
- **de sources**. Les sources informent sur le concepteur de la carte, sa date de création et les données utilisées ;
 - d'**une échelle** qui peut être graphique (barre d'échelle) ou numérique (rapport de longueurs). L'échelle graphique est privilégiée car elle n'est pas dépendante d'un changement de taille du support ;
 - d'**un Nord** qui n'est indispensable que si la carte n'est pas orienté nord vers le haut du support ;
 - optionnellement d'**un ou plusieurs cartons**. Un carton peut être textuel ou, plus généralement, graphique. Dans le second cas, il représente soit un espace à plus petite échelle, c'est-à-dire plus grand, pour localiser l'espace représenté dans la zone graphique, soit un espace à plus grande échelle, c'est-à-dire plus petit, pour apporter une précision sur une zone importante ou trop dense en informations de la zone graphique principale.

Les notions de système de projection et de coordonnées ne sont pas intégrés dans cette définition car elles n'affectent pas directement le rendu visuel de la carte.

5.1.2 Modules de l'application IMaDeS

L'application IMaDeS se compose de quatre modules (Figure 5.3) : un module d'administration pour les volontaires, un module d'administration pour les enquêteurs, un module d'enquête et un module de cartographie. L'application est déve-

3. Une présentation complète de l'usage des variables visuelles est disponible dans [Ber73] et [ZT03]

5.1. IMaDeS, UN OUTIL POUR LA CONSTRUCTION DES PROFILS UTILISATEURS ET DES CARTES D'ÉVACUATIONS ASSOCIÉES

loppée avec des technologies web standards (PHP, JavaScript, HTML, CSS), des librairies libres (LimeSurvey⁴, JQuery⁵, MapQuery⁶, OpenLayers⁷) et le SGBD MySQL⁸.

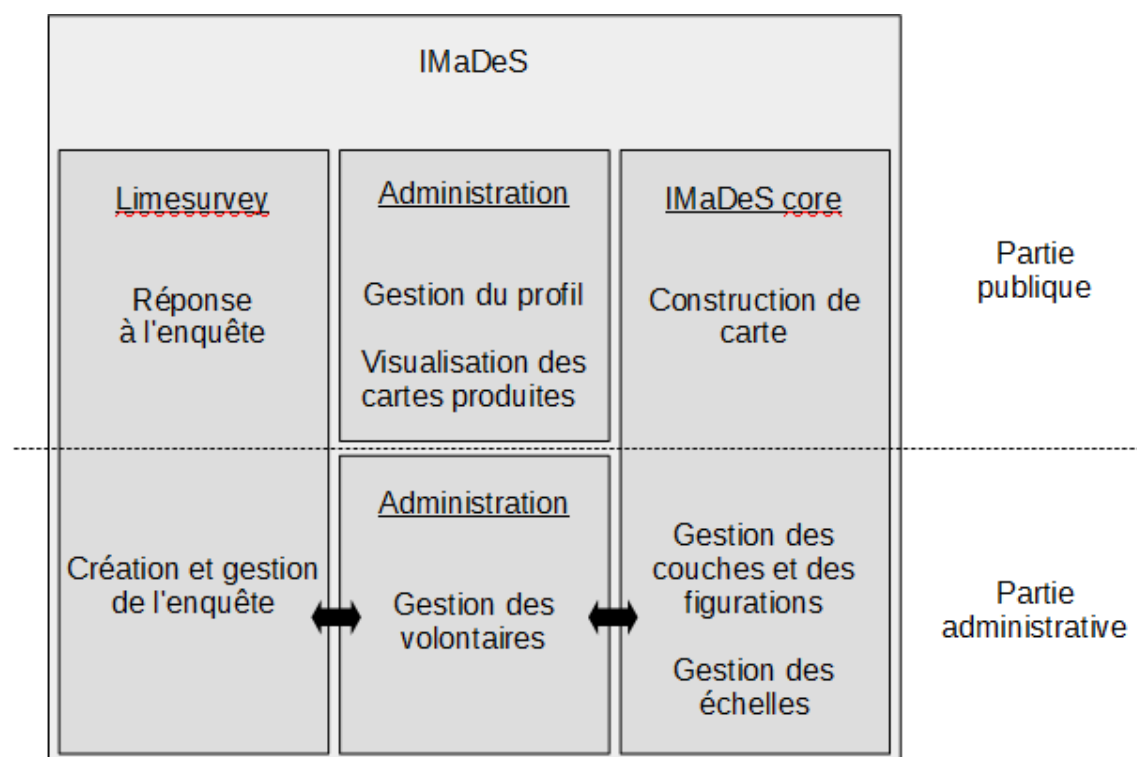


FIGURE 5.3 – Structuration de l'application IMaDeS

Administration

Les modules d'administration permettent (1) aux volontaires de gérer leur profil (adresse de messagerie, mot de passe, identifiant, etc.) et de visualiser les cartes produites et (2) aux cartographes de gérer les volontaires (changement de droits, annonce aux volontaires) et d'accéder à l'administration des autres modules.

4. <https://www.limesurvey.org/fr/accueil>[07/04/2015]

5. <https://jquery.com/>[07/04/2015]

6. <https://github.com/mapquery/mapquery> [07/04/2015]

7. <http://openlayers.org/two/>[07/04/2015]

8. <https://www.mysql.fr/>[07/04/2015]

LimeSurvey, le système d'enquête

Le module d'enquête est basé sur LimeSurvey, un système d'enquête éprouvé. Ce dernier est exploité sans autre modification que l'intégration d'un champ complémentaire dans la table des utilisateurs de LimeSurvey afin gérer son accès. Seuls les enquêteurs peuvent y accéder et sans nécessité de renseigner son identifiant et son mot de passe.

ImaDeS core, le module de cartographie interactive

Le module de cartographie interactive (1) dans sa partie publique permet au volontaire de choisir l'échelle, la question à laquelle répondre et la figuration pour chaque couche, et (2) dans la partie d'administration permet à l'enquêteur de définir les échelles et le centre de la carte, d'ajouter des couches, de leur associer des figurations et d'appliquer des noms explicites aux échelles, aux couches et aux figurations. Une figuration « vide » permet de générer le cas où le volontaire ne souhaite pas voir l'information dans la carte.

Ce module repose sur la librairie JavaScript OpenLayers qui rend dynamique l'affichage de la carte par l'ajustement de la zone affichée et la gestion des événements (changement d'échelle et de figurations). L'interaction entre le menu et la carte est réalisée par les librairies JQuery et MapQuery. Les couches mises en forme sont servies à la librairie d'affichage sous forme de Web Map Service⁹ générées par le serveur cartographique QGIS_Server. L'intérêt de ce serveur est de pouvoir être couplé avec la version desktop de QGIS¹⁰ et de construire les figurations d'une couche comme un cartographe produit une carte dans un SIG sans avoir à coder de mapfile¹¹ ou

9. Un Web Map Service (WMS) est un protocole de communication standard dont les spécifications sont maintenues par l'Open Geospatial Consortium (OGC) et qui permet d'obtenir des cartes de données géoréférencées à partir de différents serveurs de données.

10. [http://www.qgis.org/fr/site/\[07/04/2015\]](http://www.qgis.org/fr/site/[07/04/2015])

11. Le mapfile est le document qui fournit au serveur cartographique Mapserver les informations (sources de la donnée, figuration, échelle, etc.) pour générer un WMS.

de Style Layer Descriptor/ Symbology Encoding (SLD/SE)¹².

5.2 Construction du profil utilisateur

La connaissance du destinataire est un élément fondamental car ce sont ses questionnements, connaissances et expertises qui impactent principalement la lecture de la carte (cf. section 4.2).

Les données recueillies sur les volontaires concernent l'aspect social, leur relation à la carte dans leur vie quotidienne et leur relation à la carte d'évacuation. Les informations recueillies permettront de voir quelle est l'importance de chacun des volets sur les besoins cartographiques de chaque volontaire. Elles permettront dans un second temps de créer des persona [Bou11]. Un persona est, en ergonomie, un utilisateur fictif qui permet de caractériser la cible primaire, secondaire (utilisateur moins fréquent ou avec un usage spécifique) ou tertiaire (utilisateur impacté indirectement).

5.2.1 Aspect social

Dans ce premier volet, 6 questions permettent de déterminer la catégorie d'acteur d'appartenance du volontaire, (2) sa localisation, (3) son âge, (4) son genre, (5) son niveau d'étude et (6) son habitude à prendre des décisions.

Dans la gestion du risque d'inondation, et de façon plus marquée durant la phase d'évacuation, deux grandes catégories sont définies : d'une part les acteurs qui décident et gèrent l'événement (décideurs locaux, gestionnaires, représentants de l'État, forces de secours, forces de l'ordre ...) et d'autre part la population. En fonction de

12. Le SLD (subdivisé en 2007 en SLD et SE) est un standard défini par OGC qui permet la figuration des couches de données. Il se présente sous forme de schéma XML.

5.2. CONSTRUCTION DU PROFIL UTILISATEUR

la catégorie, les questions que se posent les acteurs sont différentes. Les décideurs et gestionnaires ont des questions orientées sur l'espace telles que « *quel secteur évacuer en premier ?* » tandis que les habitants ont des questions plus personnelles telles que « *vers quelle direction dois-je évacuer ?* ». Afin de respecter cette différence, la réponse à une telle question permet d'adapter certaines interrogations ultérieures, soit dans les choix, soit dans le vocabulaire employé. Dans le but pouvoir dissocier les besoins et préférences des décideurs et des gestionnaires dont la diversité est importante, une sous-question précise leur structure de rattachement (Mairie de ..., Sécurité Civile, Service de transport de ..., DDT37¹³, DREAL¹⁴ Centre, SIDPC¹⁵, Police Municipale, etc).

Des questions sur la commune de travail (respectivement de résidence) pour les décideurs et gestionnaires (respectivement les habitants), l'âge, le genre et le niveau d'étude permettent d'affiner le profil social des volontaires.

La phase d'évacuation se caractérisant par une succession de prises de décisions rapide, la dernière question de ce premier volet porte sur l'habitude à prendre des décisions importantes sur les plans personnels et professionnels.

5.2.2 Relation à la carte

Le second volet aborde la relation du volontaire à la carte dans sa vie quotidienne à partir de questions sur (1) les types de cartes utilisées, (2) leurs origines et (3) la fréquence d'utilisation. Les deux premières questions sont adaptées dans leur formulation et leur contenu selon le groupe du volontaire défini par la première question du volet précédent. Pour un habitant, les questions sont principalement orientées sur l'utilisation personnelle tandis que pour les décideurs et gestionnaires,

13. Direction Départementale d'Indre-et-Loire

14. Direction Régionale de l'Environnement , de l'Aménagement et du Logement

15. Service Interministériel de Défense et de Protection Civile

5.2. CONSTRUCTION DU PROFIL UTILISATEUR

elle sont principalement axées sur leur utilisation professionnelle.

La question relative à la fréquence de lecture des cartes demande au volontaire d'évaluer la périodicité à laquelle le volontaire utilise une carte. Les choix varient de « plusieurs fois par semaine » à « une fois par an ».

La question sur l'usage des cartes est orientée sur la distinction entre l'usage de carte d'itinéraire et d'autres types de cartes en proposant les choix « vous cherchez un itinéraire », « la carte illustre un texte » ou « autre ». Pour les décideurs et gestionnaires, leur sont proposés des usages personnels identiques aux habitants auxquels s'ajoutent des propositions relatives à l'activité professionnelle et représentant les cas possibles d'utilisation d'une carte dans la gestion du risque :

- la **planification** qui est l'organisation dans le temps de la réalisation d'objectifs dans un domaine précis, avec différents moyens mis en œuvre et sur une durée (et des étapes) précise(s) ;
- l'**intervention** qui représente le fait d'agir à courte ou moyenne échéance. Une intervention regroupe un ensemble d'actions ;
- la **prise de décision** qui conduit à une action immédiate ;
- la **discussion/concertation avec des partenaires** autres que la population ;
- la **discussion/concertation avec la population**.

La question sur l'origine des cartes est orientée pour les habitants sur les sources les plus fréquentes qu'un habitant peut rencontrer : « site internet », « journal ou magazine », « réalisation personnelle » et « sources institutionnelles ». Pour les gestionnaires et décideurs, elle est axée sur les sources des cartes professionnelles : « réalisation par la structure d'appartenance », « réalisation par un partenaire », c'est-à-dire une autre structure, « réalisation par un sous-traitant » et/ou « réalisation personnelle ».

5.2.3 Relation à la carte d'évacuation

Ce volet aborde plus spécifiquement la carte utilisée lors de la phase d'évacuation. Les questions sont, comme dans le volet précédent, adaptées en fonction du groupe du volontaire.

Les questions auxquelles doit permettre de répondre une carte lors de la phase d'évacuation sont recherchées. Pour les habitants, les questions sont centrées sur son évacuation propre avec les propositions suivantes « Quand dois-je évacuer », « Quel chemin dois-je emprunter », « Quelle est la zone de sûreté vers laquelle je dois me rendre » et « Où se trouve l'arrêt de bus pour rejoindre une zone de sûreté ». Pour les décideurs et gestionnaires, les questions auxquelles une carte doit répondre abordent la zone de sûreté (zones urbaines rattachées et caractéristiques), l'itinéraire (saturation, nombre de véhicules, zone sensibles ou accidentogènes), la population (localisation des personnes dépendantes ou non) et l'ordre d'évacuation. Pour chaque groupe, un choix « autre » est proposé.

Deux questions spécifiques à la population visent à définir si les besoins et préférences cartographiques changent si l'habitant possède ou non un véhicule et s'il dispose ou non d'un hébergement de secours hors zone inondable en cas de sinistre. Une question spécifique aux décideurs et gestionnaires vise à comprendre quelle est pour eux la caractéristique principale d'une carte d'évacuation à destination des habitants.

Une question, non spécifique au groupe du répondant, teste le support le plus pertinent pour une carte utilisée lors de la phase d'évacuation. Les supports proposés sont « le papier », « l'écran de petite taille (smartphone, tablette) », « l'écran de grande taille (moniteur, tableau, projecteur) » et « le support interactif ». Les supports ne sont pas exclusifs. Nous verrons ultérieurement que les sous-officiers du

5.3. CONSTRUCTION DES MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

CSP de Tours sont demandeurs d'une cartographie interactive sur support papier. L'interactivité leur permet de sélectionner l'information la plus pertinente en fonction du moment de l'intervention et le support papier leur apparait plus sécuritaire (pas de problème de batterie, pas de panne si la carte est trempée).

5.3 Construction des modèles cartographiques

Suite au questionnaire, les volontaires créent une ou plusieurs cartes qui leur permettent de répondre aux questions qu'ils souhaitent voir résolues. Les résultats de cette étape sont obtenues grâce au module IMaDeS core de l'application IMaDeS : <http://imades.univ-tours.fr/> (Figure 5.4).

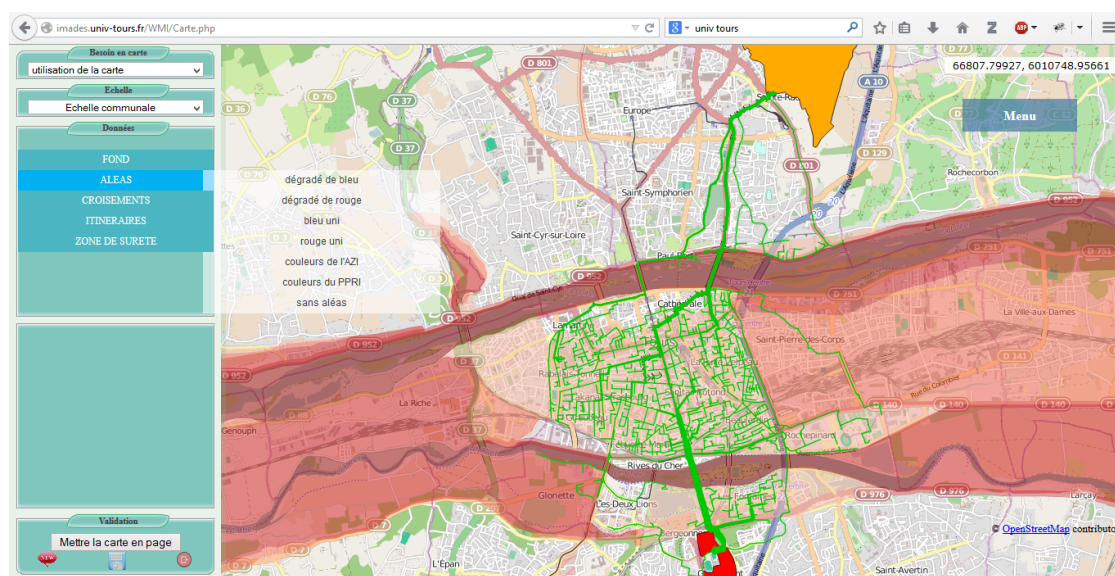


FIGURE 5.4 – Capture d'écran du module de cartographie interactive d'IMaDeS

Grâce à ce module de cartographie interactive, le volontaire construit sa carte en choisissant :

- l'échelle à laquelle il veut voir l'information représentée ;
- pour chaque couche d'information géographique, la figuration qu'il considère la plus pertinente parmi une liste de proposition de mises en forme

5.3. CONSTRUCTION DES MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

graphiques ;

— la question à laquelle cette carte doit répondre.

L'exemple suivant (Figure 5.5) montre les figurations successivement choisies et la construction cartographique retenue par un volontaire.

Les cartes produites à partir de l'application IMaDeS sont ensuite analysées pour en extraire des modèles généraux. Ces derniers sont élaborés grâce à une analyse des correspondances multiples (ACM)¹⁶ suivie par une classification ascendante hiérarchique (CAH)¹⁷.

Comme l'expliquent la théorie de la Gestalt et l'approche cognitive de la vision (cf. chapitre 4), la description d'une carte ne peut se limiter à une simple superposition de couches d'informations mises en forme en raison des interactions entre les composants de la scène visuelle et des différents niveaux de lecture de la carte. Par conséquent, une analyse de chaque couche prise indépendamment des autres ne fournirait qu'un résultat partiel et les analyses univariées et bivariées sont à exclure.

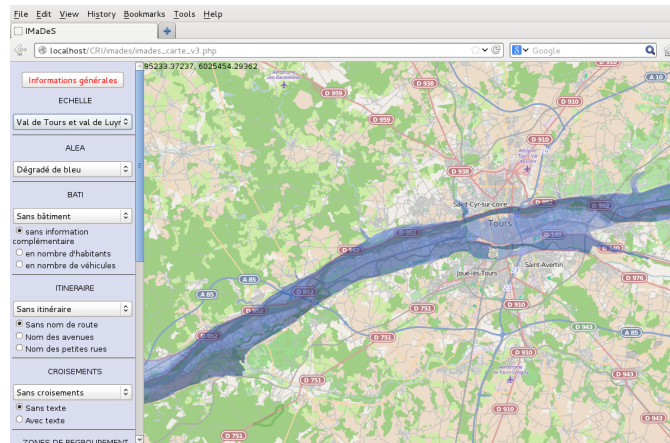
En raison des modalités qualitatives, nous optons pour une analyse des composantes multiples (ACM). C'est une méthode factorielle adaptée à l'analyse d'individus (les cartes produites) décrits par des variables qualitatives (les couches et l'échelle) pouvant prendre plusieurs modalités (les figurations retenues pour chaque couche et le niveau d'échelle). Cette méthode permet de conserver les interactions entre les variables.

Les variables analysées sont les couches proposées dans l'application IMaDeS et les modalités sont les figurations de chaque couche qui sont codées à partir de la variable visuelle employée. Le codage est une description synthétique de ce qui est vu

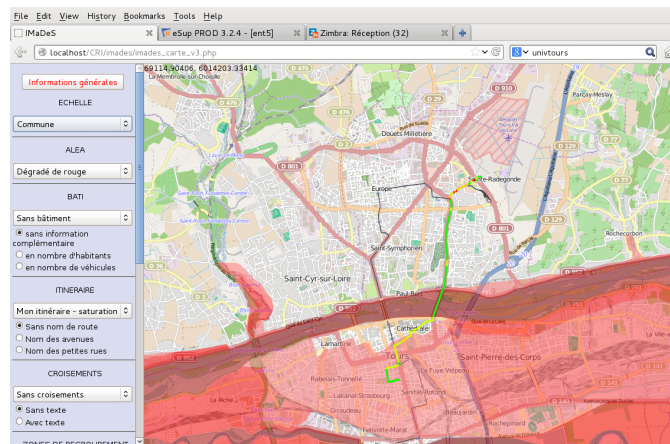
16. description de l'ACM

17. description de la CAH

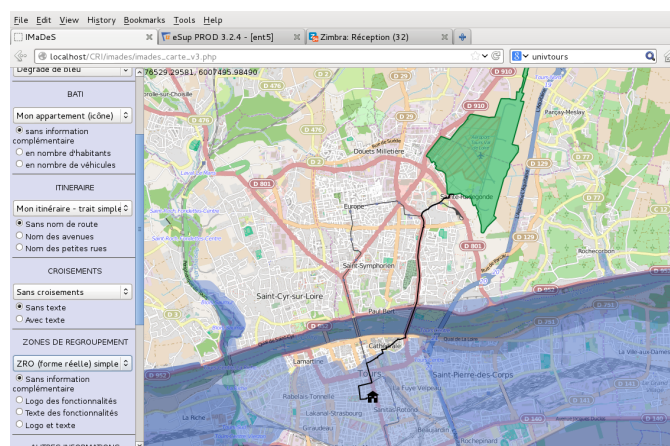
5.3. CONSTRUCTION DES MODÈLES CARTOGRAPHIQUES



(a) Carte initiale



(b) Carte intermédiaire



(c) Carte définitive validée par le volontaire

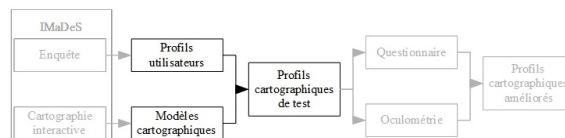
FIGURE 5.5 – Évolution de la vue initiale à la carte finale dans le module de cartographie interactive du prototype d'IMaDeS

5.4. CONSTRUCTION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

à l'écran. Dans le cas de la couche des aléas les modalités sont : « bleu uni », « rouge uni », « dégradé de bleu », « dégradé de rouge », « AZI », « PPRI » et « sans » (cf. 7.2). AZI (respectivement PPRI) nomme la figuration basée sur celle de l'atlas des zones inondables (respectivement du plan de prévention des risque d'inondation) des vals de Tours et de Luynes. La figuration « sans » représente une figuration invisible qui se traduit par le choix de ne pas afficher la couche de données.

Des groupes sont ensuite créés à partir d'une classification ascendante hiérarchique. La méthode d'agrégation retenue est celle de Ward. Elle consiste à regrouper itérativement les classes de manière à faire le moins baisser l'inertie interclasse et est moins sensibles aux outliers que les méthodes de la distance minimale, de la distance maximale ou de la distance moyenne par exemple.

5.4 Construction des profils cartographiques



La construction des profils cartographiques se fait par croisement des profils utilisateurs issus du questionnaire avec les modèles créés précédemment.

5.5 Évaluation des profils cartographiques

Les profils cartographiques sont testés par une analyse oculométrique couplée à un questionnaire d'évaluation. La démarche expérimentale de cette étape se déroule de la manière suivante :

- accueil des volontaires et présentation de la démarche ;
- calibration et tests préliminaires ;

5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

- enregistrements et réponse au questionnaire pour les cartes en lecture à durée limitée ;
- présentation des stratégies visuelles et discussion.

5.5.1 Protocole expérimental d'enregistrement

Accueil et présentation aux volontaires

Les participants sont accueillis et le poste d'enregistrement leur est présenté, suivi du déroulement de la séance. La problématique de la recherche et les questions auxquelles les cartes d'évacuation doivent aider à répondre leur sont rappelées. Les questions les plus récurrentes de chaque catégorie d'acteurs ont été listées et sont rappelées en fonction de la catégorie d'appartenance des volontaires.

Pour les volontaires qui participent à la validation des profils cartographiques sans avoir pris part à l'étape de construction des cartes et de détermination des profils d'utilisateurs, une qualification rapide de leur profil utilisateur est effectuée.

Calibration et tests préliminaires

Les participants sont ensuite invités à se positionner face à l'enregistreur afin de s'assurer que leurs yeux sont dans la zone de captation des infrarouges et la calibration est effectuée. Un point orange sur fond noir est positionné à neuf endroits sur l'écran. Une fois la calibration validée, deux tests permettent d'évaluer la vision du volontaire.

Le premier test est celui de Ishihara [Ish10]. Il est utilisé pour dépister les anomalies de la vision de la couleur. Il se compose d'un ensemble de 38 planches qui se divisent en sept groupes. Chaque groupe, à l'exception du premier, sert à dépister une anomalie :

5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

- groupe 1 (figure 5.6) : une planche de **présentation du principe** du test. Tous les volontaires peuvent y lire le nombre « 12 » ;

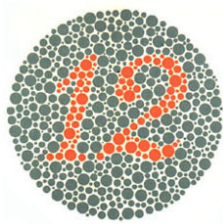


FIGURE 5.6 – Planche de présentation

- groupe 2 (figure 5.7) : quatre planches de **distinction de la dyschromatopsie rouge-vert**, c'est-à-dire la non différenciation de la teinte rouge et de la teinte verte. Les volontaires sains (respectivement dychromates) lisent les nombres « 8 », « 6 », « 29 » et « 57 » (respectivement « 3 », « 5 », « 70 » et « 35 ») ;

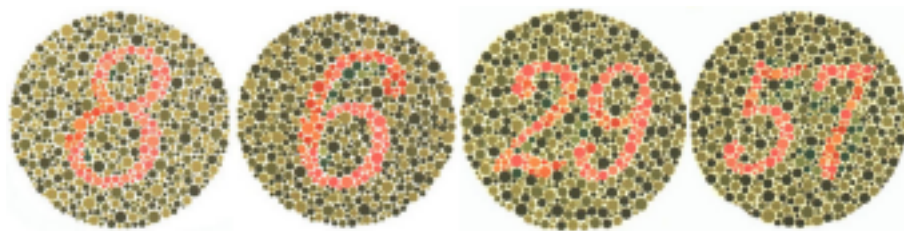


FIGURE 5.7 – Planches de distinction de la dyschromatopsie rouge-vert

- groupe 3 (figure 5.8) : quatre planches de **distinction de la dyschromatopsie rouge-vert** mais avec une inversion des couleurs entre le nombre et le fond. Les volontaires sains (respectivement dychromates) lisent les nombres « 5 », « 3 », « 15 » et « 74 » (respectivement « 2 », « 5 », « 17 » et « 21 ») ;
- groupe 4 (figure 5.9) : quatre planches basées sur la **confusion entre les teintes bleu-vert et les teintes orangées**. Les volontaires sains lisent les nombres « 2 », « 6 », « 97 » et « 45 » tandis que les autres volontaires ne perçoivent pas les nombres ou en lisent d'autres ;

5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

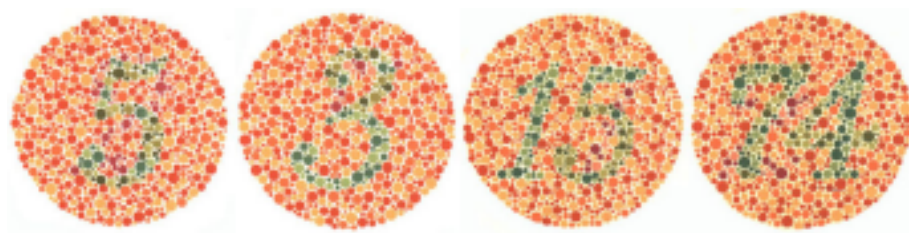


FIGURE 5.8 – Premier jeu de planches de distinction de la dyschromatopsie rouge-vert (inversion des couleurs)

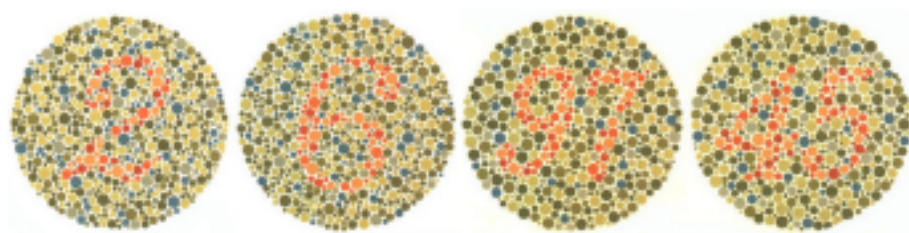


FIGURE 5.9 – Planches de détection de la confusion bleu-vert et teintes orangées

- groupe 5 (figure 5.10) : quatre planches similaires au troisième groupe, **distinction de la dyschromatopsie rouge-vert**. Les volontaires sains lisent les nombres « 5 », « 7 », « 16 » et « 73 » tandis que les autres volontaires ne perçoivent pas les nombres ou en lisent d'autres ;



FIGURE 5.10 – Second jeu de planches de distinction de la dyschromatopsie rouge-vert (inversion des couleurs)

- groupe 6 (figure 5.11) : quatre planches sur lesquelles **les sujets sains ne voient aucun nombre** mais sur lesquelles certains sujets souffrant d'une anomalie peuvent voir un nombre. Les volontaires sains ou faiblement dyschromates ne perçoivent aucun nombre tandis les autres volontaires lisent les nombres « 5 », « 2 », « 45 » et « 73 » ;

5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

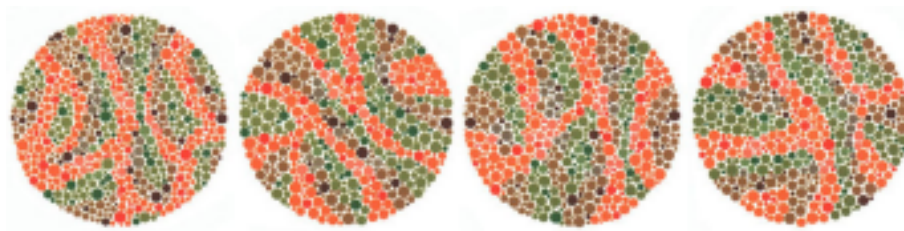


FIGURE 5.11 – Planches vides pour les sujets sains

- groupe 7 (figure 5.12) : quatre planches qui permettent de **séparer les sujets protans** (non perception de la teinte rouge) **des deutans** (non perception de la teinte verte). Les volontaires sains lisent les nombres « 26 », « 42 », « 35 » et « 96 ». Les volontaires protans (respectivement deutans) perçoivent les chiffres « 6 », « 2 », « 5 »g et « 6 » (respectivement « 2 », « 4 », « 3 »g et « 9 »);



FIGURE 5.12 – Planches de distinction des sujets protans et des sujets deutans

Les planches retenues pour le test sont présentée dans la figure 5.13). Elles permettent de couvrir tous les cas de cécité chromatique détectables par le test d'Ishihara. Les première et seconde planches (nombres à lire : 29 et 73) permettent la détection des volontaires souffrant de dyschromatopsie. La troisième (nombre à lire : 12) est utilisée pour présenter le principe du test si cela s'avère nécessaire. La quatrième (nombre à lire : 35) différencie les deutans des protans (respectivement cécité chromatique au rouge et au vert). La cinquième (nombre à lire : 97) permet de détecter les volontaires sensibles à la confusion entre les teintes bleu-vert et orangés. La dernière valide que le volontaire est un sujet sain (pas de nombre lisible).

Le second test est celui de l'acuité visuelle (figure 5.14). Il définit quelle est la limite basse de lecture des caractères sur les cartes. Les textes choisis sont des extraits de l'ouvrage *De l'esprit des lois* de Montesquieu [Mon95]. La police de caractère est Arial, une police sans empattement (ou sans sérif). Plus facile à lire sur une carte que les polices avec empattement telles que Times New Roman, les polices sans sérif sont celles préconisées pour les éléments typographiques des cartes. La taille de chaque paragraphe diminue de deux à chaque paragraphe et varie de Arial 18, taille du titre, à Arial 6, taille approximative des textes des fonds de carte.

Enregistrements des stratégies visuelles

Directement après les tests préliminaires, les enregistrements des stratégies visuelles sont effectués. Le test se déroule en deux étapes.

La première étape se compose d'une série de 12 cartes projetées 15 secondes. Avant chaque carte, la qualité de la captation est évaluée grâce à la fenêtre de contrôle. Après chaque carte, le volontaire complète la page correspondante du questionnaire dans un temps non limité. Cette page se compose de trois parties. La première concerne l'évaluation de trois paramètres subjectifs sur une échelle de 0 à 10 (Figure 5.15) :

- la **quantité perçue d'informations**. Cette valeur est retenue plutôt qu'une valeur calculée car la quantité d'informations d'une carte dépend de la façon dont la carte est décomposée, elle-même fonction des capacités perceptives du lecteur et des zones qu'il a lues (cf. chapitre 4) ;
- la **lisibilité** de la carte. Ce paramètre dépend d'un choix pertinent de couleurs, de contraste et de lettrage mais aussi de l'expérience de l'utilisateur [Dom10] ;
- l'**utilité** de la carte en fonction des questions que le volontaire peut se poser.

La seconde est composée de deux questions de compréhension. Pour chaque ques-

5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

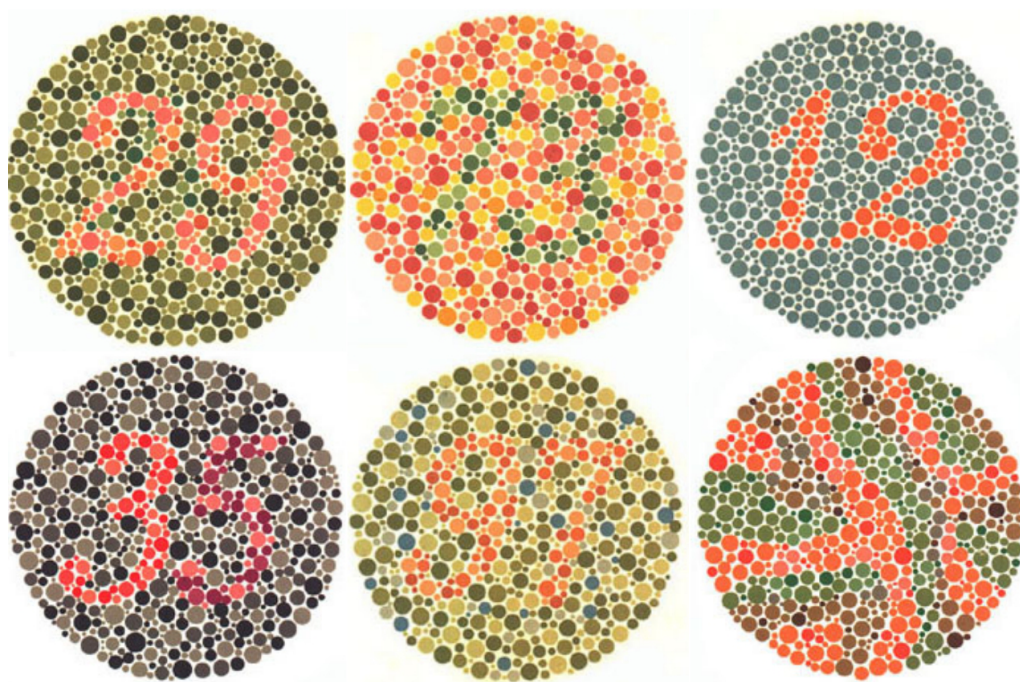


FIGURE 5.13 – Planches utilisées dans la phase d'évaluation des modèles

Quand un peuple n'a pas l'usage de la monnaie, on ne connaît guère chez lui que les injustices qui viennent de la violence; et les gens faibles, en s'unissant, se défendent contre la violence. Il n'y a guère là que des arrangements politiques. Mais chez un peuple où la monnaie est établie, on est sujet aux injustices qui viennent de la ruse; et ces injustices peuvent être exercées de mille façons. On y est donc forcé d'avoir de bonnes lois civiles; elles naissent avec les nouveaux moyens et les diverses manières d'être méchant.

Dans les pays où il n'y a point de monnaie, le ravisseur n'enlève que des choses, et les choses ne se ressemblent jamais. Dans les pays où il y a de la monnaie, le ravisseur enlève des signes, et les signes se ressemblent toujours. Dans les premiers pays rien ne peut être caché, parce que le ravisseur porte toujours avec lui des preuves de sa conviction: cela n'est pas de même dans les autres.

Ce qui assure le plus la liberté des peuples qui ne cultivent point les terres, c'est que la monnaie leur est inconnue. Les fruits de la chasse, de la pêche, ou des troupeaux ne peuvent s'assembler en assez grande quantité, ni se garder assez, pour qu'un homme se trouve en état de corrompre tous les autres: au lieu que, lorsque l'on a des signes de richesses, on peut faire un amas de ces signes, et les distribuer à qui l'on veut.

Si ce que les relations nous disent est vrai, la constitution d'un peuple de la Louisiane nommé les Natchés, déroge à ceci. Leur chef dispose des biens de tous ses sujets, et les fait travailler à sa fantaisie: ils ne peuvent lui refuser leur tête; il est comme le Grand Seigneur. Lorsque l'héritier présomptif vient à naître, on lui donne tous les enfants à la mamelle, pour le servir pendant sa vie. Vous diriez que c'est le grand Sésostris. Ce chef est traité dans sa cabane avec les cérémonies qu'on ferait à un empereur du Japon ou de la Chine.

Les préjugés de la superstition sont supérieurs à tous les autres préjugés, et ses raisons à toutes les autres raisons. Ainsi, quoique les peuples sauvages ne connaissent point naturellement le despotisme, ce peuple-ci le connaît. Ils adorent le soleil, et si leur chef n'avait pas imaginé qu'il était le &ère du soleil, ils n'auraient trouvé en lui qu'un misérable comme eux.

En effet, dans un pays où les diverses hordes se font continuellement la guerre et se conquièrent sans cesse les unes les autres; dans un pays où, par la mort du chef, le corps politique de chaque horde vaincue est toujours détruit, la nation en général ne peut guère être libre: car il n'y en a pas une seule partie qui ne doive avoir été un très grand nombre de fois subjuguée.

Voici ce qui me paraît avoir produit un pareil droit des gens. Ces peuples n'avaient point de villes; toutes leurs guerres se faisaient avec promptitude et avec impétuosité. Quand ils espéraient de vaincre, ils augmentaient l'armée de plus forte quand ils ne l'espéraient pas. Avec de pareilles coutumes, ils trouvaient qu'il était contre leur droit des gens qu'un état qui ne pouvait leur résister, les arrêtât. Ils ne regardaient pas les villes comme une assemblée d'habitants, mais comme des lieux propres à se soustraire à leur poursuite. Ils travaillaient surtout pour les assiéger, et ils s'occupaient beaucoup en les assiégeant: ils vengeaient par le sang tout ce qui se venait de répandre.

Montesquieu, De l'esprit des lois (1758)

FIGURE 5.14 – Texte d'évaluation de l'acuité visuelle

5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

Évaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Parfaitement adaptée

FIGURE 5.15 – Échelle d'évaluation des caractéristiques subjectives

tion, trois solutions sont proposées, complétées par les choix « Non précisé sur la carte » et « Ne sais pas ». La troisième partie est une zone de commentaires et de remarques.

Répondez aux questions suivantes :

4. Quel est le secteur évacué ?

☐ Velpeau ☐ Non précisé sur la carte
☐ Fontaines - Rochepinard ☐ Ne sais pas
☐ 2 lions

5. Les habitations inondées le seront principalement sous

☐ 1 m d'eau ☐ Non précisé sur la carte
☐ 2 m d'eau ☐ Ne sais pas
☐ Plus de 2 m d'eau

FIGURE 5.16 – Questions de compréhension du questionnaire d'évaluation.

Présentation des stratégies visuelles et discussion

Après les enregistrements, un retour sur ses stratégies de lecture d'une carte est proposé au volontaire.

5.5.2 Matériel

Le poste d'enregistrement est composé d'une station de travail sur laquelle est installée le logiciel de création de la cinétique et de traitement des mouvements oculaires, d'un écran externe de visualisation de la cinétique et de l'oculomètre (Figure 5.17 (a)). La luminosité de la pièce est réglable afin d'améliorer l'enregistrement des mouvements. Des tests réalisés préliminairement à l'enregistrement des volontaires

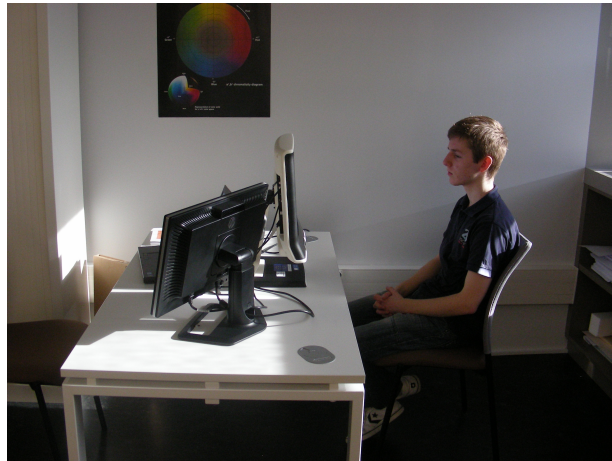
5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES

montrent que même lorsque la pièce est éclairée en luminosité maximale, l'enregistrement des mouvements n'est pas dégradé.

L'oculomètre utilisé est le modèle T60 de marque TOBII. C'est un appareil qui enregistre les mouvements oculaires par la méthode des infrarouges. Deux spots de diodes infrarouges sont situés sous l'écran et éclairent les yeux pour générer des reflets sur la cornée de l'observateur. Les reflets et le positionnement de la tête sont captés et traités pour définir la position du regard sur l'écran de 17 pouces de définition 1280*1280 (Figure 5.17 (b)). L'oculomètre T60 est un modèle dit tête libre, c'est-à-dire qu'il ne nécessite pas que la tête du volontaire soit maintenue fixe par une mentonnière.

Le volontaire s'assied à 0.65m environ de l'écran enregistreur (Figure 5.17 (c)). Les mouvements du haut de corps et de sa tête sont pris en compte et compensés par le logiciel de traitements.

5.5. ÉVALUATION DES PROFILS CARTOGRAPHIQUES



(a) Vue globale du poste d'enregistrement



(b) Poste d'enregistrement vu par le volontaire



(c) Poste d'enregistrement vu par l'expérimentateur : sur l'écran de droite ce que voit le volontaire avec sa trace oculaire (fixation et saccade) et sur l'écran de gauche la fenêtre de suivi de la qualité de captation du reflet cornéen.

Chapitre 6

Volontaires, données et figurations

6.1 Volontaires

Le panel est composé de 91 volontaires des Vals de Tours et de Luynes. Ils représentent trois catégories d'acteurs locaux utilisatrices de cartes lors d'une évacuation en cas de crue majeure :

- les **forces de secours** : au nombre de 25, ils sont représentés par 8 officiers du Service Départemental d'Incendie et de Secours d'Indre-et-Loire (SDIS37), 11 officiers et sous-officiers du Centre de Secours Principal (CSP) de Tours et 6 personnels du Service d'Incendie et de Secours du CHU Bretonneau.
- les **décideurs locaux** : cette catégorie est composée de 13 élus de petites et moyennes communes, de représentants des services de la Direction de la Prévention et de la Gestion des Risques (DPGR), de la Direction des Transports, de la Police Municipale et de la Sécurité Civile Urbaine de la ville de Tours (SCUVT).
- les **habitants** : ce sont 53 citoyens qui ont été informés de la recherche par des listes de diffusion de l'Université François Rabelais et des associations des Vals de Tours et de Luynes.

6.1. VOLONTAIRES

Toutes les catégories d'utilisateurs potentiels des cartes d'évacuation n'ont pas été enquêtés. Les forces de l'ordre (agents de la police nationale et de la gendarmerie), les militaires et les services de l'État non impliqués dans les démarches préliminaires à la phase d'évacuation n'ont pas été questionnés en raison de la chaîne hiérarchique.

Les *décideurs locaux* sont faiblement représentés (14,33 % des volontaires) en raison de la période de réalisation de la phase d'enquête. Cette dernière s'est déroulée lors des élections municipales. Certains élus n'ont pas souhaité s'engager avant d'être réélu et certains nouveaux élus n'ont pas souhaité participer par manque de compétence sur la question. Sur cette même période l'élaboration d'un plan d'évacuation a été initiée par la Préfecture à travers des ateliers et des réunions avec les acteurs locaux pour définir et présenter des indicateurs, des éléments de fonctionnement et d'organisation. De plus le PPRi est en révision depuis 2012¹.

La représentativité de la catégorie *population* est plus faible. Plus de 100 000 habitants² vivent en zone inondable dans les Vals de Tours et de Luynes. Ce sujet est sensible et la diffusion par l'intermédiaire de relais officiels (journaux communaux, bulletins d'information, annonce sur les sites communaux) n'a pas été acceptée par les acteurs locaux.

On observe une variation de la composition du panel entre les deux étapes de la phase expérimentale (Tableau 6.1). Parmi les 9 citoyens (respectivement parmi les forces de secours et les décideurs locaux) qui ont participé à la phase de validation, 3 (respectivement 8 et 5) ont participé à la première phase de l'expérimentation.

1. La révision a été prescrite en janvier 2012 et une première phase de concertation a été organisée entre septembre et novembre 2014 : <http://www.indre-et-loire.gouv.fr/Politiques-publiques/Risques-naturels-et-technologiques/Plan-de-prevention-des-risques-inondations/P.P.R.I.-de-Loire-Val-de-Tours-Val-de-Luynes> [21/12/2014]

2. <http://www.lanouvellerepublique.fr/Indre-et-Loire/Communes/Luynes/n/Contenus/Articles/2014/01/30/100.000-habitants-a-evacuer-1776587> [17/04/2015]

6.2. DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Phase	Population	Forces de secours	Décideurs locaux	Total
Construction des profils et des cartes	47	25	10	82
Validation	9	8	7	24
Total	53	25	13	91

TABLE 6.1 – Nombre de volontaires par catégorie aux deux phases participatives de l’enquête

Cette variation s’explique par plusieurs facteurs dont les principaux sont une incompatibilité entre les horaires d’accès au matériel et les disponibilités des participants, le changement d’affectation de certains volontaires, la durée de la validation (entre 45 et 60 minutes) et le délai entre la participation aux deux phases pour certains volontaires (9 mois pour certains).

6.2 Données cartographiques

Les données de la première et seconde phase reprennent les éléments qui sont les plus demandés par les volontaires lorsque qu’on leur demande de créer une carte [Lyn60] et/ou impactés par une inondation [AC08]

6.2.1 Données de la première phase

Les données cartographiques utilisées proviennent de la BD TOPO V2 de l’IGN, d’OpenStreetMap, de la modélisation de l’aléa de la DREAL Centre et du modèle d’optimisation spatio-temporel (STOM) pour l’évacuation de la population située en zone inondable développé dans le cadre de la thèse d’Houssein Alaeddine [Ala14, ASMN15] et testé sur la ville de Tours. Ce modèle utilise les données de la BD TOPO V2 de l’IGN, les données d’OpenStreetMap et le recensement de la population 2011 de l’INSEE.

6.2. DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Les données portent sur plusieurs thématiques :

- **les itinéraires d'évacuation** : ils sont construits par le modèle STOM. Ce dernier détaille pour chaque tronçon du réseau sa capacité maximale et de nombre de véhicules sur un créneau de temps.
- **les zones de sûreté** : ce sont les zones de regroupement temporaire de la population et les extrémités terminales des itinéraires du modèle STOM. Ces zones sont au nombre de deux pour la commune de Tours. Celle retenue au nord de la Loire est la base aérienne 705. Celle choisie au sud du Cher est le campus universitaire Grandmont. Ces zones ont été choisies pour leur capacité d'accueil et leur accessibilité et ne seront pas forcément celles retenues par la préfecture comme Zone de Regroupement et d'Orientation³. L'usage de la base aérienne en tant que zone de sûreté est soumise à la décision de la délégation militaire département (DMD).
- **les bâtiments et population** en zone inondation :
- **l'aléa** : l'aléa de la Loire moyenne de 2003 représente « *un zonage en fonction de la gravité du risque d'inondation (de 1 [faible] à 4 [très fort]). L'enveloppe maximale des aléas ne correspond pas exactement à la carte des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) car elle prend en compte le risque d'une crue plus importante ou d'autres circonstances particulières.* »⁴. Ces niveaux sont définis à partir de trois paramètres : la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la durée de submersion⁵ (Tableau 6.2).

3. La préfecture, par l'intermédiaire de la Direction Départementale du Territoire (DDT) est en cours d'élaboration d'un plan d'évacuation à l'échelle des Vals de Tours et de Luynes au moment où sont réalisées cette recherche et celle d'Houssein Alaeddine.

4. <http://metadata.carmencarto.fr/geosource-11/srv/fre/pdf?uuid=6239e61e-1bf9-45cf-880d-57001b69621b> [12/12/2014] : une correction est apportée dans la citation dans laquelle la signification des valeurs 1 et 4 du niveau d'aléa sont fausses.

5. http://www.nord-pas-de-calais.ecologie.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=158 [11/10/2011]

6.2. DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Hauteur Durée	< 0,5 m	0,5 à 1 m	1 à 1,5 m	> 1,5 m
Inférieur à 48h	Aléa faible	Aléa faible si $v < 1,5\text{m/s}$ Aléa moyen si $v > 1,5\text{m/s}$	Aléa moyen	Aléa fort
De 2 à 8 jours	Aléa faible	Aléa moyen	Aléa moyen si $v < 0,5\text{m/s}$ Aléa fort si $v > 0,5\text{m/s}$	Aléa fort si $v < 1,5\text{m/s}$ Aléa très fort si $v > 1,5\text{m/s}$
De 8 à 15 jours	Aléa faible si $v < 1,5\text{m/s}$ Aléa moyen si $v > 1,5\text{m/s}$	Aléa moyen	Aléa fort	Aléa très fort
Supérieur à 15 jours	Aléa moyen	Aléa moyen si $v < 0,5\text{m/s}$ Aléa fort si $v > 0,5\text{m/s}$	Aléa fort si $v < 1,5\text{m/s}$ Aléa très fort si $v > 1,5\text{m/s}$	Aléa très fort

TABLE 6.2 – Niveau d'aléa en fonction de la hauteur d'eau, de la vitesse et de la durée de submersion

6.2.2 Données de la seconde phase

Les données utilisées dans la construction des profils sont identiques à celles de la première phase à l'exception des itinéraires. Les décideurs locaux et les forces de secours ont soulevé leur caractère inhabituel. Pour ces acteurs les itinéraires du modèle STOM, bien qu'ils optimisent le temps d'évacuation, ne sont pas pertinents dans le cadre d'une évacuation préventive car trop « *compliqués* » parce qu'ils « *ont trop de tournants* » et « *passent par des petites rues à certains endroits plutôt que les boulevards* ». Des itinéraires plus simples et réalistes ont été produits en se basant entre autre sur des outils de calcul d'itinéraires en ligne⁶.

D'autres données ont été utilisées pour produire des cartes témoins similaires aux cartes existantes. Les guides de l'État normalisent le fond de carte avec l'utilisation d'une donnée au 1/25000^e. La donnée SCAN25 de l'IGN est choisie pour la respecter. Des communes ont d'ors et déjà produits des cartes d'évacuation en utilisant des vues

6. Les outils utilisés sont : <https://www.google.fr/maps> et <http://fr.mappy.com/>

aériennes comme fond de carte et le service de fond de carte d'ESRI « Imagerie » est utilisé pour les profils de cette phase.

6.3 Figurations

Les données et les figurations associées correspondent à l'échantillon cartographique que Hubert [Hub03, HR03] définit « *comme un extrait d'une base de données géographiques, directement cartographiable, c'est-à-dire associé à une méthode simple de symbolisation* » et comme « *le résultat d'un traitement géographique existant sur des données géographiques existantes* ». Ils correspondent plus précisément à l'échantillon traité, c'est-à-dire que la figuration proposée est le résultat de la variation d'un ou plusieurs paramètres du traitement effectué sur la donnée.

6.3.1 Figurations de la première phase

Les figurations retenues pour chaque donnée respectent les règles de la sémiologie graphique de Bertin [Ber73] et sont issues de figurations existantes ou respectent la valeur sémantique de la donnée. L'exemple suivant (Figure 6.1) montre l'ensemble des figurations pour la couche « aléa ».

Les quatre premières figurations sont basées sur la valeur sémantique de la donnée. Pour les cas 1 et 3, la valeur sémantique retenue est la valeur « eau » du phénomène d'inondation. Pour les cas 2 et 4, la crue est représentée selon sa valeur « danger ». Pour les cas 1 et 2, le phénomène est représenté comme un tout sans distinction alors que pour les cas 3 et 4, une hiérarchie est portée par la variation de la valeur⁷. Les cas 5 et 6 sont extraits des documents officiels que sont l'Atlas des Zones Inondables⁸

7. En sémiologie graphique, la valeur est la proportion de noir. Plus un figuré est foncé, plus la valeur est importante. La valeur est utilisée dans le cas de données quantitatives relatives, de données qualitatives ordinales.

8. http://www2.centre.ecologie.gouv.fr/azi1/htm/D-37/aleas/A_0703_PA.htm
[14/04/2015]

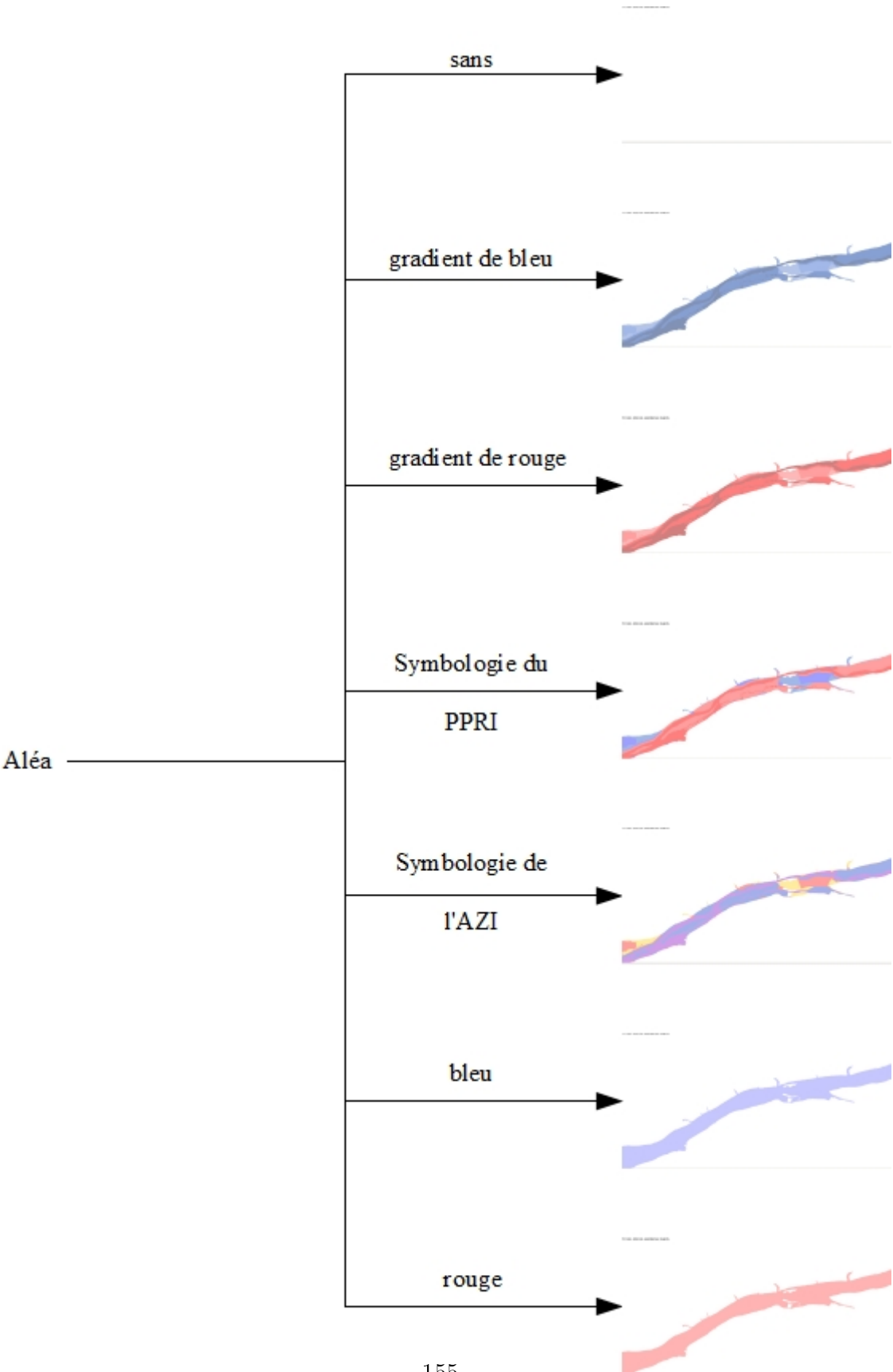


FIGURE 6.1 – Figurations pour la donnée « aléa »

6.3. FIGURATIONS

et le Plan de Prévention des Risques Inondation⁹ (respectivement (a) et (b) dans la figure 6.2).

L'ensemble des figurations pour chaque donnée est présenté dans l'annexe B.

6.3.2 Figurations et fonds de plan de la seconde phase

Les figurations utilisées sur les données des cartes de la phase de validation sont celles qui ont été majoritairement retenues pour construire les cartes par les volontaires.

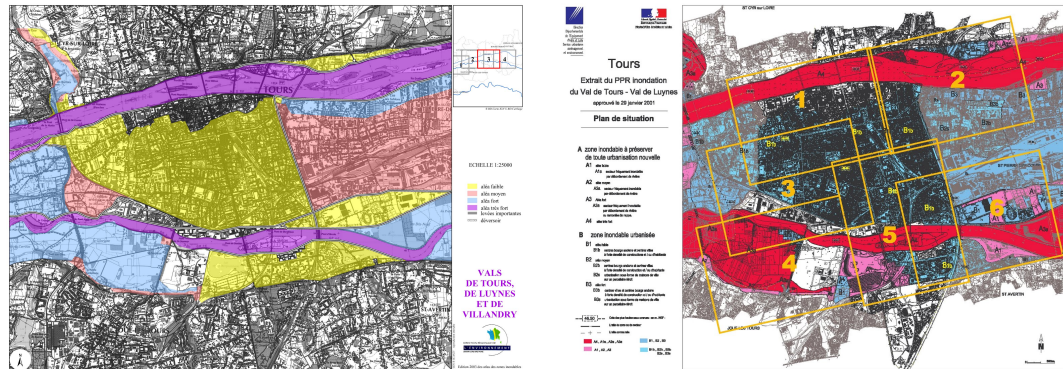
Une figuration pour l'aléa a été ajoutée à la demande des représentants des forces de secours. Une partie de ces derniers a privilégié la figuration issue de l'AZI (Figure 6.2(a)) en y demandant une modification. Les couleurs ne permettent pas une hiérarchisation visuelle et cognitive rapide même si les forces de secours approuvent l'utilisation de couleurs aisément séparables. Une figuration basée sur celle de l'AZI proposée par l'EP Loire est intégrée (Figure 6.2(c)).

6.3.3 Cartes témoins

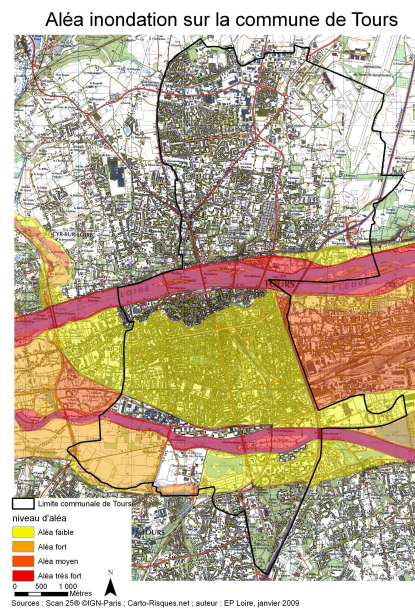
Deux cartes témoins sont créées pour la phase d'évaluation (Figures 6.3 et 6.4). Elles utilisent comme fond de carte soit les règles définies pour le PPRi et l'AZI : un fond de carte au 1/25000^e), ou une vue aérienne telle que rencontrée dans les cartes déjà produites. Les données représentées suivent les caractéristiques des cartes de Plans Locaux de Sauvegarde (PCS) ou de Plans Locaux de d'Evacuation (PCE) de communes françaises ou étrangères (principalement québécoises) : itinéraires fléchés, limites des zones d'évacuation, zone inondée et zone de sûreté zonale ou iconique.

9. <http://www.indre-et-loire.gouv.fr/Politiques-publiques/Risques-naturels-et-technologiques/Plan-de-prevention-des-risques-inondations/P.P.R.I.-de-Loire-Val-de-Tours-Val-de-Luynes> [03/01/2012]

6.3. FIGURATIONS



(a) Atlas des Zones Inondables de la Direction Régionale de l'Environnement de 2003 (b) Plan de Prévention des Risques d'inondation



(c) Atlas des Zones Inondables de l'EP Loire de 2009

FIGURE 6.2 – Documents officiels ayant servi à la figuration de l'aléa

6.3. FIGURATIONS

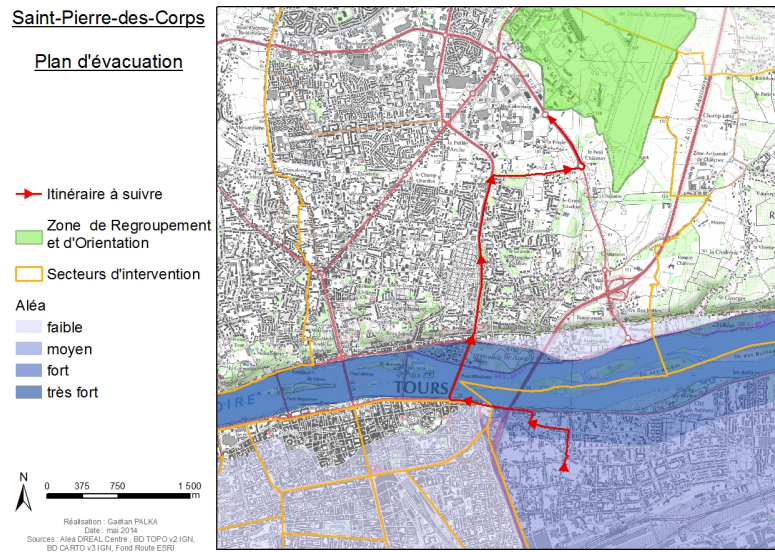


FIGURE 6.3 – Profil témoin basé sur le PPRi et l'AZI

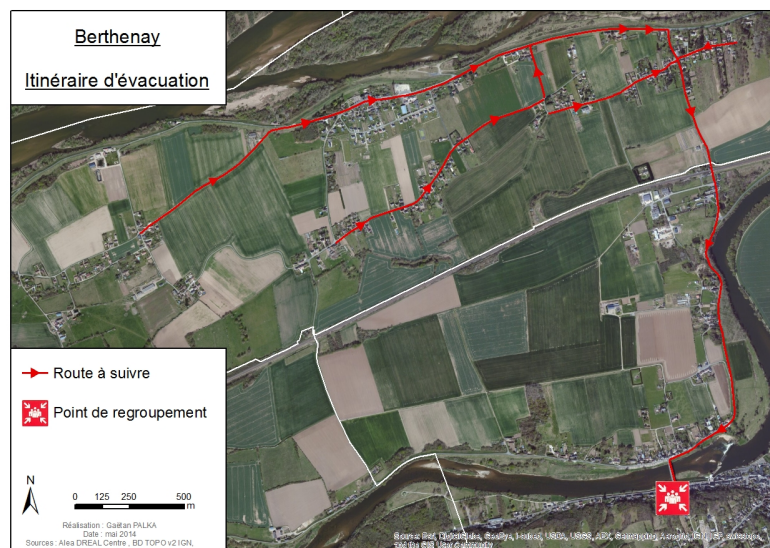


FIGURE 6.4 – Carte témoin basée sur des carte existantes

Quatrième partie

Résultats et discussion

Cette partie analyse les résultats obtenus au cours des deux phases expérimentales de la recherche.

En raison du faible nombre de participants à la phase de construction cartographique (questionnaire et cartographie interactive) et à celle d'évaluation (respectivement 47 et 24 participants) et de la variation du panel de volontaires entre les 2 phases expérimentales (16 volontaires sur 24), la classification des participants est restreinte au seul critère de la catégorie d'acteurs (habitants, forces de secours, décideurs locaux) et qui est celui utilisé lors d'une évacuation.

Le chapitre 7 analyse dans un premier temps les données et figurations des cartes produites de manière indépendante pour chaque couche d'information géographique afin de mettre en évidence les spécificités de chaque couche. Puis les figurations sont traitées de manière dépendante afin de construire les modèles cartographiques (MC) en prenant en compte les interactions entre les couches et l'échelle.

Le chapitre 8 croise les profils utilisateurs et les modèles cartographiques pour définir les profils cartographiques (PC).

Le chapitre 9 évalue et discute les PC selon quatre facteurs : le ressenti général, la compréhension, les points de difficulté et les stratégies visuelles.

Chapitre 7

Construction des modèles cartographiques

La construction des modèles cartographiques résulte des 66 cartes produites par 47 volontaires. Le tableau 7.1 synthétise le nombre de cartes créées par catégorie.

catégorie	nombre de volontaires	nombre de cartes produites
habitants	17	20
forces de secours	22	32
décideurs locaux	10	14

TABLE 7.1 – Nombres de cartes produites par catégorie

La section 7.1 examine pour l'échelle et chaque couche la raison et la signification des choix retenus. L'analyse de chaque couche indépendamment des autres ne permet pas de construire les modèles cartographiques mais l'étude de chacune met en évidence certaines caractéristiques qui sont tempérées par une analyse qui intègre la dépendance des figurations en tenant compte de celles des autres couches.

La section 7.2 étudie le résultat de la combinaison des couches d'informations et de l'échelle pour aboutir à un ensemble de modèles cartographiques.

7.1 Utilité et rôle des couches d'informations

Pour l'échelle et chaque couche d'informations, le plan suivant est utilisé. Les figurations ou l'échelle retenues sont décrites sans prise en compte de la catégorie. Cette étape est répétée en prenant en compte la catégorie des volontaires pour mettre en évidence les différences de choix. Enfin une conclusion résume les résultats.

Les conclusions pour l'échelle et chaque couche d'informations se trouvent en pages 168, 173, 177, 181, 186 et 188.

7.1.1 Une échelle selon la mission et le vécu de l'espace

Analyse globale

Les échelles communale et infra-communale sont préférées avec respectivement 25 cartes (soit 37,88%) et 31 cartes (soit 46,97%) produites lors de la construction des cartes (Figures 7.1). Ces choix trouvent leur explication dans 2 raisons principales :

- La carte doit représenter une zone spatiale connue pour être compréhensible. Un espace non cognitivement représentatif n'est pas jugé pertinent par le volontaire. Pour les habitants, cela peut correspondre à un territoire vécu habituellement, c'est-à-dire son bassin de vie ou la partie la plus fréquemment utilisée de son bassin de vie. Pour les décideurs locaux, ce territoire est la commune.
- L'emprise de la carte doit correspondre à l'emprise de l'espace qui concerne la question à laquelle la carte doit permettre de répondre. Pour un représentant des forces de secours qui opère sur le terrain, la carte doit par exemple montrer la zone d'intervention tandis qu'un officier du SDIS a besoin d'une cartographie qui couvre des vals de Tours et de Luynes ou le département.

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

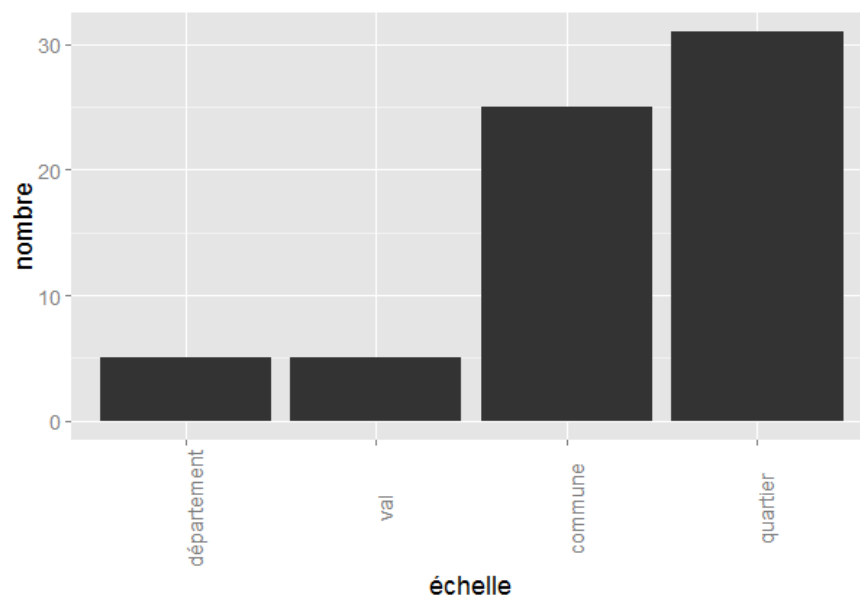


FIGURE 7.1 – Choix de l'échelle

Choix des habitants

L'analyse par catégorie d'acteurs montre plus précisément les différences (Figure 7.3). Les échelles communales et infra-communales représentent respectivement 50% (10 cartes) et 40% (8 cartes) des choix des habitants (Figure 7.2). Ces échelles proposées par l'application sont à la fois les espaces plus cognitivement représentatifs pour les habitants et les échelles qui montrent la totalité des informations.

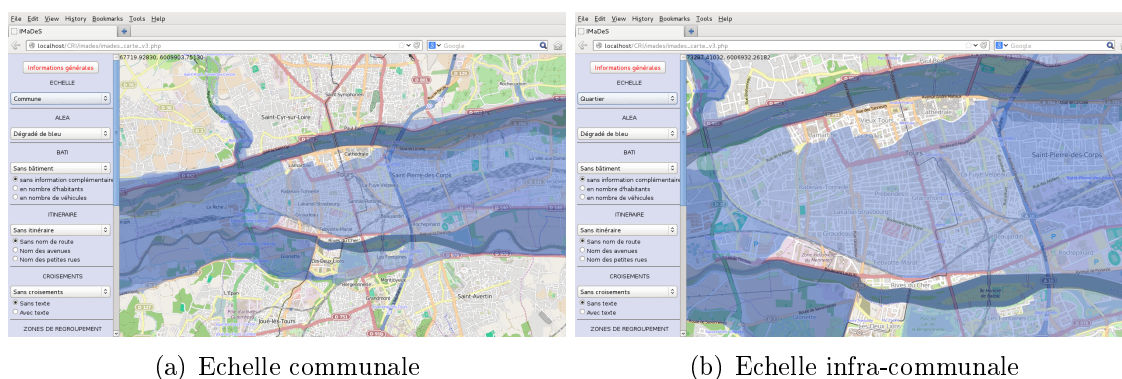


FIGURE 7.2 – Échelles préférées dans le prototype par les habitants

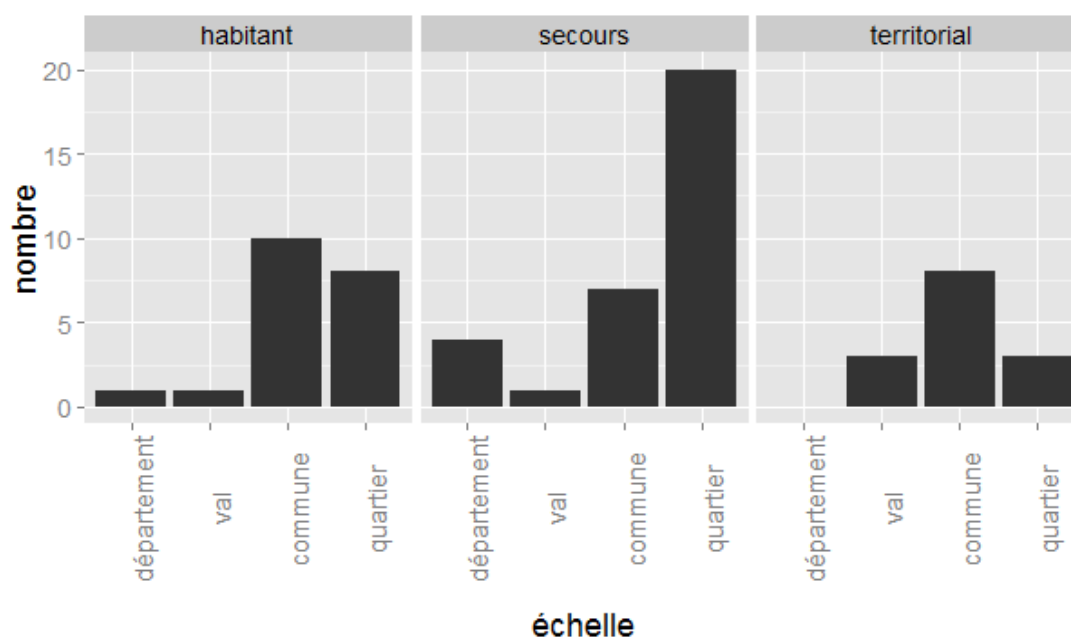


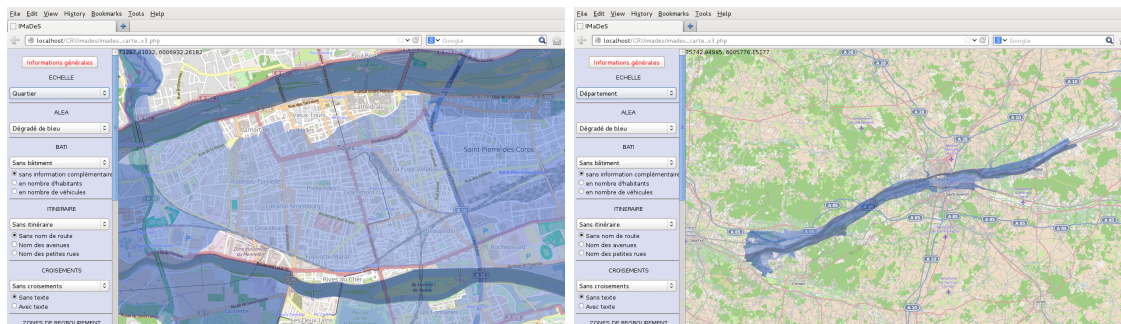
FIGURE 7.3 – Choix de l'échelle par catégorie d'acteurs

Choix des forces de secours

Les volontaires des forces de secours choisissent à 62,50% (20 cartes) l'échelle du quartier (Figure 7.4(a)). Ce résultat masque une disparité due au service des répondants. A l'exception d'un sous-officier, les volontaires du CSP de Tours choisissent tous l'échelle du quartier car « *c'est à ce niveau qu'on voit les informations qui nous intéressent* ». L'échelle pertinente est même plus grande pour correspondre à la zone d'intervention qui se limite généralement à un ensemble de bâtiments ou à une rue. Les officiers du SDIS privilégient un zoom dépendant de leur échelle d'intervention allant de l'échelle départementale (Figure (b)) pour avoir une vision d'ensemble pour gérer les équipes de secours sur l'ensemble des zones d'intervention jusqu'à l'échelle du quartier pour visualiser plus finement les points de mise à l'eau des embarcations. Les membres du service de secours et d'incendie du CHU Bretonneau ont produit avec IMaDeS des cartes à l'échelle de la commune et à l'échelle du quartier afin de visualiser sur la même carte soit le service à évacuer et le début de l'itinéraire

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

d'évacuation, soit le service à évacuer, l'itinéraire d'évacuation et l'infrastructure médicale temporaire pour certains malades.



(a) Echelle infra-communale

(b) Echelle départementale

FIGURE 7.4 – Échelles préférées dans le prototype par les forces de secours

Choix des décideurs locaux

Les acteurs territoriaux locaux privilégient l'échelle communale (8 cartes soit 57,14%), ce qui correspond à leur échelle d'intervention (Figure 7.5). Trois cartes ont été produites à l'échelle du quartier et trois autres à l'échelle des vals. Ces cartes ont été créées par des décideurs de trois services de la ville de Tours (SCUVT, direction des transports et police municipale) pour lesquels une vision plus précise ou plus globale est nécessaire selon les actions à mener en cas de crue.

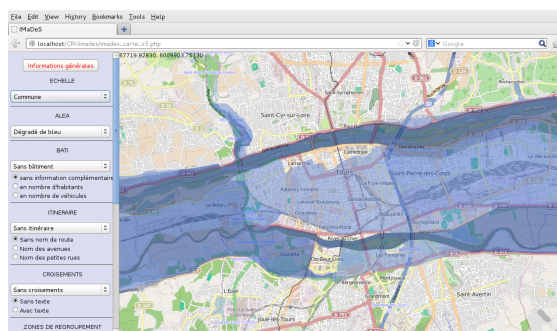


FIGURE 7.5 – Échelles préférées dans le prototype par les décideurs locaux

Conclusion

L'échelle retenue par les volontaires dépend de leur espace d'action. Les habitants recherchent une échelle qui montre leur espace de vie et l'ensemble des informations utiles à leur évacuation de leur logement à la zone de sûreté. Les forces de secours et les décideurs locaux ont besoin de restreindre l'espace cartographié à leur zone d'action. L'échelle varie de celle du quartier, voire plus grande, pour les sous-officiers du CSP de Tours qui veulent limiter l'information à celle qui est essentielle pour leur mission à celle du département pour les officiers du SDIS qui gèrent la crise sur plusieurs vals.

7.1.2 Le besoin de visualiser l'événement

Analyse globale

Les figurations de l'aléa majoritairement choisies (Figure 7.6) sont le gradient de bleu (27 cartes soit 40,90%) suivi de la figuration utilisée dans l'AZI (18 cartes soit 27,27%) puis du gradient de rouge et de la figuration extraite du PPRI (8 cartes soit 12,12% pour chacune). La prépondérance du gradient de bleu s'explique par la valeur sémantique de l'information, à savoir la valeur « eau ». La forte sollicitation de la figuration utilisée dans l'AZI résulte d'une autre préoccupation, à savoir la plus grande et plus rapide discriminabilité produite par la variation de la teinte qui est la variable visuelle la plus facile à distinguer, et d'une habitude à rencontrer cette figuration dans d'autres documents.

Seules 4 cartes (6,06%) sont générées sans l'aléa. L'événement est une composante qui apparaît indispensable aux volontaires. Or comme nous le verrons ultérieurement, si pour certains acteurs la représentation de l'aléa est réellement indispensable, pour d'autres le besoin de visualiser cette donnée peut s'expliquer par un manque d'information en amont de l'inondation.

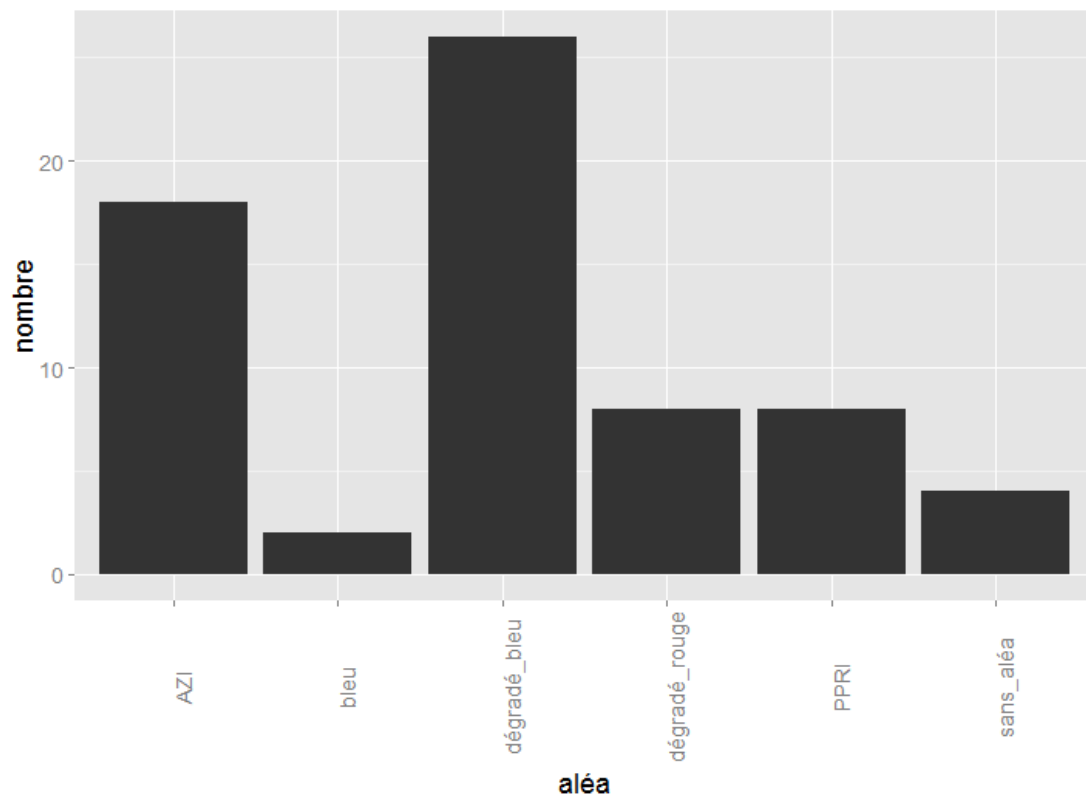


FIGURE 7.6 – Choix de la figuration de l'aléa

La répartition de ces choix varie et s'explique différemment selon la catégorie d'acteurs (Figure 7.7).

Choix des habitants

Les habitants privilégient les gradients de bleu et de rouge, respectivement 50% (10 cartes) et 25% (5 cartes) de leur choix (Figure 7.8). Ils s'expliquent par la valeur sémantique que peut prendre cette information, respectivement une hauteur d'eau ou un niveau de danger.

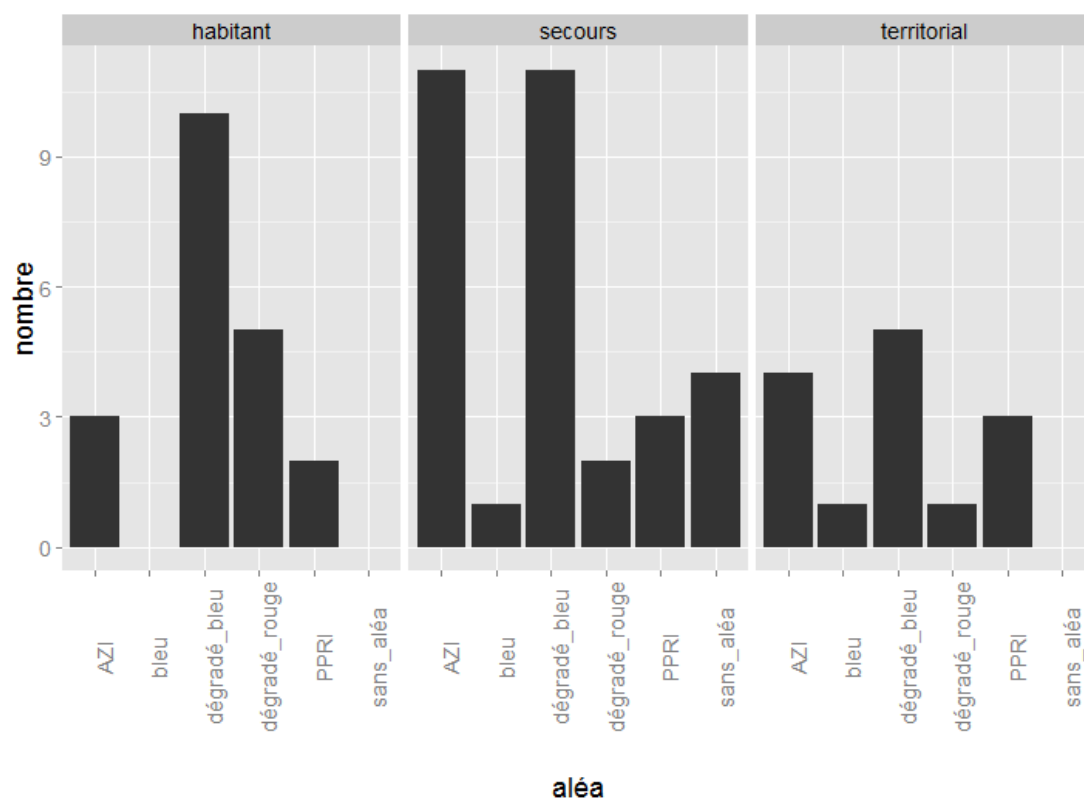


FIGURE 7.7 – Choix de la figuration de l'événement par catégorie d'acteurs

Choix des forces de secours

Les forces de secours choisissent préférentiellement le dégradé de bleu et la figuration de l'AZI (11 cartes soit 34,37% chacun, figure 7.9). Le dégradé de bleu est « facile à comprendre » et les représentants des forces de secours « le lis[ent] bien » mais il faut que « le bleu clair et le bleu le plus foncé se distinguent mieux ». La figuration de l'AZI est « bien car je distingue rapidement les niveaux » mais demande une adaptation car « les couleurs ne sont pas intuitives » et les pompiers « [ont] du mal à savoir quel est le niveau le plus haut ». Un gradient coloré allant « du jaune au rouge ou orange foncé car certains des symboles qu'on utilise sont rouges » apparaît plus adapté et correspond à la figuration utilisée dans les cartes habituellement employées. Cette distance à la valeur sémantique de l'information

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

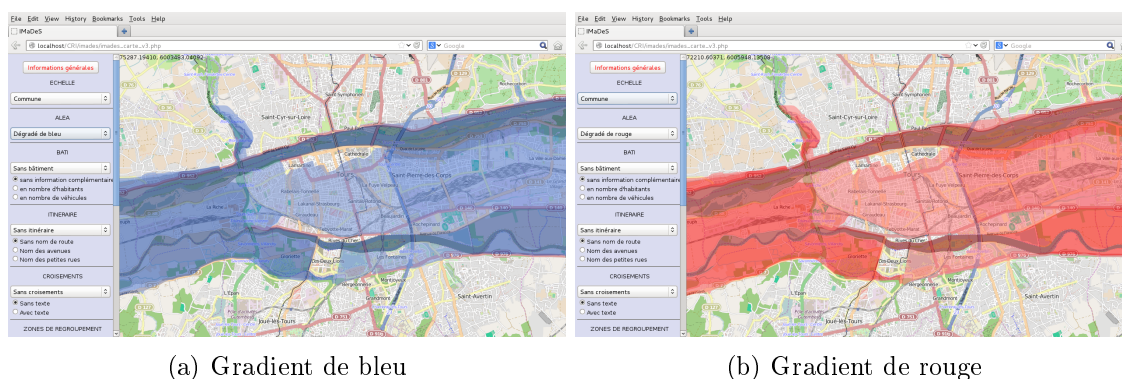


FIGURE 7.8 – Figurations préférées pour l'aléa dans le prototype par les habitants

s'explique également car « *il faut qu'on intervienne vite. J'en ai marre des cartes où les textes sont trop petits et qui sont durent à lire ... il faut des cartes qui ne demandent pas d'effort pour les lire* ». Les couleurs uniques, bleu ou rouge, ne sont pas demandées par les forces de secours (1 carte soit 3,12%) car « *voir où est l'eau sur une carte, ça ne m'aide pas, je le vois sur le terrain où est l'eau. Par contre, je veux savoir si je peux encore passer avec un véhicule d'intervention classique où si je dois prendre [un véhicule haut]* ». La figuration issue du PPRI est aussi considérée comme intéressante car elle permet de « *voir si je prends un véhicule bas, un véhicule haut ou un bateau. Le bleu pour les véhicules à roues, le rouge pour le bateau et le rouge foncé si on ne peut plus intervenir car c'est trop dangereux* ».

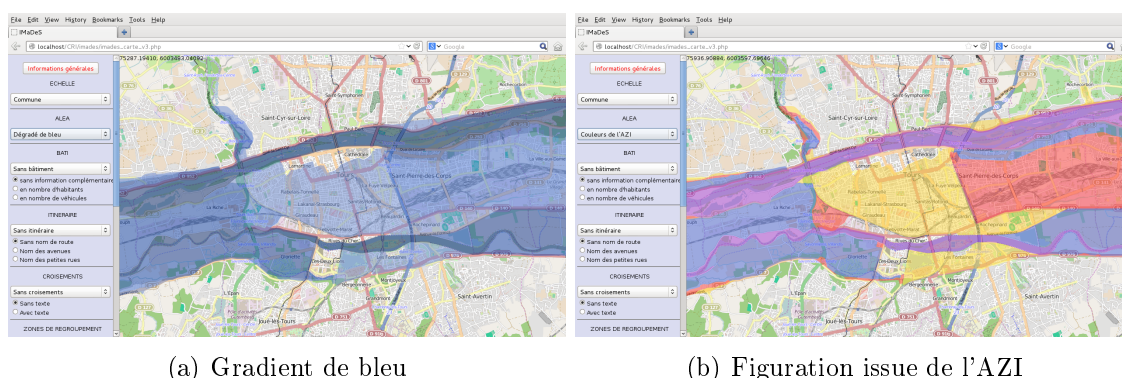
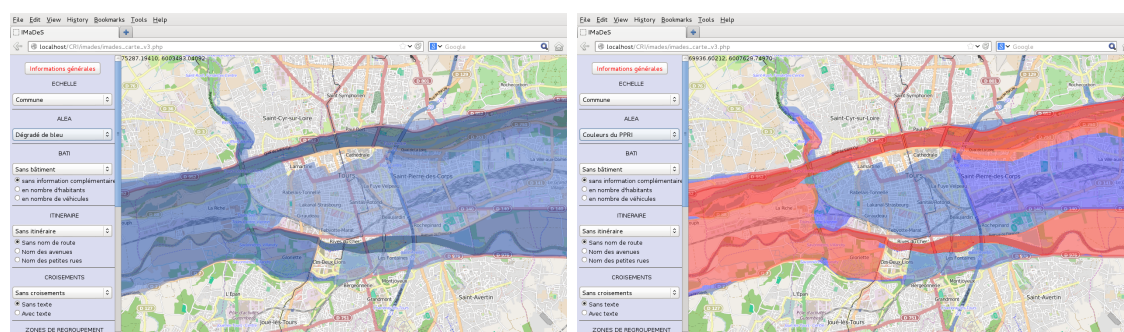
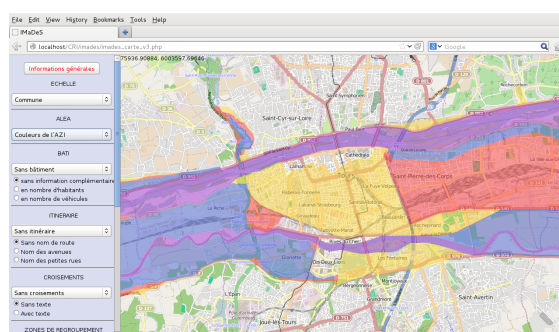


FIGURE 7.9 – Figurations préférées pour l'aléa dans le prototype par les forces de secours



(a) Gradient de bleu

(b) Figuration issue du PPRI



(c) Figuration issue de l'AZI

FIGURE 7.10 – Figurations préférées pour l'aléa dans le prototype par les décideurs locaux

1. Sécurité Civile Urbaine Ville de Tours

Conclusion

L'événement apparaît comme une donnée quasi-indispensable à représenter. Elle doit être aisément lisible, un critère qui trouve une explication différente selon la catégorie d'acteurs. Pour les habitants, la figuration de l'aléa se base sur une valeur sémantique (bleu pour l'eau ou rouge pour le danger). Pour les forces de secours, la figuration doit être rapidement détectable et cognitivement logique (gradient allant du jaune à l'orange foncé). Pour les décideurs, la figuration reprend celles des documents officiels ou le gradient de bleu.

7.1.3 Le bâti, entre donnée de contexte et support d'une autre information

Analyse globale

Le bâti est une donnée singulière dans son affichage et la figuration demandée car il n'est que rarement représenté pour ce qu'il est. Il est généralement le support d'une information autre.

Trois types de figurations ressortent avec respectivement 28 (42,42%), 19 (28,79%) et 15 (22,73%) cartes produites : (1) l'absence du bâti, (2) l'ensemble des bâtiments de la zone inondée affichés selon leur implantation réelle avec ou sans mise en forme particulière et (3) un unique bâtiment² sous forme géométrique, iconique ou réelle (Figure 7.11).

2. Dans le modèle STOM, les bâtiments sont regroupés en ensembles de petite taille selon le nœud du réseau viaire le plus proche. La donnée dite bâti unique représente en réalité un ensemble de bâti.

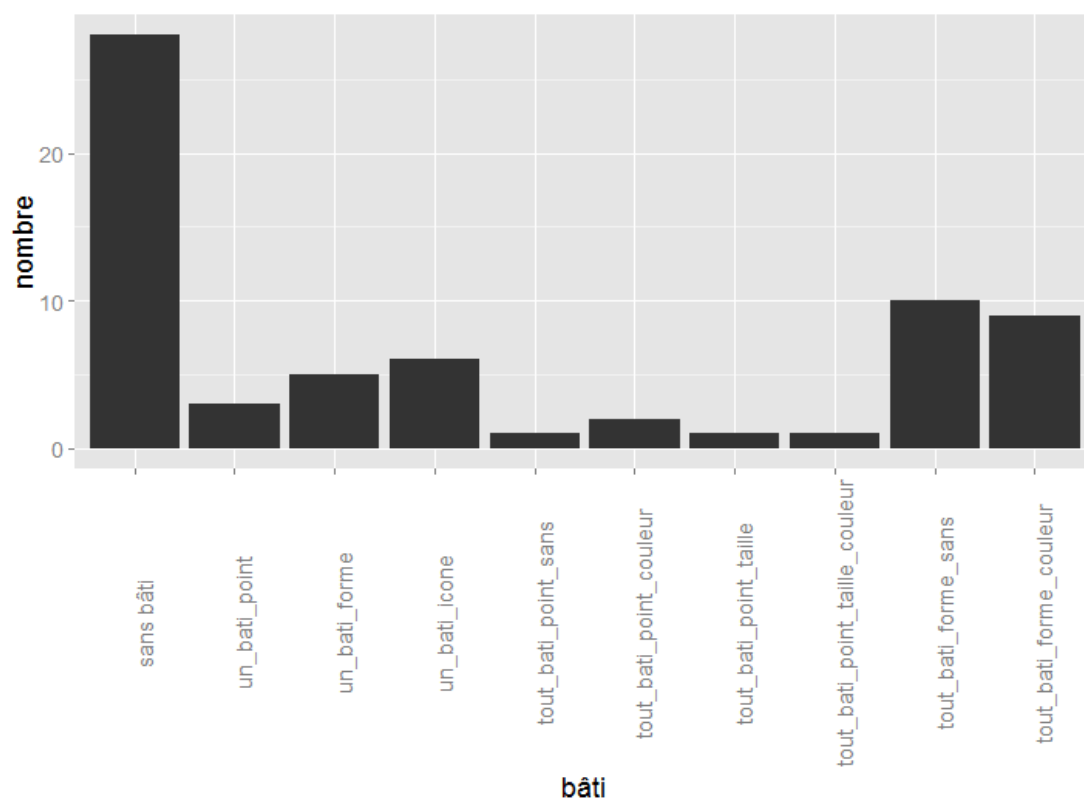


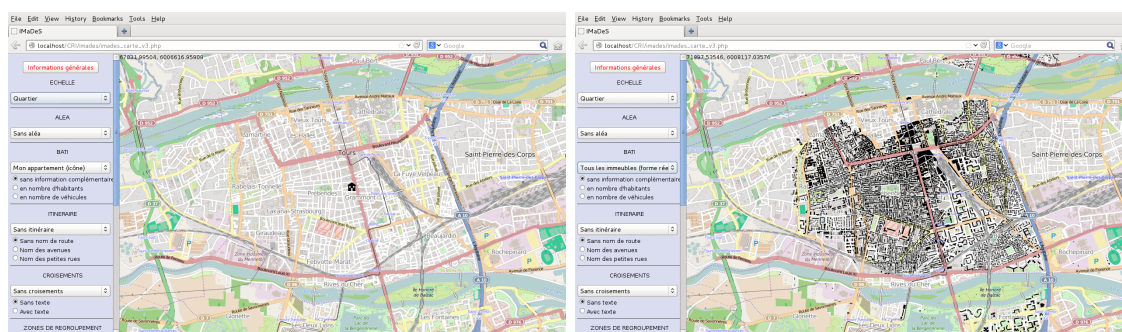
FIGURE 7.11 – Choix de la figuration du bâti

Choix des habitants

Neuf cartes (45,00 %) sur les 20 produites par les volontaires de cette catégorie affichent l'habitation du volontaire (Figure 7.15). Les figurations demandées sont l'habitation sous forme iconique et la représentation de l'ensemble des bâtiments en zone inondée sans information (Figure 7.12). Cette dernière semble montrer que les habitants cherchent à visualiser l'espace qu'ils connaissent grâce aux bâtiments. Ces choix sont en partie conditionnés par la fréquence de lecture d'une carte. Les habitants qui lisent plus rarement les cartes, à savoir moins de plusieurs fois par mois, excluent majoritairement cette information. Les habitants qui croisent fréquemment des cartes, une à plusieurs fois par semaine, demandent principalement une visualisation iconique de leur habitation. La représentation de tous les bâtiments en zone

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

inondée est surtout demandée par des habitants qui ont une utilisation mensuelle des cartes.



(a) Figuration iconique

(b) Ensemble des bâtiments de la zone inondée

FIGURE 7.12 – Figurations préférées pour le bâti dans le prototype par les habitants

Choix des forces de secours

Lorsque les forces de secours privilégient la représentation du bâtiment (19 cartes sur 22 soit 59,38%), ils demandent à visualiser le bâtiment sur lequel ils doivent intervenir ou les bâtiments du secteur d'intervention (Figure 7.15). Dans le premier cas, les forces de secours favorisent une représentation selon l'implantation réelle du bâtiment (Figure 7.13) ou un figuré iconique. L'implantation réelle permet aux forces de secours de représenter soit une information comme le nombre d'étages par le biais d'une couleur soit des informations opérationnelles : « là [NDR : le pompier montre le symbole d'une entrée] on sait que c'est par cet accès qu'on va entrer dans le bâtiment et là il y a un local technique ». Pour le figuré iconique, celui-ci doit reprendre la nomenclature qu'ils utilisent quotidiennement dans la S.I.T.A.C.³ (Figure 7.14).

Dans le second cas, c'est-à-dire la représentation de tous les bâtiments, les forces de secours utiliseraient cette figuration sur des cartes de suivi d'intervention : « ce serait bien pour voir les immeubles sur lesquels on est intervenu. On met un signe

3. La S.I.T.A.C., ou situation tactile, est un outil graphique qui représente la zone d'intervention, le sinistre, les moyens et les actions engagés à un instant donné avec une actualisation en temps réel. La S.I.T.A.C est complétée par l'Ordre Graphique qui représente sur cette dernière les moyens et actions à engager.

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

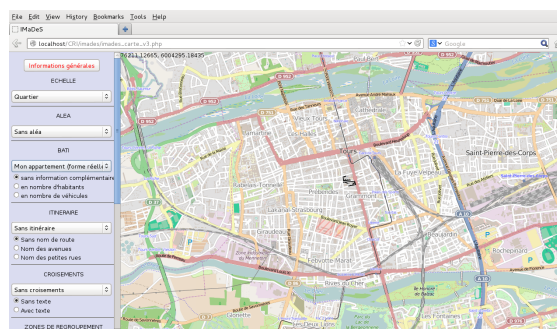


FIGURE 7.13 – Figuration préférée pour le bâti dans le prototype par les forces de secours



FIGURE 7.14 – Icones recommandées pour représenter les ERP

pour dire que c'est fait et comme ça les équipes qui arrivent en renfort savent où elles doivent aller ». La distinction entre les figurations dépend de la structure de rattachement. Les officiers du SDIS37 ne trouvent pas cette information pertinente avec les figurations proposées : *« les bâtiments sur le val ou le département ne nous servent pas. Enfin, la façon dont ils sont représentés avec votre outil. Il faudrait quelque chose de plus général ... un symbole qui montre l'évolution des immeubles vus par les hommes de terrain ... voilà, un camembert par commune serait plus intéressant. »*, *« il y a d'autres informations plus importantes »*, *« A cette échelle, voir tous les bâtiments ce n'est pas possible, je n'arrive pas à lire la carte »*.

Choix des décideurs locaux

La majorité des cartes produites par les décideurs locaux (9 sur 14 soit 64,29%) mettent en évidence les bâtiments (Figure 7.15). Ces acteurs de la gestion de l'éva-

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

cuation demandent la mise en avant d'une caractéristique liée au bâti (Figure 7.16) telle que le nombre d'habitants ou le niveau d'inondation (entièrement ou partiellement inondé). Pour voir cette information, ils privilégient une représentation selon l'emprise au sol et l'usage de la variable visuelle « teinte ». La fréquence de lecture des cartes, la commune et le service ne semblent pas influencer sur la présence et la figuration de cette information. Un échantillon plus important est nécessaire pour valider cette hypothèse.

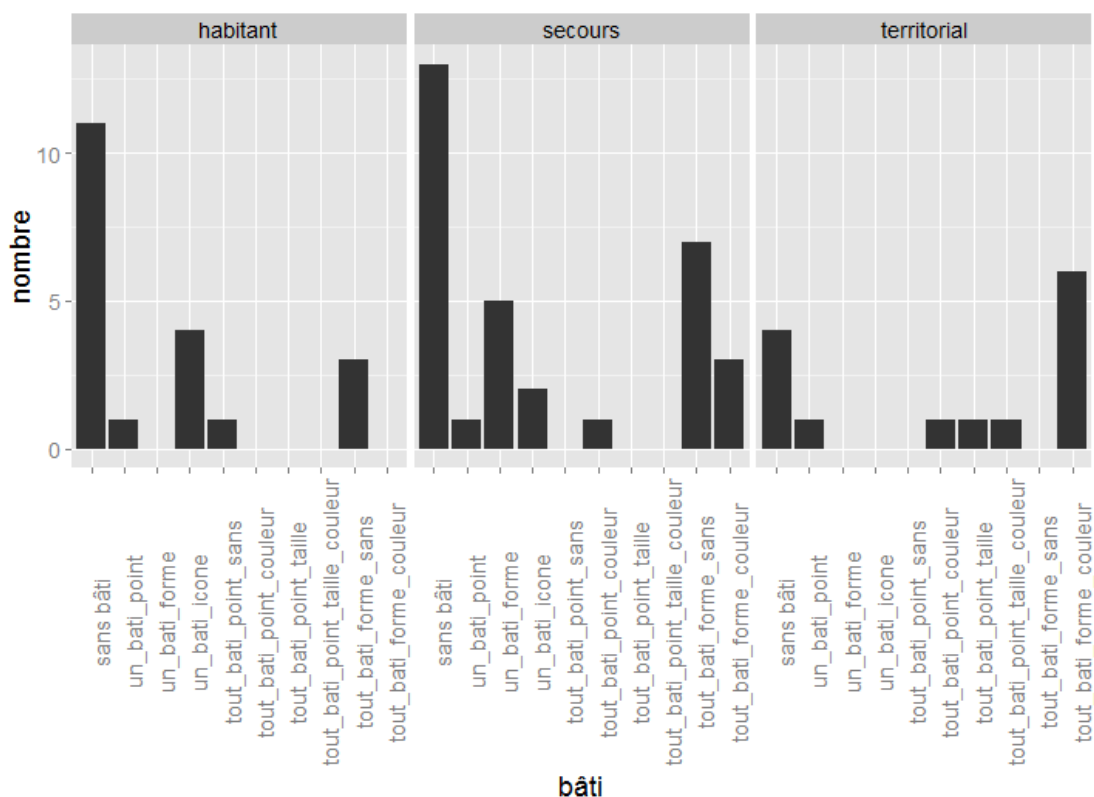


FIGURE 7.15 – Choix de la figuration du bâti par catégorie d'acteurs

Conclusion

Le bâti est une donnée géographique singulière car elle est parfois utilisée pour informer sur une donnée annexe. Les habitants favorisent la représentation de leur logement sous forme iconique, ce qui génère un contraste avec la représentation

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

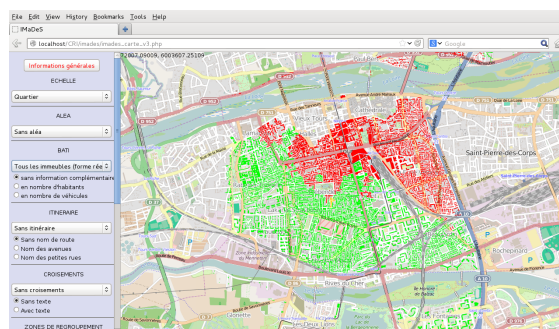


FIGURE 7.16 – Figuration préférée pour le bâti dans le prototype par les décideurs locaux

synthétique du fond de carte et des autres données et offre une personnalisation de la carte qui peut faciliter son appropriation. Les forces de secours centrent leurs besoins sur les bâtiments de leur zone d'intervention avec des informations opérationnelles (nombre d'étages, accès, type de bâtiment, ...). Les décideurs locaux utilisent cette couche d'information pour représenter une donnée liée au bâti (nombre de résidents, de personnes dépendantes, ...) dans un but d'aide à la décision.

7.1.4 Utilité et inutilité des axes d'évacuation ou d'accès

Analyse globale

Deux besoins en itinéraires apparaissent (Figure 7.17) : ne pas les afficher (28 cartes soit 42,42%) et montrer un seul itinéraire d'évacuation (31 cartes soit 46,97%). L'affichage de tous les itinéraires est peu demandé (7 cartes soit 10,61%) car « *c'est trop chargé, on ne voit pas les vrais itinéraires* », « *on a l'impression que toutes les routes sont des itinéraires d'évacuation* », « *je choisis un seul itinéraire car sur ma commune il n'y en a que deux mais il serait bien d'avoir les deux avec route d'évacuation principale et itinéraire de repli ...* ». Lorsqu'une seule route est demandée, 2 figurations sont privilégiées : celle qui met en évidence l'itinéraire sans information complémentaire et celle qui affiche une information sous forme de variation de la teinte surtout car elle « *est plus facile à lire* ».

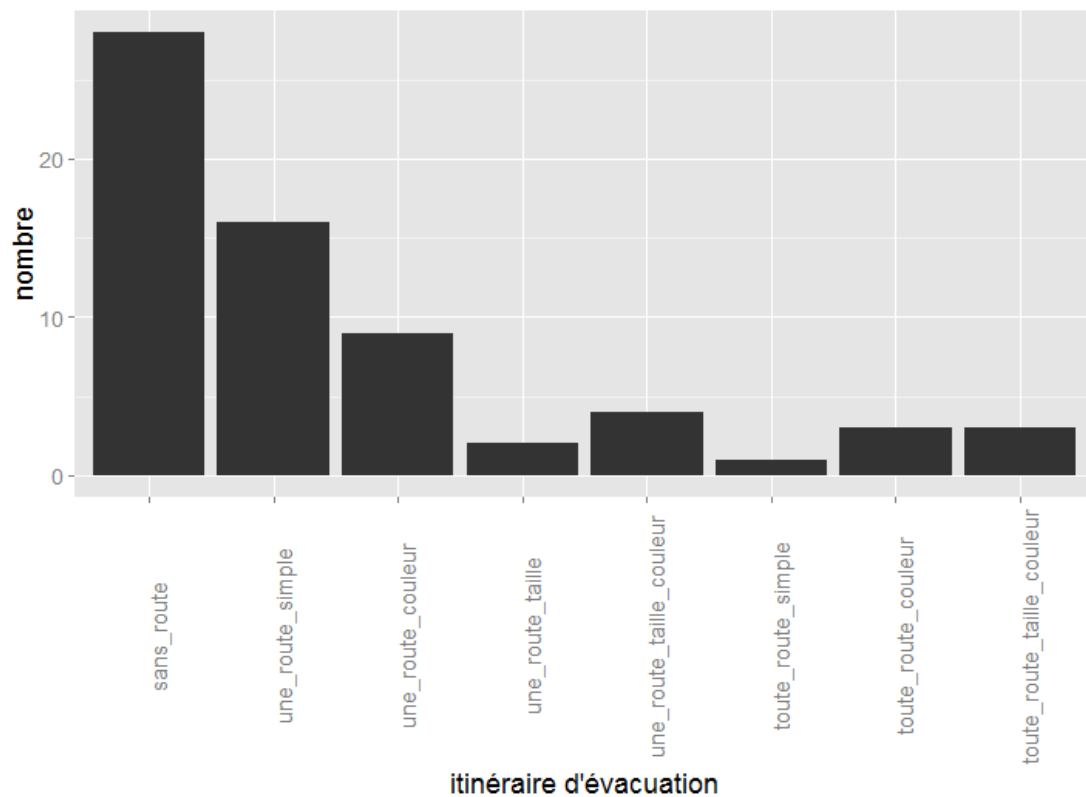


FIGURE 7.17 – Choix de la figuration des itinéraires

Choix des habitants

Les habitants favorisent 2 figurations : l'absence de routes d'évacuation (8 cartes soit 40,00%) et la mise en évidence d'un itinéraire avec une information complémentaire textuelle (6 cartes soit 30,00%, figure 7.18). Les habitants qui ne souhaitent pas voir l'itinéraire utilisent les cartes entre « plusieurs fois par an » à « plusieurs fois par mois » et ceux qui demandent la représentation de l'itinéraire recommandé utilisent les cartes de « plusieurs fois par mois » à « plusieurs fois par semaine ».

Choix des forces de secours

Les figurations choisies par les forces de secours reflètent leurs deux principaux usages des cartes : la carte de situation et la carte d'accès. Dans le premier cas, les

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

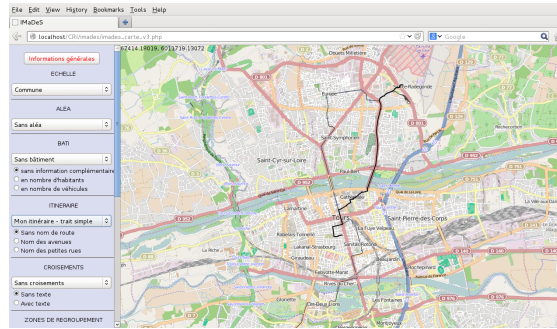
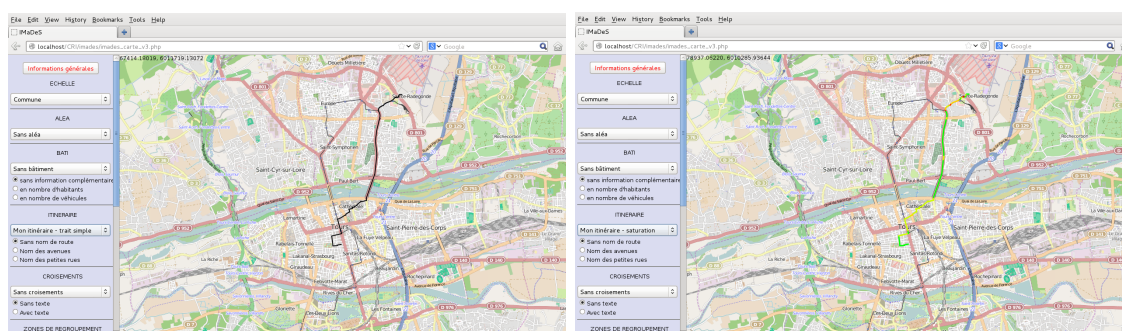


FIGURE 7.18 – Figuration préférée pour l’itinéraire d’évacuation dans le prototype par les habitants

forces de secours ne cherchent pas à voir la route qui permet d’arriver sur la zone d’intervention. Cette carte est majoritairement produite par les officiers du SDIS37 et les sous-officiers du CSP de Tours. Le second cas présente 2 figurations selon qu’il s’agisse de sous-officiers du CSP ou des secours du CHU Bretonneau. Les premiers souhaitent voir l’itinéraire d’accès sans information complémentaire (Figure 7.19(a)). Cela s’explique par le fait que ces acteurs agissent en fonction de la situation : *« c’est bien d’avoir les calculs mais si les gens ne se comportent pas comme vous l’avez décidé, vos informations seront fausses et on prendra des mauvaises décisions »*, *« on sait que sur le terrain ça ne se passe jamais comme prévu »*, *« je préférerais avoir un itinéraire principal et un de secours s’il n’est pas utilisable. Accident ou une route inondée par exemple »*. Les seconds demandent une information complémentaire sous la forme d’une figuration par la variable visuelle « teinte » pour afficher une donnée complémentaire (Figure 7.19(b)) comme la saturation de la route ou la distinction entre route d’évacuation dédiée ou non dans le but d’informer les personnes auxquelles la carte sera mise à disposition : *« on n’en a pas besoin personnellement car on s’occupera de la sécurité dans les bâtiments mais si ça peut nous permettre de ne pas passer du temps à dire où il faut évacuer et par quelle route »*.

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS



(a) Accès sans information

(b) Route d'évacuation avec information complémentaire

FIGURE 7.19 – Figurations préférées pour l'itinéraire dans le prototype par les forces de secours

Choix des décideurs locaux

Les décideurs locaux choisissent préférentiellement la représentation d'un seul itinéraire soit sans information soit avec le plus d'information possible (saturation, nombre de véhicules) avec la création de 4 cartes (28,57%) pour chacune (Figure 7.21). Ces choix trouvent leur explication dans deux situations : « *c'est dense, on en arrive à montrer presque toutes les routes de [Tours] et finalement ça n'apporte pas grand chose. Montré dans le temps, je ne dis pas mais tout en même temps, non* » et « *je n'ai qu'un seul itinéraire possible sur ma commune et un autre s'il est sous l'eau, et qui passe par une autre commune* ».

Conclusion

Deux cas s'opposent : l'utilité de représenter l'itinéraire d'accès ou d'évacuation sous forme la plus simple possible (habitants, forces de secours et décideurs) ou très complète (décideurs locaux) et l'absence d'itinéraire (sous-officiers du CSP de Tours et habitants) qui montre qu'une carte utile pour l'évacuation n'est pas nécessairement une carte d'itinéraire. Les sections 8.1 et 8.2 détaillent les profils sans itinéraire.

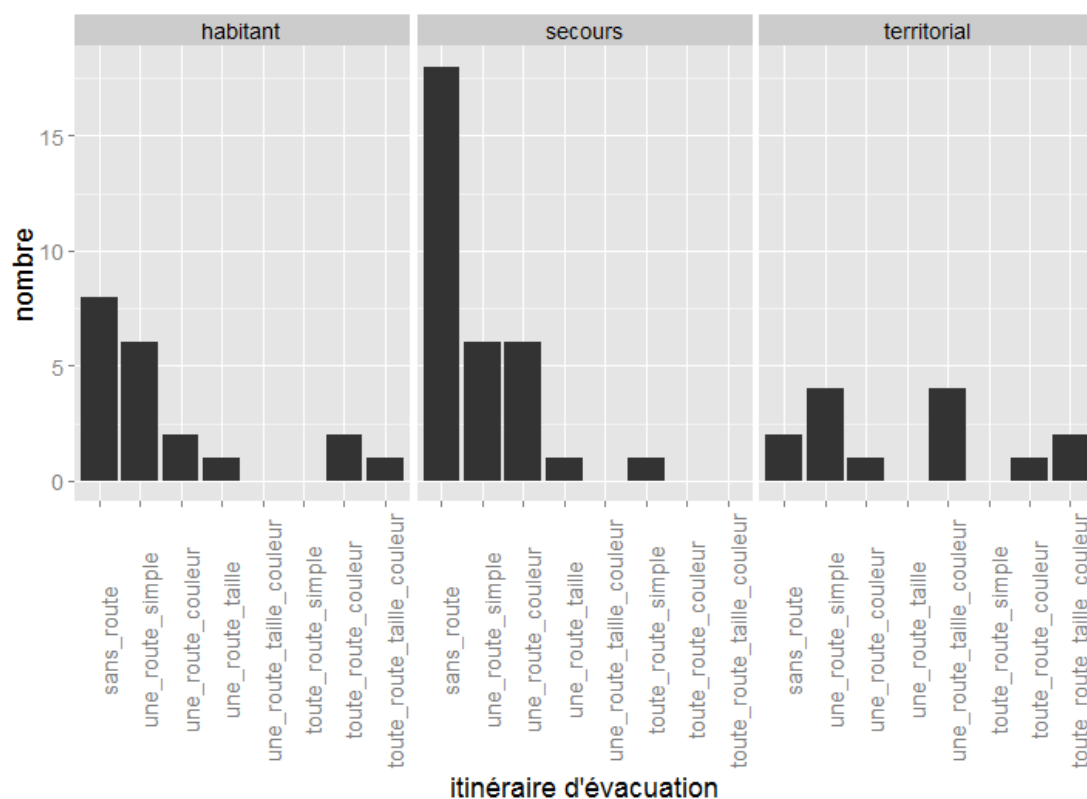


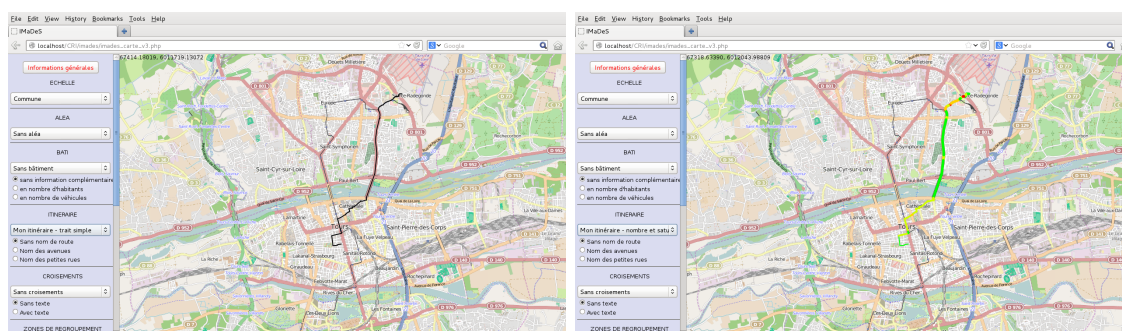
FIGURE 7.20 – Choix de la figuration des itinéraires par catégorie d'acteurs

7.1.5 Zones de regroupement et d'orientation (ZRO) : une donnée pas nécessairement graphique

Analyse globale

Comme pour les itinéraires, deux principaux besoins sont exprimés : la représentation ou non des zones de sûreté. Vingt-huit cartes (42,42%) sont produites sans zone de sûreté et 20 et 18 cartes (soit 30,30% et 27,27%) le sont avec respectivement une figuration montrant la forme réelle et une figuration géométrique ponctuelle (Figure 7.22).

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS



(a) Accès sans information

(b) Route d'évacuation avec information complémentaire

FIGURE 7.21 – Figurations préférées pour l'itinéraire dans le prototype par les forces de secours

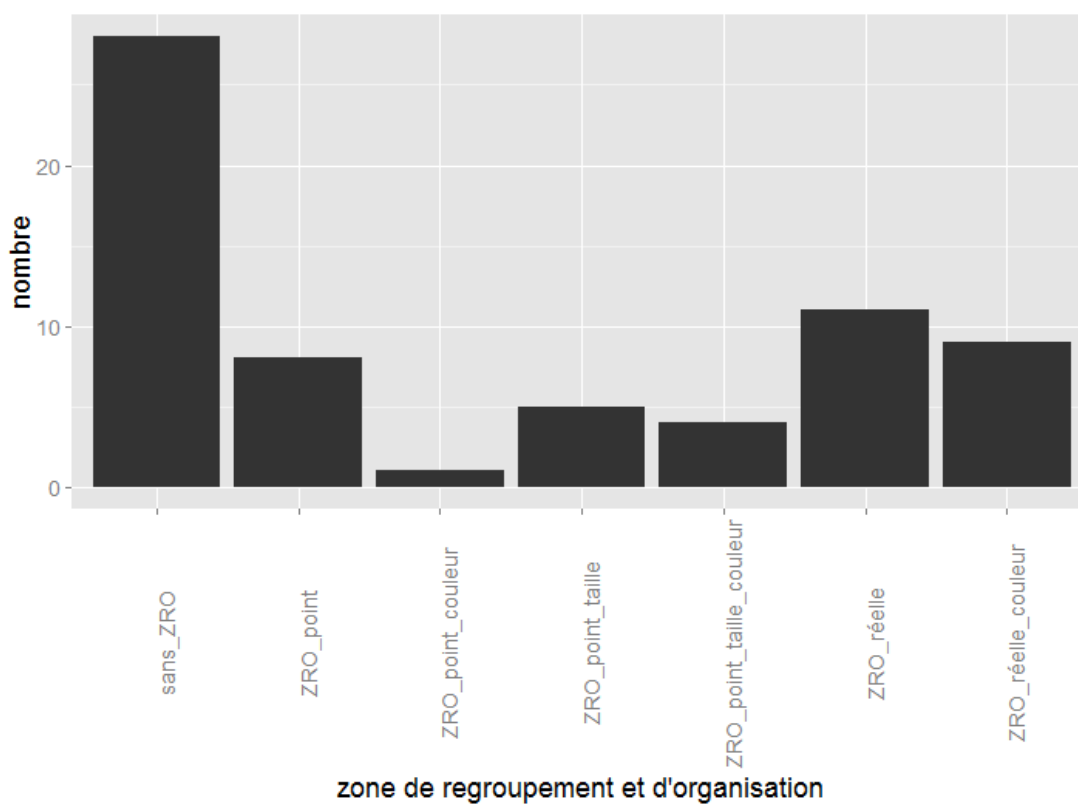


FIGURE 7.22 – Choix de la figuration des zones de sureté

Choix des habitants

Les cartes produites par les habitants se répartissent équitablement entre l'absence de représentation (7 cartes soit 35,00%), une figuration de la forme réelle

7.1. UTILITÉ ET RÔLE DES COUCHES D'INFORMATIONS

(7 cartes soit 35,00%, figure 7.23(a)) et une figuration géométrique (6 cartes soit 30,00%, figure 7.23(b)).

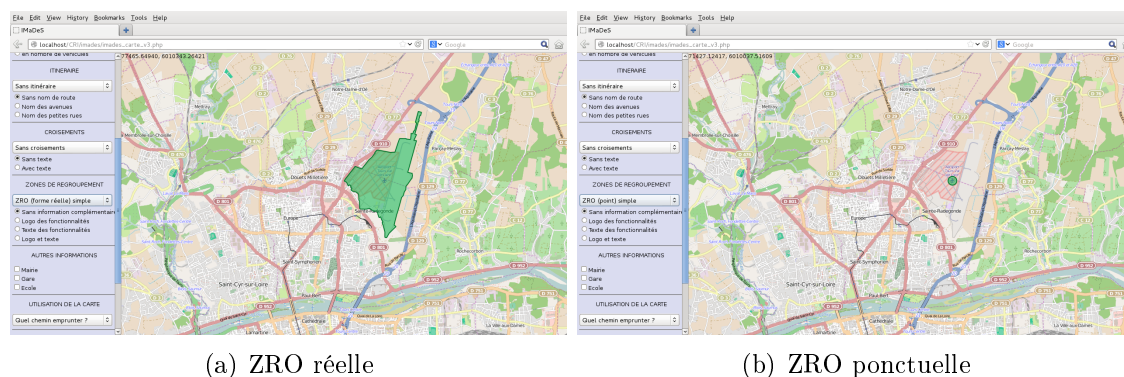


FIGURE 7.23 – Figurations préférées pour la zone de sûreté dans le prototype par les habitants

Choix des forces de secours

Les forces de secours produisent majoritairement des cartes sans ZRO (18 cartes soit 56,25%, figure 7.24). Si les ZRO sont ajoutées à la carte, ils n'ont pas de préférence entre la forme réelle ou une forme géométrique comme un point. Le choix entre les deux formes résulte du besoin ou non d'avoir une information complémentaire, préférentiellement textuelle : « *l'information n'est pas forcément à ajouter sur la carte. Ce qui nous intéresse ça va être le nom du responsable, un moyen de le contacter, un numéro de poste par exemple. Ce ne sont pas des informations graphiques* ». Ce type d'information non graphique présente pour ces acteurs un intérêt pour la lisibilité de la carte : « *L'information peut être mise n'importe où sur la carte. Pas seulement à côté de la zone de sûreté* », « *Nos cartes sont toujours construites sur le même gabarit, ce qui les rend faciles à lire. On sait où chercher l'information ... On peut mettre les informations de contact sur le côté par exemple, ou près du titre* ». La forme réelle est choisie sans information complémentaire et la représentation ponctuelle y est généralement associée.

Choix des décideurs locaux

Les décideurs locaux sont demandeurs d'une information sur les ZRO car leur mission principale en cas de crise telle qu'une inondation est de mettre la population en sûreté. Leurs préférences graphiques sont similaires à celles des forces de secours. La représentation ponctuelle est accompagnée d'informations complémentaires textuelles telles que le nom et le numéro de contact d'un référent. La représentation sous forme réelle n'est associée à aucune information textuelle directement affichée sur la carte. Une demande particulière est exprimée par le personnel du SCUVT avec l'adjonction d'un roadbook qui fournit des informations complètes sur chaque ZRO. Ces acteurs sont en contact direct avec la population qu'ils doivent renseigner et aider à évacuer mais aussi en contact quasi-permanent avec les responsables des zones de sûreté pour adapter le plan d'évacuation.



FIGURE 7.24 – Choix de la figuration des zones de sûreté

Conclusion

La couche des zones de sûreté nécessite 3 figurations spécifiques : l'absence de représentation principalement due à l'échelle qui ne permet pas l'affichage de cette information (habitants et forces de secours), une figuration sous forme réelle ou ponctuelle associée à une information textuelle (référénts, contacts) pour les forces de secours et les décideurs locaux et une figuration sous forme réelle ou ponctuelle pour les habitants.

7.1.6 Croisements routiers : une donnée inutile car peu prévisible

Analyse globale

Les informations sur les croisements sont très majoritairement considérées comme inutiles à cartographier. Seules 9 cartes produites contiennent cette information. 71,21% des cartes n'intègrent pas cette donnée (Figure 7.25).

Choix des forces de secours et des décideurs locaux

Seuls un volontaire des forces de secours et un volontaire de la catégorie des décideurs locaux ont créé une carte comportant des informations sur les croisements (Figure 7.26). Les volontaires de ces deux catégories considèrent cette information comme non pertinente car « *ça évolue trop vite* », « *un problème et tout change, on redirige les gens* », « *vous pensez vraiment que les gens vont suivre l'itinéraire ?* ». Contrairement aux données sur la population telles que le nombre de personnes dans un bâtiment ou les voies réservées aux secours et forces de l'ordre, les informations relatives aux croisements sont trop aléatoires pour ces acteurs. Certains décideurs locaux vont même plus loin en considérant que cette donnée peut aggraver la situation : « *les gens auront déjà du mal à suivre les routes qu'on veut leur faire prendre,*

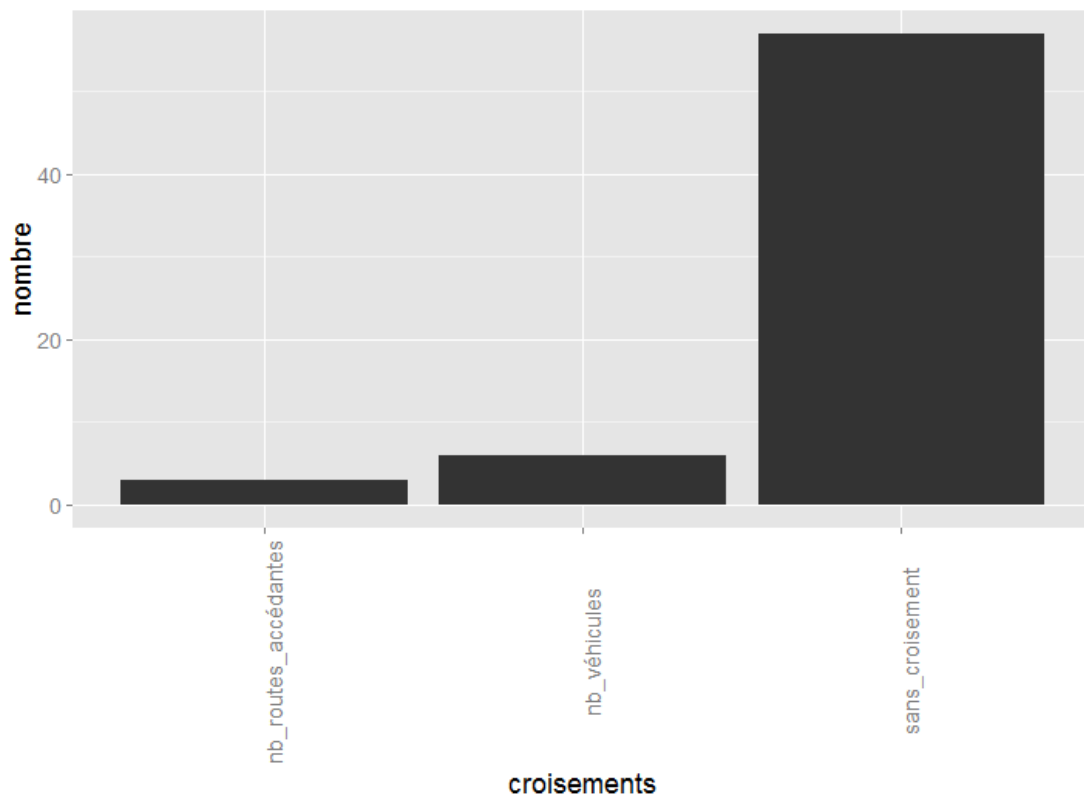


FIGURE 7.25 – Choix de la figuration des croisements

si ils voient des informations sur une carte et qu'ils ne voient pas ça sur le terrain, vous pensez qu'ils vont faire quoi ? ».

Choix des habitants

Cette situation se retrouve chez les habitants mais de manière moins marquée. Sept cartes (35,00%) parmi les 20 produites par les habitants intègrent cette donnée. On peut supposer que les habitants cherchent les endroits plus sensibles comme un risque de ralentissement ou d'accident sur leur itinéraire d'évacuation.

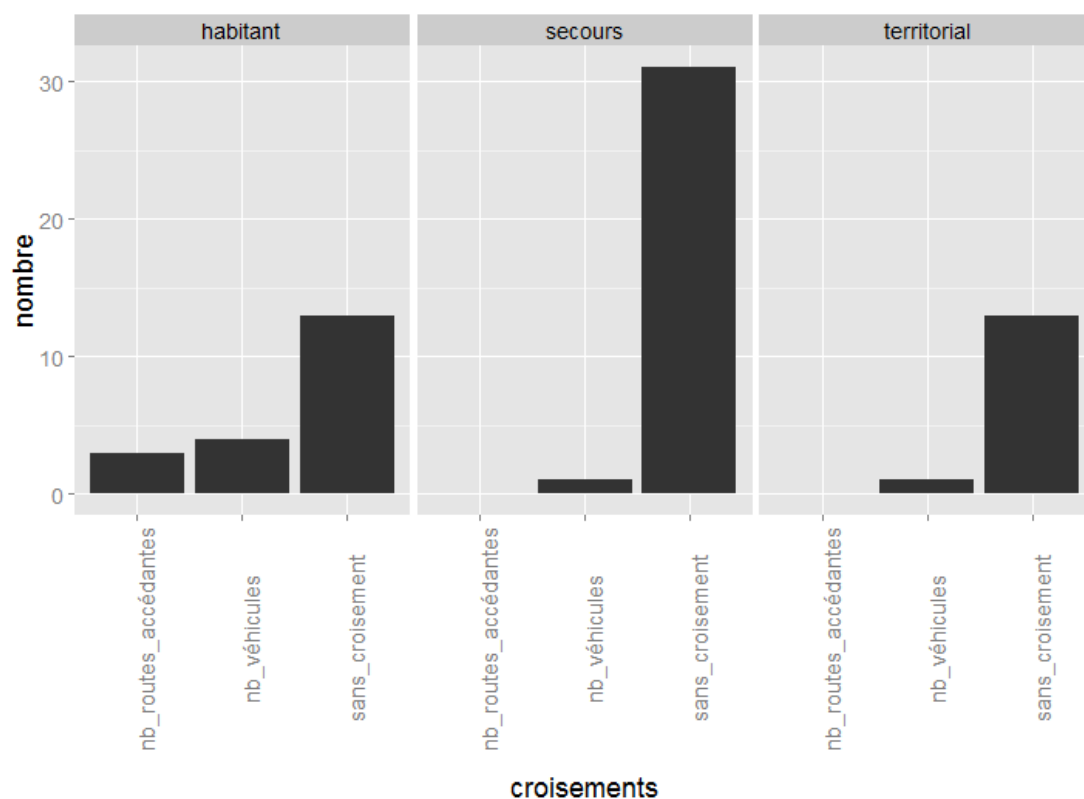


FIGURE 7.26 – Choix de la figuration des croisements par catégorie d'acteurs

Conclusion

Le manque de prévisibilité conduit l'ensemble des volontaires à considérer cette donnée comme inutile. Les habitants sont parfois intéressés par cette information pour montrer les zones les plus sensibles de leur itinéraire.

7.2 Modèles cartographiques

7.2.1 La quantité d'informations comme paramètre principal des modèles

L'analyse précédente fournit une explication sur les données à représenter et les figurations privilégiées pour chacune d'elles. Mais juxtaposer les données mises en forme avec leur figuration la plus demandée n'est pas suffisant car (1) il existe des interactions entre les objets de la scène visuelle qui impactent la lecture de la carte en raison notamment de la multi-scalarité de la perception humaine et (2) un acteur peut avoir besoin de plusieurs cartes en fonction des questions auxquelles il cherche des réponses. L'analyse des correspondances multiples (ACM) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) offrent une aide complémentaire à la construction des modèles.

Le nuage des individus (Figure 7.27(a)) montre une répartition homogène de la plupart des cartes produites et 2 groupes de cartes particuliers. Le premier groupe est composé des cartes 12, 57 et 20 qui se caractérisent par la présence de toutes les couches d'informations conjuguée à une figuration détaillée des données d'itinéraires d'évacuation. Le second comprend la carte 18 qui se caractérise par une figuration détaillée de toutes les couches d'information à l'exception de celle relative aux croisements et à la représentation du bâti sous forme ponctuelle avec une variation de la taille.

Le nuage des variables (Figure 7.27(b)) indique que les variables « bati », « zro » et « route » sont liées aux 2 dimensions et que la variable « node » est assez fortement liée à la première dimension mais pas à la seconde.

7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

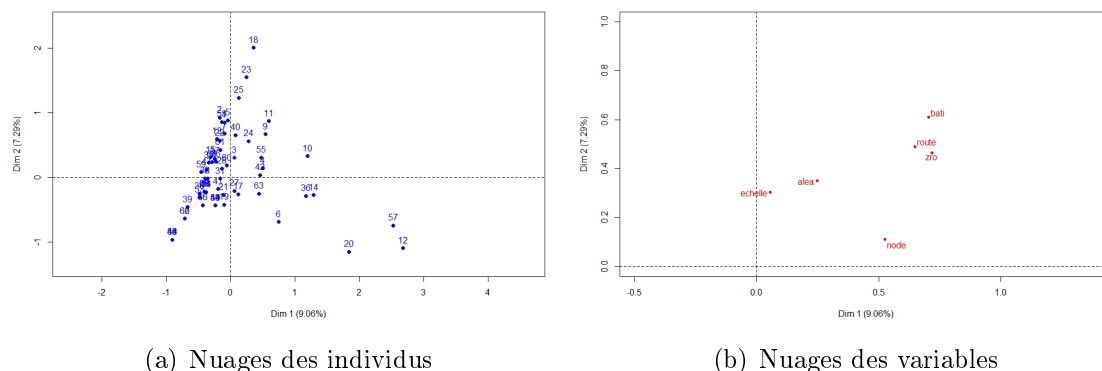


FIGURE 7.27 – Nuages de points issus de l'ACM

La représentation des modalités (Figure 7.28) ne permet pas d'expliquer facilement les deux dimensions car elles sont regroupées au centre du graphique ou se dispersent selon les deux dimensions. Les modalités relatives à l'échelle suivent la deuxième dimension. L'échelle départementale apparaît comme particulière car s'éloignant de la droite formée par les autres modalités d'échelle.

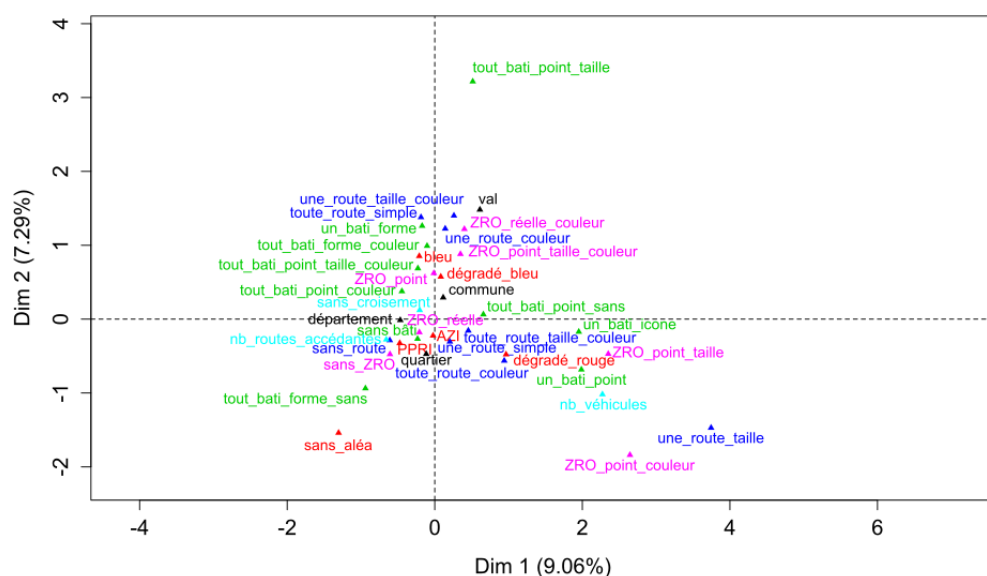


FIGURE 7.28 – Nuage des modalités

7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

Le diagramme de gain d'inertie de la CAH (Figure 7.29) met en évidence trois sauts et suggère une classification en trois (saut d'inertie de 0,41), dix (saut d'inertie de 0,11) et six classes (saut d'inertie de 0,10) de cartes. Ces classes correspondent aux modèles cartographiques.

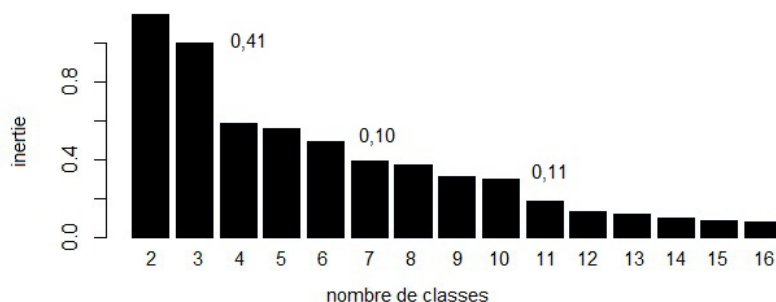


FIGURE 7.29 – Graphique d'inertie de la CAH

La catégorisation en 3 classes offre un premier niveau de classification. Une première classe correspond aux **cartes simples** (Figure 7.30(a)). Ses 42 cartes mettent en évidence deux informations avec une figuration simple. Une deuxième classe regroupe 18 **cartes denses en information en raison du détail de la figuration** (Figure 7.30(b)). Ce sont des cartes pour lesquelles une couche d'information est représentée avec une figuration très détaillée et un ou deux autres couches pour lesquelles la figuration reste simple. Une troisième classe est constituée de 6 **cartes denses en information en raison de la diversité de celles affichées** (Figure 7.30(c)). Elles contiennent une diversité d'informations avec une figuration simple pour chaque donnée.

La catégorisation en 10 classes propose des groupes de cartes plus homogènes mais certains effectifs sont trop faibles pour qu'elles soient pleinement toutes exploitables. Trois classes possèdent 1 ou 2 cartes. Les classes de cette catégorisation se caractérisent par la mise en évidence de la figuration d'une ou deux couches d'informations (Tableau 7.2).

classe	caractéristique
A	carte du bâti inondé
B	carte à l'échelle départementale avec le niveau d'eau en gradient de bleu
C	carte avec le niveau d'eau en gradient de bleu ou avec la figuration de l'AZI
D	carte qui met en évidence un bâtiment sous forme réelle et la route d'accès
E	carte qui met en évidence sous forme ponctuelle un bâtiment et sa ZRO correspondante
F	carte avec le niveau d'eau en gradient de rouge
G	carte avec une figuration détaillée pour quatre couches d'informations

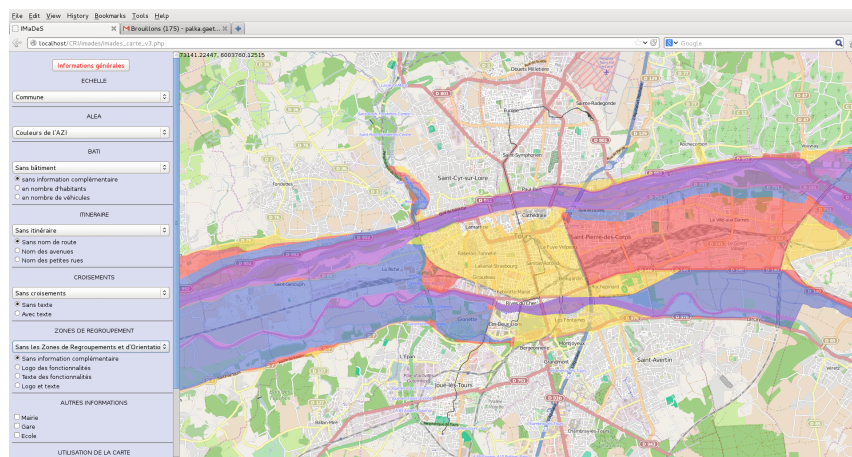
TABLE 7.2 – Caractéristique de chaque classe de 4 individus ou plus de la catégorisation en 10 classes

La catégorisation en 6 classes affine la première classification présentée sans rencontrer le problème des classes mono-individuelles ou bi-individuelles (Figure 7.31). Une première classe est composée, comme pour la classification à 3 classes, de 24 **cartes simples** représentant l'espace à l'échelle du quartier (Figure 7.32). Elles se composent d'une couche d'information avec soit une figuration simple si l'information représentée n'est pas l'événement, soit avec une figuration sous forme d'un gradient de bleu ou la figuration de l'AZI sinon. Les cartes de cette classe sont des cartes faciles et rapides à lire par la simplicité de la figuration ou son caractère prototypique. Une deuxième classe rassemblent 16 **cartes avec une quantité d'informations intermédiaire** (Figure 7.33). Ces cartes contiennent le phénomène mis en forme avec un gradient significatif de l'eau ou du danger et la localisation de la zone de sûreté. Ces deux données sont accompagnées d'une couche avec une figuration plurielle ou de deux couches avec une figuration singulière. La troisième et la quatrième classe sont proches de la précédente mais les couches de données surfaciques sont représentées sous forme ponctuelle ou iconique (Figures 7.34 et 7.35). Une cinquième classe regroupe 15 **cartes denses en informations** par leur nombre et la pluralité de leurs figurations (Figure 7.36). Ces cartes sont similaires à celles de

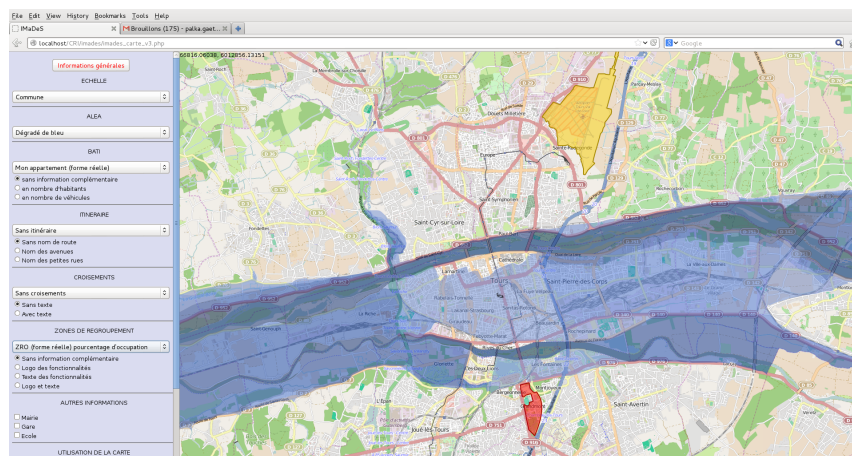
7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

la deuxième classe. Ces cartes contiennent les couches du phénomène mis en forme avec un gradient significatif de l'eau ou du danger et la localisation de la zone de sûreté auxquelles s'ajoutent deux couches dont les figurations sont plurielles. La dernière classe est proche de la précédente mais les couches de données surfaciques sont représentées sous forme ponctuelle (Figure 7.37).

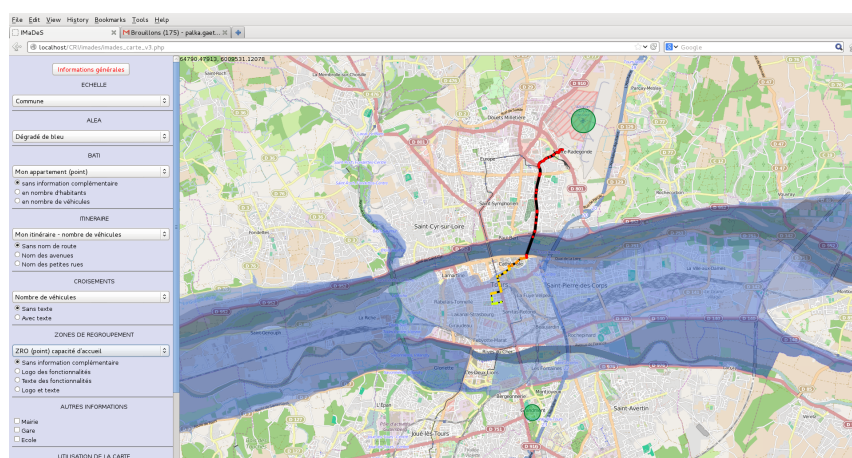
7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES



(a) Parangon des cartes simples



(b) Parangon des cartes denses par le détail



(c) Parangon des cartes denses par la diversité

FIGURE 7.30 – Parangons de la catégorisation en 3 classes

7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

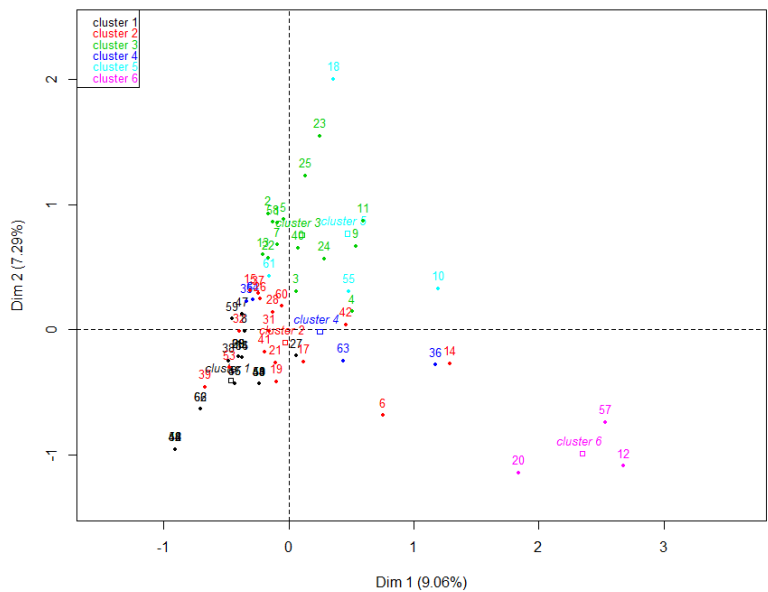


FIGURE 7.31 – Classification en 6 groupes de modèle cartographiques

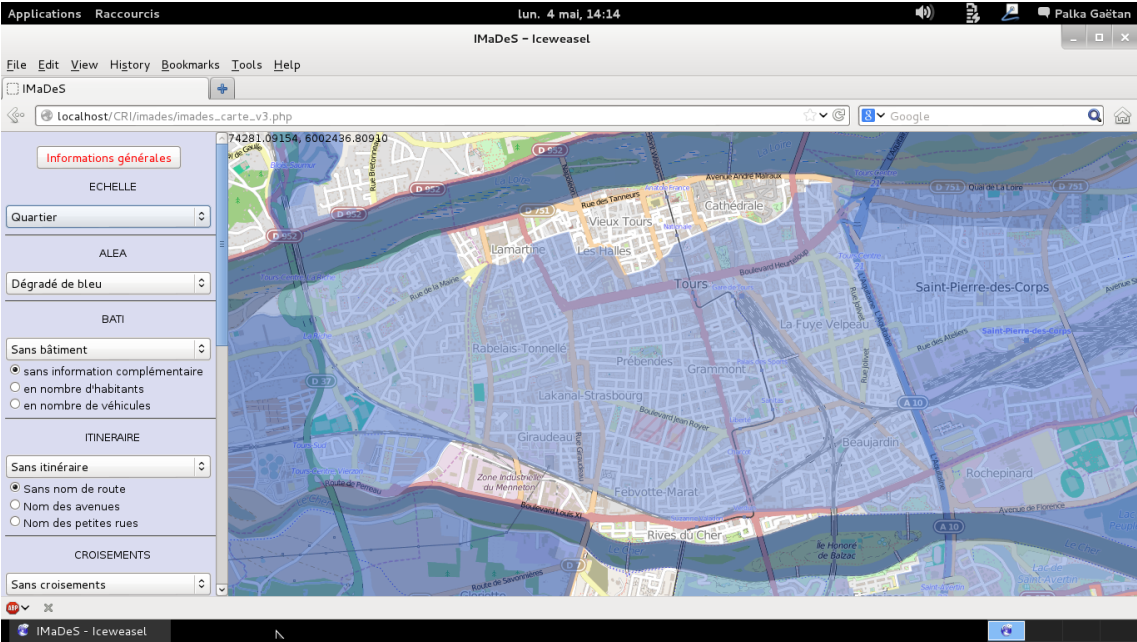


FIGURE 7.32 – Parangon de la première classe

7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

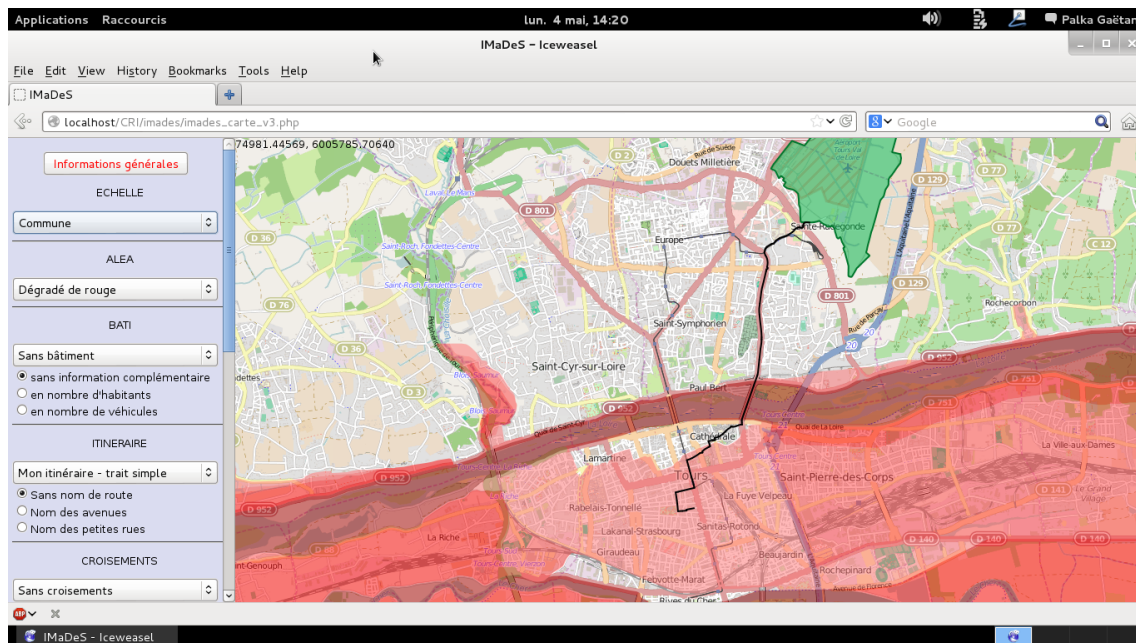


FIGURE 7.33 – Paragon de la deuxième classe

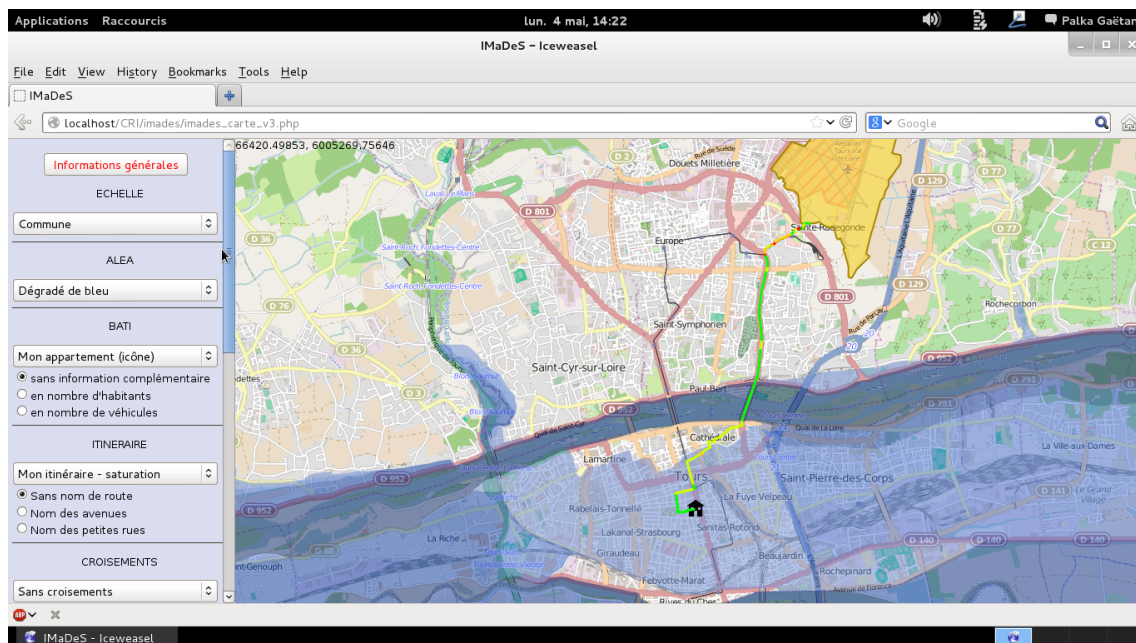


FIGURE 7.34 – Paragon de la troisième classe

7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

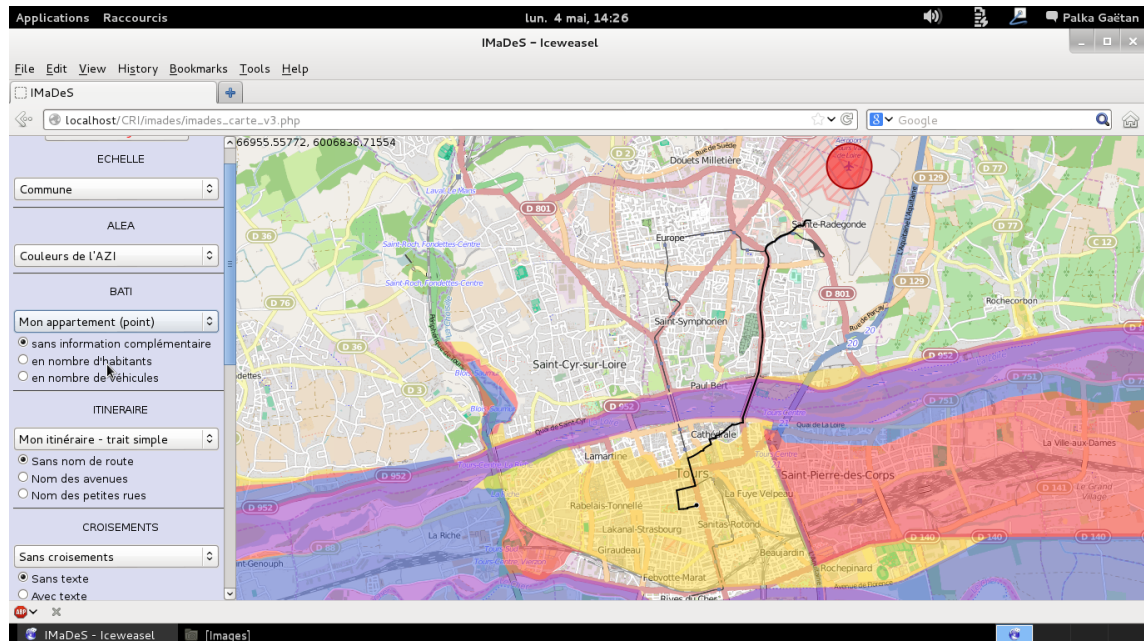


FIGURE 7.35 – Parangon de la quatrième classe

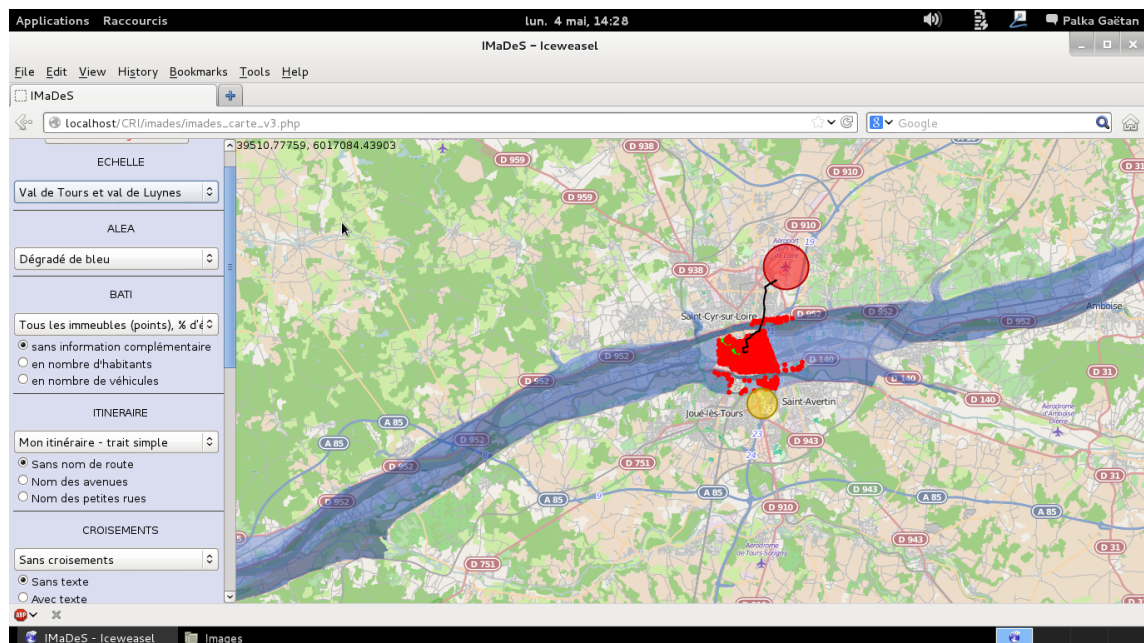


FIGURE 7.36 – Parangon de la cinquième classe

7.2. MODÈLES CARTOGRAPHIQUES

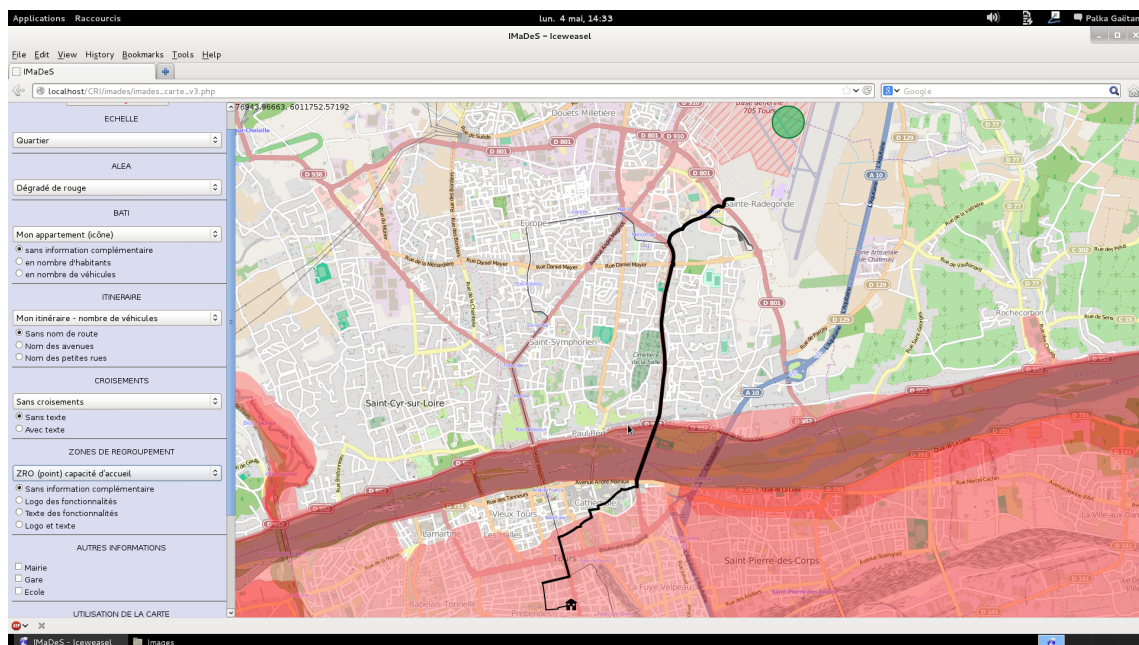


FIGURE 7.37 – Paragon de la sixième classe

Chapitre 8

Construction des profils cartographiques

Le croisement des MC avec les PU permet de construire dix profils cartographiques. Ce nombre important de profils au regard du nombre de cartes produites met en exergue la diversité des besoins et des préférences des acteurs impliqués lors de la phase d'évacuation des communes des vals de Tours et de Luynes.

Les sections 8.1 à 8.3 expliquent les profils cartographiques élaborés et détaillent les cartes correspondantes construites pour la phase d'évaluation. L'utilisation des parangons¹ issus IMaDeS n'est pas suffisant car (1) les décideurs locaux et les forces de secours ont demandé d'autres figurations et proposent d'autres mises en page et (2) les SIG bureautiques permettent des figurations plus fines que celles proposées dans IMaDeS et demandées par les volontaires.

1. Un parangon est l'individu le plus représentatif d'une classe.

8.1 Cartes d'aléa et d'évacuation pour les habitants

Les habitants sont demandeurs de trois grands profils. Le premier est un profil d'information sur l'inondation. Les deux autres sont des cartes d'itinéraire simplifié ou détaillé.

8.1.1 Carte d'inondation

Un premier profil cartographique est une **carte simple du phénomène**. La carte se compose de la couche d'information de la hauteur d'eau mise en forme avec un gradient bleu ou rouge. Ce profil est similaire à la carte de l'AZI utilisée actuellement dans le cadre de l'information préventive. Ce modèle pose la question de l'efficacité de la communication par l'intermédiaire du DICRIM qui repose généralement sur la cartographie de l'AZI pour la partie relative à l'inondation. On peut ainsi se poser la question suivante : ce profil cartographique reflète-t-il une figuration inadaptée dans l'AZI ou un manque de pertinence du document d'information préventive ?

Trois cartes basées sur ce profil ont été construites : deux pour la commune de Berthenay (Figures 8.1 et 8.2) et une pour la commune de Tours (Figure 8.3). Ce choix permet aux habitants de visualiser le profil sur deux communes de natures différentes et d'affiner ce profil. La commune de Berthenay est une petite commune sans sectorisation et la commune de Tours, principale communes des vals étudiés, est découpée en secteurs d'intervention. La quantité d'information sur ces cartes est très faible et deux possibilités de carton sont intégrées : un carton textuel sur une carte de Berthenay qui informe sur le moment du départ et le nom du point de passage recommandés pour la mise en sûreté, un carton graphique qui localise le quartier montré par la carte de Tours. Comme le montrent Sattler et Marchel [SM02] l'ajout d'informations, jusqu'à un certain seuil, permet d'obtenir une carte plus impactante

8.1. CARTES D'ALÉA ET D'ÉVACUATION POUR LES HABITANTS

pour le lecteur.

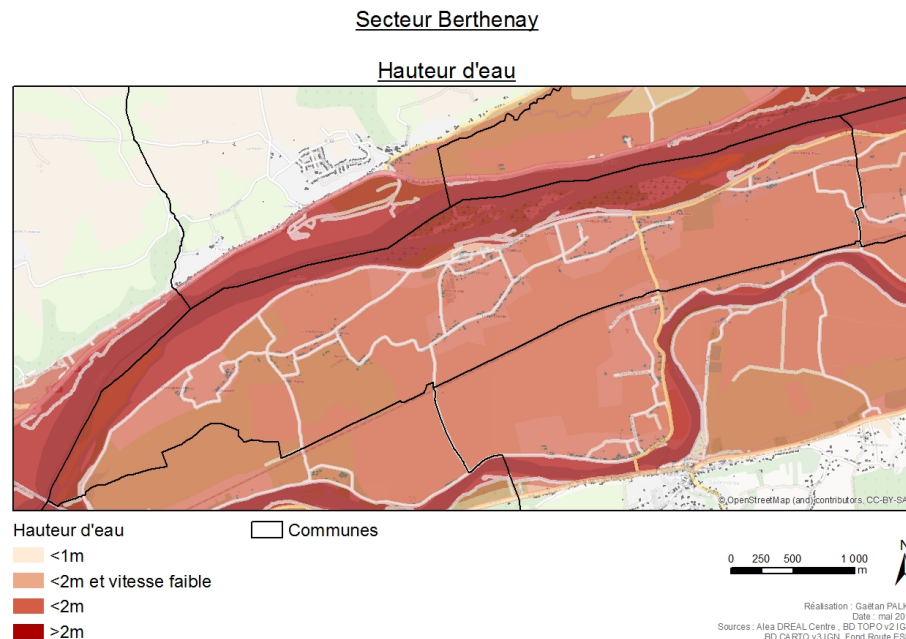


FIGURE 8.1 – Carte d'événement sur la commune de Berthenay selon le profil « carte simple du phénomène » brut

8.1.2 Carte d'itinéraire simplifié

Un deuxième profil est une **carte d'itinéraire simplifié** (Figure 8.4). Cette carte instruit sur l'itinéraire et la zone de sûreté associée sans intégrer d'information complémentaire. Le bâti est soit mis en évidence par le fond de plan sur l'ensemble du territoire cartographié soit mis en évidence sous une forme explicite et montre le point de départ de l'itinéraire.

8.1.3 Carte d'itinéraire détaillé

Un troisième profil se compose de **cartes d'itinéraire détaillé**. Il fournit une information plus complète sur l'itinéraire en détaillant sur les zones sensibles et donne une vision simplifiée de la zone de sûreté. Le point de départ de l'itinéraire ou

8.1. CARTES D'ALÉA ET D'ÉVACUATION POUR LES HABITANTS

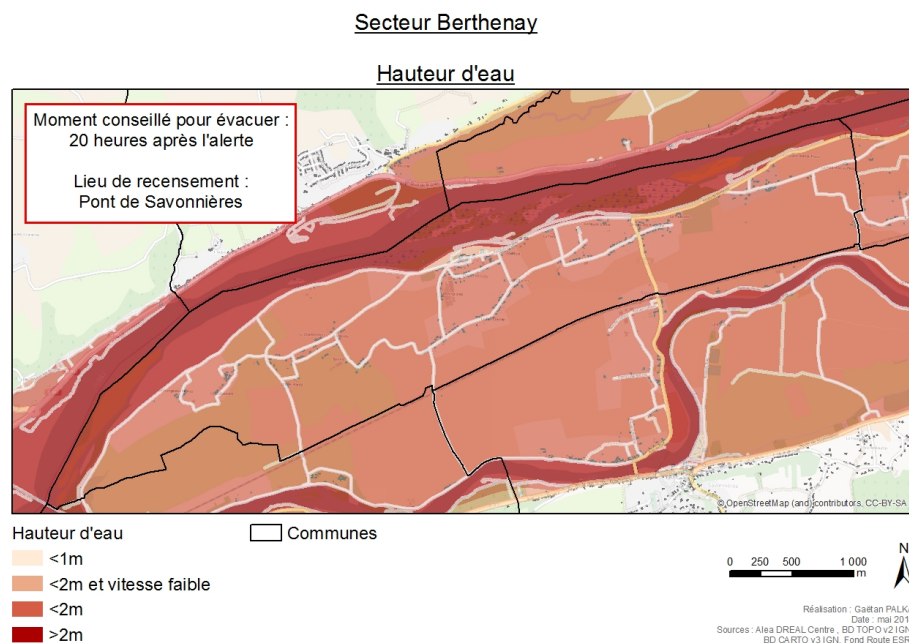


FIGURE 8.2 – Carte d'événement sur la commune de Berthenay selon le profil « carte simple du phénomène » complété

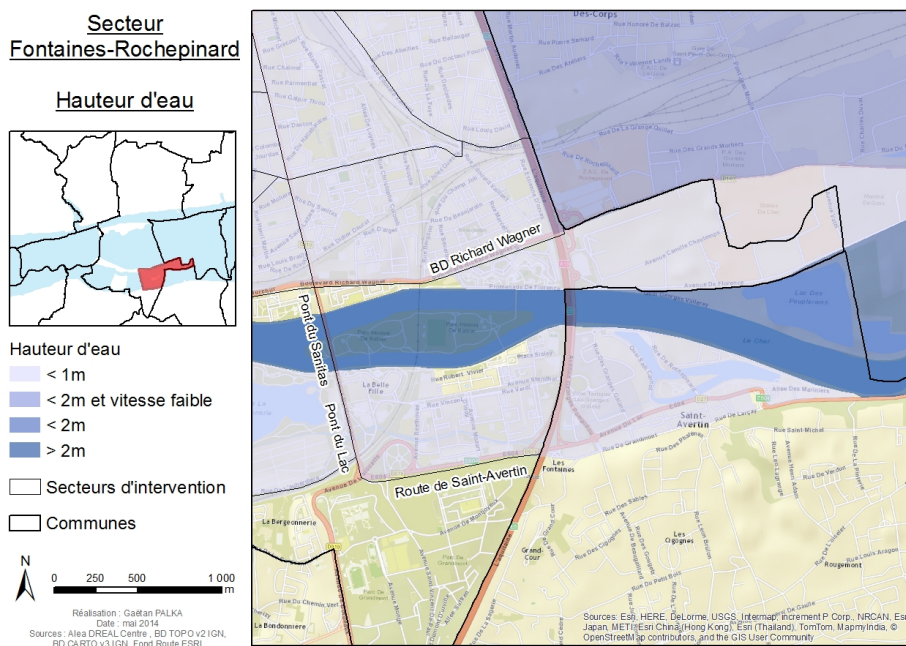


FIGURE 8.3 – Carte d'événement sur un quartier de Tours selon le profil « carte simple du phénomène »

8.2. CARTES MONO-THÉMATIQUES POUR LES SECOURS

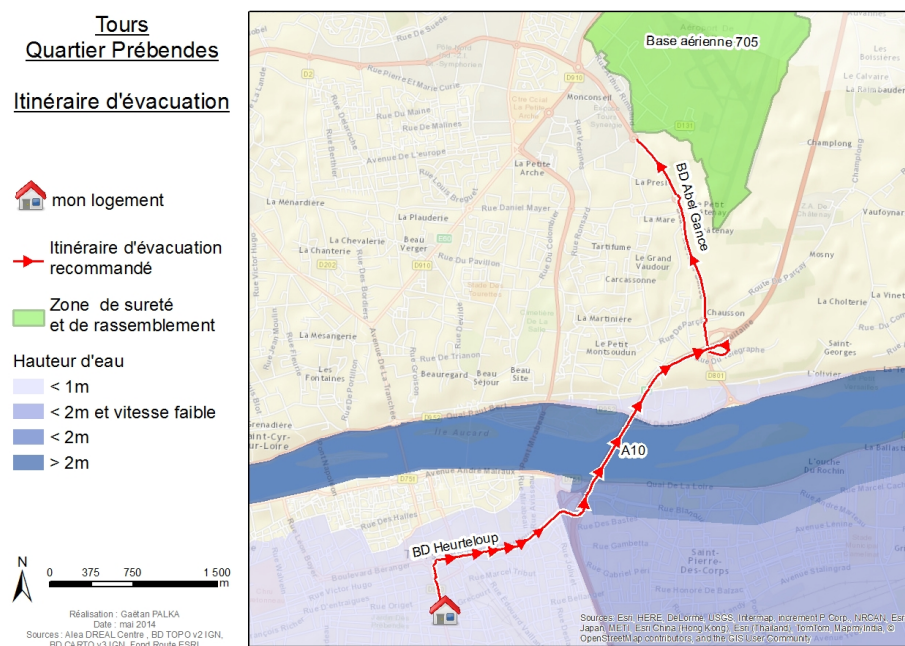


FIGURE 8.4 – Profil « itinéraire simplifié »

le logement de l'habitant doit être aisément détectable sinon représenté de manière explicite (icône).

8.2 Cartes mono-thématiques pour les secours

Les profils cartographiques des forces de secours sont des cartes mono-thématiques. Contrairement aux cartes pour les habitants et les décideurs locaux, les forces de secours suivent un ensemble d'actions pour chacune desquelles une **carte synthétique** est nécessaire. La notion de zone d'intervention, définie par sa dimension spatiale et sa cible, est un facteur prédominant dans les profils de cette catégorie d'acteurs.

Cartes d'itinéraires détaillées

Un profil est spécifique aux représentants du Service d'Incendie et de Secours du CHU Bretonneau et rassemble des **cartes d'itinéraires détaillées** (Figure 8.6).

8.2. CARTES MONO-THÉMATIQUES POUR LES SECOURS

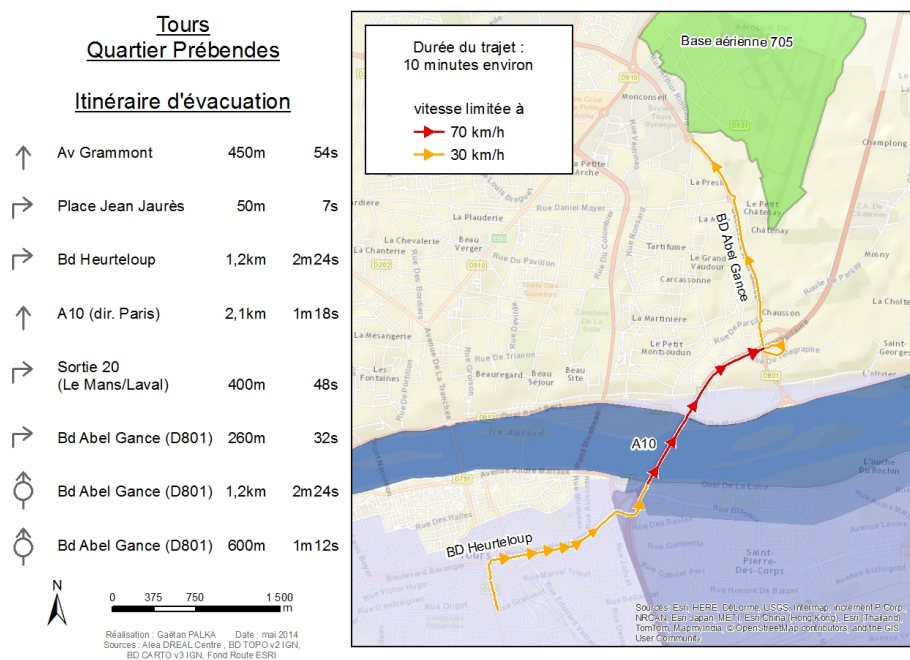
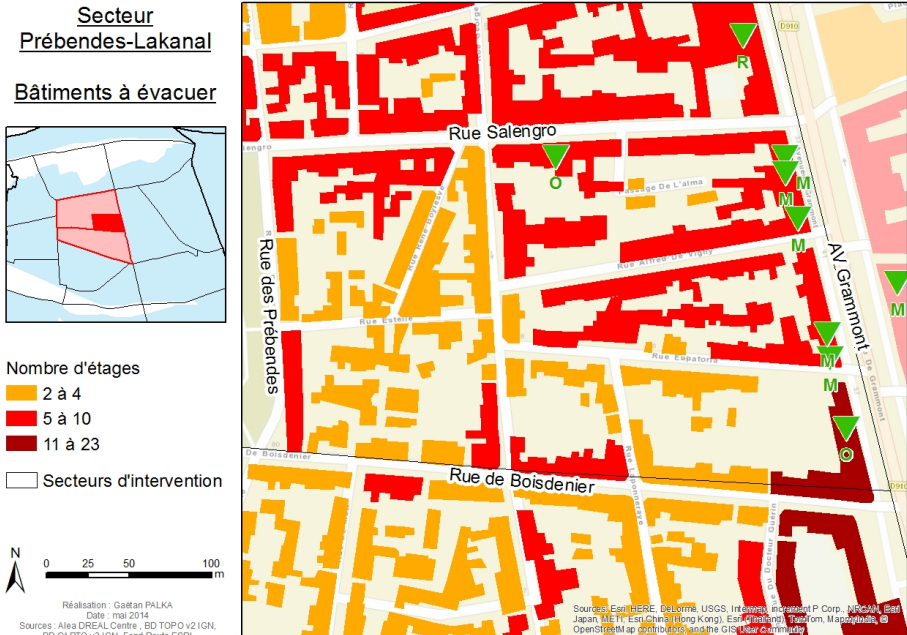


FIGURE 8.5 – Profil « itinéraire détaillé »

Leur mission est d'organiser l'évacuation de chaque service de l'hôpital. Leur zone d'intervention se limite au périmètre de celui-ci alors que l'évacuation des patients concerne un périmètre plus large qui peut dépasser les limites communales. La carte type qui est utile ne leur est pas destinée. Elle est à destination des personnels du CHU et des véhicules de transport de patients. Ce profil détaille pour chaque service de l'hôpital la destination (hôpital d'accueil ou structure temporaire hors zone inondable) et l'itinéraire correspondant. L'itinéraire informe sur les difficultés de transport (zone de ralentissement potentielles, voies dédiées ou partagées avec la population) et la zone d'accueil intègre des informations de contact, sur le matériel et la capacité d'accueil. La figuration de l'itinéraire est symbolique (utilisation de la variable couleur) tandis que celle de la zone d'accueil est textuelle. L'événement est également à représenter pour voir son impact sur les services et les itinéraires d'évacuation.



Les officiers du SDIS37 sont demandeurs de deux profils cartographiques car ils vont coordonner les interventions aux niveaux intercommunaux : aux échelles du département et des vals. Ils ont par conséquent besoin d'une **carte synthétique départementale** qui détaille les caractéristiques du phénomène de manière intuitive (gradient bleu ou rouge) et les zones de mise en sûreté. Ces dernières ne nécessitent pas de mise en forme détaillée en raison de l'échelle, « ... *de toute façon à cette échelle [départementale] les formes ne se verront pas et la couleur et la taille ne nous donne pas l'information qui nous intéresse le plus.* », mais sont à associer à des informations textuelles, « *le mieux c'est un tableau à côté avec toutes les informations dont on a besoin. C'est facile et rapide à lire, et c'est pareil pour toutes les [ZRO]. Et c'est plus facile à mettre à jour que les cartes. On change de personne qui gère la zone, on change la case dans le tableau.* », « *en plus vous voyez tout le texte à mettre sur [la] carte. Ce serait totalement illisible* » et « ... *il suffit de mettre un*

numéro ou une lettre à chaque zone pour la trouver rapidement de la tableau ». Une information complémentaire, bâtiments à évacuer ou itinéraires correspondants aux zones de sûreté, sans détail dans la figuration est à ajouter.

Carte synthétique des zones de sûreté à l'échelle des sous-zones à gérer

Un second profil dédié aux officiers du SDIS est une **carte synthétique des zones de sûreté à l'échelle des sous-zones à gérer**. Ce profil est similaire au précédent. Il détaille les caractéristiques du phénomène (gradient bleu) et les zones de sûreté. Il n'intègre plus les informations relatives au bâti et aux itinéraires. Le premier profil fournit une vision d'ensemble utilisé en amont de l'évacuation pour la planifier tandis que le second offre une vue adaptée à la zone à évacuer pour être utiliser au moment de l'évacuation. Cet usage en situation se caractérise par la nécessité d'une information certaine alors que la planification à plus petite échelle demande une ensemble de données plus important même si celles-ci ne sont pas certaines. Un niveau d'imprécision limité est accepté.

Cartes d'intervention

Un dernier profil dédié aux officiers et sous-officiers du CSP de Tours ressort. Il s'agit de **cartes d'intervention** qui permettent de réaliser deux grandes étapes de celle-ci : l'accès au site et l'intervention proprement dite. Ce profil se caractérise par la représentation de données sûres et de la temporalité du phénomène ainsi que par un besoin d'efficacité de lecture. Toutes les figurations doivent faciliter la lecture et la compréhension de la carte. L'information principale représentée est soit l'accès à la zone (Figure 8.7), soit l'organisation spatiale de la zone (Figure 8.8). Cette information est associée à une figuration singulière et complétée par une information textuelle (nom des rues, sens de circulation, entrées des bâtiments, ...). Le phénomène est représenté par une figuration sensoriellement rapide à détecter et cognitivement facile à interpréter. Les figurations retenues sont un gradient jaune-

8.3. CARTES DE SITUATION DENSES EN INFORMATION POUR LES DÉCIDEURS

orange-rouge, la figuration utilisée dans le PPRI et l'absence du phénomène à très grande échelle. La première facilite la lecture et la seconde permet d'exprimer rapidement une information importante : les contraintes d'accès.

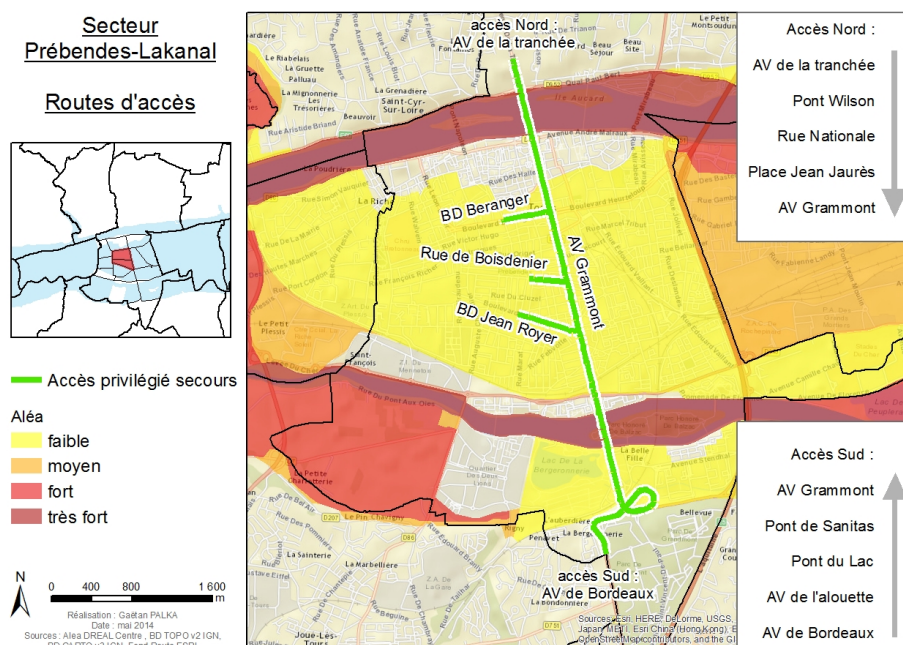


FIGURE 8.7 – Profil « intervention » avec l'accès à la zone d'intervention

8.3 Cartes de situation denses en information pour les décideurs

Les profils cartographiques des décideurs locaux se caractérisent par une quantité d'information plus importante que pour les autres catégories d'acteurs. L'usage de la carte et l'expertise des décideurs expliquent cette particularité. Alors que les habitants sont peu ou pas confrontés à la gestion du risque et de la crise ou aux forces de secours qui se concentrent sur une succession de missions précises, les décideurs locaux doivent appréhender la situation dans son ensemble. Pour cela, leurs cartes contiennent un nombre de données plus important et des figurations plus détaillées.

8.3. CARTES DE SITUATION DENSES EN INFORMATION POUR LES DÉCIDEURS

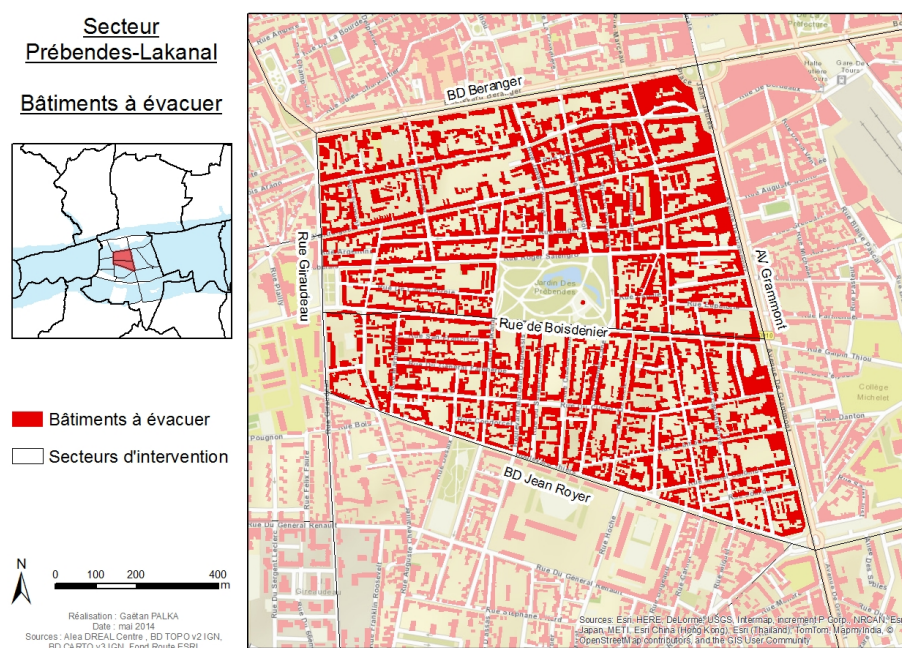


FIGURE 8.8 – Profil « intervention » avec l'organisation spatiale de la zone

Cartes des itinéraires préconisés exploités

Un premier profil rassemble les **cartes des itinéraires préconisés exploités** pour la zone en cours d'évacuation ou pour la zone suivante (Figure 8.9). Ces cartes intègrent la zone de sûreté correspondante qui doit être rapidement détectable à la fois sensoriellement et cognitivement. Aucune information complémentaire pour l'itinéraire n'est nécessaire en raison de l'évolution difficilement prévisible de son usage et de son intégrité suite à une inondation imprévue ou à un accident. Des informations sur la zone de sûreté tels que sa capacité, un moyen de contact ou un référent, les services et commodités présents sont à intégrer. Ce profil montre également l'évolution du niveau d'eau et les zones potentiellement inondées.

Cartes spécifiques aux bâtiments à évacuer

Un second profil regroupe les **cartes spécifiques aux bâtiments à évacuer**. Elles communiquent le maximum d'information possibles sur les habitants qui ré-

8.3. CARTES DE SITUATION DENSES EN INFORMATION POUR LES DÉCIDEURS

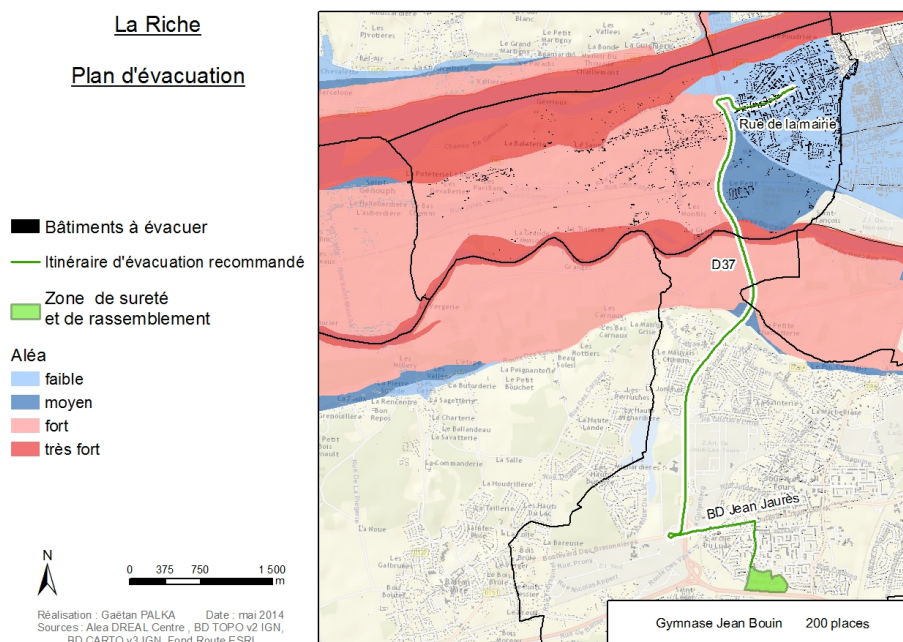


FIGURE 8.9 – Profil « itinéraires préconisés exploités »

sident sur un territoire intercommunal (tout le val ou la commune du décideur et les communes limitrophes). Elles permettent de prévoir les moyens spécifiques aux populations à mettre en œuvre tels que la répartition des personnels de gestion de l'ordre et de la Sécurité Civile communale, les matériels et les secours à mobiliser pour les personnels dépendantes (personnes à mobilité réduites, sans moyen de déplacement). Comme pour le profil précédent la zone de sûreté correspondant à la zone à évacuer est affichée et des informations relatives à son fonctionnement (capacité, contact, services) sont intégrées sous forme de texte ou de symboles.

Cartes détaillées de situation

Un troisième profil se compose de **cartes détaillées de situation**. Elles se caractérisent par un nombre de données plus importantes que tous les autres profils et par un détail plus important de la figuration de chaque donnée. Les données à figurer sont préférentiellement les caractéristiques démographiques du bâti, les informations sur le trafic et celles relatives au fonctionnement de la zone de sûreté.

8.4. CONCLUSION

Ce profil est demandé par les décideurs qui gèrent l'accessibilité entre la zone à évacuer et la zone de sûreté, à savoir les responsables de la Direction des Transports de la ville de Tours et un élu de petite commune.

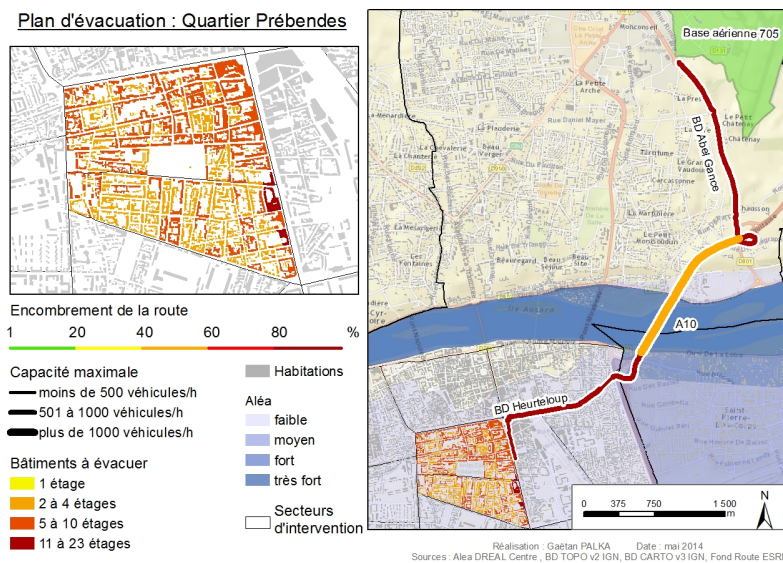


FIGURE 8.10 – Profil « situation détaillée »

8.4 Conclusion

Les PC issus de la phase de création des profils montrent une disparité des besoins en fonction des catégories d'acteurs et de leur mission lors de la phase d'évacuation. Les habitants se concentrent sur l'itinéraire à suivre et le risque encouru pour leur habitation. Les décideurs locaux ont besoin d'une vision générale pour prendre leurs décisions lors de l'évacuation et prévenir cette phase dans son ensemble. Leurs PC se caractérisent par une quantité d'informations importante tant dans sa diversité que dans le détail de sa figuration. Les représentants des forces de l'ordre, du fait de leur implication principalement lors de l'évacuation et de la rapidité d'action dont ils doivent faire preuve, sont demandeurs de cartes synthétiques, ciblées, faciles et rapides à lire et contenant des informations sûres.

Chapitre 9

Évaluation des profils cartographiques

Ce chapitre présente les résultats de l'évaluation des cartes issues des profils cartographiques créés à partir des résultats obtenus grâce à l'application IMaDeS. Cette analyse repose sur le ressenti et le taux de réponses correctes et est conjuguée aux mouvements oculaires pour expliquer l'efficacité des profils.

Comme le définissent Cauvin et al. [CES07], la carte est une image qui résulte d'une conception à la fois artistique et technique. De ce fait, la carte conduit à un ressenti différent [FCPM13]. La section 9.1 analyse, pour les cartes issues des profils créés à partir d'IMaDeS, le ressenti des lecteurs selon leur catégorie afin de définir si l'adaptation aboutit à des cartes plus utiles, c'est-à-dire adaptée pour répondre aux questions que se posent les volontaires.

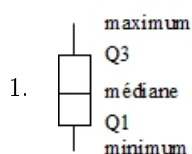
Mais une carte graphiquement adaptée ne conduit pas systématiquement à une carte efficace [Dom10]. La section 9.2 étudie la compréhension de plusieurs profils cartographiques, un des deux facteurs qui caractérisent une carte efficace avec une durée de lecture faible [Che04]. Ce deuxième facteur est maîtrisé dans la phase

d'évaluation par la limitation du temps de lecture à 15 secondes.

Dans ce chapitre, le terme *profils « population »* (respectivement *profils « secours »*, *profils « décideurs »* et *profils « témoins »*) désignent les profils cartographiques spécifiques aux habitants (respectivement aux forces de secours, aux décideurs locaux et construits à partir des cartes existantes actuellement) élaborés lors de l'étape de création des profils.

9.1 Évaluation de l'utilité ressentie

La figure 9.1¹ montre l'évaluation par les volontaires de l'utilité de profils spécifiques à chaque catégorie. Les décideurs locaux et les forces de secours considèrent les profils cartographiques « témoin » et les profils « population » comme les plus utiles pour répondre à leurs questions. Pour ces acteurs, les cartes habituellement utilisées sont proches des cartes issues du profil « témoin » et s'apparentent à un prototype cartographique. Les cartes issues du profil « population » sont parmi celles considérées comme les plus lisibles par leur quantité d'informations adaptées et la saillances des principaux objets cartographiques. Pour les habitants, l'utilité est jugée la meilleure pour les cartes issues des profils « population ». L'utilité évaluée par les habitants pour les cartes issues du profil « témoin » cache une disparité importante entre la carte produite selon les recommandations pour l'élaboration du PPRI et de l'AZI pour laquelle l'utilité est considérée moyenne avec une médiane évaluée à 5 et celle utilisant une vue aérienne dont l'utilité médiane est évaluée à 8.



La boîte à moustache est un outil statistique qui met en évidence la dispersion des valeurs obtenues. Les indicateurs utilisés pour la construire sont la valeur minimale, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et la valeur maximale

9.1. ÉVALUATION DE L'UTILITÉ RESSENTIE

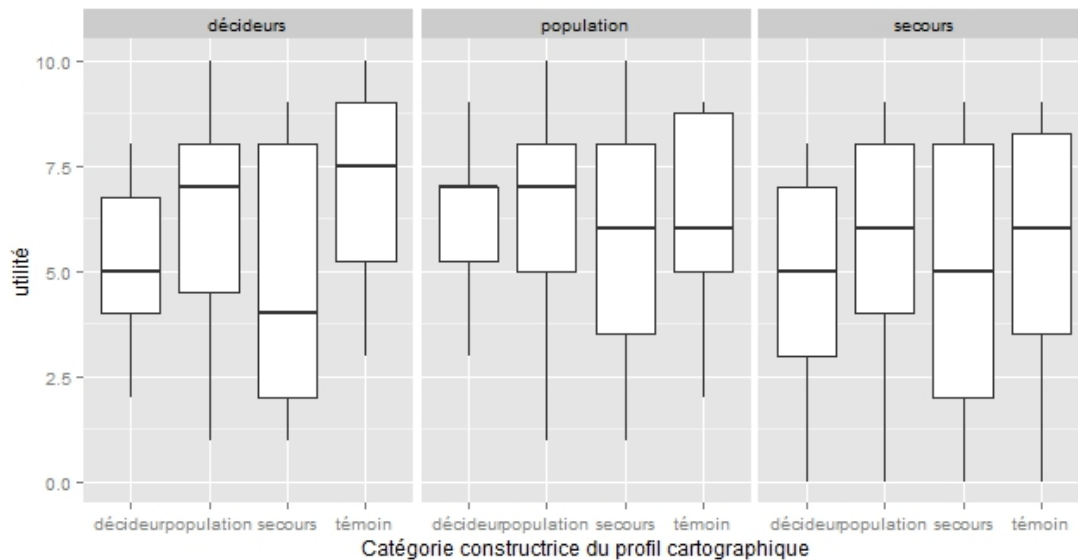


FIGURE 9.1 – Utilité selon le profil cartographique

La figure 9.2 montre l'évaluation de l'utilité par les représentants des différentes catégories d'acteurs et la figure 9.3 présente les trois cartes qui affichent l'utilité la plus importante (colonne de gauche) pour les décideurs locaux (ligne du haut), les habitants (ligne centrale) et les forces de secours (ligne du bas).

Les cartes les plus utiles, quelque soit la catégorie d'acteurs sont des cartes issues des profils « population » (cartes b, c, d, e, h et i de la figure 9.3) et une carte témoin (cartes a, f et g de la figure 9.3). A l'exception des cartes c (carte d'aléa avec un carton d'information sur le moment recommandé pour évacuer et le nom de la zone de sûreté) et h (carte d'aléa avec localisation et les routes bordant la zone à évacuer), ce sont toutes des cartes qui représentent la route d'accès ou d'évacuation.

L'analyse des liens entre la quantité d'informations perçue, la lisibilité de la carte et son utilité met en évidence des tendances générales et spécifiques aux catégories d'acteurs (Figures 9.4, 9.5 et 9.6). Les trois graphiques suivants représentent pour chaque catégorie d'acteurs et chaque groupe de profils de cartes (les profils « popula-

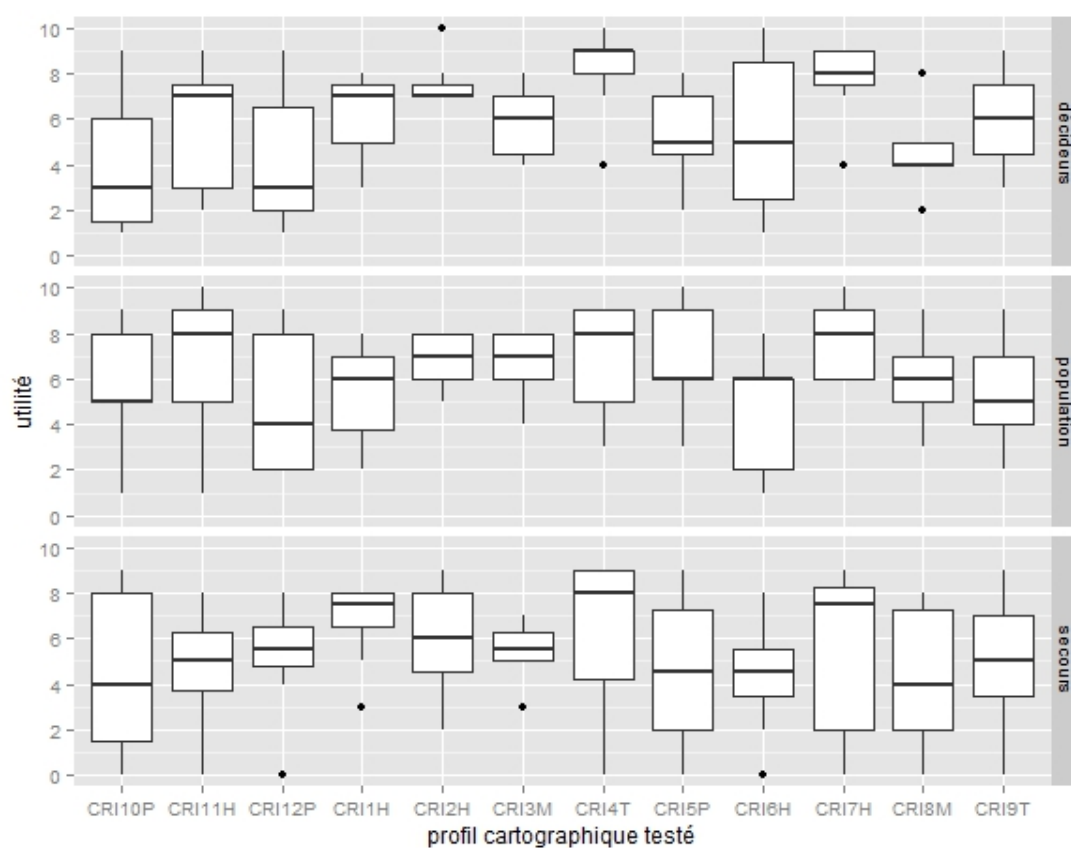


FIGURE 9.2 – Utilité des profils cartographiques par catégorie d'acteurs

9.1. ÉVALUATION DE L'UTILITÉ RESSENTIE

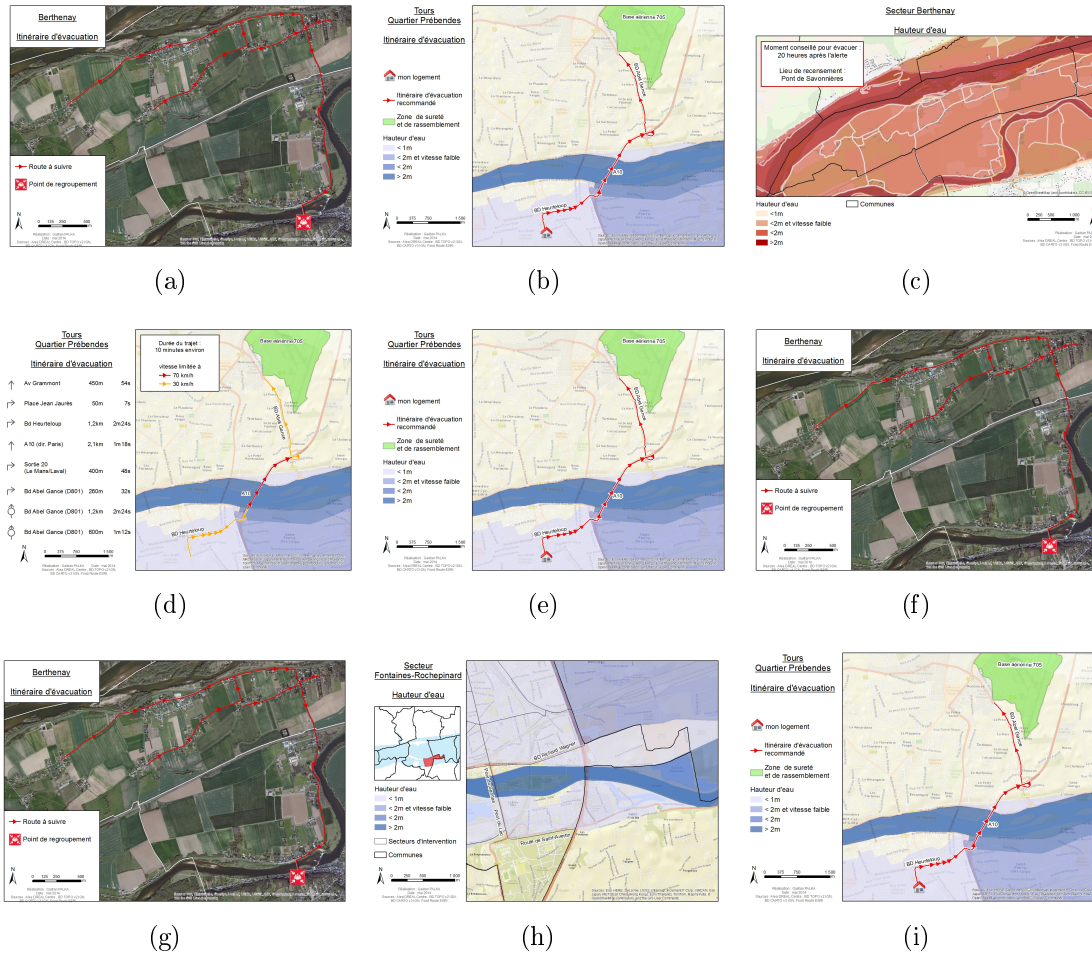


FIGURE 9.3 – Profils représentatifs de l'utilité selon la catégorie d'acteurs

tion », « secours », « décideurs » et « témoin ») l'évaluation deux à deux des aspects subjectifs. Chaque point représente une carte testée évaluée par un volontaire. La courbe bleue montre la valeur de la moyenne mobile en trois points pour mettre en évidence la tendance du lien entre les deux aspects subjectifs évalués. La zone grisée montre l'erreur-type correspondante avec un intervalle de confiance de 0,95.

Pour les habitants et les décideurs, la relation entre l'utilité et la lisibilité s'approche d'une courbe croissante linéaire. En simplifiant la relation par la considération d'une corrélation linéaire pour ces deux catégories, les valeurs du coefficient de corrélation R^2 sont pour les décideurs locaux (respectivement la population) de 0,82,

9.1. ÉVALUATION DE L'UTILITÉ RESSENTIE

0,83, 0,62 et 0,77 (respectivement 0,86, 0,78, 0,88 et 0,77) pour les profils issus des décideurs, de la population, des forces de secours et les profils témoins. Pour les forces de secours, le lien entre la lisibilité et l'utilité est moins marquée. Un autre paramètre semble influencer sur l'utilité. Comme montré dans la section 7.1, les représentants des forces de secours sont demandeurs d'informations spécifiques à leurs missions et l'adéquation entre ces missions et les données est sans doute le facteur principal.

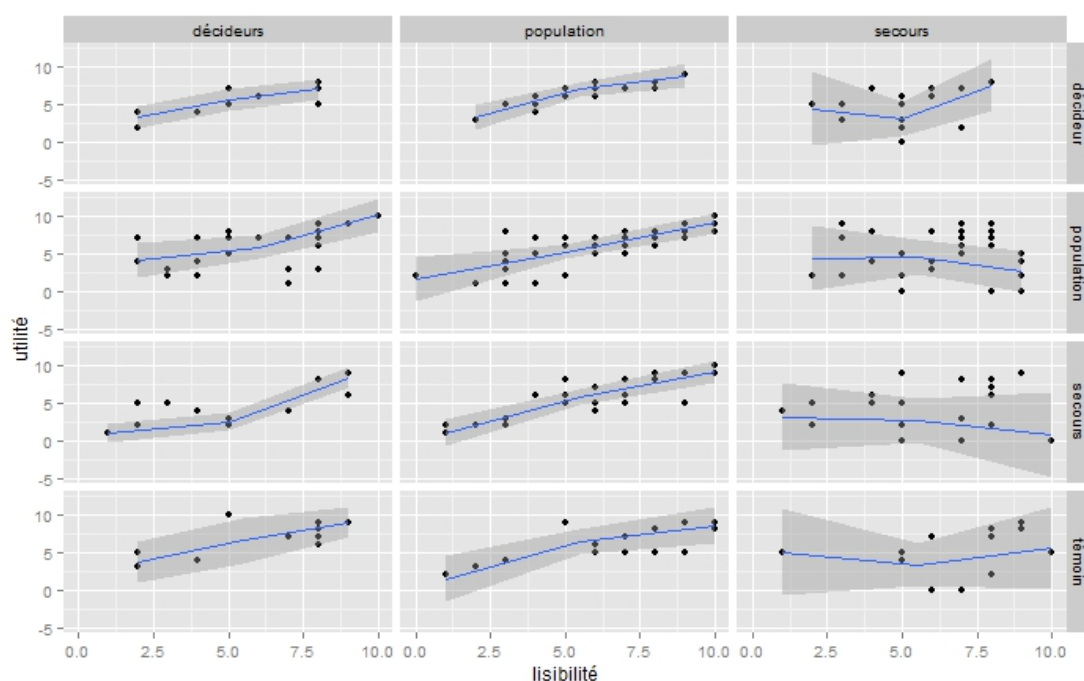


FIGURE 9.4 – Lien entre la lisibilité et l'utilité

Les liens entre la quantité d'information perçue et la lisibilité ou l'utilité de la carte lue montrent une évolution différente (Figures 9.5 et 9.6). Comme dans l'analyse de la relation entre utilité et lisibilité, deux tendances apparaissent et opposent les forces de secours aux habitants et aux décideurs locaux. Ce changement s'explique par le déplacement de la valeur optimale cognitive sur l'échelle de notation. Pour la lisibilité et l'utilité, plus la valeur choisie est importante, plus la lisibilité ou l'utilité

9.1. ÉVALUATION DE L'UTILITÉ RESSENTIE

est en adéquation avec ce que le volontaire recherche. Pour la quantité d'information, plus la valeur choisie est grande, plus la quantité d'information est importante. Or les volontaires ne cherchent pas à avoir une carte la plus dense en information mais la carte suffisamment dense pour trouver l'information cherchée mais pas trop dense pour ne pas se perdre dans les informations superflues.

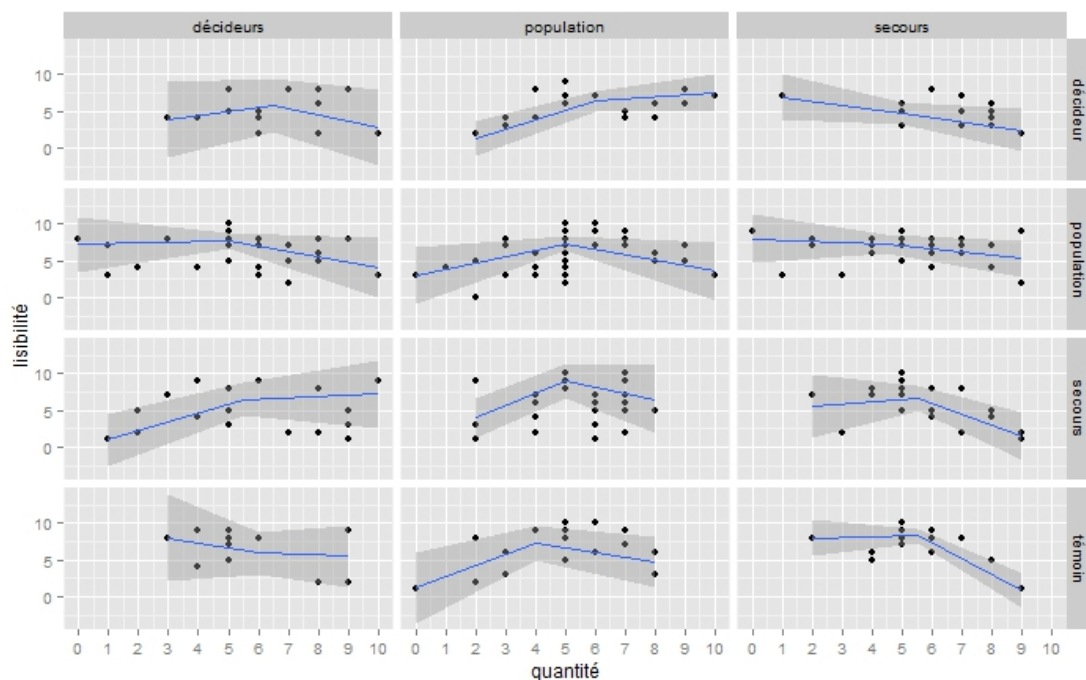


FIGURE 9.5 – Lien entre la lisibilité et la quantité d'informations perçue

Pour les forces de secours, l'augmentation de la quantité d'informations perçue fait chuter la lisibilité de la carte avec un point de changement de pente à une valeur de 5 ou 5,5, soit une quantité d'informations intermédiaire. Le schéma est différent pour les habitants et les décideurs locaux. L'augmentation de la quantité d'information, dans la majorité des cas, améliore la lisibilité de la carte jusqu'à un seuil (de 5 à 6,5 pour les décideurs et 4 à 6 pour les habitants) puis la dégrade. Cette différence s'explique par l'usage fait de la carte : les forces de secours utilisent la carte comme un outil opérationnel dans une situation où la rapidité est primordiale tandis

9.1. ÉVALUATION DE L'UTILITÉ RESSENTIE

que les décideurs locaux et les habitants l'utilisent comme aide à la décision, usage qui demande une information d'ensemble et lequel le temps n'est plus le facteur primordial.

La même évolution que pour la lisibilité est observé pour la relation entre l'utilité et la quantité d'informations perçue. Comme le montre Duboy-Maury [DM05], *« cela confirme que plus d'information ne signifie pas nécessairement efficacité de communication et que la qualité des informations est un préalable nécessaire mais pas suffisant à la bonne communication. »*

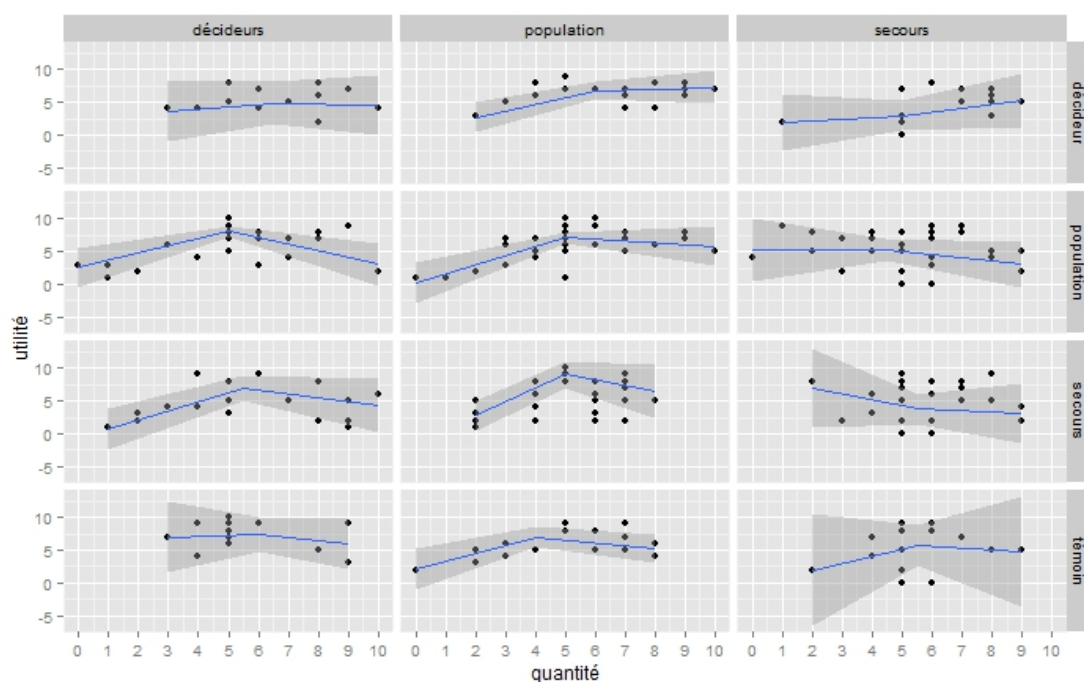


FIGURE 9.6 – Lien entre l'utilité et la quantité d'informations perçue

9.1.1 Conclusion

Les cartes les plus utiles se caractérisent par une quantité d'informations contenue. Cette dernière est légèrement plus élevée pour les décideurs locaux que les

habitants ou les forces de secours.

9.2 Impact de l'adaptation sur la compréhension

Le graphique 9.7 montre pour chaque carte le niveau médian de bonnes réponses aux 2 questions de compréhension et leur dispersion en fonction de la catégorie d'acteurs.

Les cartes construites à partir des profils « habitant » et la carte témoin utilisant la vue aérienne comme fond sont celles qui sont les plus efficaces sur le plan de la compréhension. Ces cartes (Figure 9.8) se caractérisent par une quantité très limitée d'information avec une seule donnée (hauteur d'eau ou itinéraire) qui peut être accompagnée d'une information textuelle complémentaire.

A l'opposé 2 cartes créées à partir des profils « forces de secours » et une carte issue des profils « décideurs » affichent un taux de réponses correctes inférieur à 25% pour au moins 2 catégories d'acteurs (Figure 9.9). Ces cartes se caractérisent par :

- une quantité d'informations importante par sa diversité des couches de données et le détail des figurations associées (9.9 (c)). Cette carte se compose de 6 couches d'informations (bâti de la zone à évacuer, bâti hors zone à évacuer, itinéraire d'évacuation, zone de sûreté, limites communales, niveau d'aléa) avec une figuration détaillée allant d'une classe pour la zone de sûreté ou les limites communales à 5 classes pour la saturation de l'itinéraire ;
- le nombre élevé d'éléments qui constituent la carte (9.9 (b)). Cette carte est constituée de 7 éléments dispersés (2 cartons textuels, 1 carton graphique, le titre, la légende, la zone graphique et un bloc d'éléments secondaires) ;
- l'absence de l'explication d'un symbole non intuitif (9.9 (a)). Cette carte utilise des symboles conventionnels des forces de secours et sont composés d'une forme géométrique couplée à une lettre. Le lecteur ne connaissant pas

9.2. IMPACT DE L'ADAPTATION SUR LA COMPRÉHENSION

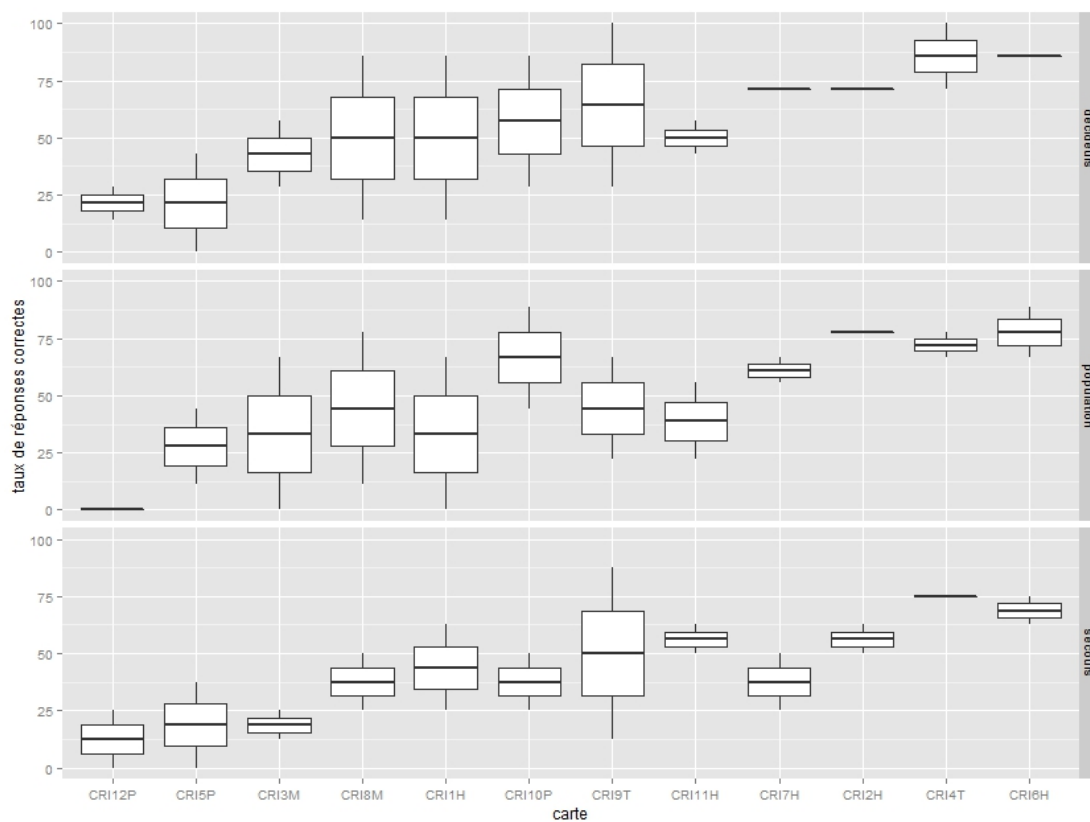


FIGURE 9.7 – Pourcentage de réponses justes par carte selon la catégorie d'acteurs

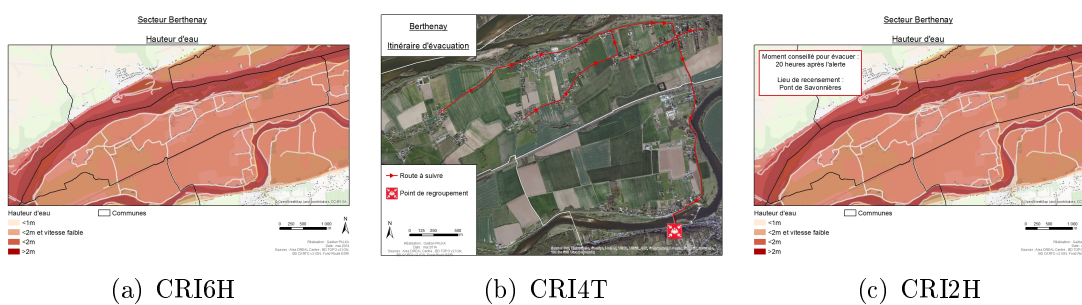


FIGURE 9.8 – Profils offrant le meilleur taux de réponses correctes

9.2. IMPACT DE L'ADAPTATION SUR LA COMPRÉHENSION

ce symbole ou le rencontrant peu couramment ne peut pas l'associé à une représentation mentale.

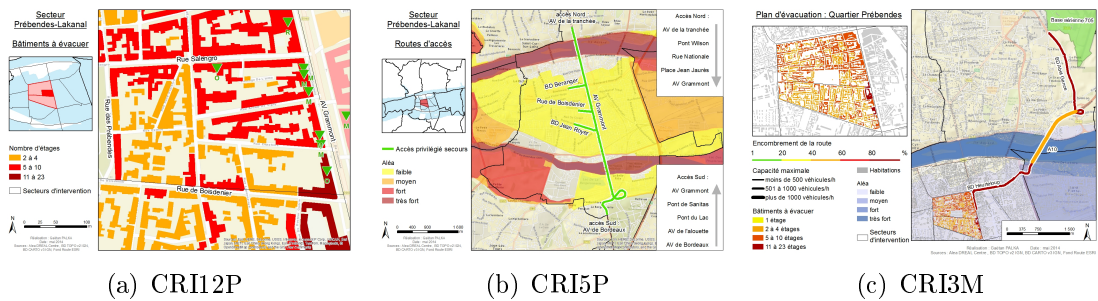


FIGURE 9.9 – Profils offrant le moins bon taux de réponses correctes

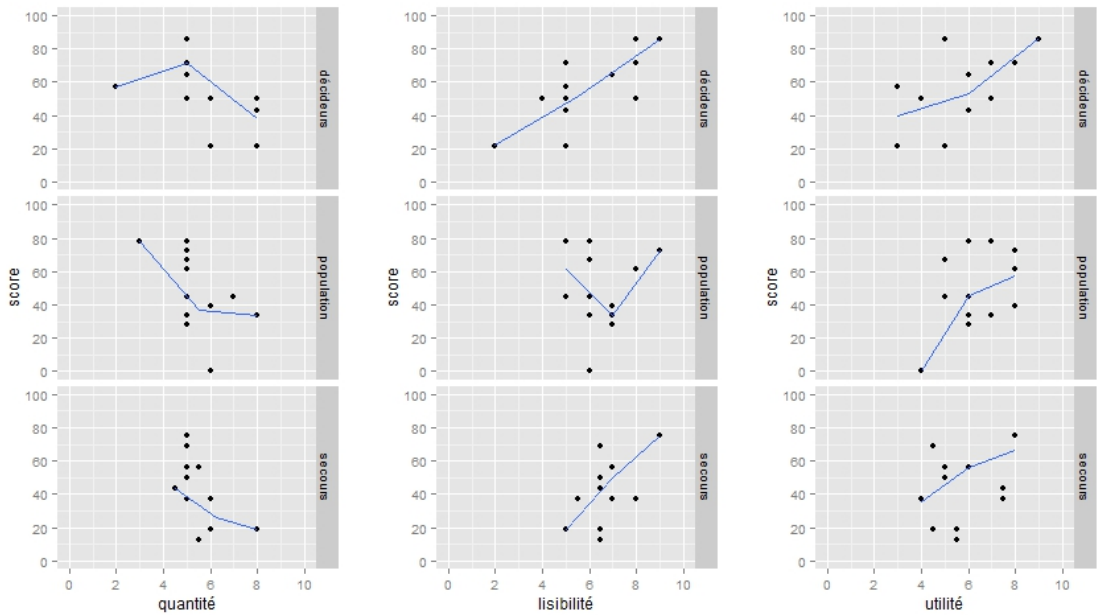


FIGURE 9.10 – Score médian de chaque carte selon la valeur médiane de chaque critère subjectif

9.3 Détection des zones d'intérêt et des points de difficulté cognitive

Deux approches complémentaires permettent d'analyser la lecture d'une scène visuelle. La première est une analyse statistique, c'est-à-dire l'analyse des caractéristiques des fixations (durée, nombre, position, densité, ...). La seconde est une analyse spatio-temporelle, c'est-à-dire l'étude et la comparaison des stratégies visuelles (analyse vectorielle, distance d'édition, de Lovenstein, de Mannan, ...) [LMB13]. La première approche est celle utilisée dans cette recherche. Elle met en évidence les zones d'intérêt par la définition des zones à forte concentration de fixations et les zones de difficulté de lecture par la mise en évidence des fixations d'une durée supérieure à 550ms.

9.3.1 Zones d'intérêt

La localisation des fixations permet de définir quelles zones de la carte attirent le regard par leur caractéristique graphique ou informationnelle. Dans le cadre de la lecture d'une carte dans le but de répondre à une question (quel itinéraire suivre, où se situe la zone de sûreté vers laquelle se rendre, quel bâtiment est en cours d'évacuation, ...), la caractéristique informationnelle est la principale composante explicative [Pin90], [Hak73] du déplacement de la zone fovéale.

La méthode de calcul des zones d'intérêt est d'abord détaillée puis les résultats spécifiques aux caractéristiques des cartes ou aux acteurs de l'évacuation sont présentés.

Les zones d'intérêt sont définies à partir d'une interpolation basée sur la position des points de fixation, le rayon de la zone fovéale, qui est la zone d'acquisition d'informations nettes, et la méthode non-paramétrique d'estimation par noyau reposant

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE

sur une fonction gaussienne standard (Figure 9.11). Le rayon de la zone fovéale est choisi comme paramètre pour mettre en évidence tous les points de la carte vus de manière nette, c'est-à-dire toutes les zones de la carte desquelles l'information est jugée importante par le lecteur. La figure 9.12 présente les endroits fixés par les représentants des forces de secours et la mise en évidence grâce à l'interpolation.

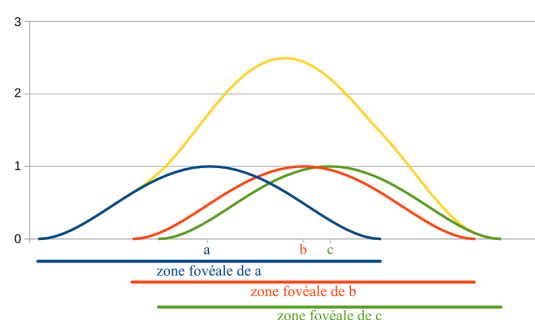


FIGURE 9.11 – Estimation par noyau de densité de fixations

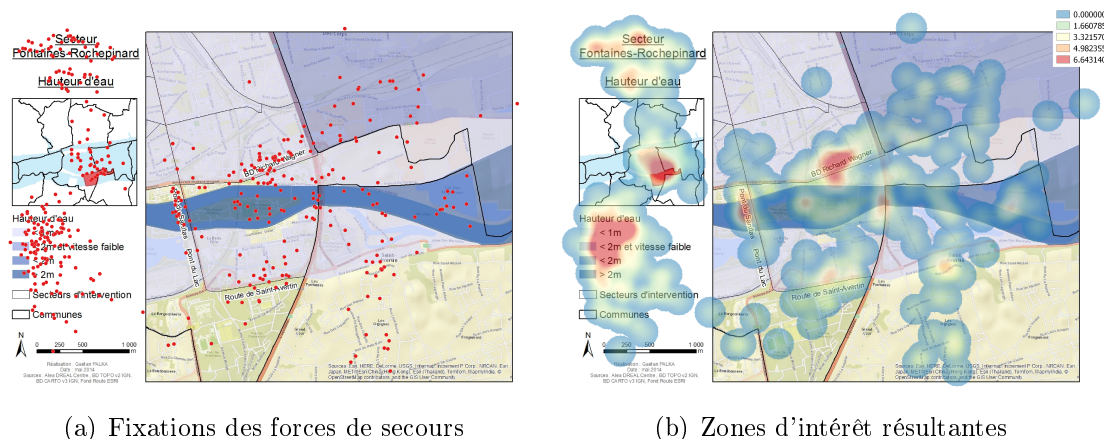


FIGURE 9.12 – Fixations et zones d'intérêt des forces de secours pour la carte issue du profil « carte simple du phénomène »

La recherche ne met pas en évidence de différence de stratégie de lecture des volontaires en fonction de leur catégorie (habitants, forces de secours, décideurs locaux). Le tableau 9.1 montre pour chaque carte la corrélation des densités de

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE

carte	habitants-secours	habitants-décideurs	secours-décideurs
CRI1H	0.53	0.31	0.27
CRI2H	0.73	0.60	0.64
CRI3M	0.42	0.44	0.33
CRI4T	0.53	0.54	0.41
CRI5P	0.41	0.50	0.44
CRI6H	0.66	0.65	0.52
CRI7H	0.45	0.32	0.35
CRI8M	0.59	0.60	0.58
CRI9T	0.39	0.41	0.35
CRI10P	0.66	0.52	0.53
CRI11H	0.62	0.61	0.61
CRI12P	0.63	0.56	0.50

TABLE 9.1 – Coefficient de corrélation des zones lues

fixations² de chaque catégorie d'acteurs calculés à partir de l'interpolation effectuée sur les fixations. L'analyse spatio-temporelle aboutit à la même conclusion. La figure 9.13 montre la classification des stratégies de lecture des cartes présentées basée sur la distance de Lovenstein³

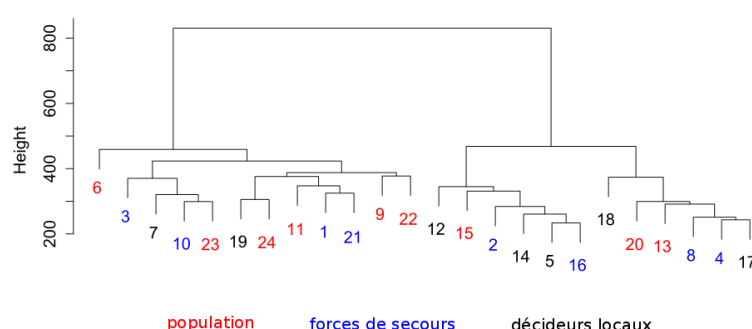


FIGURE 9.13 – Classification des stratégies de lecture des cartes selon la distance de Lovenstein

2. Les coefficients de corrélation sont calculés à partir de [SC68] implémenté dans le logiciel ArcMap.

3. La stratégie visuelle de chaque volontaire sur chaque carte est codée en fonction de la zone fixée (G pour la zone graphique, T pour le titre, L pour la légende, C pour les cartons, A pour les autres zones) est la distance de Lovenstein est calculée. Une matrice de distance entre la stratégie de chaque volontaire est calculée pour chaque carte et une classification est réalisée.

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE

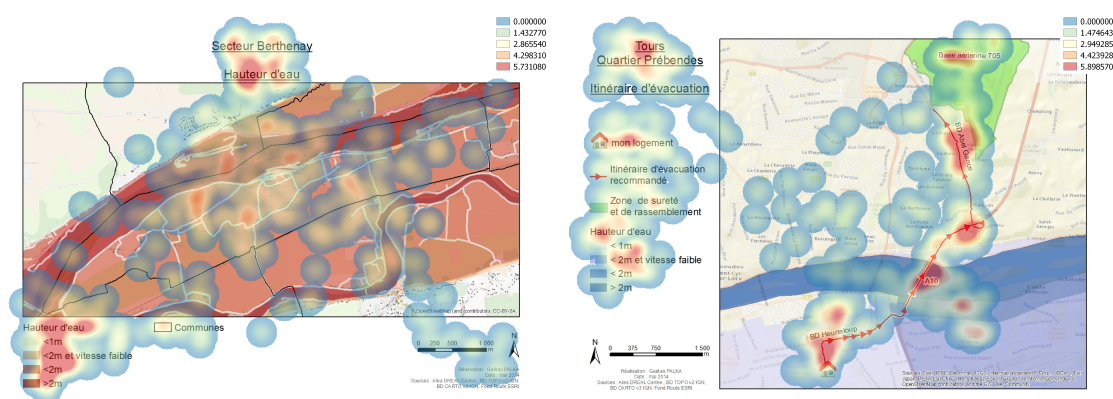
Les zones qui concentrent les fixations des volontaires sont de deux natures :

- les zones textuelles, quelles soient localisées dans le titre, la légende, la zone graphique ou un carton. Ces zones résultent de notre société basée sur l'écrit [Ray98] qui conduit à rechercher les éléments textuels. Ces derniers possèdent toujours une valeur sémantique directement associée ;
- les zones graphiques qui présentent des variations importantes dans l'orientation des objets ou la variation de la teinte. Ces zones sont dues aux propriétés graphiques de la carte et aux traitements cognitifs du lecteur pour rapprocher la forme acquise à la forme catégorielle mémorisée.

La saillance visuelle apparaît comme un facteur important pour la structuration de la lecture de la carte pour les forces de secours. Elle facilite la concentration des fixations et guide le regard sur les éléments importants : itinéraires, dangers, destination. La figure suivante (Figure 9.14) montre la concentration des fixations des représentants des forces de secours sur deux cartes. La carte de gauche présente peu d'objets saillants et conduit par une dispersion importante des fixations sans noyau dense, seuls les éléments textuels (lettres noires sur fond blanc) ont concentré l'attention des forces de secours. La carte de droite contient plusieurs objets saillants qui attirent le regard des volontaires et aboutit à la concentration des fixations sur des zones à plus forte qualité informationnelle (départ, destination, route). Ce guidage est d'autant plus important en situation de crise qu'il peut faciliter la lecture de la carte et réduire le temps pour trouver l'information utile.

Cette influence de la saillance est également présente mais de façon moins importante pour les habitants et les forces de secours. Ce phénomène pose un problème éthique car il est possible d'inciter la lecture d'une partie de la carte plutôt qu'une autre [Mon91]. Il est par conséquent important de définir en amont quels sont les besoins (informations à représenter) pour mettre en évidence ces données et rendre la carte plus efficace.

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE



(a) Dispersion des fixations sur une carte faiblement saillante (b) Concentration des fixations sur une carte fortement saillante

FIGURE 9.14 – Fixations et zones d'intérêt des forces de secours pour la carte issue du profil « carte simple du phénomène »

Les forces de secours sont également plus sensibles aux variations dans les symboles. Leurs fixations sur la carte témoin d'évacuation de Berthenay se concentrent, comme pour les habitants et les décideurs locaux, sur les changements de direction mais aussi sur les flèches de direction d'itinéraire (Figure 9.15)

Pour analyser les itinéraires d'évacuation, les décideurs se basent sur les noms des voies tandis que les forces de secours et les habitants sont plus attirés par les changements de direction (Figure 9.16, cartes (a) et (d), (b) et (e), (c) et (f) lues respectivement par les décideurs locaux, les forces de secours et les habitants). Cela peut s'expliquer par une utilisation plus importante de documents textuels décrivant l'espace par les décideurs locaux. En effet, de nombreux documents d'urbanisme comme le PLU, en plus de comporter des cartes, donnent des informations spatiales dans leur partie « dossier ».

9.3.2 Zones visuellement complexes

La durée des fixations est un bon indicateur du travail perceptif et cognitif lors d'une fixation et donc un indicateur de la difficulté à traiter la zone lue (cf. section

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE

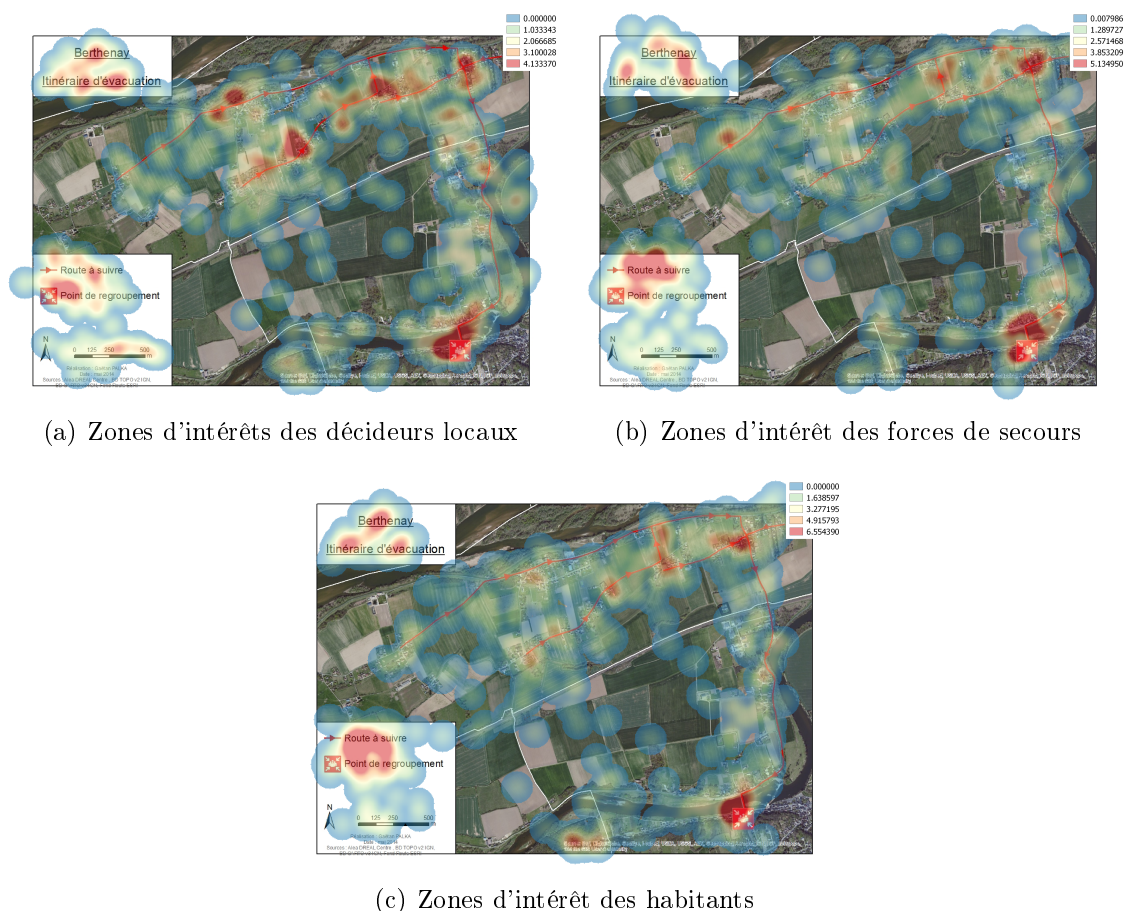


FIGURE 9.15 – Zones de concentration des fixations sur la carte d'évacuation témoin de Berthenay

3.2). La figure 9.17 montre la répartition des durées de fixation selon la carte lue et en fonction de la catégorie d'acteurs. Les indicateurs statistiques utilisés sont les quartiles, la médiane et le seuil supérieur de la classification des valeurs « abberantes ». Ces indicateurs sont privilégiés à la moyenne et l'écart-type qui sont sensibles aux valeurs extrêmes.

La durée médiane pour l'ensemble des cartes est de 167ms et 187ms pour la carte . C'est inférieur de 10ms environ à la valeur de durée minimale d'une fixation selon Rodieck [Rod03] qui définit la durée d'une fixation classique entre 180 et 220ms (cf. page 93). La contrainte de 15 secondes d'affichage de chaque carte en est la raison.

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE

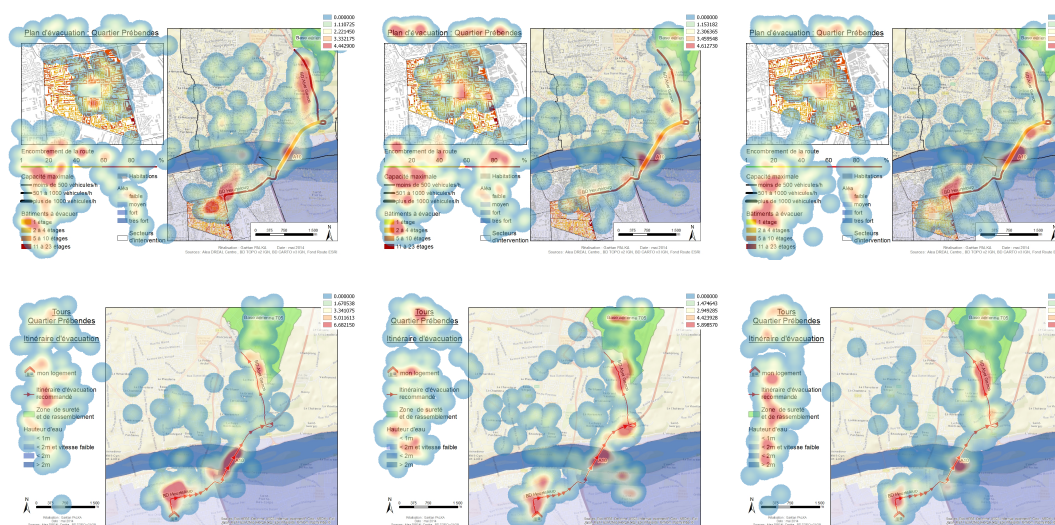


FIGURE 9.16 – Zones de concentration des fixations sur la carte d'évacuation témoin de Berthenay

Les mêmes cartes projetées sans limite de temps ont des durées médianes de fixation de 187ms. Les valeurs des premier et du troisième quartiles sont respectivement de 117ms (133ms pour les cartes CRI1H, CRI2H et CRI4T) et 233ms (217 pour la carte CRI3M).

La durée à partir de laquelle une fixation est considérée comme aberrante est de 407ms (383ms pour les cartes CRI1H, CRI2H et CRI4T et 367ms pour la carte CRI3M). Cette durée est inférieure aux 550ms qui séparent les fixations qui traduisent la complexité de la carte et celles qui résultent d'un traitement spécifique tel que la recherche et la compréhension d'un symbole selon [CE85]. Les fixations « aberrantes » représentent 4,51% (1457 fixations sur 31914) des fixations. Cette proportion varie peu avec la contrainte temporelle : 4,62% (soit 727 fixations sur 15744) en durée limitée et 4,51% (soit 730 fixations sur 16170) en durée non limitée.

L'analyse de ces mêmes indicateurs statistiques pour chaque catégorie d'acteurs ne montre pas de différence significative (Figure 9.17 et tableau 9.2). La valeur médiane est de 233ms et le seuil à partir duquel la durée est aberrante est de 383ms pour les

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE

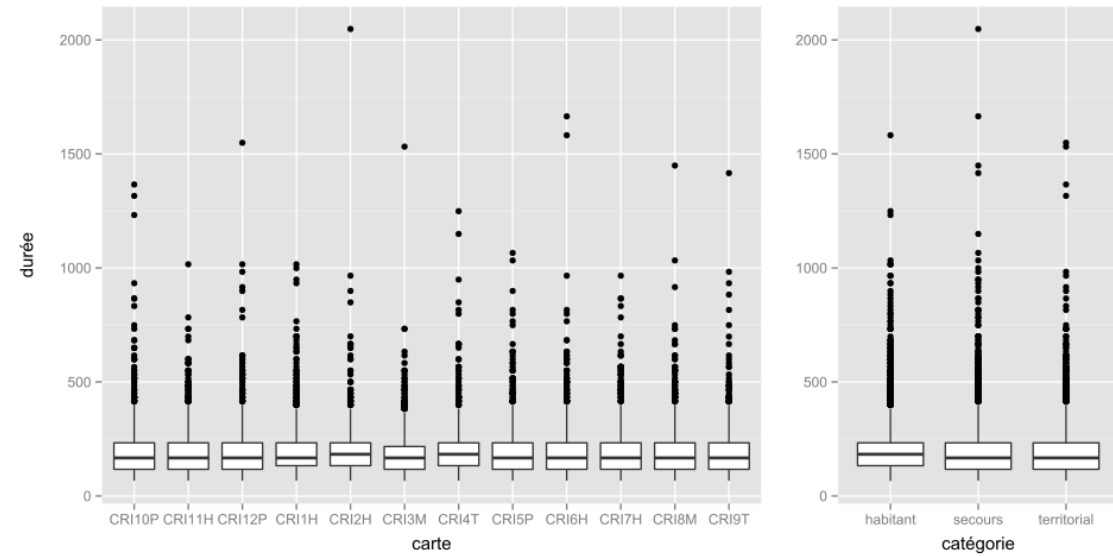


FIGURE 9.17 – Répartition de la durée des fixations selon la carte et la catégorie d’acteurs

habitants et de 407ms pour les forces de secours et les décideurs locaux.

	habitants	forces de secours	décideurs locaux
outlier	283	407	407
Q3	233	233	233
médiane	183	167	167
Q1	133	117	177

TABLE 9.2 – Indicateurs statistiques de la durée des fixations selon la catégorie d’acteurs

L’analyse de la localisation des fixations aberrantes permet de déterminer quelles zones des cartes sont les plus complexes. La définition de la carte d’IMaDeS définit différentes aires dans une carte :

- le titre
- la partie graphique
- le(s) carton(s) graphique et/ou textuel

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE

- la légende
- les sources, le nord et l'échelle

Le test du χ^2 de la répartition des fixation aberrantes sur ces aires montre une indépendance avec les catégories d'acteurs ($\chi^2 = 4.4416$, p-value = 0.6171) et une dépendance avec les cartes ($\chi^2 = 224.72$, p-value < 2.2e-16). Les éléments constitutifs de la carte induisent un comportement similaire quelque soit la catégorie d'acteur.

Les zones qui demandent un travail perceptif et cognitifs important sont de plusieurs types. Le premier type correspond aux zones à informations mixtes (texte et graphique) telles que les cartouches de la légende ou les noms de route (Figure 9.18). Ces zones demandent un travail de compréhension, d'association et de mémorisation important.



FIGURE 9.18 – Zones à informations mixtes

Le second type (Figure 9.19) rassemble les zones de changement de caractéristiques visuelles tels que les changements de direction (ronds-points et sortie d'autoroute).



FIGURE 9.19 – Zones à changement de caractéristiques visuelles

Le troisième type comprend les zones riches en caractères telles les cartons textuels ou les sources (Figure 9.20).

9.3. DÉTECTION DES ZONES D'INTÉRÊT ET DES POINTS DE DIFFICULTÉ COGNITIVE



FIGURE 9.20 – Zones à informations textuelles

Le quatrième type correspond aux zones regroupant des informations inhabituelles tels que les cartons graphiques synthétiques (Figure 9.21).



FIGURE 9.21 – Zones à informations inhabituelles

Conclusion

CONCLUSION

Ce travail de recherche a porté sur l'apport de la prise en compte des destinataires finaux de la cartographie d'évacuation de la gestion du risque d'inondation dans la conception de cette dernière et la détermination de facteurs anthropiques et iconiques qui dirigent les besoins et préférences de ces usagers.

Dans la première partie, nous nous sommes intéressés à mettre en évidence les déficits de la gestion du risque d'inondation à partir de la cindynique et du paradigme de la communication cartographique pour détecter si l'amélioration des cartes permettrait de les atténuer voire de les résoudre. Cette partie a mis en évidence que certains déficits peuvent être résolus par une adaptation des cartes mais que d'autres ne dépendent pas uniquement de cet outil graphique. Ce résultat est confirmé par la conception d'une carte d'aléa par les habitants lors de la phase expérimentale. Cette carte met en évidence deux problèmes de la cartographie de la GRI. Le premier est une inadéquation entre la symbologie de l'AZI (jaune - rose - bleu - violet) et celles retenues par les habitants (dégradé de bleu ou de rouge) qui respectent les règles de la sémiologie graphique. Le second est le manque d'impact de la carte d'aléa distribuée avec le DICRIM pour l'information des habitants. Le premier problème peut être résolu par l'intégration du destinataire dans la conception de la carte mais le second est au delà de la problématique de cette thèse.

Dans la deuxième partie nous nous sommes attachés à comprendre le fonctionnement de la lecture d'une carte et à définir les facteurs anthropiques et iconiques qui l'impactent. La détermination de ces facteurs a servi à définir les entrées d'un modèle conceptuel, le profil cartographique, qui représente pour chaque catégorie d'acteurs et la question à laquelle la carte doit permettre de répondre, les figurations à appliquer aux données géographiques. Cette partie met en évidence que la prise en compte du lecteur est fondamentale. Les questions, les expériences antérieures, les connaissances de ce dernier sont autant des facteurs qui modifient ce que le lecteur attend du contenu et de la mise en forme d'une carte. Cette partie met

CONCLUSION

aussi en évidence que les caractéristiques graphiques de la carte peuvent en faciliter la lecture et la compréhension.

Dans la troisième partie, nous avons présenté le protocole expérimental, l'outil de co-conception développé IMaDeS, les données géographiques, les figurations, les volontaires et l'évaluation par oculométrie couplée à une enquête. Dans la quatrième partie, nous avons analysé et discuté les résultats des phases de conception et d'évaluation. La phase expérimentale de cette recherche met en évidence une différenciation importante des données à cartographier et des figurations à exploiter en fonction de la catégorie d'acteurs aboutissant à des profils cartographiques spécifiques (Figure 9.3). Les représentants des forces de secours sont demandeurs d'une carte qui montre l'évolution de la crue, cette donnée est fondamentale pour eux car elle conditionne l'ensemble de leurs actions (chemins disponible, priorisation des missions ...). Toutes les catégories d'acteurs ont créé des cartes synthétiques de situation. Elles se traduisent pour les habitants par une carte d'évacuation simplifiée à l'échelle de la commune tandis que pour les décideurs locaux et les forces de secours ces cartes représentent une diversité d'information aux figurations simples. Les forces de secours et les décideurs locaux demandent aussi des cartes détaillées de situation. Ces cartes sont très denses en informations, en nombre et/ou en diversification de la figuration, et n'aboutissent pas à une meilleure efficacité lorsqu'elles sont sous forme statique. Comme nous le présenterons ultérieurement dans cette conclusion, la communication cartographique n'est pas suffisante et l'approche selon un autre paradigme de la cartographie est par conséquent nécessaire.

L'évaluation des profils cartographiques par oculométrie et enquête met en évidence que les cartes simples élaborées par les habitants sont celles qui sont les plus efficaces avec des taux d'erreur parmi les plus faibles. Les cartes des forces de secours avec une quantité d'information similaire conduisent à des taux d'erreur plus élevés. Cela s'explique par la spécificité des informations contenues dues aux mis-

CONCLUSION

	Habitants	Horces de secours	Décideurs locaux
Carte d'inondation	Hauteurs d'eau à l'échelle du territoire de vie	Evolution du niveau d'eau facilement lisible à l'échelle du quartier ou à plus grande échelle	
Carte d'évacuation	Habitation iconique, hauteur d'eau, zone de sûreté avec l'information sur les services à l'échelle de la zone personnelle d'évacuation		
Carte synthétique de situation	Hauteur d'eau, localisation des zones de sûreté et itinéraire d'évacuation à l'échelle de la ville	Niveau de risque, population impactée et localisation des zones de sûreté à l'échelle du département	Impact de l'inondation sur les bâtiments, localisation des zones de sûretés et itinéraires d'évacuation à l'échelle de la ville avec un niveau d'aléa facilement lisible
Carte détaillée de situation		Localisation des zones de sûreté (services, capacité, ...), itinéraires d'évacuation (points de difficultés, voiries partagées, ...), bâtiment à évacuer et évolution du niveau d'eau à l'échelle du quartier	Itinéraires d'évacuation, bâtiments, population, zones sûreté à l'échelle intercommunale ou des Vals

TABLE 9.3 – Profils cartographiques selon la catégorie d'acteurs

CONCLUSION

sions des forces de secours. Dans le cas de l'analyse de missions très disparates, une enquête plus adaptée aux questionnements des destinataires semble indispensable pour obtenir une efficacité accrue.

Cette approche reste fortement dépendante du cartographe qui choisit d'une part les questions pour le module d'enquête qui aboutissent à la génération du profil utilisateur et d'autre part les données et les figurations qui produisent les modèles cartographiques qui sont croisés avec les profils utilisateur pour construire les profils cartographiques. Le cartographe choisit quelles optimisations des paramètres iconiques retenir en fonction de ses connaissances et compétences sans laisser au lecteur la possibilité d'opérer ses proches choix. Ainsi un destinataire peut préférer le gradient de bleu pour représenter l'aléa et vouloir une teinte de bleu plus saturée avec un dégradé plus prononcé.

Cette approche est également sensible à la représentativité et à la taille de l'échantillon des utilisateurs finaux. En raison du nombre de volontaires (environ une centaine) et de l'unicité du site d'étude, la question de la représentativité et la transposition des résultats se pose. Les résultats, données et figurations, sont-ils similaires sur un autre site soumis à une crue similaire. Les résultats sont-ils transposables sur un site soumis à une crue rapide ? Peut-on les étendre à la cartographie d'autres pays ? Comme nous l'avons démontré, les facteurs anthropiques sont fondamentaux et peuvent varier d'un site à l'autre et d'un pays à l'autre. La transposition de la méthode à d'autres risques naturels et technologiques est aussi à questionner.

Cette recherche soulève également des nouvelles problématiques. La première est relative à l'aide à la décision à partir de documents graphiques. Le paradigme de la communication cartographique utilisé dans cette recherche conduit à des cartes d'information sur les itinéraires d'évacuation co-conçues par les habitants plus efficaces mais montre une amélioration plus mitigée pour les profils cartographiques

CONCLUSION

des décideurs locaux et des forces de secours. Au-delà de l'information, leurs cartes sont des outils d'aide la décision qui nécessitent de faire de celles-là un objet composite plus complexe, par l'intégration de diagrammes notamment, et qui relève de la géovisualisation.

La recherche a mis en évidence le recours à la valeur sémantique de l'information pour associer une figuration à une données géographique. Les volontaires, quelle que soit leur catégorie, se réfèrent fréquemment à valeur « eau » et « danger » de la donnée sur les aléas. Ainsi l'utilisation de la valeur sémantique de la donnée géographique peut-elle être un support à l'automatisation de la figuration, notamment dans l'évolution sociétale qui vise à favoriser l'accès aux informations géographiques (données, métadonnées, ...).

D'autres questionnements ayant pour objets la modélisation des itinéraires et l'ordre des secteurs d'un plan d'évacuation ont été soulevés par les volontaires. Ces objets sont généralement abordés par la Recherche Opérationnelle et utilisent les approches basées sur les graphes, l'optimisation et l'ordonnancement mais négligent les aspects humains tels que l'habitude de mobilité quotidienne dans leur construction ou la localisation des lieux de repli des habitants.

CONCLUSION

Bibliographie

- [AC08] Manuel Appert and Laurent Chapelon. *La mise en carte des risques naturels : diversité des approches*, chapter La vulnérabilité de l'appareil circulatoire urbain face aux risques d'altération. Presses universitaires de la Méditerranée, 2008.
- [Ala14] Houssein Alaeddine. *Un modèle d'optimisation spatio-temporel pour l'évacuation de la population exposée aux catastrophes naturelles : projet ACCELL : évaluation spatio-temporelle de l'ACCessibilité d'Enjeux localisés en situation d'inondation sur le bassin de la Loire*. PhD thesis, Tours, 2014.
- [ASMN15] H Alaeddine, K Serrhini, M Maizia, and E Néron. A spatiotemporal optimization model for the evacuation of the population exposed to flood hazard. *Natural hazards and earth system sciences*, 15(3) :687–701, 2015.
- [Bay00] Cyril Bayet. Comment mettre le risque en cartes ? l'évolution de l'articulation entre science et politique dans la cartographie des risques naturels. *Politix*, 13(50) :129–150, 2000.
- [BC91] Irving Biederman and Eric E Cooper. Priming contour-deleted images : Evidence for intermediate representations in visual object recognition. *Cognitive psychology*, 23(3) :393–419, 1991.
- [BC92] Irving Biederman and Eric E Cooper. Size invariance in visual object

BIBLIOGRAPHIE

- priming. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 18(1) :121, 1992.
- [BD70] François Bonnet-Dupeyron. Glossaire français de cartographie. *Bulletin du Comité Français de Cartographie*, 4(46 spécial) :125–260, 1970.
- [BDdV00] Paul-Henri Bourrelier, Guy Deneufbourg, and Bernadette de Vanssay. *Les catastrophes naturelles : le grand cafouillage*. Osman Eyrolles Santé & Société, 2000.
- [Bec86] U Beck. La société du risque. sur la voie d’une autre modernité, 1986.
- [Ber73] Jacques Bertin. *Sémiologie graphique : Les diagrammes-Les réseaux-Les cartes*. Gauthier-VillarsMouton & Cie, 1973.
- [BG93] Irving Biederman and Peter C Gerhardstein. Recognizing depth-rotated objects : evidence and conditions for three-dimensional view-point invariance. *Journal of Experimental Psychology : Human perception and performance*, 19(6) :1162, 1993.
- [BHB98] Muriel Boucart, Marie-Anne Hénaff, and Catherine Belin. *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*. Solal, 1998.
- [Bie87] Irving Biederman. Recognition-by-components : A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94(2,115-147), 1987.
- [BK97] Irving Biederman and Peter Kalocsais. Neurocomputational bases of object and face recognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 352(1358) :1203–1219, 1997.
- [Boa67] C. Board. *Maps as models*, pages 671–725. London : Methuen, 1967.
- [Boa72] Christopher Board. Cartographic communication. *Cartographica : The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 18(2) :42–78, 1972.
- [Bon89] C. Bonnet. La perception visuelle des formes. *Traité de psychologie cognitive*, 1 :2–82, 1989.

BIBLIOGRAPHIE

- [Bou98] M. Boucard. *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*, chapter Les modèles de la reconnaissance des objets, pages 311–21. In [BHB98], 1998.
- [Bou11] Amélie Boucher. *Ergonomie web : pour des sites web efficaces*. Editions Eyrolles, 2011.
- [BR06] Stéphanie Baggio and Michel-Louis Rouquette. La représentation sociale de l’inondation : influence croisée de la proximité au risque et de l’importance de l’enjeu. *Bulletin de psychologie*, (1) :103–117, 2006.
- [Bul98] J Bullier. Architecture fonctionnelle du système visuel. *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*, pages 11–42, 1998.
- [CB01] Bernard Cornélis and Roland Billen. La cartographie des risques et les risques de la cartographie. *Risque et systèmes complexes : les enjeux de la communication*, pages 207–222, 2001.
- [CDG00] Anne Chapuis and Luc De Golbéry. Aux cartes citoyens. la démocratie par les cartes. *Cybergeog*, 17(150), 2000.
- [CDT02] Dempsey Chang, Laurence Dooley, and Juhani E Tuovinen. Gestalt theory in visual screen design : a new look at an old subject. In *Proceedings of the Seventh world conference on computers in education conference on Computers in education : Australian topics-Volume 8*, pages 5–12. Australian Computer Society, Inc., 2002.
- [CE84] Henry W Castner and Ronald J Eastman. Eye-movement parameters and perceived map complexity—i. *The American Cartographer*, 11(2) :107–117, 1984.
- [CE85] Henry W Castner and Ronald J Eastman. Eye-movement parameters and perceived map complexity—ii. *The American Cartographer*, 12(1) :29–40, 1985.
- [CES07] Colette Cauvin, Francisco Escobar, and Aziz Serradj. *Cartographie thématique 1. Une nouvelle démarche*. Hermès Sciences-Lavoisier, 2007.

BIBLIOGRAPHIE

- [Che04] Elisabeth Chesneau. Propositions pour une cartographie du risque. *Bulletin du Comité français de cartographie*, 181 :50–70, 2004.
- [CM84] William S Cleveland and Robert McGill. Graphical perception : Theory, experimentation, and application to the development of graphical methods. *Journal of the American statistical association*, 79(387) :531–554, 1984.
- [CM85] William S Cleveland and Robert McGill. Graphical perception and graphical methods for analyzing scientific data. *Science*, 229(4716) :828–833, 1985.
- [CM09] Grazielle Anjos Carvalho and Ana Clara Mourão Moura. Applying gestalt theories and graphical semiology as visual reading systems supporting thematic cartography. In *International Cartographic Conference, Santiago*, pages 1–10, 2009.
- [Cra01] Jeremy W Crampton. Maps as social constructions : power, communication and visualization. *Progress in Human Geography*, 25(2) :235–252, 2001.
- [DD95] Robert Desimone and John Duncan. Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual review of neuroscience*, 18(1) :193–222, 1995.
- [DiB90] David DiBiase. Visualization in the earth sciences. *Earth and Mineral Sciences*, 59(2) :13–18, 1990.
- [dlDedlSC05] Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles. Plan communal de sauvegarde, guide pratique d’élaboration, 2005.
- [DM05] Jocelyne Dubois-Maury. *Problèmes politiques et sociaux : Les risques naturels et technologiques*. Documentation française, 2005.
- [Dom10] Catherine Dominguès. Carte sur mesure cherche règles de construction. *Revue "Le monde des cartes" du Comité Français de Cartographie*, (205), 2010.

BIBLIOGRAPHIE

- [DP13] André Dauphiné and Damienne Provitolo. *Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Armand Colin, 2013.
- [DPGG⁺13] Johnny Douvinet, Rémi Pallares, Cyrille Genre-Grandpierre, Mathilde Gralepois, Sylvain Rode, and Sylvie Servain-Courant. L’information sur les risques majeurs à l’échelle communale. occurrence et facteurs explicatifs du dicrim, un outil préventif sous-utilisé. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 2013.
- [Duc07] Andrew Duchowski. *Eye tracking methodology : Theory and practice*, volume 373. Springer Science & Business Media, 2007.
- [DZ03] Maximilien Debia and Joseph Zayed. Les enjeux relatifs à la perception et à la communication dans le cadre de la gestion des risques sur la santé publique. *VertigO-la revue électronique en sciences de l’environnement*, 4(1), 2003.
- [Eas85] J Ronald Eastman. Cognitive models and cartographic design research. *The Cartographic Journal*, 22(2) :95–101, 1985.
- [Eno59] Jay M Enoch. Effect of the size of a complex display upon visual search. *JOSA*, 49(3) :280–285, 1959.
- [FCPM13] Sara Irina Fabrikant, Sidonie Christophe, Georgios Papastefanou, and Sara Maggi. How to measure and visualize emotion when using maps. In *26th International Cartographic Conference*, 2013.
- [FDS⁺09] S Fuchs, W Dorner, K Spachinger, J Rochman, and K Serrhini. Flood risk map perception through experimental graphic semiology. 2009.
- [Fer00] Yaïves Ferland. Les défis théoriques posés à la cartographie mènent à la cognition. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 2000.
- [FHH10] Sara Irina Fabrikant, Stacy Rebich Hespanha, and Mary Hegarty. Cognitively inspired and perceptually salient graphic displays for efficient spatial inference making. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(1) :13–29, 2010.

BIBLIOGRAPHIE

- [Fou90] H. Fournier. *La Catastrophe, l'élu et le préfet*, chapter Le rôle de l'Etat face à une crise majeure au niveau local, pages 25–42. In [Gil90], 1990.
- [Fou08] M. Fournier. Quelle place pour les riverains dans la gestion des inondations de la loire ? les leçons du passé, 2008.
- [Fre71] Ulrich Freitag. Semiotik und kartographie. *Kartographische Nachrichten*, 21(5) :42–49, 1971.
- [FWL59] A Ford, CT White, and M Lichtenstein. Analysis of eye movements during free search. *JOSA*, 49(3) :287–289, 1959.
- [G⁺08] Ouarda Guerrouah et al. Mulhouse : une culture du risque d'inondation ? In *Doctorales des Humanités sur le thème "Villes et cultures"*, pages p–1, 2008.
- [GGGD03] Nicolas Gendreau, Frédéric Grelot, Rémy Garçon, and Daniel Duband. Risque d'inondation : une notion probabiliste complexe pour le citoyen. *Ingénieries-EAT*, (34) :p–17, 2003.
- [Gib77] James J Gibson. The theory of affordances. *Perceiving, acting, and knowing : toward an ecological psychology*, pages pp–67, 1977.
- [Gib79] James J Gibson. *The ecological approach to visual perception*. Psychology Press, 1979.
- [Gil90] Claude Gilbert. *La Catastrophe, l'élu et le préfet*. PUG, 1990.
- [Giv98] Pierrick Givone. Risques naturels et transcriptions cartographiques. *Revue Ingénieries-eau, agriculture, territoire du CEMAGREF, numéro spécial*, pages 79–85, 1998.
- [GM05] Samuel Guillou and Jean Maurin. Les levées de la loire : des turcies au plan loire, huit siècles d'évolution. *Sécurité des digues fluviales et de navigation*, page 31, 2005.
- [Hak73] Günter Hake. Kartographie und kommunikation. *Kartographische Nachrichten*, 23(4) :137–148, 1973.

BIBLIOGRAPHIE

- [Hen07] John M Henderson. Regarding scenes. *Current directions in psychological science*, 16(4) :219–222, 2007.
- [HR03] G. HUBERT and C. RELIANT. Cartographie réglementaire du risque d’inondation : Décision autoritaire ou négociée ? In *Annales des ponts et chaussées*, number 105, pages 24–31. Elsevier, 2003.
- [HT94] David H Hubel and Pascale This. *L’œil, le cerveau et la vision : les étapes cérébrales du traitement visuel*. Pour la science, 1994.
- [Hub03] Frédéric Hubert. *Modèle de traduction des besoins d’un utilisateur pour la dérivation de données géographiques et leur symbolisation par le Web*. PhD thesis, Caen, 2003.
- [IK01] Laurent Itti and Christof Koch. Computational modelling of visual attention. *Nature reviews neuroscience*, 2(3) :194–203, 2001.
- [IKN98] Laurent Itti, Christof Koch, and Ernst Niebur. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, (11) :1254–1259, 1998.
- [Ish10] Shinobu Ishihara. *Ishihara’s Tests for Colour Deficiency : 24 Plates*. Kanehara Shuppan, 2010.
- [Jé13] Laurent Jégou. *Vers une nouvelle prise en compte de l’esthétique dans la composition de la carte thématique : propositions de méthodes et d’outils*. PhD thesis, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II, 2013.
- [JD12] Laurent Jégou and Jean-Philippe Deblonde. Vers une visualisation de la complexité de l’image cartographique. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 2012.
- [JDT12] Tilke Judd, Frédo Durand, and Antonio Torralba. A benchmark of computational models of saliency to predict human fixations. In *MIT Technical Report*, 2012.
- [KB07] Georges Yves Kervern and Philippe Boulenger. *Cindyniques : concepts et mode d’emploi*. Economica, 2007.

BIBLIOGRAPHIE

- [Kol69] Anton Koláčnỳ. Cartographic information—a fundamental concept and term in modern cartography. *The cartographic journal*, 6(1) :47–49, 1969.
- [Kos89] S. M. Kosslyn. Understanding charts and graphs. *Journal of Applied Cognitive Psychology*, pages 185–226, 1989.
- [Lad95] Richard Ladwein. Catégories cognitives et jugement de typicalité en comportement du consommateur. *Recherche et Applications en Marketing*, 10(2) :89–100, 1995.
- [LB07] Jean-Pierre Le Bourhis. Du savoir cartographique au pouvoir bureaucratique. les cartes des zones inondables dans la politique des risques (1970-2000). *Genèses*, (3) :75–96, 2007.
- [LBB02] Jean-Pierre LE BOURHIS and Cyril Bayet. Ecrire le risque. *Cartographie du danger et transformations de l'action publique dans la prévention des inondations. Rapport et monographies, CNRS–Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable*, 2002.
- [LC94] John Leach and Jo Campling. *Survival psychology*. Macmillan, 1994.
- [Led06] Bruno Ledoux. *La gestion du risque inondation*. Éd. Tec & doc, 2006.
- [LHB10] William Lidwell, Kritina Holden, and Jill Butler. *Universal principles of design, revised and updated : 125 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design*. Rockport Pub, 2010.
- [LL04] Frédéric Leone and Thierry Lesales. Des cartes pour comprendre, évaluer et gérer le risque volcanique en martinique (antilles françaises) : de l'intérêt de la cartographie en géographie des risques naturels. *La géographie des risques dans le monde. Ellipses, Paris*, pages 113–129, 2004.
- [LL⁺13] Jacques Lévy, Michel Lussault, et al. *Dictionnaire de la géographie [et de l'espace des sociétés]*. Belin Paris, 2013.

BIBLIOGRAPHIE

- [LMB13] Olivier Le Meur and Thierry Baccino. Methods for comparing scan-paths and saliency maps : strengths and weaknesses. *Behavior research methods*, 45(1) :251–266, 2013.
- [LMPB01] Sylvie Lardon, Pierre Maurel, Vincent Piveteau, and Olivier Barre-teau. *Représentations spatiales et développement territorial*. Hermès Science, 2001.
- [Luy09] Marion Luyat. *La perception*. Dunod, 2009.
- [Lyn60] Kevin Lynch. *The image of the city*, volume 11. MIT press, 1960.
- [Mac95] Alan MacEachern. How maps work. *New York : Guilford*, 1995.
- [Man97] Yannick Manche. Propositions pour la prise en compte de la vulnérabilité dans la cartographie des risques naturels prévisibles / a proposal for taking into consideration vulnerability in the mapping of natural risk forecasts. *Revue de géographie alpine*, 85(2) :49–62, 1997.
- [Mar82] David Marr. *Vision. A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. WH San Francisco : Freeman and Company, 1982.
- [Mdl07] du Développement et de l’Aménagement Durables Ministère de l’Eco-logie. Cahier de recommandations pour la réalisation de supports de communication pédagogiques sur les risques à destination des élus et du public, 2007.
- [Mdl08] du Développement et de l’Aménagement Durables Ministère de l’Eco-logie. Les rôles des acteurs de la prévention des risques naturels, 2008.
- [MED11] du Développement durable des Transports et du Logement MEDDTL, Ministère de l’Écologie. La démarche française de prévention des risques majeurs, 2011.
- [MGDM06] Bogdan Moisuc, Jérôme Gensel, Paule-Annick Davoine, and Hervé Martin. Designing adaptive spatio-temporal information systems for

- natural hazard risks with astis. In *Web and Wireless Geographical Information Systems*, pages 146–157. Springer, 2006.
- [MK97] Alan M MacEachren and Menno-Jan Kraak. Exploratory cartographic visualization : advancing the agenda. *Computers & Geosciences*, 23(4) :335–343, 1997.
- [MKL⁺11] V Meyer, C Kuhlicke, J Luther, H Unnerstall, S Fuchs, S Priest, J Pardoe, S McCarthy, W Dorner, J Seidel, et al. Risk map–improving flood risk maps as a means to foster public participation and raising flood risk awareness : Toward flood resilient communities. final project report. *Final Project Report. Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH–UFZ, Leipzig (available at : <http://risk-map.org/outcomes>, consulted on 5 May 2012)*, 2011.
- [MKL⁺12] Volker Meyer, Christian Kuhlicke, J Luther, Sebastian Fuchs, S Priest, W Dorner, K Serrhini, Joanna Pardoe, Simon McCarthy, J Seidel, et al. Recommendations for the user-specific enhancement of flood maps. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12(5) :1701–1716, 2012.
- [Mon91] Mark Monmonier. *How to Lie with Maps*. The University of Chicago Press, 1991.
- [Mon95] Charles de Montesquieu. *De l’esprit des lois (1748)*. 1995.
- [Mor78] Joel L Morrison. Towards a functional definition of the science of cartography with emphasis on map reading. *The American Cartographer*, 5(2) :97–110, 1978.
- [Mor91] T. Morita. The measurement of eye movements for map design evaluation : Legibility of quantitative symbols. In *Paper presented at the 15th Meeting of the International Cartographic Association*, 1991.

BIBLIOGRAPHIE

- [Mor11] Takashi Morita. Reflections on the works of jacques bertin : From sign theory to cartographic discourse. *The Cartographic Journal*, 48(2) :86–91, 2011.
- [Mue72] Phillip Muehrcke. Thematic cartography. Association of American Geographers, 1972.
- [Mul99] JP. Mulilis. Gender and earthquake preparedness : A research study of gender issues in disaster management : Differences in earthquake preparedness due to traditional stereotyping or cognitive appraisal of threat ? 1999.
- [Naz98] TA Nazir. *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*, chapter Les mouvements oculaires et la lecture, pages 311–21. In [BHB98], 1998.
- [PB10] Denise Pumain and Michèle Béguin. *La représentation des données géographiques : Statistique et cartographie*. Armand Colin, 2010.
- [Pet87] Michael P Peterson. The mental image in cartographic communication. *The Cartographic Journal*, 24(1) :35–41, 1987.
- [Pin90] Steven Pinker. A theory of graph comprehension. *Artificial intelligence and the future of testing*, pages 73–126, 1990.
- [PVB08] Anne Peltier, Mathieu Vidal, and Sylvia Becerra. La mise en ligne des informations liées aux risques : véritable outil de prévention ou alibi ? *NETCOM*, 22(3-4) :p, 2008.
- [PZ79] Julius Panero and Martin Zelnik. *Human dimension and interior space : a source book of design reference standards, Whitney Library of Design*. 1979.
- [Ray98] Keith Rayner. Eye movements in reading and information processing : 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3) :372, 1998.
- [Rej93] David Rejeski. Gis and risk : a three-culture problem. *Environmental modeling with GIS*, pages 318–331, 1993.

BIBLIOGRAPHIE

- [RFTW04] James A Renshaw, JE Finlay, David Tyfa, and Robert D Ward. Understanding visual influence in graph design through temporal and spatial eye movement characteristics. *Interacting with computers*, 16(3) :557–578, 2004.
- [Rim62] Sylvie J Rimbart. *Cartes et graphiques : initiation à la cartographie*. Centre de documentation universitaire, 1962.
- [RLN07] Ruth Rosenholtz, Yuanzhen Li, and Lisa Nakano. Measuring visual clutter. *Journal of vision*, 7(2) :17, 2007.
- [ROB52] A ROBINSON. The look of maps. university of wisconsin press, 1952.
- [Rob58] Arthur H Robinson. *Elements of cartography*. John Wiley And Sons, Inc ; New York, 1958.
- [Rod03] Robert W Rodieck. *La vision*. De Boeck Supérieur, 2003.
- [Rou91] Bernard Rouleau. *Méthodes de la cartographie*. 1991.
- [Row97] Bob Rowntree. Les cartes mentales, outil géographique pour la connaissance urbaine. le cas d’angers (maine-et-loire). *Norvis*, 176(1) :585–604, 1997.
- [RP83] Keith Rayner and Alexander Pollatsek. Is visual information integrated across saccades? *Perception & Psychophysics*, 34(1) :39–48, 1983.
- [Sat01] D Sattler. Repeated exposure to hurricanes and willingness to evacuate : Implications from the hurricane floyd experience. In *Conference on Social, Physical, and Economic Impacts on Groups and Individuals, Greenville, NC*, 2001.
- [SC68] GW Snedecor and WG Cochran. *Statistical methods*. ames 1968, 1968.
- [SDM⁺08] Karl Spachinger, Wolfgang Dorner, Rudolf Metzka, Kamal Serrhini, and Sven Fuchs. Flood risk and flood hazard maps–visualisation of hy-

BIBLIOGRAPHIE

- drological risks. In *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, volume 4, page 012043. IOP Publishing, 2008.
- [Ser00] K. Serrhini. *Evaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement : sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative*. PhD thesis, Tours, 2000.
- [SH87] David Simkin and Reid Hastie. An information-processing analysis of graph perception. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398) :454–465, 1987.
- [Sha97] Priti Shah. A model of the cognitive and perceptual processes in graphical display comprehension. *Reasoning with diagrammatic representations*, pages 94–101, 1997.
- [SM02] David N Sattler and Alison L Marshall. Hurricane preparedness : Improving television hurricane watch and warning graphics. *International journal of mass emergencies and disasters*, 20(1) :41–49, 2002.
- [Tho98] S. Thorpe. *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*, chapter Mécanismes cérébraux de la perception d'une scène visuelle, pages 311–21. In [BHB98], 1998.
- [Tri08] A. Tricot. La prévention des risques d'inondation en france : entre approche normative de l'état et expériences locales des cours d'eau. *Environnement Urbain/Urban Environment*, 2 :123–133, 2008.
- [Vig62] E.J.M. Vignon. *Études historiques sur l'administration des voies publiques en France avant 1790*. Dunod, 1962.
- [Viv89] Paolo Viviani. Eye movements in visual search : cognitive, perceptual and motor control aspects. *Reviews of oculomotor research*, 4 :353–393, 1989.
- [Vor10] H. C.M. Vorst. Evacuation models and disaster psychology. *Procedia Engineering*, 3 :15–21, 2010.

BIBLIOGRAPHIE

- [WGCJ11] Karine Weiss, Fabien Girandola, and Ludvina Colbeau-Justin. Les comportements de protection face au risque naturel : de la résistance à l'engagement. *Pratiques psychologiques*, 17(3) :251–262, 2011.
- [Woo93] Michael Wood. The map-users' response to map design. *The Cartographic Journal*, 30(2) :149–153, 1993.
- [Zen11] P. M. Zender. *Design, User Experience, and Usability. Theory, Methods, Tools and Practice*, chapter Visual Innovation through Findings in Perception, pages 342–351. Springer, 2011.
- [Zim96] Eliane Zimmermann. De l'usage de la cartographie dans l'appréhension des risques technologiques majeurs/how cartography can help in understanding major technological hazards. *Revue de géographie de Lyon*, 71(1) :11–16, 1996.
- [ZT03] Christine Zanin and Marie-Laure Trémélo. *Savoir faire une carte : aide à la conception et à la réalisation d'une carte thématique univariée*. Belin, 2003.
- [ZTM⁺08] Lingyun Zhang, Matthew H Tong, Tim K Marks, Honghao Shan, and Garrison W Cottrell. Sun : A bayesian framework for saliency using natural statistics. *Journal of vision*, 8(7) :32, 2008.

Annexes

Annexe A

Questionnaire utilisé dans IMaDeS

Cette annexe regroupe l'exportation des questionnaires utilisés dans IMaDeS. Le premier est celui adapté aux habitants. Le second est celui adapté aux décideurs locaux et aux forces de secours. ute

CRI-evac

0%
100%

Vous

* Votre login est :

* Laquelle de ces trois catégories vous correspond le mieux ?
Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

- ☐ Instructeur du Plan d'évacuation
☐ Utilisateur du Plan d'évacuation
☒ Un habitant

Votre localisation géographique

47.5 2.5



Glisser/Déplacer la punaise à la position désirée. Vous pouvez également effectuer un clic droit sur la carte pour déplacer la punaise.



La carte ci-dessous vous aide à vous localiser :

- faites un clic gauche prolongé pour déplacer la carte
- utilisez la molette pour zoomer/dézoomer
- faites un clic droit à l'emplacement de votre habitation, bureau ou lieu du territoire que vous fréquenter tous les jours.

* Dans quelle tranche d'âge êtes-vous ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez choisir ...

* **Vous êtes :**

☐ Féminin ☐ Masculin

* **Quel est votre niveau d'étude ?**

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez choisir ...

* **Dans votre profession, vous :**

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- ☐ dirigez/faites partie de l'équipe dirigeante de votre structure : vous prenez des décisions
- ☐ dirigez/faites partie de l'équipe dirigeante d'un service de votre structure : vous recevez des consignes et prenez des décisions
- ☐ êtes sur le terrain (à l'extérieur ou dans un bureau) : vous mettez en oeuvre les consignes
- ☐ Autre :

Finir plus tard

Suivant

Sortir et effacer vos réponses



Votre relation à la carte

Dans cette partie, nous vous questionnons sur votre relation à la carte en général :

- quand
- quelle utilisation
- origine de la carte

* A quelle fin utilisez-vous les cartes ?

Cochez la ou les réponses

- ☐ vous recherchez un itinéraire (avec Viamichelin ou Mappy, avec votre smartphone, ...)
- ☐ la carte illustre un texte (dans les journaux, les livres, les sites internet, ...)
- ☐ c'est un outil que vous utilisez pour votre travail
- ☐ Autre :

* A quelle fréquence utilisez-vous les cartes ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- ☐ une fois par an
- ☐ plusieurs fois par an
- ☐ une fois par mois
- ☐ plusieurs fois par mois
- ☐ une fois par semaine
- ☐ plusieurs fois par semaine

D'où proviennent les cartes que vous utilisez ?

Choisissez parmi les propositions suivantes celle(s) qui vous correspond(ent) le mieux :

- Cliquez sur une proposition de la colonne de gauche et déposez la dans la colonne de droite ;
- L'ordre dans la colonne de droite indique l'ordre d'importance de la source des cartes que vous utilisez ;
- Vous pouvez modifier l'ordre dans la colonne de droite après avoir déposé les propositions ;

Effectuer un double-clic ou glisser/déposer les éléments de la liste de gauche à la liste de droite. L'élément avec le rang le plus élevé est situé le plus haut jusqu'à celui du rang le moins élevé.

Veuillez sélectionner au moins une réponse

Vos choix

Votre classement

☐ vous en réalisez vous-mêmes	
☐ de site internet (blog, site d'actualité/journaux, de journaux, livres, magazines, ...)	
☐ de document ou sites institutionnels (mairie, préfecture, ...)	

Finir plus tard

Suivant

Sortir et effacer vos réponses

CRI-evac



vous et la(les) carte(s) d'évacuation

Dans cette partie, nous nous intéressons plus particulièrement à la carte d'évacuation lors d'une inondation :

- A quelle(s) question(s) doit-elle répondre ?
 - Quand l'utilisez-vous ?
- Quelles informations sont nécessaires ? ...

*** Disposez-vous d'un véhicule utilisable du type voiture ou camionnette si l'ordre d'évacuation était donné ?**

☐ Oui ☐ Non

*** Disposez-vous d'un logement où vous rendre si l'ordre d'évacuation était donné ? (chez des amis, de la famille, ...)**

☐ Oui ☐ Non

A quelle(s) question(s) dois vous permettre de répondre une carte d'évacuation ?
Effectuer un double-clic ou glisser/déposer les éléments de la liste de gauche à la liste de droite.
L'élément avec le rang le plus élevé est situer le plus haut jusqu'à celui du rang le moins élevé.
Veuillez sélectionner au moins une réponse

Vos choix

Votre classement

Quel chemin dois-je emprunter ?	
Où se trouve l'arrêt de bus pour rejoindre une zone de sureté ?	
Quand dois-je évacuer ?	
Quelle est la zone de sureté vers laquelle je dois me rendre ?	
Autre (précisez dans la question qui apparait ci-dessous)	



- Cliquez sur un élément de la liste de gauche pour quelle se place dans la liste de droite.
- 1 signifie la source la plus fréquente, 2 un peu moins, ...
- Si une proposition de la liste de gauche n'est pas une de vos questions, ne cliquez pas dessus : elle ne sera pas prise en com

Quel support vous semble le plus intéressant pour une carte d'évacuation ?

Effectuer un double-clic ou glisser/déposer les éléments de la liste de gauche à la liste de droite. L'élément avec le rang le plus élevé est situer le plus haut jusqu'a celui du rang le moins élevé.

Veuillez sélectionner au moins une réponse

Vos choix

Votre classement

une carte qui vous est distribuée ou que vous pouvez imprimer	
une carte que vous pouvez mettre sur un écran de grande taille (ordinateur, projecteur, ...)	
une carte que vous pouvez mettre sur un écran de petite taille (tablette, smartphone, ...)	
une carte sur laquelle vous pouvez agir (évolution dans le temps, afficher/masquer une information, ...)	

Finir plus tard

Suivant

Sortir et effacer vos réponses

CRI-evac

0%
100%
Vous

* Votre login est :

* Laquelle de ces trois catégories vous correspond le mieux ?
Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

- ☒ Instructeur du Plan d'évacuation
☐ Utilisateur du Plan d'évacuation
☐ Un habitant

* De quel service/structure/institution faites-vous parti ?



Par exemple : DDT41, SIDPC37, SDIS45, Communauté d'Agglomération Tour(s)Plus, ...

Votre localisation géographique

47.5 2.5



Map data ©2015 GeoBasis-DE/BKG (©2009), Google, |Report a map error|

Glisser/Déplacer la punaise à la position désirée. Vous pouvez également effectuer un clic droit sur la carte pour déplacer la punaise.



La carte ci-dessous vous aide à vous localiser :

- faites un clic gauche prolongé pour déplacer la carte
- utilisez la molette pour zoomer/dézoomer
- faites un clic droit à l'emplacement de votre habitation, bureau ou lieu du territoire que vous fréquenter tous les jours.

*** Dans quelle tranche d'âge êtes-vous ?**
Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez choisir ...

*** Vous êtes :**

☐ Féminin ☐ Masculin

*** Quel est votre niveau d'étude ?**
Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez choisir ...

*** Dans votre profession, vous :**
Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- ☐ dirigez/faites partie de l'équipe dirigeante de votre structure : vous prenez des décisions
- ☐ dirigez/faites partie de l'équipe dirigeante d'un service de votre structure : vous recevez des consignes et prenez des décisions
- ☐ êtes sur le terrain (à l'extérieur ou dans un bureau) : vous mettez en oeuvre les consignes
- ☐ Autre :

Finir plus tard

Suivant

Sortir et effacer vos réponses



Votre relation à la carte

Dans cette partie, nous vous questionnons sur votre relation à la carte en général :

- quand
- quelle utilisation
- origine de la carte

* A quelle fin utilisez-vous les cartes ?

Cochez la ou les réponses

- ☐ à titre personnel (itinéraire par Viamichelin, Mappy, ...)
- ☐ à titre personnel (illustration dans un journal, un livre, sur un site internet, ...)
- ☐ dans votre métier pour planifier
- ☐ dans votre métier pour intervenir
- ☐ dans votre métier pour prendre une décision
- ☐ dans votre métier comme support de discussion/concertation envers des partenaires
- ☐ dans votre métier comme support de discussion/concertation envers la population
- ☐ Autre :

* A quelle fréquence utilisez-vous les cartes ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- ☐ une fois par an
- ☐ plusieurs fois par an
- ☐ une fois par mois
- ☐ plusieurs fois par mois
- ☐ une fois par semaine
- ☐ plusieurs fois par semaine

D'où proviennent les cartes que vous utilisez ?

Choisissez parmi les propositions suivantes celle(s) qui vous correspond(ent) le mieux :

- Cliquez sur une proposition de la colonne de gauche et déposez la dans la colonne de droite ;

- L'ordre dans la colonne de droite indique l'ordre d'importance de la source des cartes que vous utilisez ;
- Vous pouvez modifier l'ordre dans la colonne de droite après avoir déposé les propositions ;

Effectuer un double-clic ou glisser/déposer les éléments de la liste de gauche à la liste de droite. L'élément avec le rang le plus élevé est situé le plus haut jusqu'à celui du rang le moins élevé.

Veuillez sélectionner au moins une réponse

Vos choix

Votre classement

vous en réalisez
vous-mêmes

un ou plusieurs services
de votre structure

un ou plusieurs services
de vos partenaires

un sous-traitant (bureau
d'études, bureau de
recherche, université, ...)

Finir plus tard

Suivant

Sortir et effacer vos réponses

CRI-evac



vous et la(les) carte(s) d'évacuation

Dans cette partie, nous nous intéressons plus particulièrement à la carte d'évacuation lors d'une inondation :

- A quelle(s) question(s) doit-elle répondre ?
 - Quand l'utilisez-vous ?
- Quelles informations sont nécessaires ? ...

A quelle(s) question(s) doit vous permettre de répondre une carte d'évacuation lors d'une inondation ?

Effectuer un double-clic ou glisser/déposer les éléments de la liste de gauche à la liste de droite. L'élément avec le rang le plus élevé est situé le plus haut jusqu'à celui du rang le moins élevé.

Veuillez sélectionner au moins une réponse

Vos choix

Votre classement

Quels sont la(les) zone(s) d'habitation rattachée(s) à une Zone de Regroupement et d'Orientation ?	
Quels sont la(les) zone(s) d'habitation pour toutes les Zones de Regroupement et d'Orientation ?	
Combien d'habitants potentiels pour chaque ZRO ?	
Quels sont les croisements sensibles (risque d'encombrement, accidents, ...)?	
Quelles sont les portions de routes sensibles (risque d'encombrement, accidents, ...)?	
Combien de véhicules sur les routes pour un créneau donné ?	
Combien de personnes par (groupe de) bâtiment(s) autonomes pour déplacer ?	
Combien de personnes par (groupe de) bâtiment(s) dépendantes pour déplacer ?	
Quel est le niveau de saturation probable pour les portions de route ?	
Quel est l'ordre d'évacuation conseillé ?	
différentes zones d'habitation ?	
Autre (précisez dans la question qui apparaît ci-dessous)	



- Cliquez sur un élément de la liste de gauche pour quelle se place dans la liste de droite.
- 1 signifie la source la plus fréquente, 2 un peu moins, ...
- Si une proposition de la liste de gauche n'est pas une de vos questions, ne cliquez pas dessus : elle ne sera pas prise en com

A quoi doit servir une carte d'évacuation à destination de la population ?

Effectuer un double-clic ou glisser/déposer les éléments de la liste de gauche à la liste de droite.

L'élément avec le rang le plus élevé est situer le plus haut jusqu'a celui du rang le moins élevé.

Veuillez sélectionner au moins une réponse

Vos choix

Votre classement

favoriser un départ tôt après l'alerte	
faire privilégier l'itinéraire recommandé	
faire privilégier un départ dans le créneau de temps recommandé	
rendre le plus autonome possible la population	
autre (préciser dans la question qui apparaît ci-dessous)	



- Cliquez sur un élément de la liste de gauche pour quelle se place dans la liste de droite.
- 1 signifie la source la plus fréquente, 2 un peu moins, ...
- Si une proposition de la liste de gauche ne vous convient pas, ne cliquez pas dessus : elle ne sera pas prise en compte

Quel support vous semble le plus intéressant pour une carte d'évacuation ?

Effectuer un double-clic ou glisser/déposer les éléments de la liste de gauche à la liste de droite.

L'élément avec le rang le plus élevé est situer le plus haut jusqu'a celui du rang le moins élevé.

Veuillez sélectionner au moins une réponse

Vos choix

Votre classement

une carte qui vous est distribuée ou que vous pouvez imprimer	
une carte que vous pouvez mettre sur un écran de grande taille (ordinateur, projecteur, ...)	
une carte que vous pouvez mettre sur un écran de petite taille (tablette, smartphone, ...)	
une carte sur laquelle vous pouvez agir (évolution dans le temps, afficher/masquer une information, ...)	

Finir plus tard

Suivant

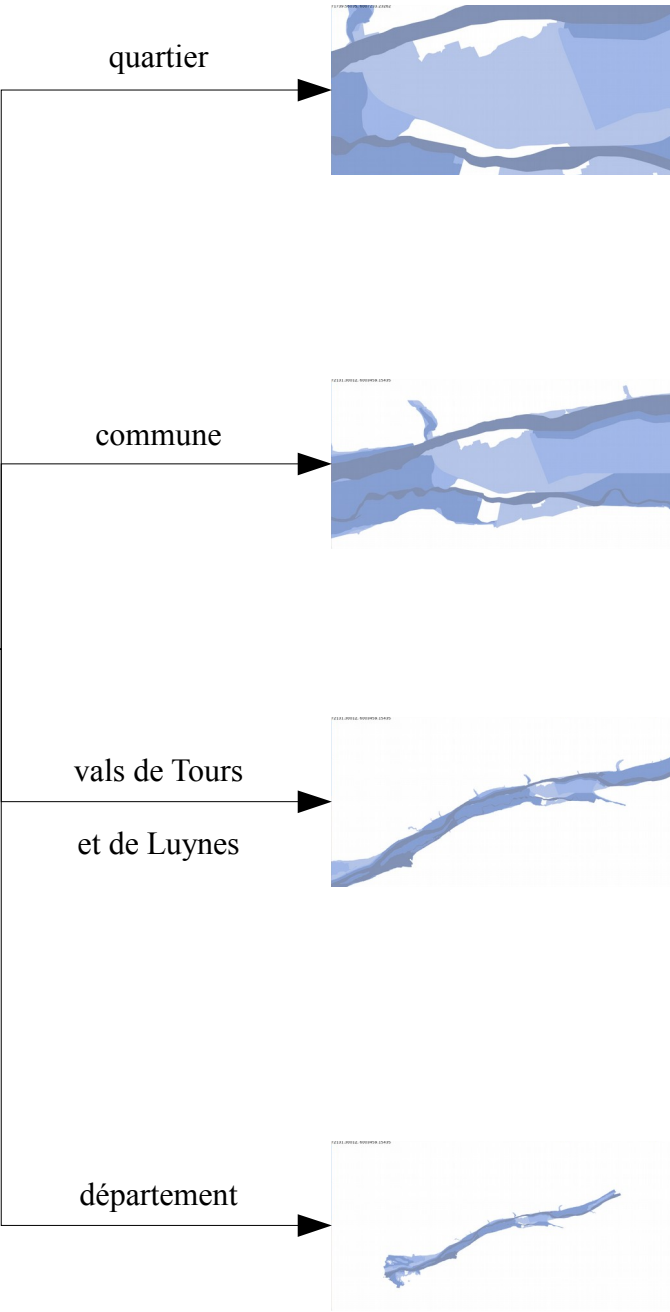
Sortir et effacer vos réponses

Annexe B

Figurations utilisées dans IMaDeS

Cette annexe synthétise les échelles et les figurations appliquées pour les différentes données géographiques proposées dans IMaDeS (aléa, bâtiments, itinéraires et zone de regroupement et d'organisation). Les figurations sont affichées à l'échelle des Vals de Tours et de Luynes pour l'aléa et les zones de regroupement et d'organisation et à l'échelle de la commune pour les bâtiments et les itinéraires.

Échelle

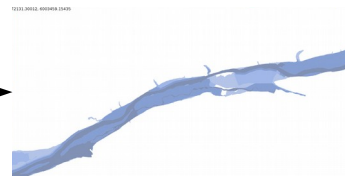


Aléa

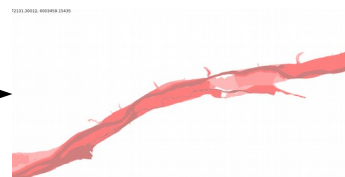
sans



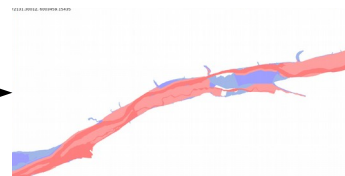
gradient de bleu



gradient de rouge



Symbologie du
PPRI



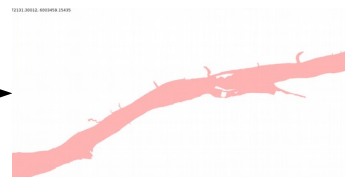
Symbologie de
l'AZI



bleu



rouge



tous les immeubles



Point simple



Point taille



Point – couleur
Évacuation sur le créneau



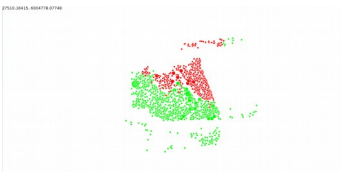
Point – couleur
Évacuation depuis le début



Point – taille
Évacuation sur le créneau



Point – taille
Évacuation depuis le début



Point – taille et couleur
Évacuation depuis le début



Forme réelle simple



Forme réelle - couleur
Évacuation sur le créneau de temps



Forme réelle - couleur
Évacuation depuis le début

sans



un bâtiment

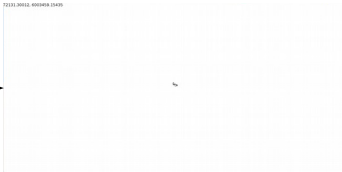
point



icône



forme



réelle

tous les itinéraires



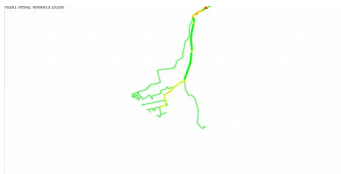
simple



taille



couleur



couleur
et taille



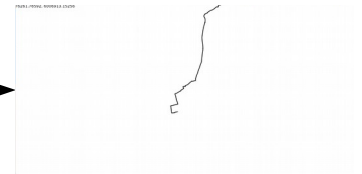
itinéraire

sans

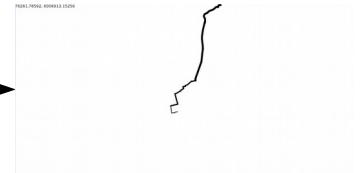
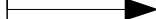


un itinéraire

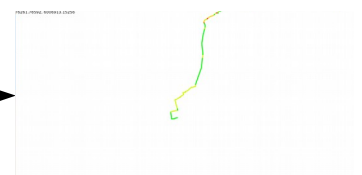
simple



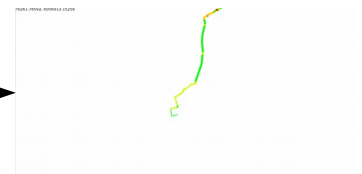
taille



couleur



couleur
et taille



Zones de
sûreté

sans



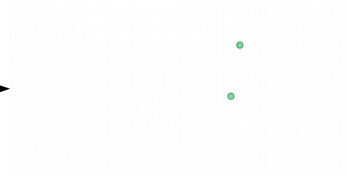
forme réelle
simple



forme réelle
couleur



point
simple



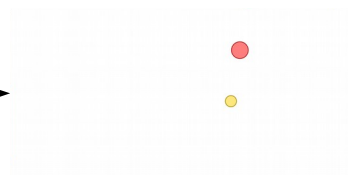
point
taille



point
couleur



point
couleur et taille



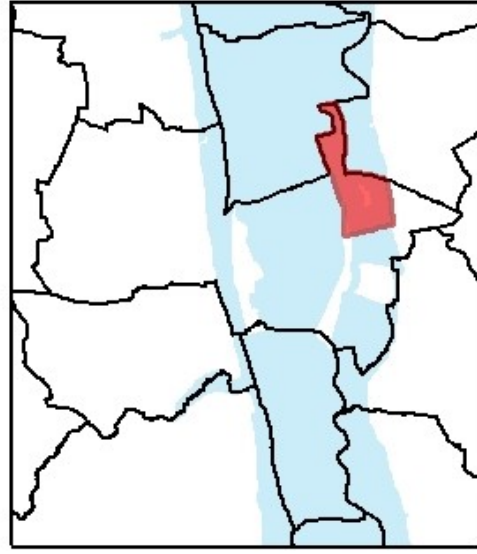
Annexe C

Profils cartographiques testés

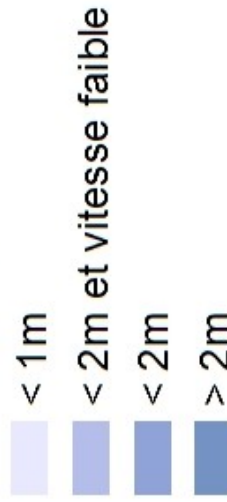
Cette annexe regroupe les douze cartes produites à partir des profils cartographiques et testées lors de la phase d'évaluation.

Secteur Fontaines-Rochepinard

Hauteur d'eau



Hauteur d'eau

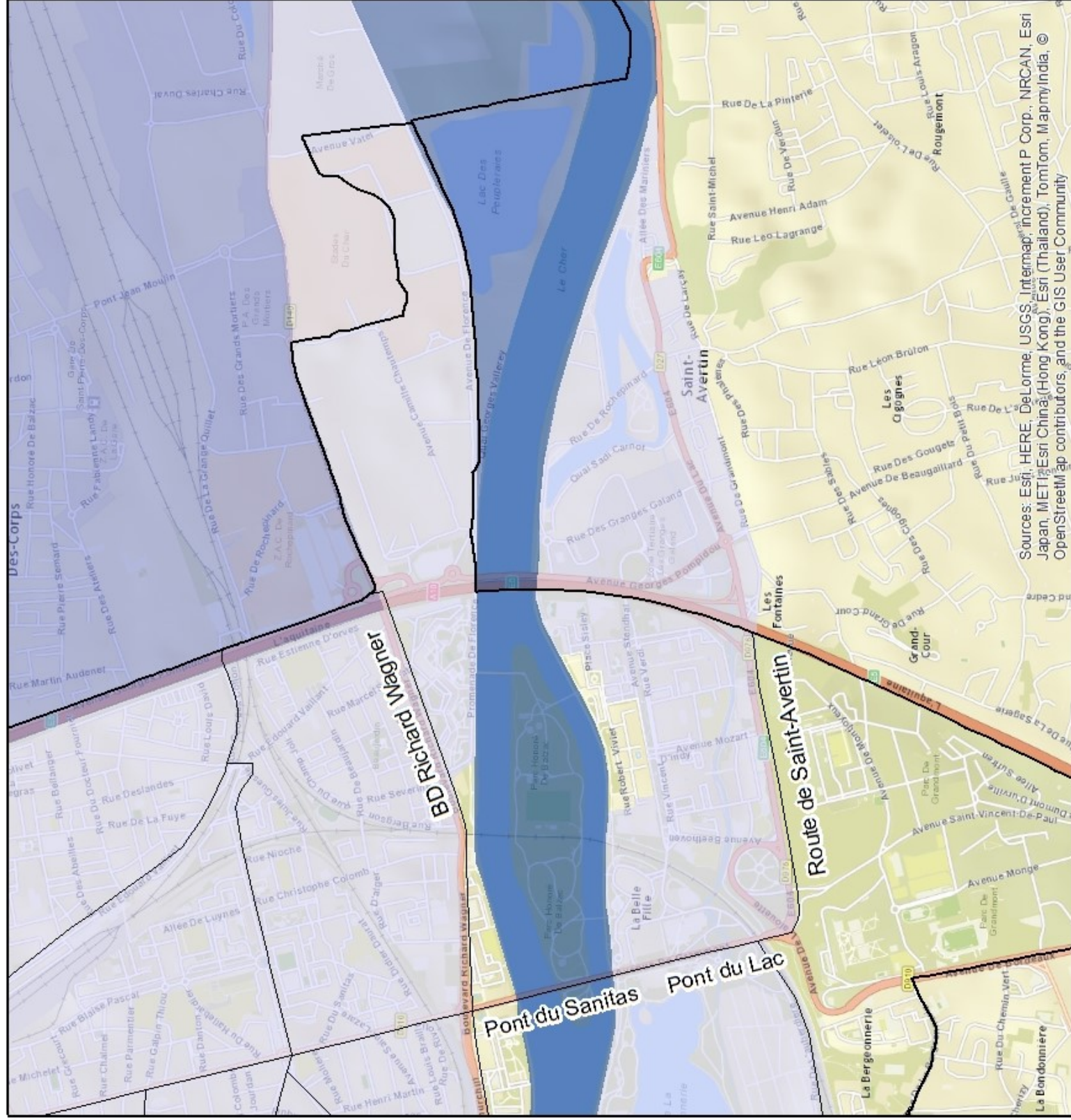


Secteurs d'intervention

Communes



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

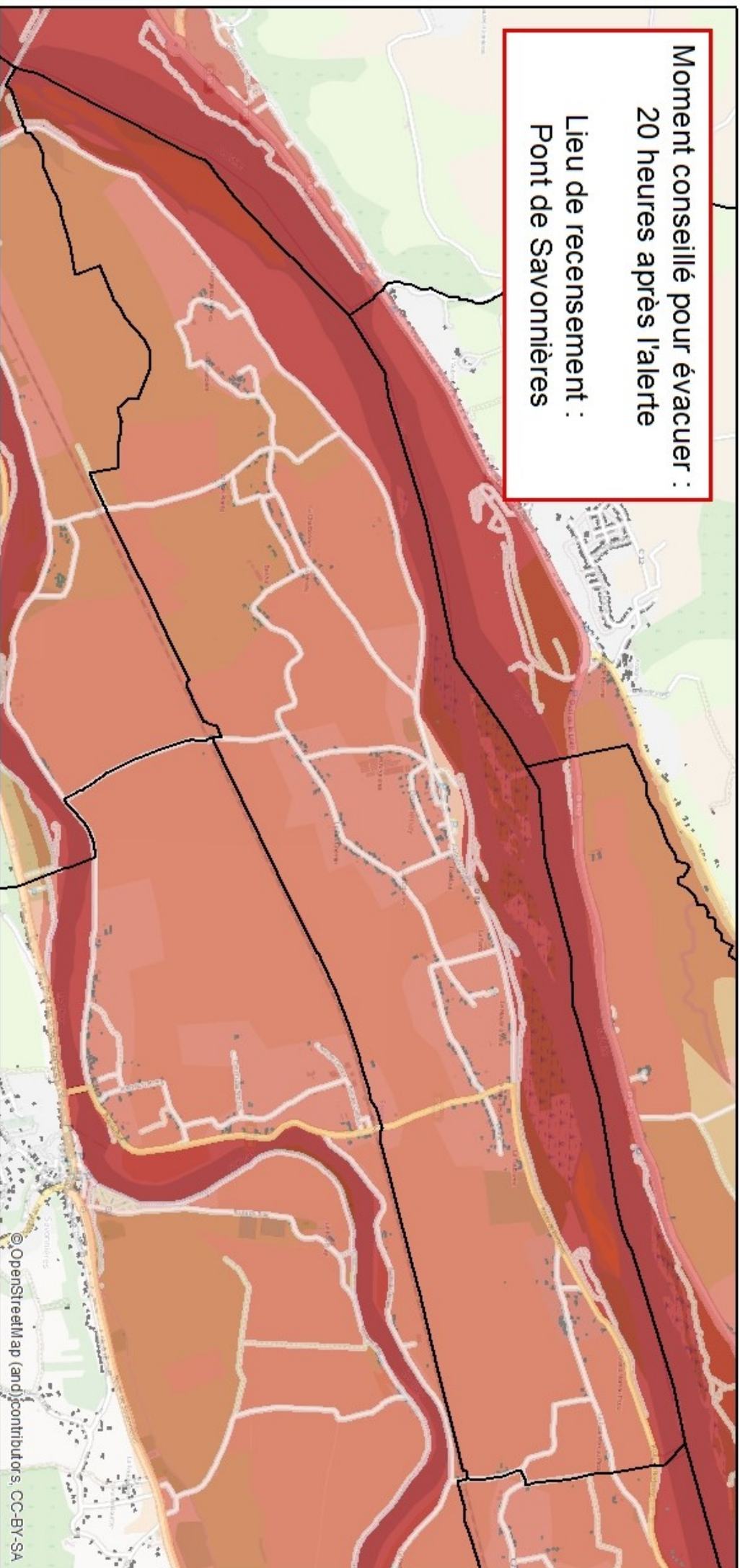


Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau

Moment conseillé pour évacuer :
20 heures après l'alerte
Lieu de recensement :
Pont de Savonnières



Hauteur d'eau

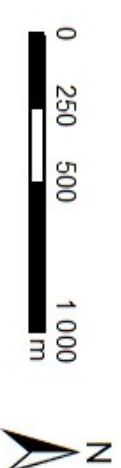
Communes

<1m

<2m et vitesse faible

<2m

>2m



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTEO v3 IGN, Fond Route ESRI

Plan d'évacuation : Quartier Prébendes



Encombrement de la route



Capacité maximale

- moins de 500 véhicules/h
- 501 à 1000 véhicules/h
- plus de 1000 véhicules/h

Bâtiments à évacuer

- 1 étage
- 2 à 4 étages
- 5 à 10 étages
- 11 à 23 étages

Habitations

Aléa

- faible
- moyen
- fort
- très fort

Secteurs

d'intervention



Berthenay

Itinéraire d'évacuation



→ Route à suivre



Point de regroupement



0 125 250 500
m

Réalisation : Gaëtan PALKA

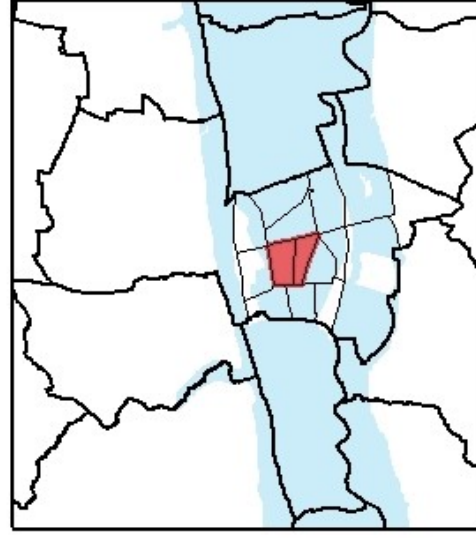
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTEO v2 IGN, Sand Route-ESRI

Sources: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar, USDA, USGS, Aero, Cambridge, Aerial, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Secteur
Prébendes-Lakanal

Routes d'accès



Accès privilégié secours

Aléa

faible

moyen

fort

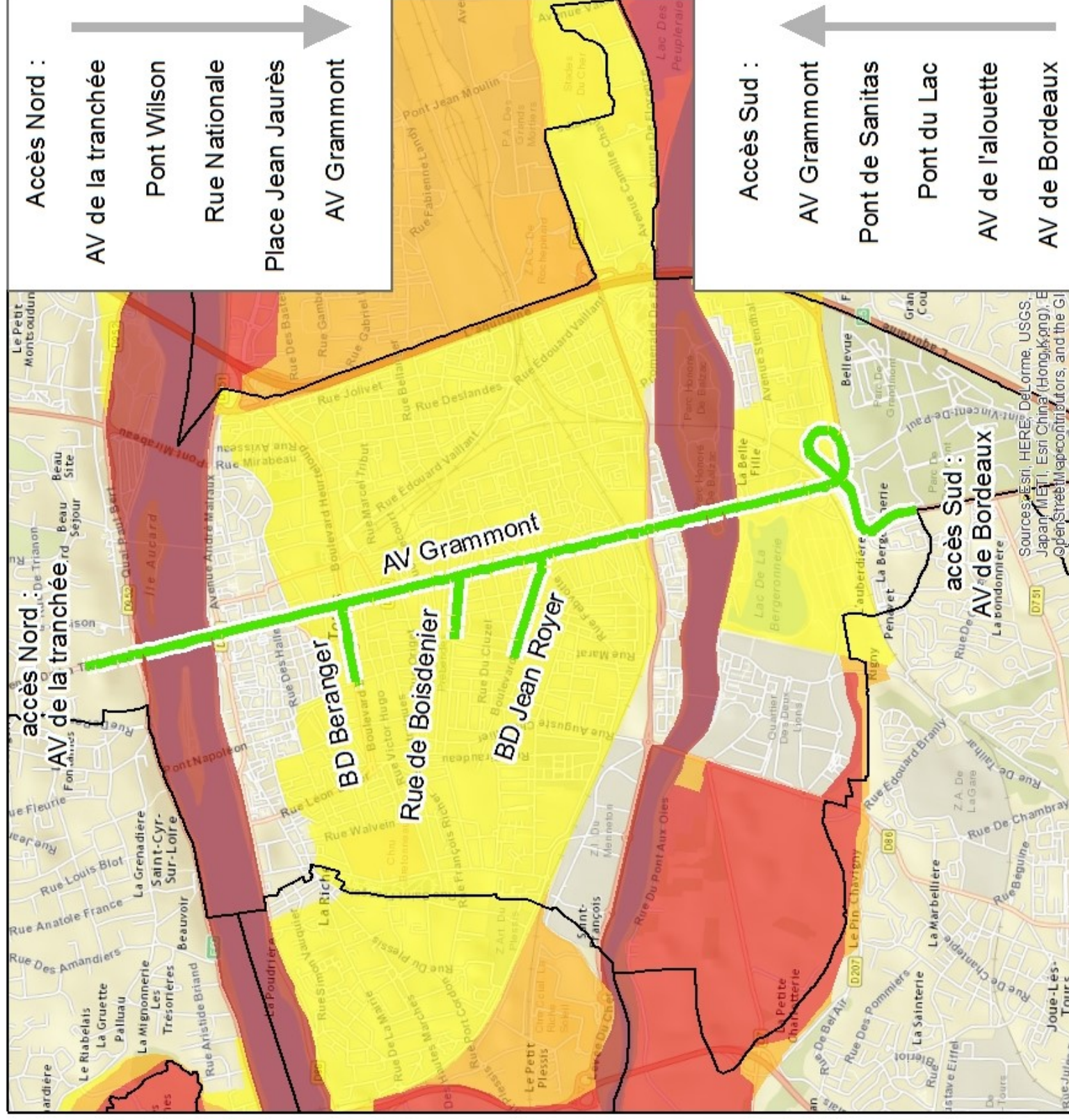
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date: mai 2014

Sources: Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Accès Nord :

AV de la tranchée

Pont Wilson

Rue Nationale

Place Jean Jaurès

AV Grammont

Accès Sud :

AV Grammont

Pont de Sanitas

Pont du Lac

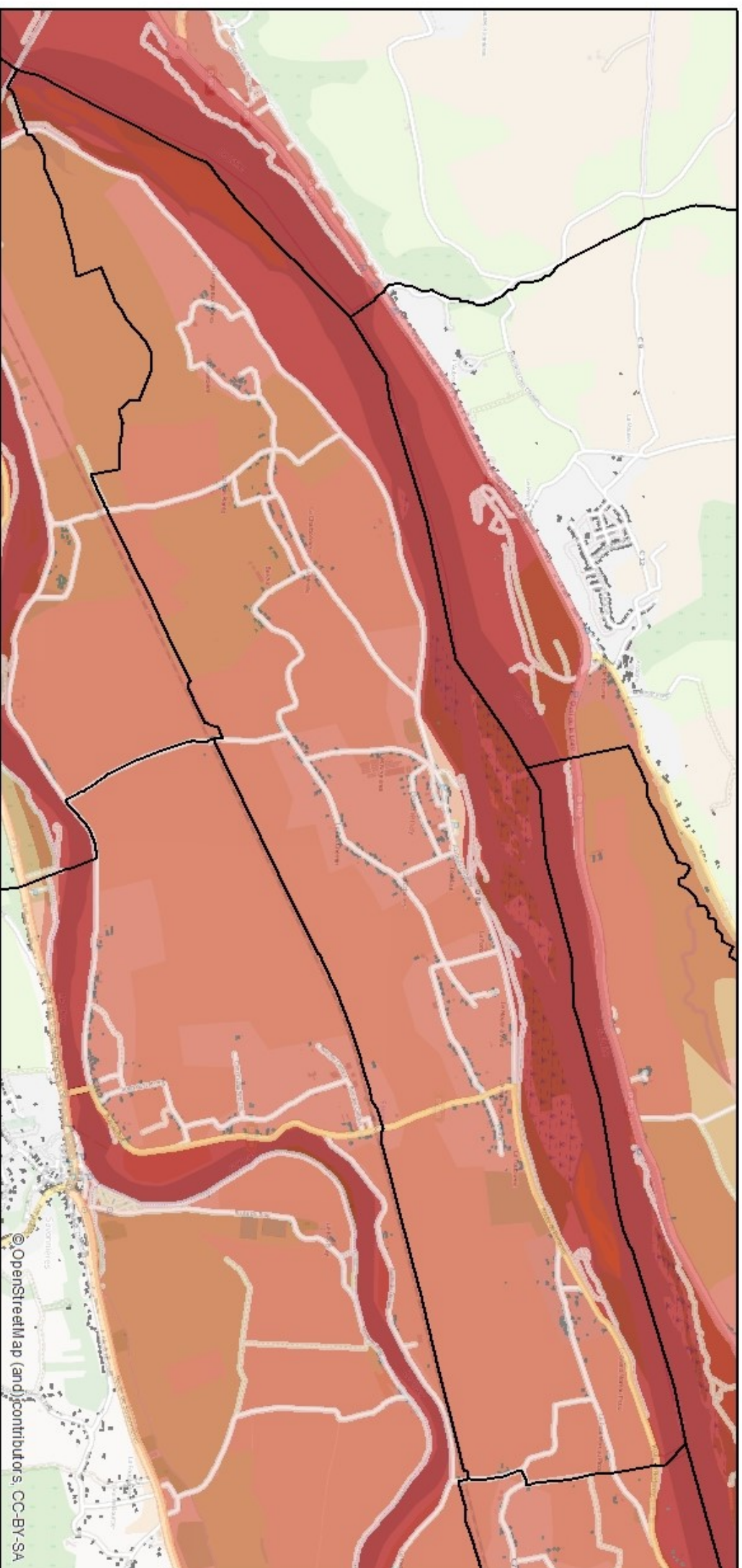
AV de l'alouette

AV de Bordeaux

accès Sud :
Vade Bordeaux

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau



Hauteur d'eau

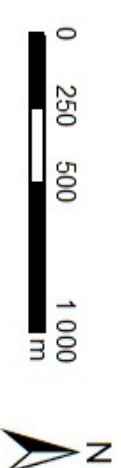
Communes

<1m

<2m et vitesse faible

<2m

>2m



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Réalisation : Gaëtan PALKA

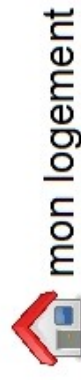
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTEO v3 IGN, Fond Route ESRI

Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation



Itinéraire d'évacuation
recommandé

Zone de sûreté
et de rassemblement

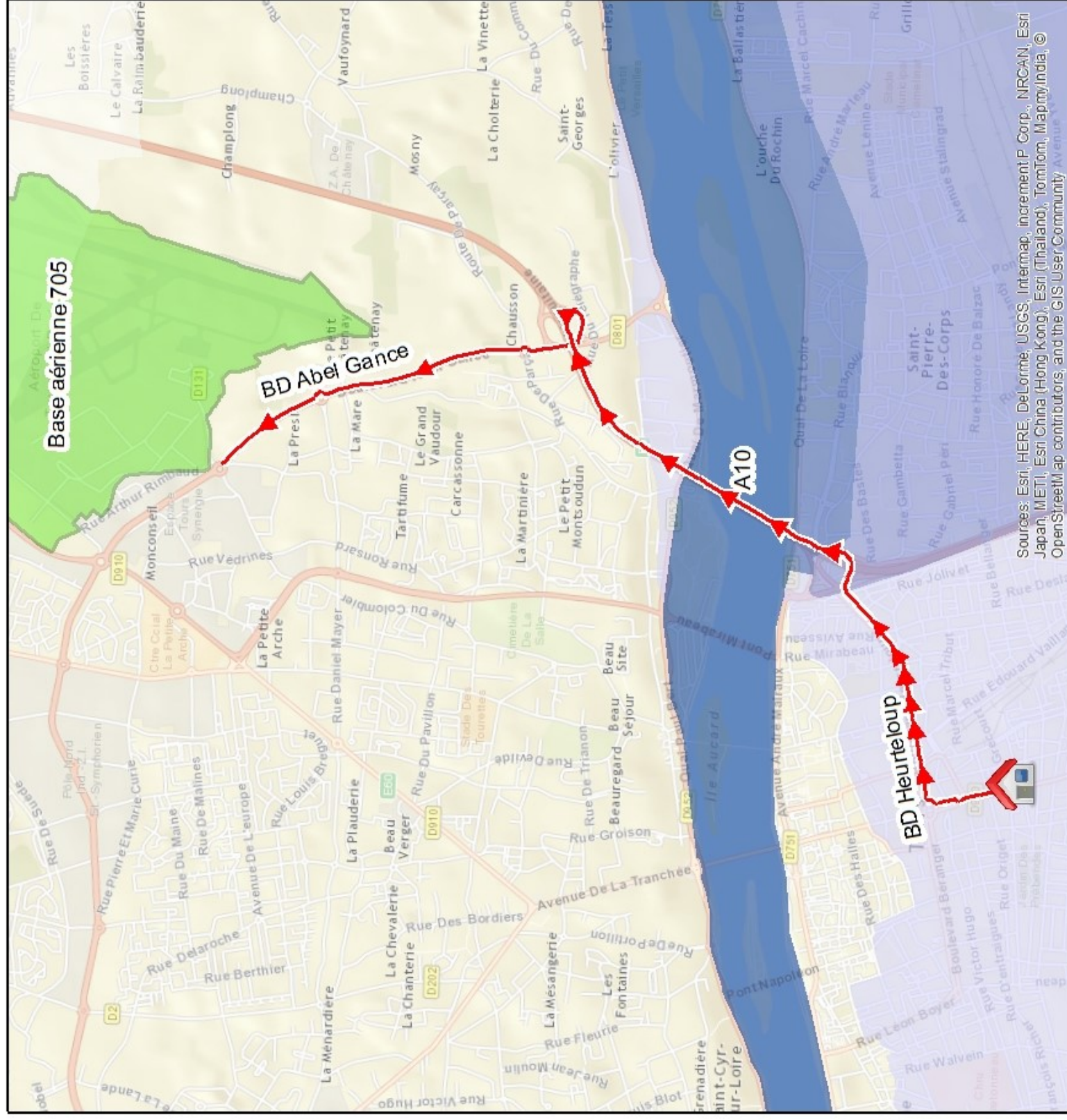
Hauteur d'eau

- < 1m
- < 2m et vitesse faible
- < 2m
- > 2m



Réalisation : Gaëtan Palka
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Swisstopo, TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

La Riche

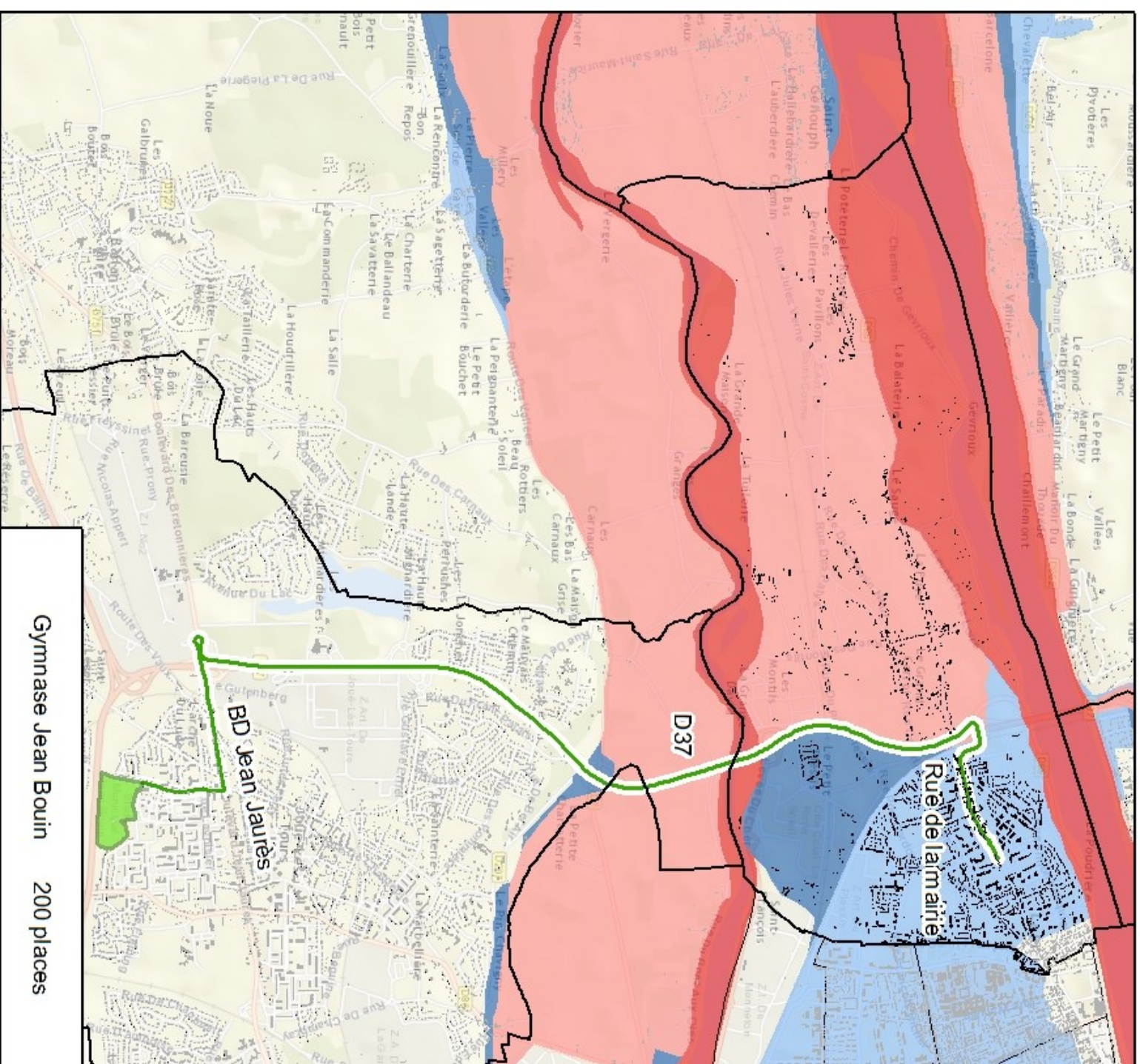
Plan d'évacuation

- Bâtiments à évacuer
- Itinéraire d'évacuation recommandé
- Zone de sûreté et de rassemblement

- Aléa
- faible
 - moyen
 - fort
 - très fort

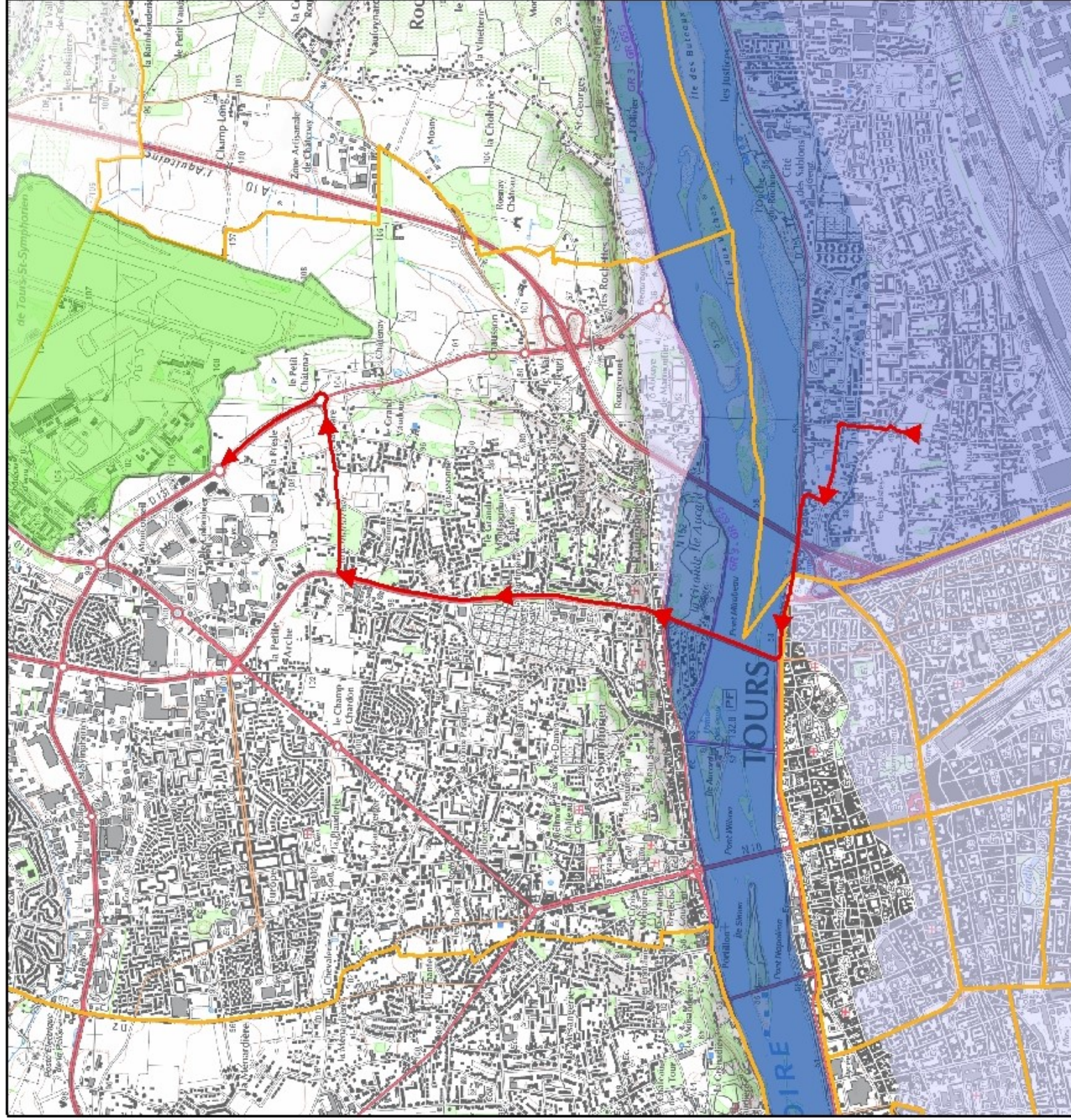


0 375 750 1 500
m



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



➔ Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

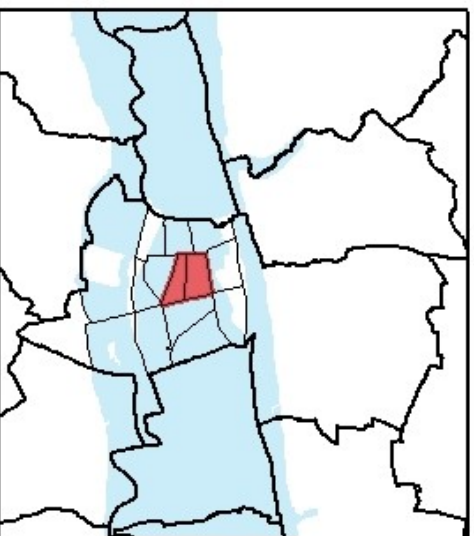
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Secteur

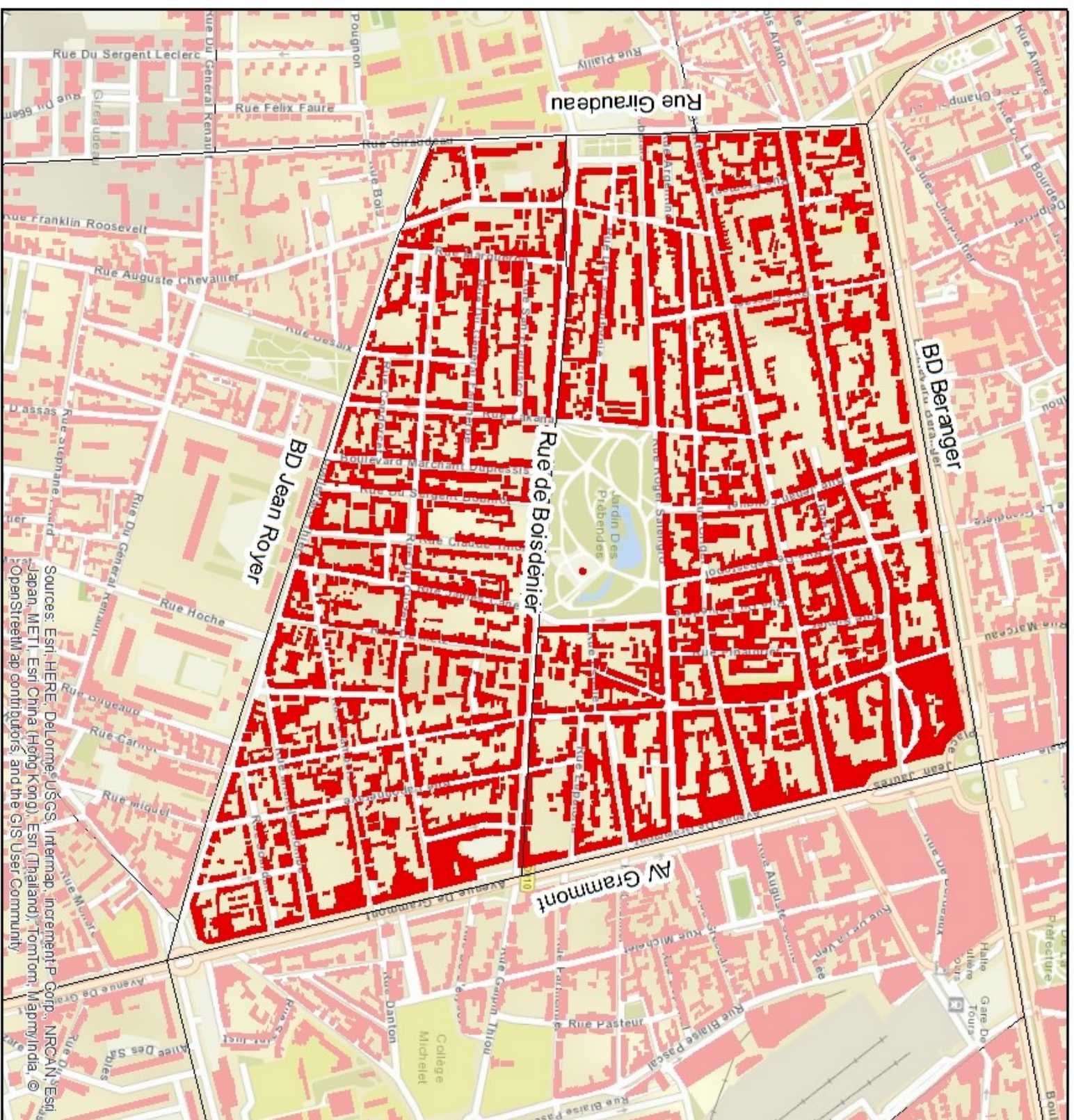
Prébendes-Lakanal

Bâtiments à évacuer



Bâtiments à évacuer

Secteurs d'intervention



Tours

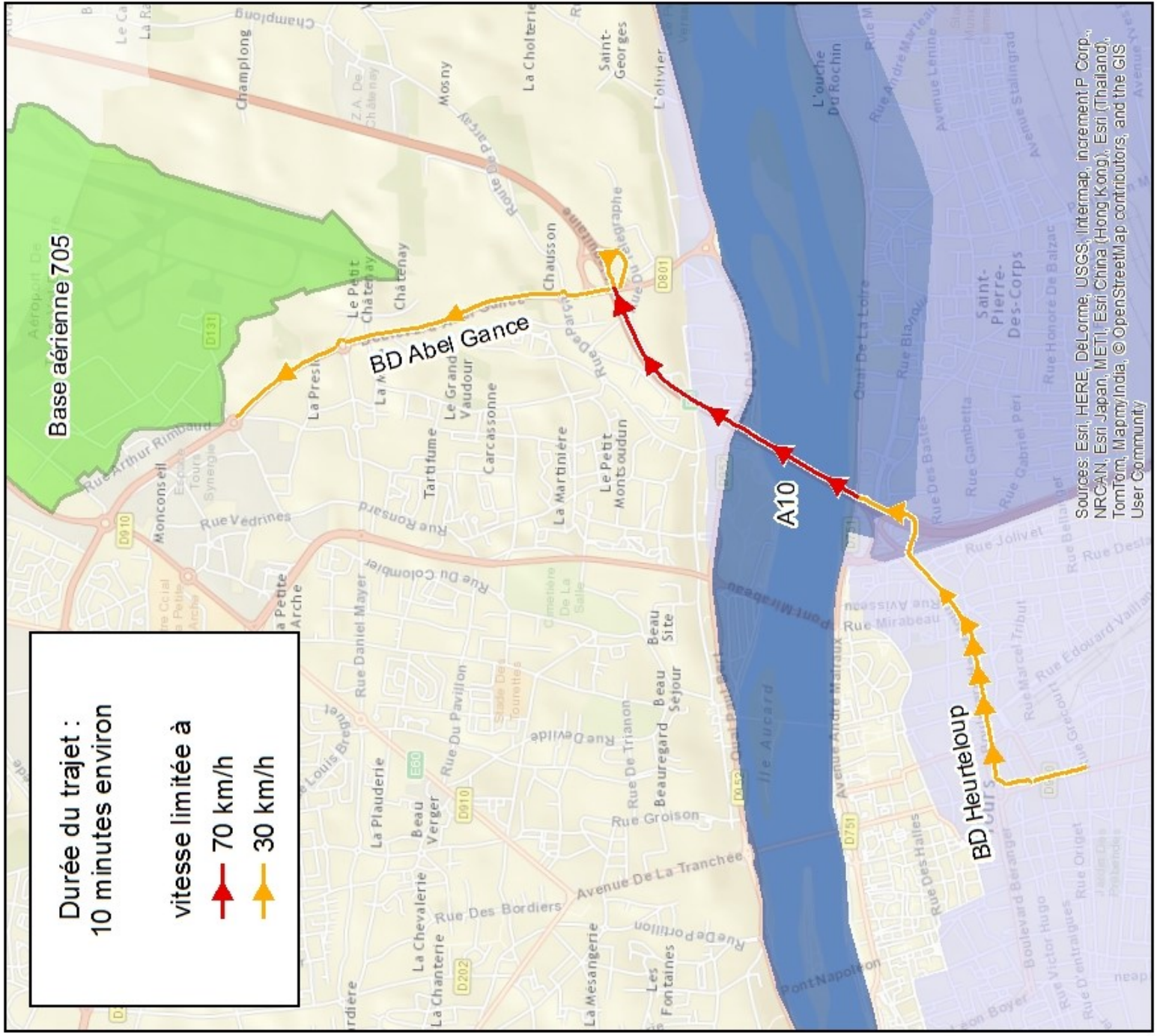
Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

↑	Av Grammont	450m	54s
↗	Place Jean Jaurès	50m	7s
↗	Bd Heurteloup	1,2km	2m24s
↑	A10 (dir. Paris)	2,1km	1m18s
↗	Sortie 20 (Le Mans/Laval)	400m	48s
↗	Bd Abel Gance (D801)	260m	32s
↖	Bd Abel Gance (D801)	1,2km	2m24s
↖	Bd Abel Gance (D801)	600m	1m12s



Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
 Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
 BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

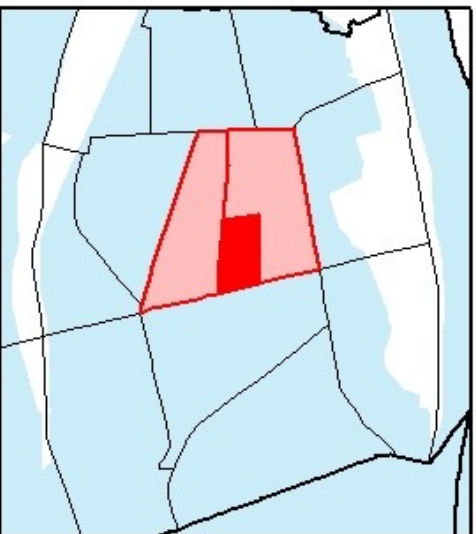


Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp.,
 NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand),
 TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS
 User Community

Secteur

Prébendes-Lakanal

Bâtiments à évacuer



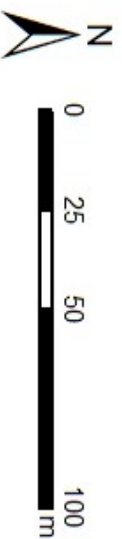
Nombre d'étages

2 à 4

5 à 10

11 à 23

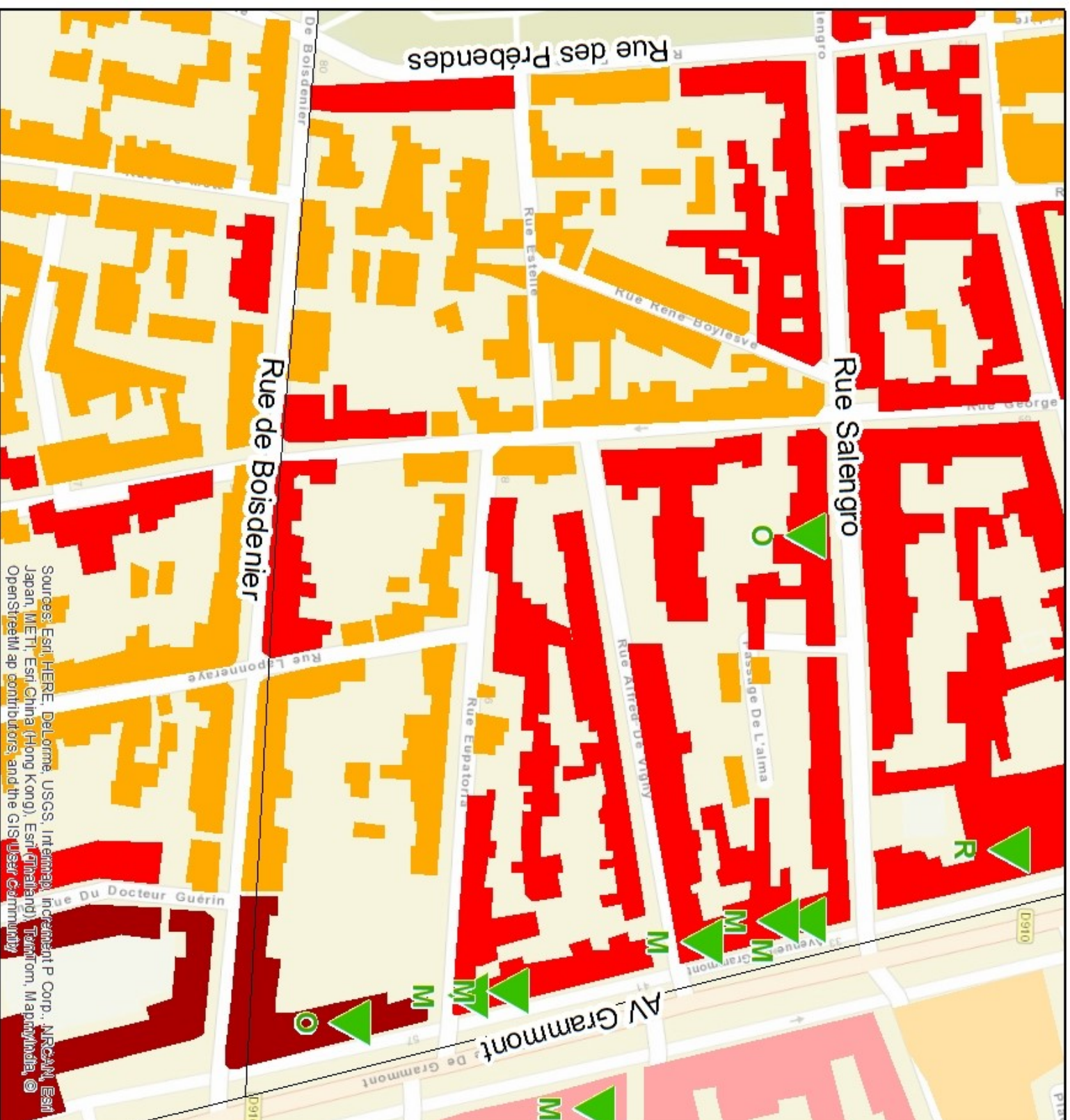
Secteurs d'intervention



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Aléa DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., ARCAM, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), Swisstopo, Mapbox, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Annexe D

Enquête d'évaluation des profils

Cette annexe contient le questionnaire qui a été couplé à l'oculométrie dans la phase d'évaluation des cartes issues des profils cartographiques.

Cartographie efficace du Risque d'Inondation

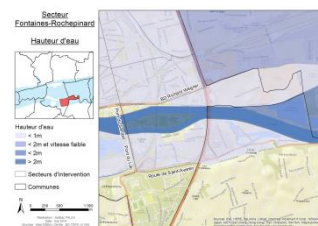
Phase de validation
des modèles

Mai à juillet 2014

Volontaire :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Carte CRI1P



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. Quel est le secteur évacué ?

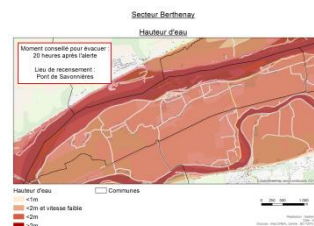
- | | |
|---|--|
| ☐ Velpeau | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Fontaines - Rochepinard | ☐ Ne sais pas |
| ☐ 2 lions | |

5. Les habitations inondées le seront principalement sous

- | | |
|---|--|
| ☐ 1 m d'eau | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ 2 m d'eau | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Plus de 2 m d'eau | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI2H



Évaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. A quel moment devez-vous évacuer ou faire évacuer ?

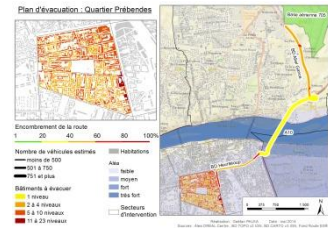
- | | |
|--|--|
| ☐ 1 jour après l'alerte | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ 2 jours après l'alerte | ☐ Ne sais pas |
| ☐ 3 jours après l'alerte | |

5. Où devez-vous vous rendre ? (zone de sureté pour la population ou zone à protéger pour les secours et acteurs territoriaux)

- | | |
|---|--|
| ☐ Pont de Savonnières | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Rocade ouest de Tours vers les nord | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Rocade ouest de Tours vers le sud | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI3M



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. Les bâtiments les plus hauts du secteur sont

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ☐ Au nord-ouest | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Au sud-ouest | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Au sud-est | |

5. L'itinéraire d'évacuation recommandé passe par

- | | |
|--|--|
| ☐ Le pont Wilson | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Le pont Marceau | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Le pont de l'A10 | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI4T



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. Vers quelle direction devez évacuer ou faire évacuer ?

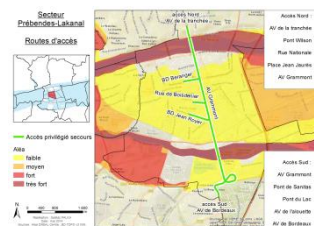
- | | |
|-----------------------------------|--|
| ☐ Le nord-est | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ L'ouest | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Le sud-est | |

5. La commune à évacuer ou faire évacuer est

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ☐ Berthenay | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Saint Genouph | ☐ Ne sais pas |
| ☐ La Riche | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI5P



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. Les bâtiments inondés du secteur à évacuer seront principalement sous

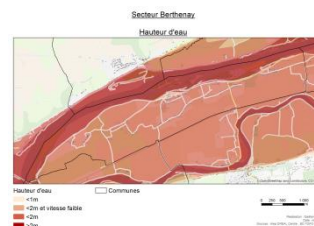
- ☐ 1 m d'eau
☐ 2 m d'eau
☐ Plus de 2 m d'eau
☐ Non précisé sur la carte
☐ Ne sais pas

5. L'accès au secteur par le sud passe par

- ☐ Le pont Wilson
☐ Le pont de Sanitas
☐ Le pont Grammont
☐ Non précisé sur la carte
☐ Ne sais pas

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI6H



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. A quel moment devez-vous évacuer ou faire évacuer ?

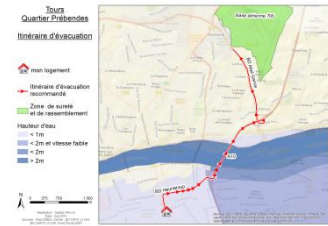
- | | |
|--|--|
| ☐ 1 jour après l'alerte | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ 2 jours après l'alerte | ☐ Ne sais pas |
| ☐ 3 jours après l'alerte | |

5. Où devez-vous vous rendre ? (zone de sureté pour la population ou zone à protéger pour les secours et acteurs territoriaux)

- | | |
|---|--|
| ☐ Pont de Savonnières | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Rocade ouest de Tours vers les nord | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Rocade ouest de Tours vers le sud | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI7H



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. Le trajet vers le point de sûreté et de rassemblement durera environ

- | | |
|----------------------------------|--|
| ☐ 15 minutes | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ 25 minutes | ☐ Ne sais pas |
| ☐ 35 minutes | |

5. L'itinéraire d'évacuation recommandé sera

- | | |
|--|--|
| ☐ Peu saturé | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Moyennement saturé | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Très saturé | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

[illegible]

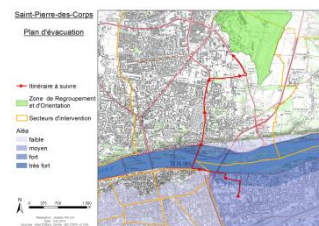
1. Trouvez-vous la quantité d'information :

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

3. Trouvez-vous la carte

--

Carte CRI9T



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. Le secteur du val à évacuer est

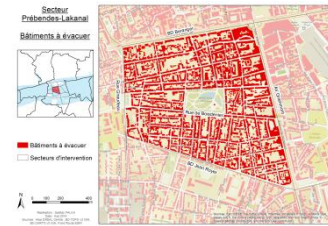
- | | |
|--|--|
| ☐ L'ouest du Vieux Tours | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ L'est du Vieux Tours | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Saint-Pierre-des-Corps | |

5. L'itinéraire d'évacuation recommandé passe par

- | | |
|--|--|
| ☐ Le pont de l'A10 | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Le pont de Sanitas | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Le pont Wilson | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI10P



Évaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. Quel axe ne borde pas le secteur à évacuer

- | | |
|----------------------------------|--|
| ☐ Boisdénier | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Giraudeau | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Jean Royer | |

5. Les bâtiments du secteur ont majoritairement

- | | |
|---|--|
| ☐ De 2 à 4 étages | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ De 5 à 10 étages | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Plus de 10 étages | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI11H



Evaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte :

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. La vitesse de circulation est-elle réduite ?

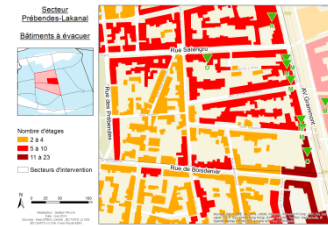
- ☐ Oui sur la totalité du parcours
☐ Oui sur une partie du parcours
☐ Non
 ☐ Non précisé sur la carte
☐ Ne sais pas

5. Le trajet vers le point de sureté et de rassemblement durera environ

- ☐ 10 minutes
☐ 15 minutes
☐ 20 minutes
 ☐ Non précisé sur la carte
☐ Ne sais pas

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI12P



Évaluez les caractéristiques suivantes :

1. Trouvez-vous la quantité d'information :

Trop faible Trop importante

2. Trouvez-vous la lecture de la carte:

Très mauvaise Très bonne

3. Trouvez-vous la carte

Inutile Parfaitement adaptée

Répondez aux questions suivantes :

4. La portion du secteur à évacuer présente

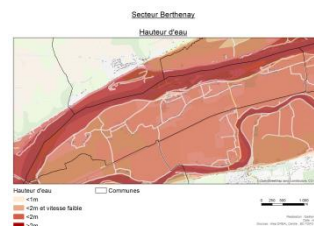
- | | |
|---|--|
| ☐ 1 hôtel recensé | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ 2 hôtels recensés | ☐ Ne sais pas |
| ☐ 3 hôtels recensés | |

5. La portion du secteur à évacuer est

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ☐ A l'est | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Au nord-ouest | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Au sud | |

Commentaires et remarques (informations manquantes ou superflues, mises en forme inutiles, ...) :

Carte CRI7H



Répondez aux questions suivantes :

1. Les bâtiments inondés du secteur à évacuer seront principalement sous

☐ 1 m d'eau	☐ Non précisé sur la carte
☐ 2 m d'eau	☐ Ne sais pas
☐ Plus de 2 m d'eau	

2. L'itinéraire d'évacuation sera

☐ Peu encombré	☐ Non précisé sur la carte
☐ Encombré	☐ Ne sais pas
☐ Très encombré	

3. A quel moment devez-vous évacuer ou faire évacuer ?

☐ 1 jour après l'alerte	☐ Non précisé sur la carte
☐ 2 jours après l'alerte	☐ Ne sais pas
☐ 3 jours après l'alerte	

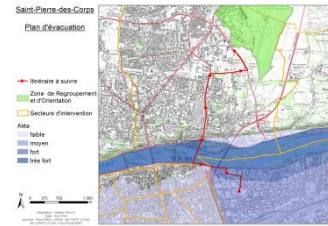
4. La durée du trajet sera d'environ

☐ 10 minutes	☐ Non précisé sur la carte
☐ 20 minutes	☐ Ne sais pas
☐ 30 minutes	

5. Où les habitants doivent-ils évacuer ?

☐ Pont de Savonnières	☐ Non précisé sur la carte
☐ Rocade ouest de Tours vers les nord	☐ Ne sais pas
☐ Rocade ouest de Tours vers le sud	

Carte CRI10T



Répondez aux questions suivantes :

1. L'itinéraire d'évacuation recommandé passe par

- | | |
|--|--|
| ☐ Le pont de l'A10 | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Le pont de Sanitas | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Le pont Wilson | |

2. L'itinéraire d'évacuation sera

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ☐ Peu encombré | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ Encombré | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Très encombré | |

3. A quel moment devez-vous évacuer ou faire évacuer ?

- | | |
|--|--|
| ☐ 1 jour après l'alerte | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ 2 jours après l'alerte | ☐ Ne sais pas |
| ☐ 3 jours après l'alerte | |

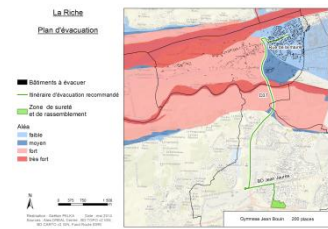
4. Le secteur du val à évacuer est

- | | |
|--|--|
| ☐ L'ouest du Vieux Tours | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ L'est du Vieux Tours | ☐ Ne sais pas |
| ☐ Saint-Pierre-des-Corps | |

5. La durée du trajet est d'environ

- | | |
|----------------------------------|--|
| ☐ 10 minutes | ☐ Non précisé sur la carte |
| ☐ 15 minutes | ☐ Ne sais pas |
| ☐ 20 minutes | |

Carte CRI9M



Répondez aux questions suivantes :

1. La zone d'accueil peut accueillir

☐ 150 personnes	☐ Non précisé sur la carte
☐ 200 personnes	☐ Ne sais pas
☐ 250 personnes	

2. La vitesse maximale sera limitée sur le contournement ouest à

☐ 70 km	☐ Non précisé sur la carte
☐ 80 km	☐ Ne sais pas
☐ 90 km	

3. Le lieu de destination recommandé est le gymnase

☐ Jean Germain	☐ Non précisé sur la carte
☐ Michel Papin	☐ Ne sais pas
☐ Jean Bouin	

4. La majorité des bâtiments de La Riche seront en aléa

☐ Faible	☐ Non précisé sur la carte
☐ Moyen	☐ Ne sais pas
☐ Fort	

5. A quel moment devez-vous évacuer ou faire évacuer ?

☐ 1 jour après l'alerte	☐ Non précisé sur la carte
☐ 2 jours après l'alerte	☐ Ne sais pas
☐ 3 jours après l'alerte	

[illegible]

1. Cet itinéraire d'évacuation concerne le secteur

2. La vitesse de circulation est-elle réduite ?

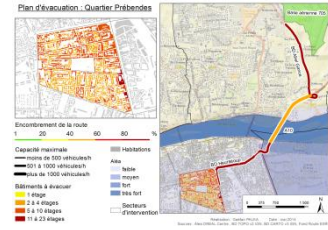
3. Le trajet vers le point de sureté et de rassemblement durera environ

- #### 4. L'itinéraire recommandé comporte

5. A quel moment devez-vous évacuer ou faire évacuer ?

- 17

Carte CRI12P



Répondez aux questions suivantes :

1. L'itinéraire d'évacuation recommandé passe par

☐ Le pont Wilson	☐ Non précisé sur la carte
☐ Le pont Marceau	☐ Ne sais pas
☐ Le pont de l'A10	

2. L'itinéraire d'évacuation recommandé sera

☐ Peu encombré	☐ Non précisé sur la carte
☐ Encombré	☐ Ne sais pas
☐ Très encombré	

3. L'évacuation s'effectuera surtout

☐ Le premier jour après l'alerte	☐ Non précisé sur la carte
☐ Le deuxième jour après l'alerte	☐ Ne sais pas
☐ Le troisième jour après l'alerte	

4. Les bâtiments les plus hauts du secteur sont

☐ Au nord-ouest	☐ Non précisé sur la carte
☐ Au sud-ouest	☐ Ne sais pas
☐ Au sud-est	

5. Quelle est la distance de l'itinéraire d'évacuation recommandé entre le secteur à évacuer et la zone de sureté ?

☐ 5 km	☐ Non précisé sur la carte
☐ 7 km	☐ Ne sais pas
☐ 9 km	

Annexe E

Enregistrements oculaires

Cette annexe regroupe des extraits des stratégies oculaires des participants à la phase d'évaluation. Les tableau suivant associe le code du volontaire et sa catégorie d'acteurs.

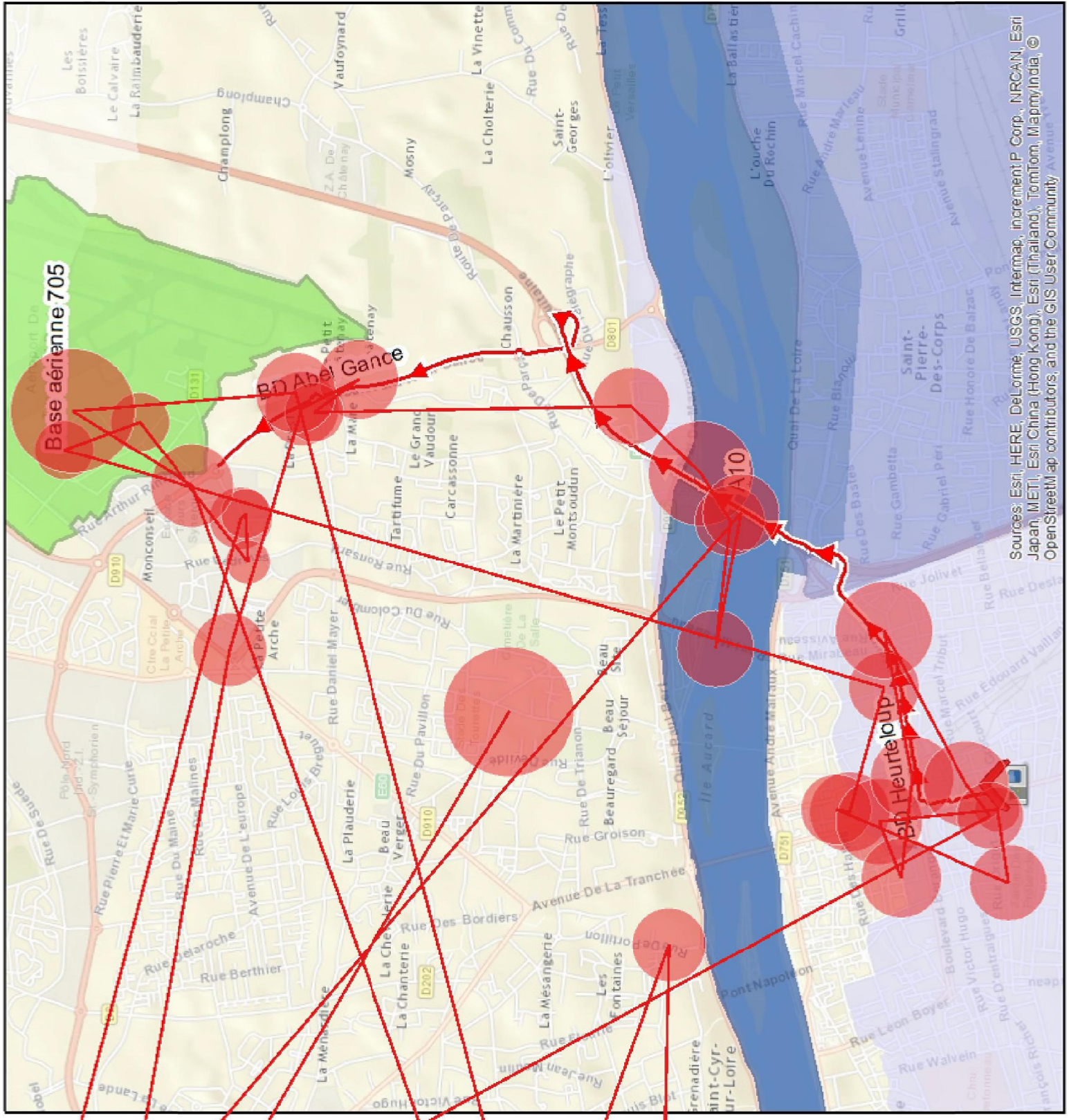
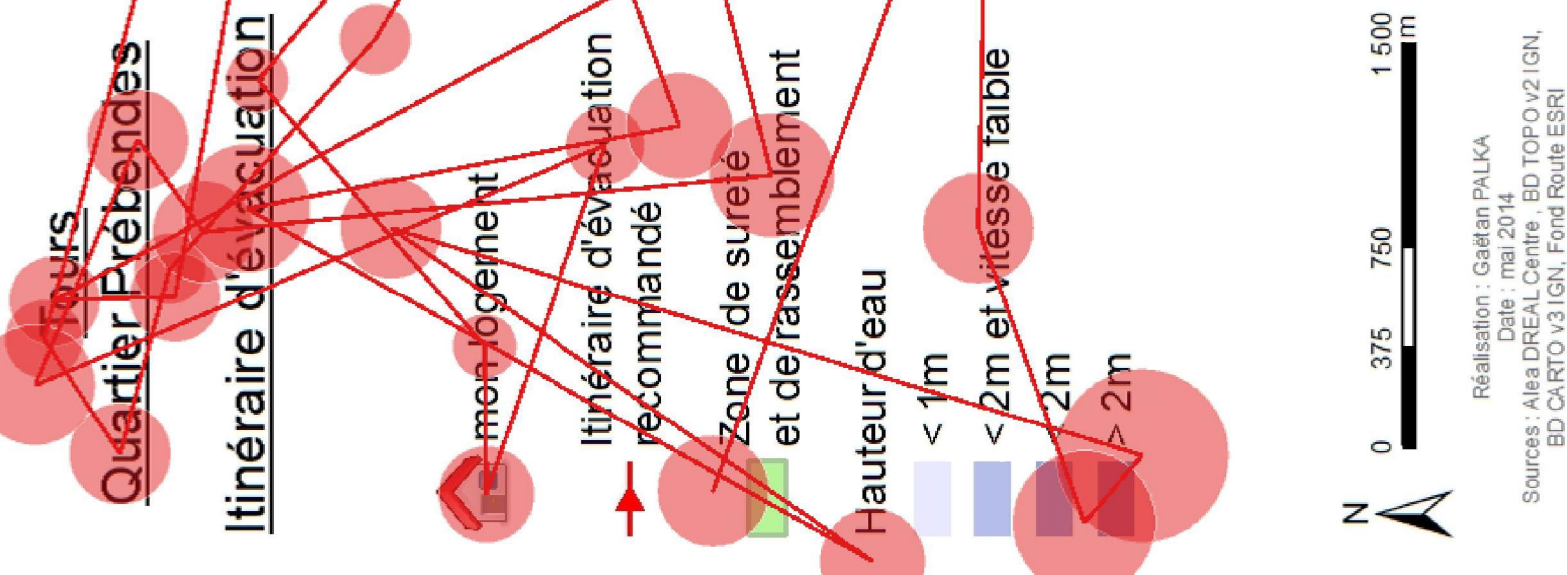
volontaire	catégorie	volontaire	catégorie
2014052614	forces de secours	2014061808	habitant
2014060509	forces de secours	2014061810	décideur local
2014060510	forces de secours	2014061910	habitant
2014060514	forces de secours	2014061912	forces de secours
2014060611	décideur local	2014062612	décideur local
2014060614	habitant	2014062614	décideur local
2014061112	décideur local	2014062615	décideur local
2014061315	forces de secours	2014070213	habitant
2014061609	habitant	2014071710	forces de secours
2014061610	forces de secours	2014072216	habitant
2014061714	habitant	2014072311	habitant
2014061716	décideur local	2014072509	habitant

TABLE E.1 – Liste des volontaires

Les extraits ci-après montrent les stratégies visuelle :

- de tous les volontaires pour une carte réalisée à partir du profil cartographique « Itinéraire d'évacuation » produit par les habitants ;

-
- de tous les volontaires pour une carte réalisée à partir des règles retenues par l'État pour les PPRI et les AZI ;
 - du volontaire 2014072311 (habitant) pour les douze cartes ;
 - du volontaire 2014062612 (décideur local) pour les douze cartes.



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Tours

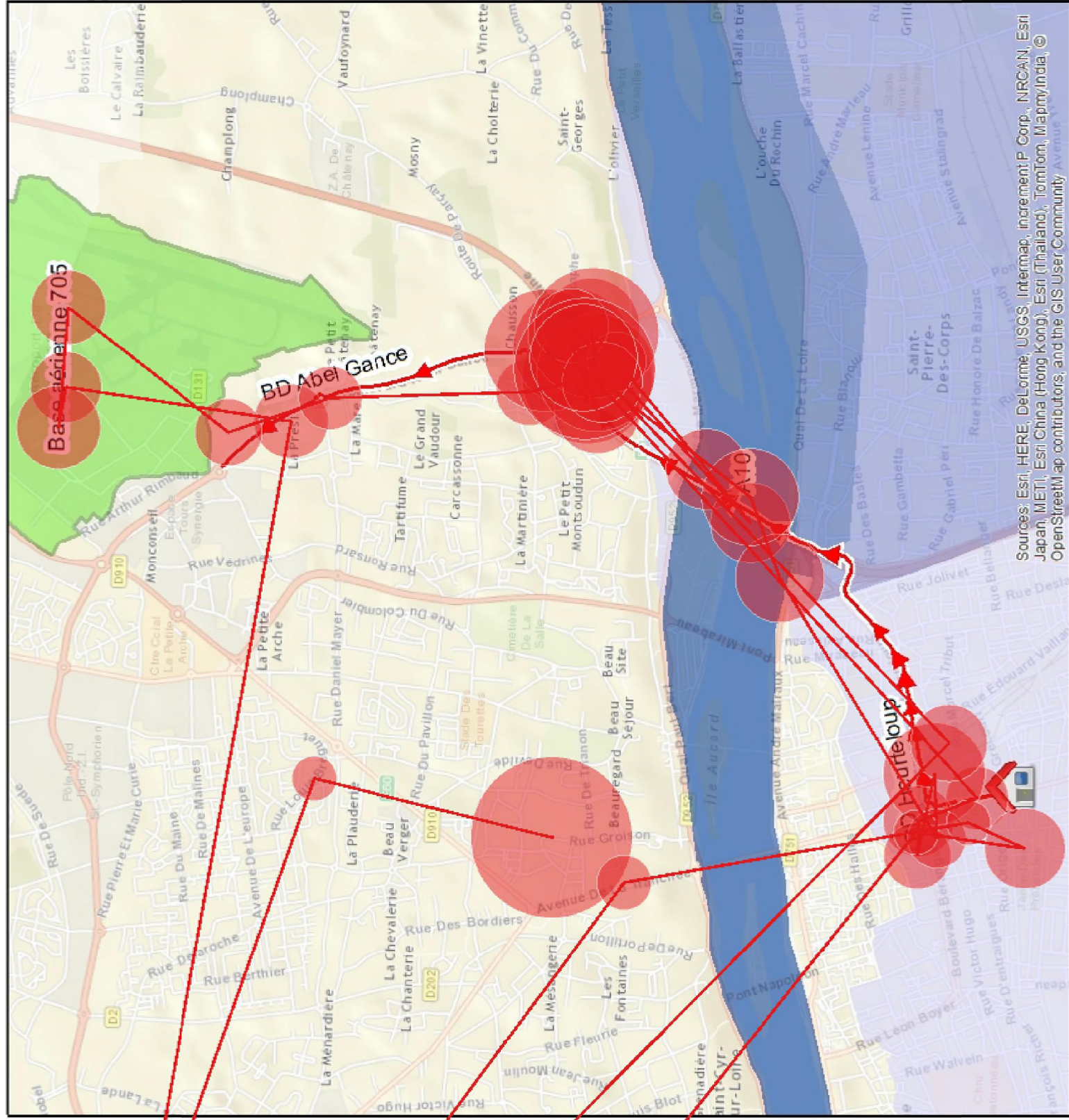
Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

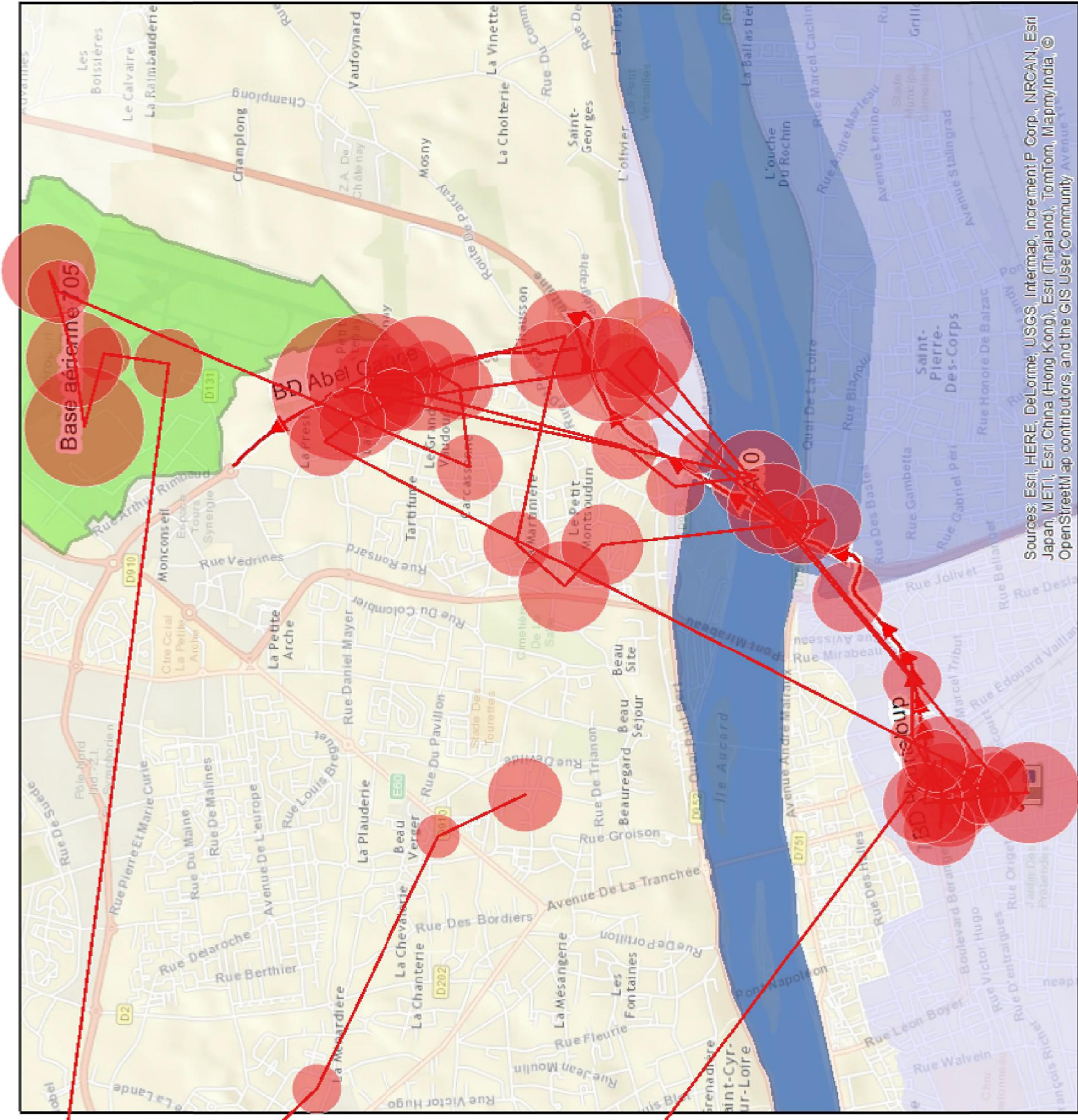
- mon logement
- Itinéraire d'évacuation recommandé
- Zone de sûreté et de rassemblement
- Hauteur d'eau
 - < 1m
 - < 2m
 - < 2m
 - > 2m



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation



Itinéraire d'évacuation
recommandé

Zone de sûreté
et de rassemblement

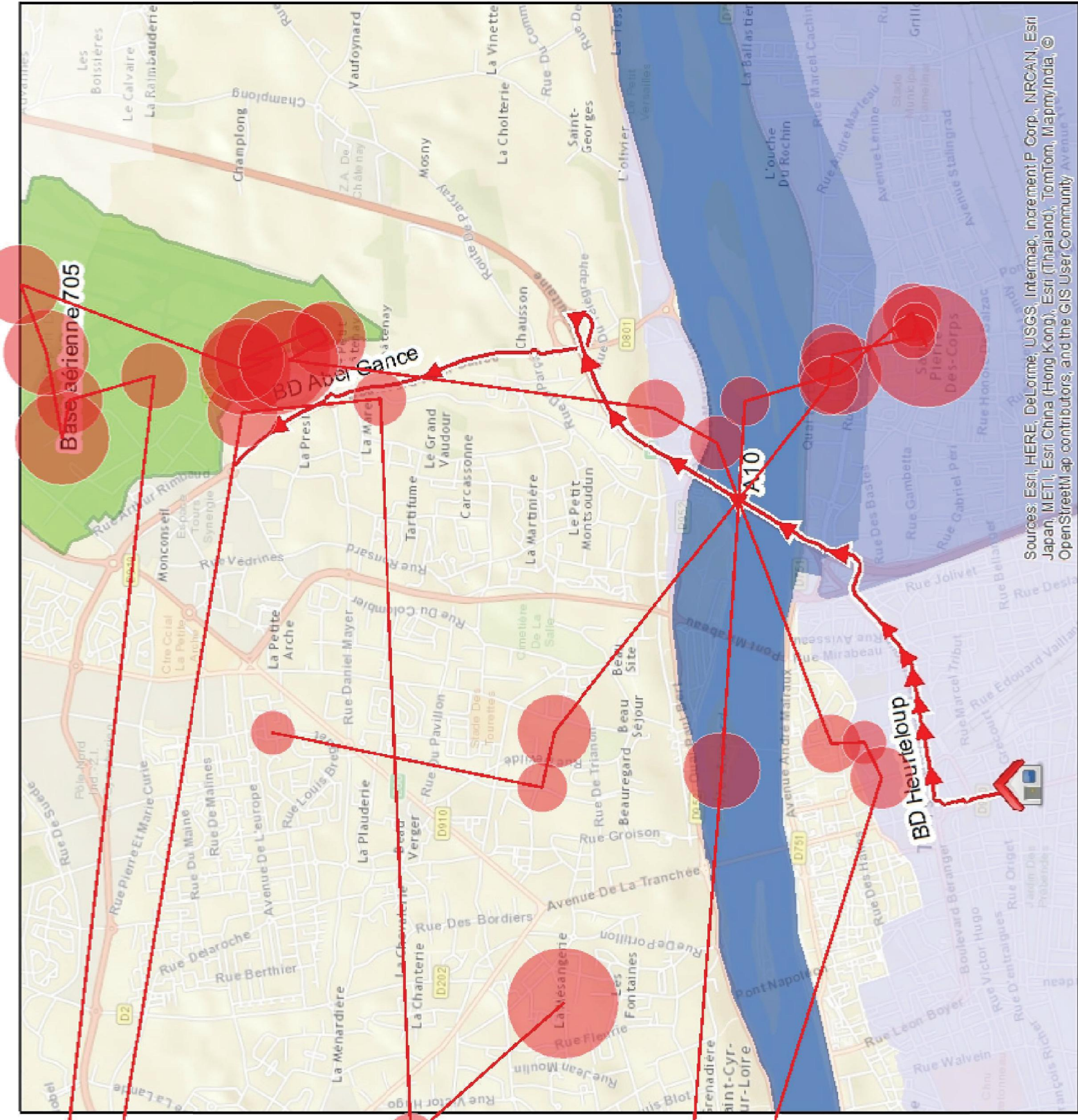
Hauteur d'eau

- < 1m
- < 2m
- < 2m
- > 2m



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation



mon logement



Itinéraire d'évacuation
recommandé

Zone de sûreté
et de rassemblement

Niveau d'eau

1m

2m

< 2m

> 2m

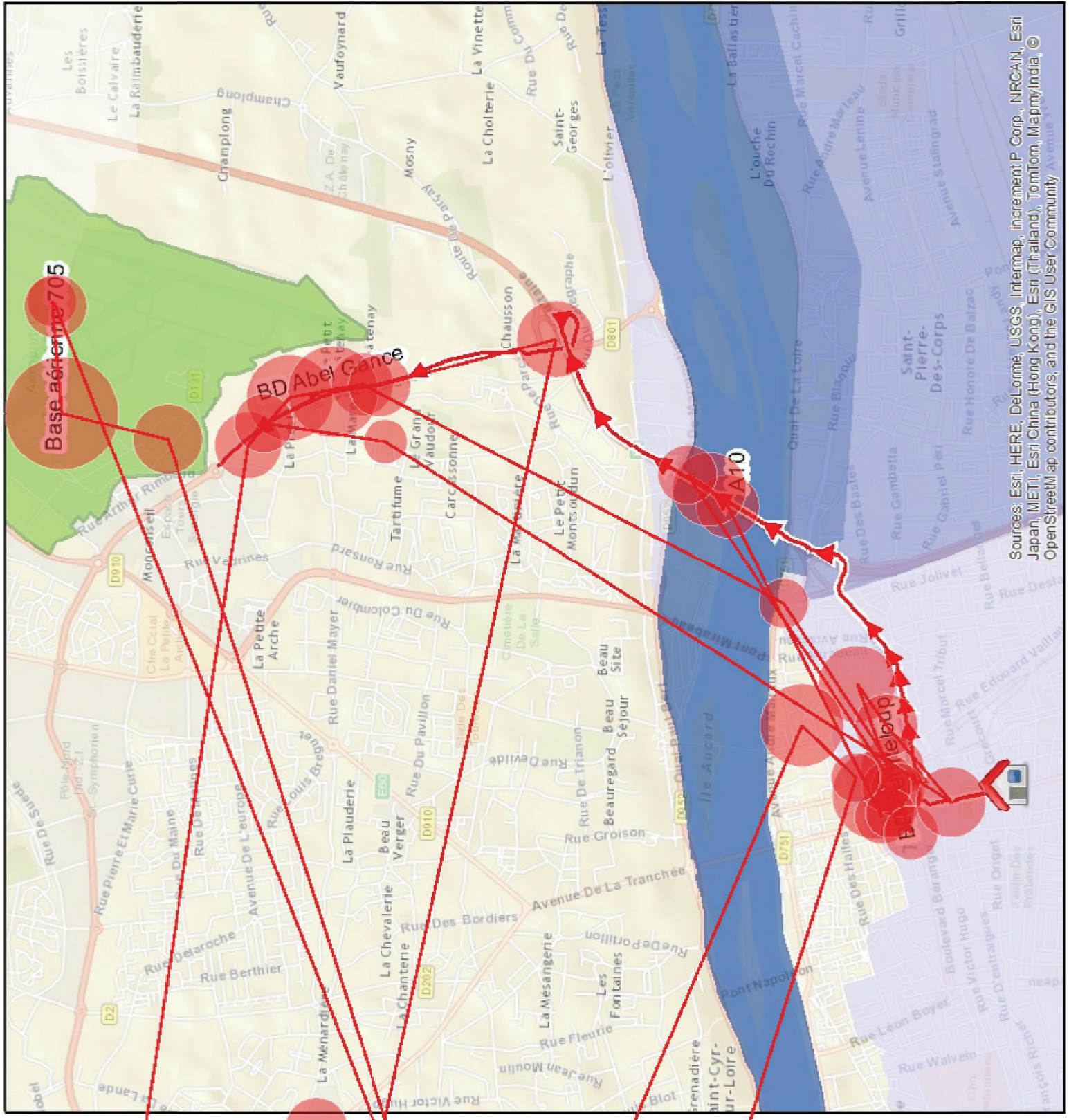
et vitesse faible



0 375 750 1 500 m

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

Mon logement

Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sûreté et de rassemblement

Point d'eau

Hauteur d'eau

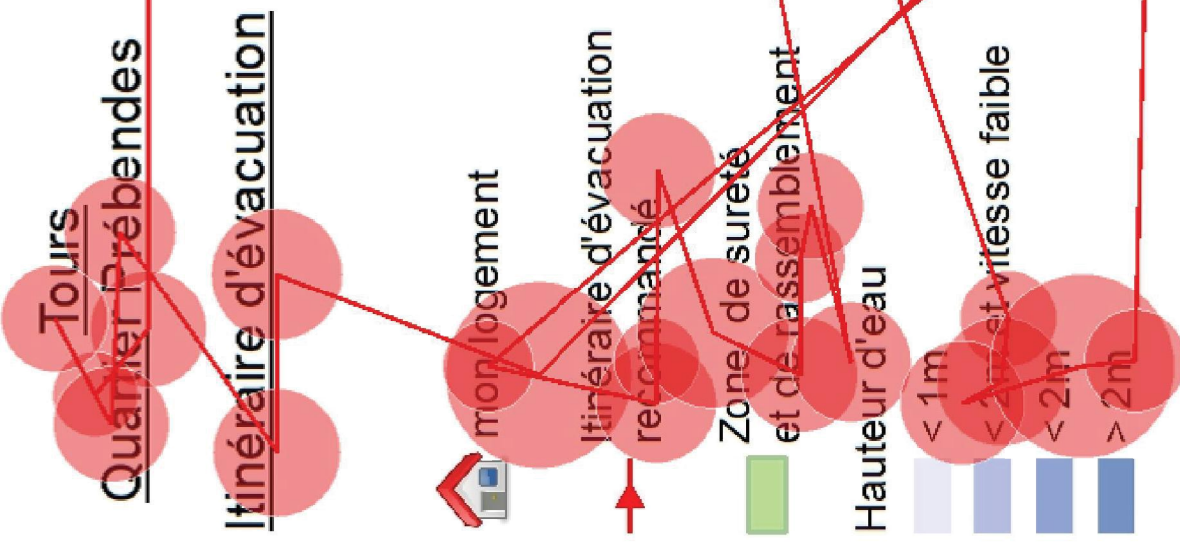
- < 1m
- < 2m et vitesse faible
- < 2m
- > 2m

0 375 750 1 500 m

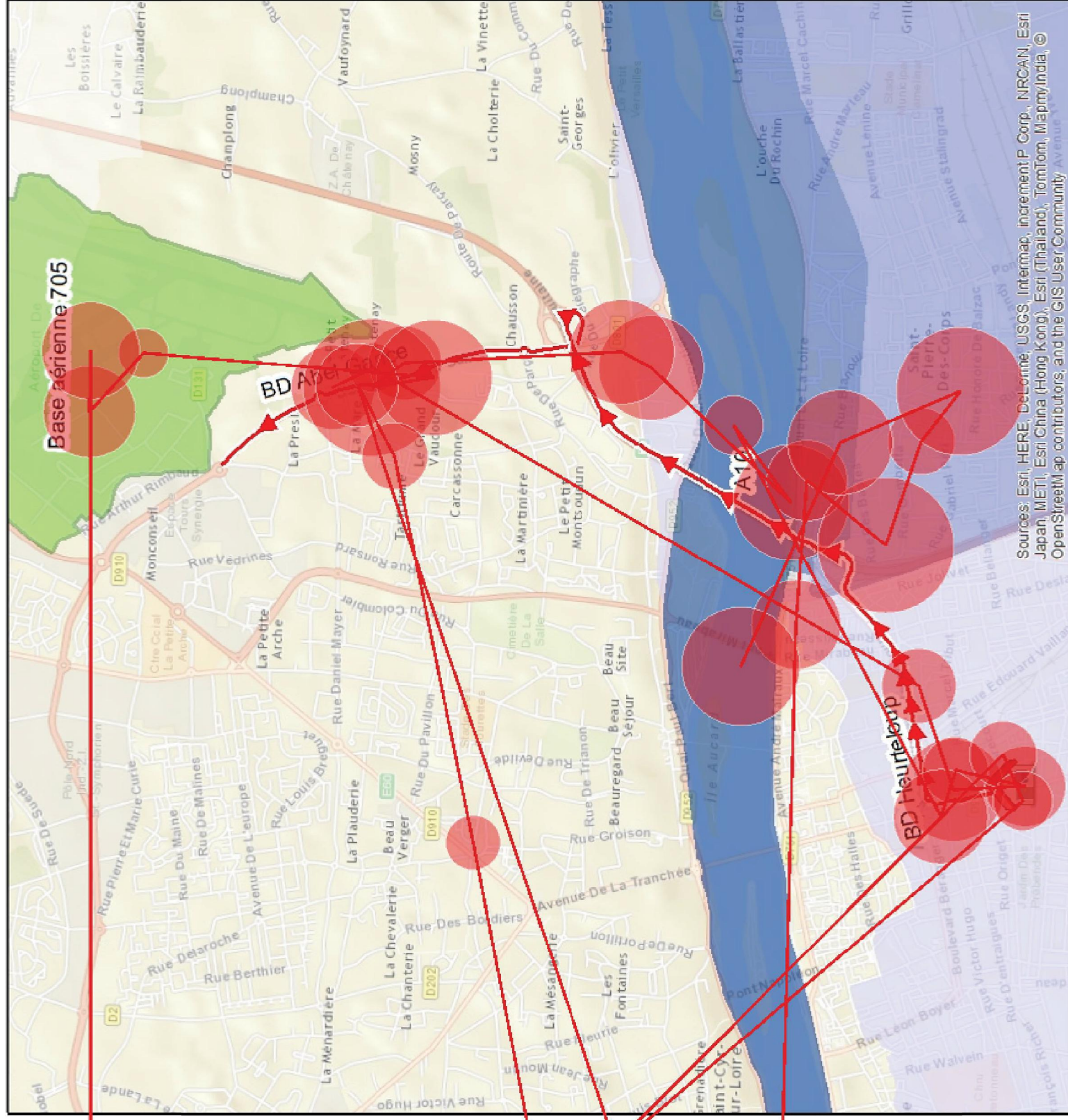
Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

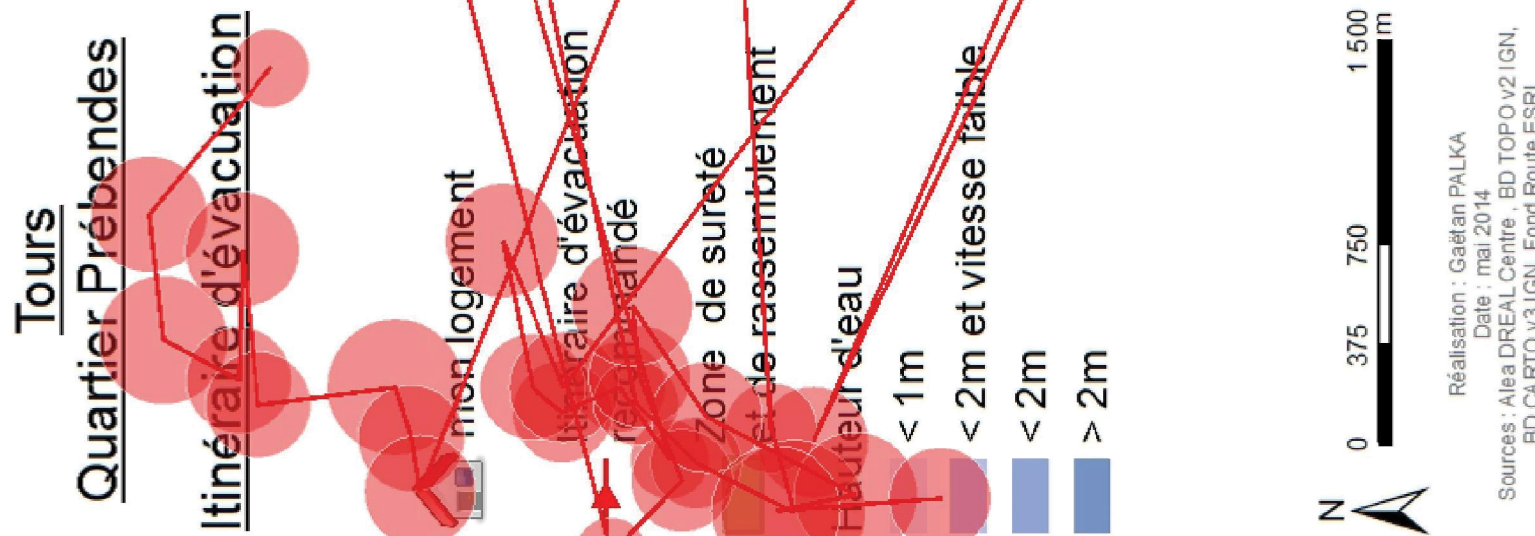
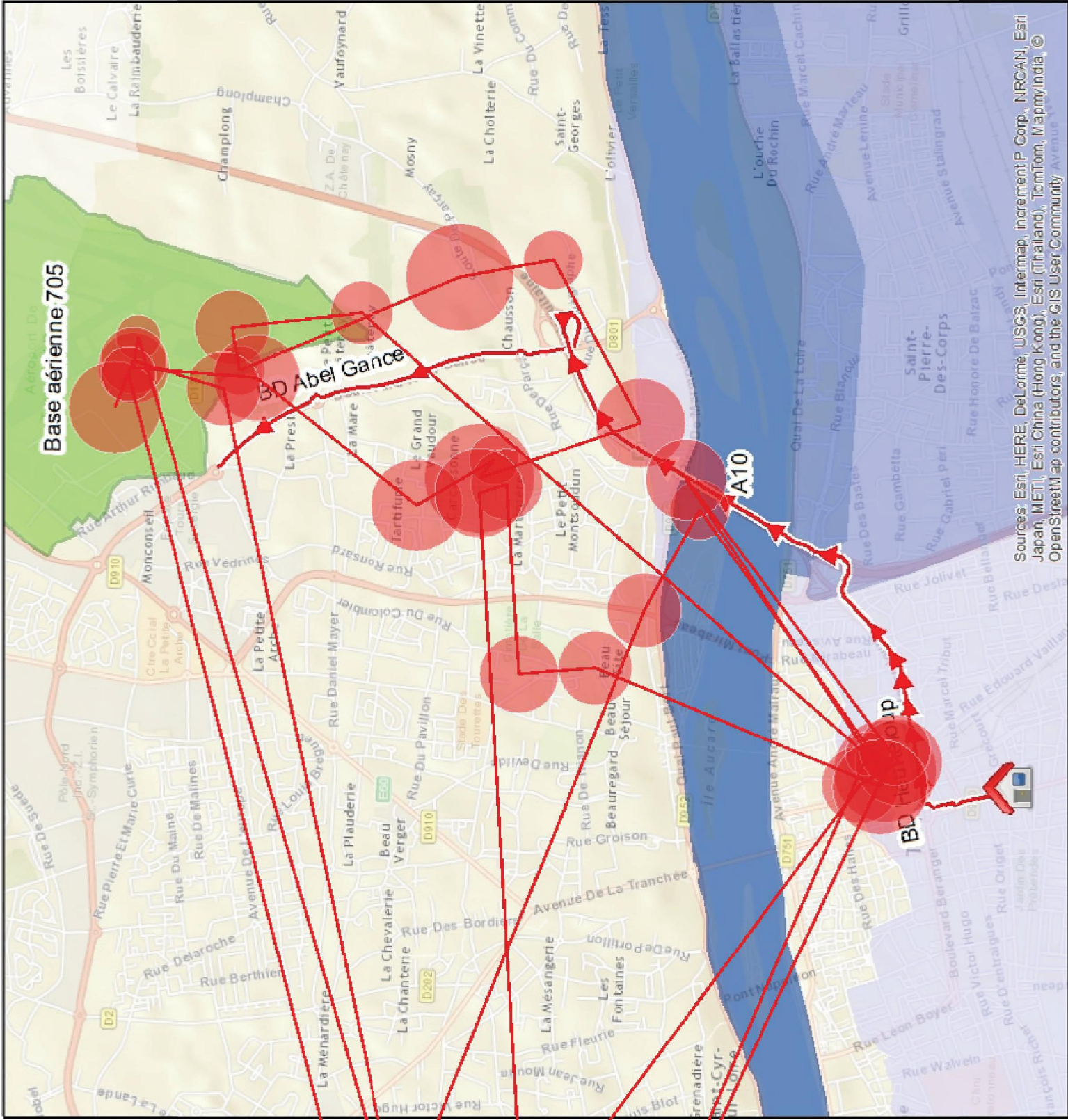
Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

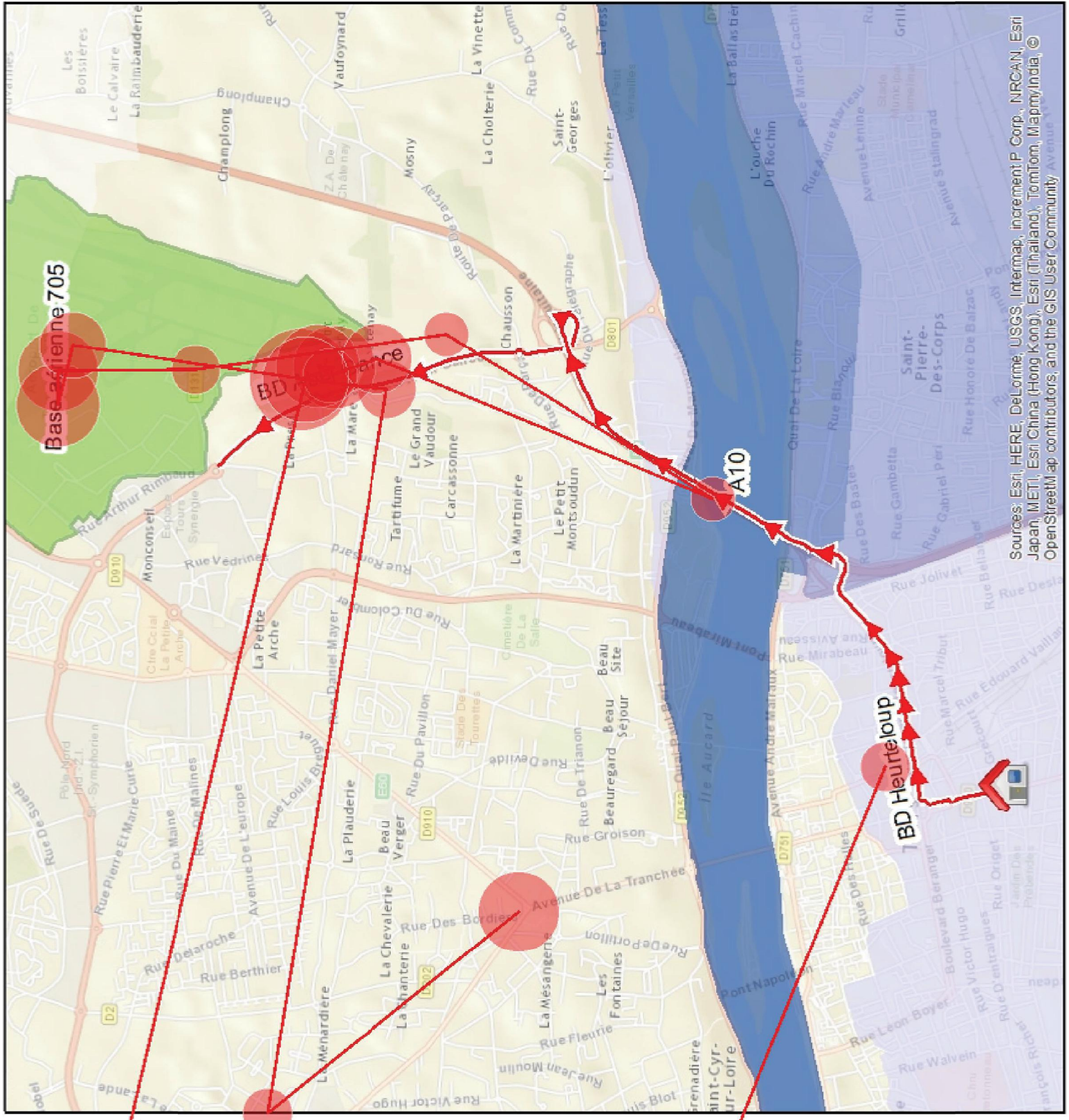


Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community





Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

mon logement

Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sûreté et de rassemblement

Pointeur d'eau

< 2m et vitesse faible

< 2m

> 2m

0 375 750 1 500 m

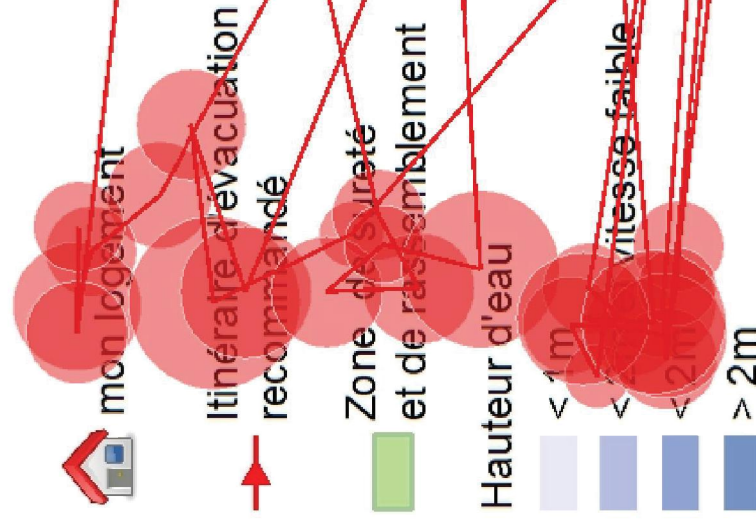
N

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

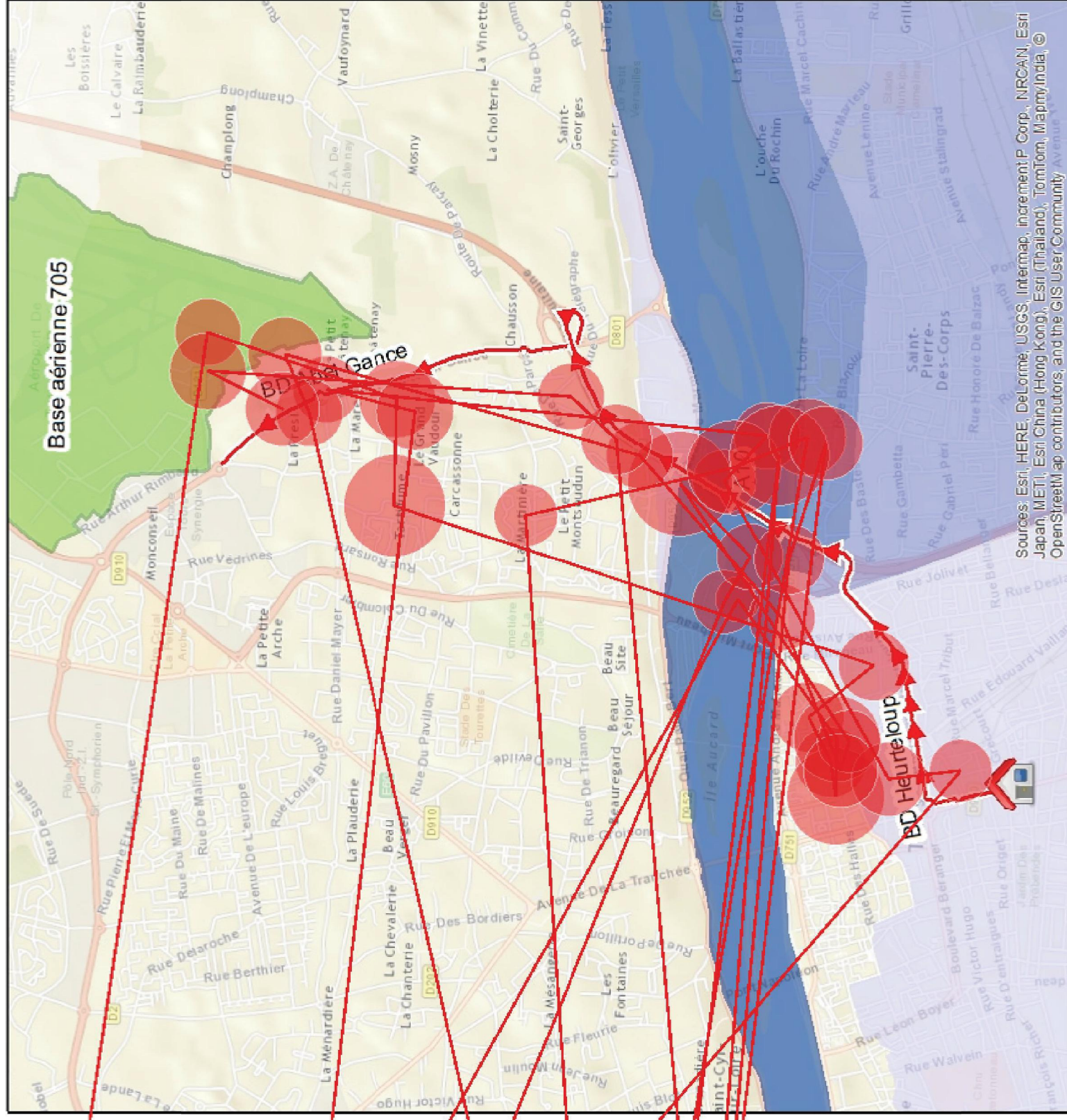
Tours Quartier Prebendes

Itinéraire d'évacuation

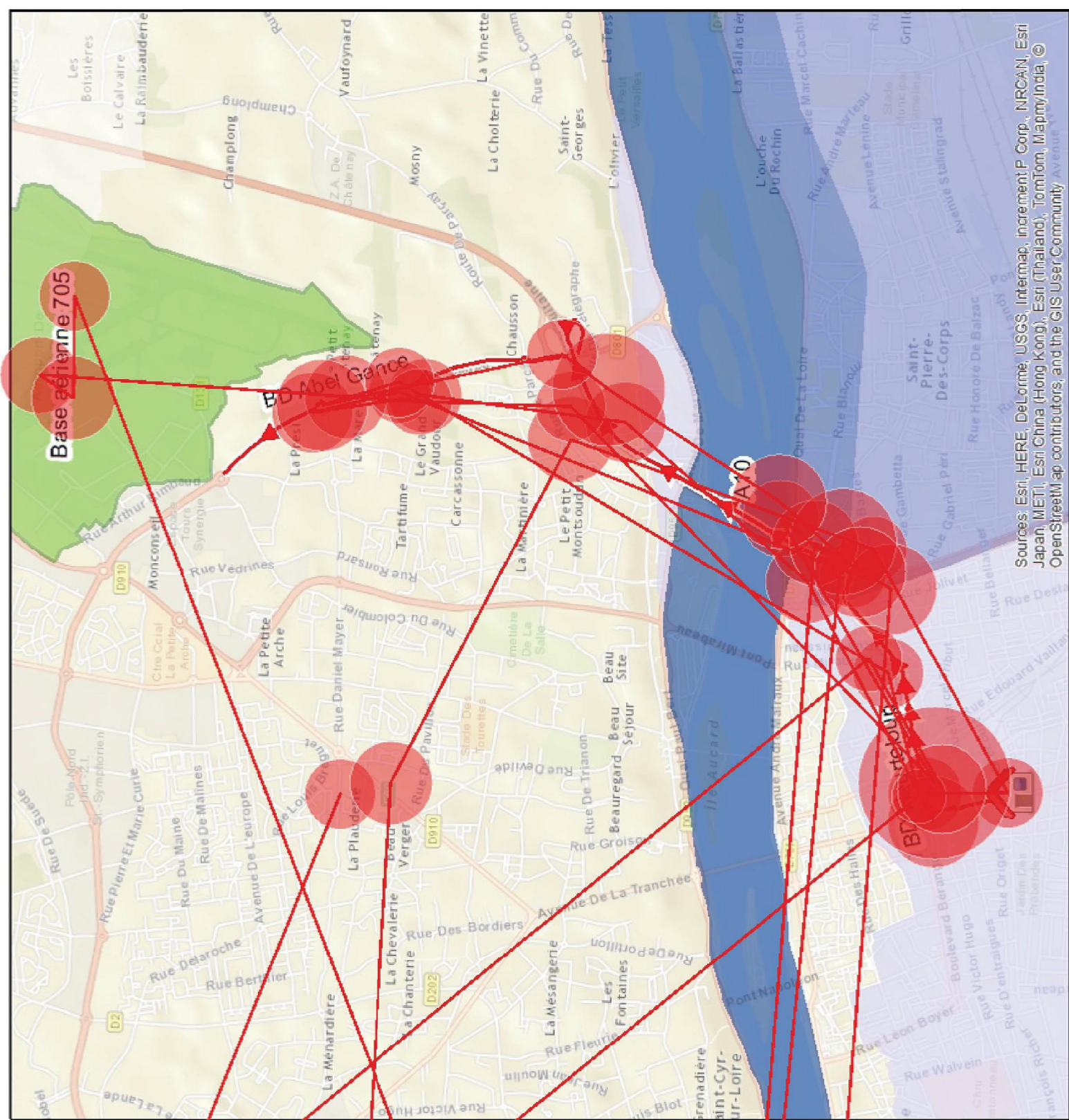


Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, Mapbox, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

mon logement

Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sûreté et de rassemblement

Hauteur d'eau

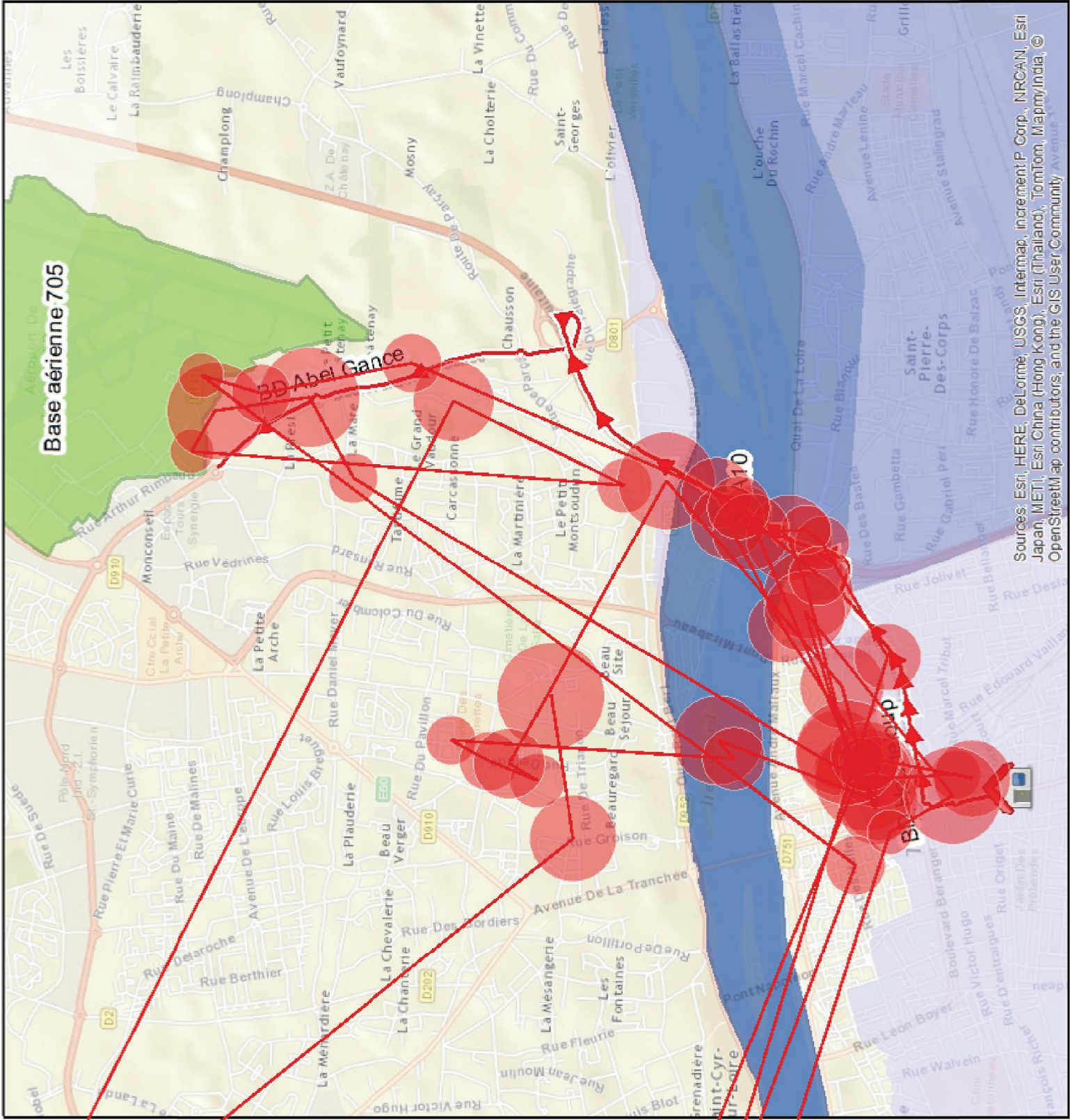
- < 1m
- < 2m et vitesse faible
- < 2m
- > 2m

0 375 750 1 500 m

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

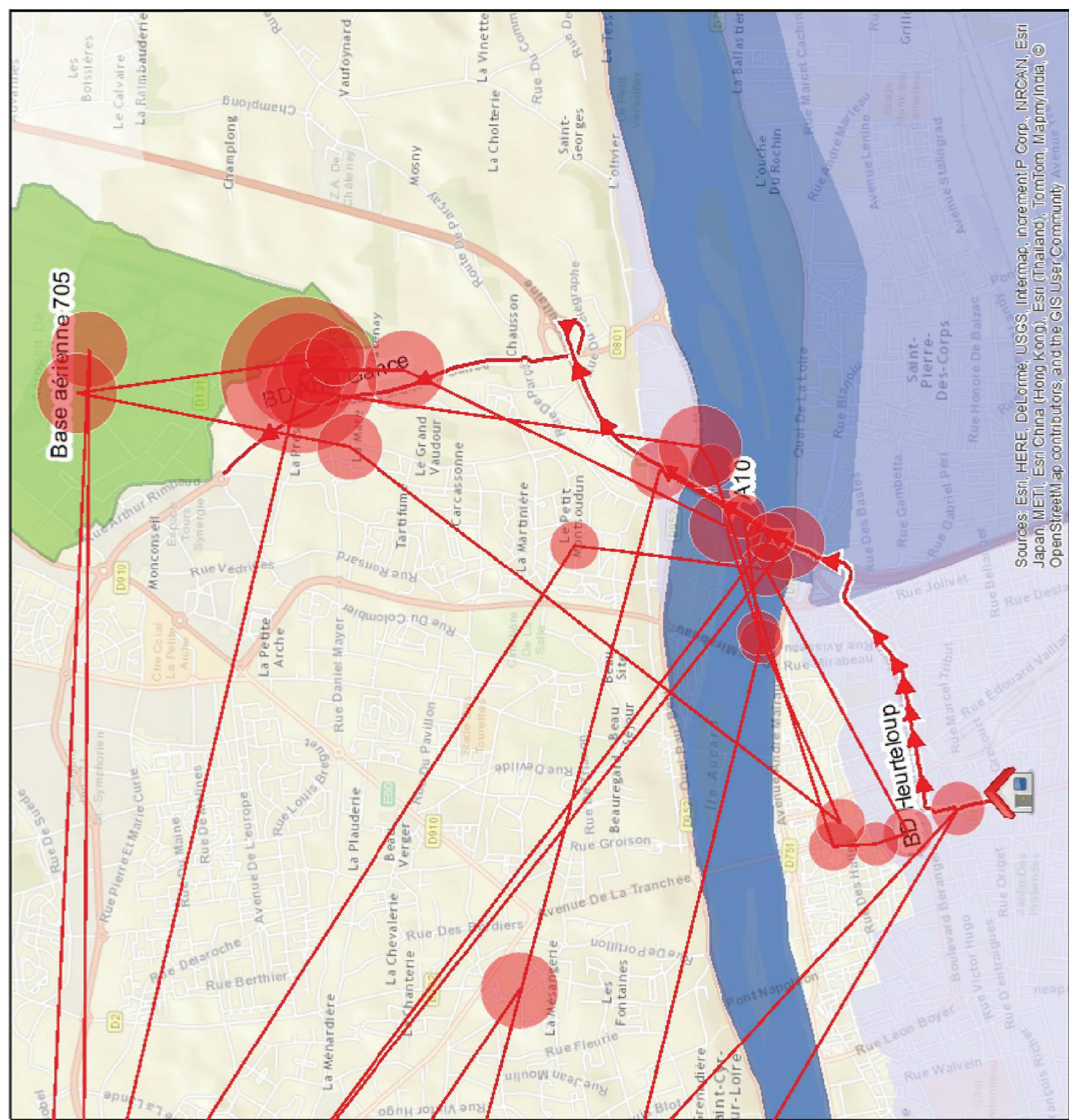
 mon logement

 Itinéraire d'évacuation recommandé

 Zone de sûreté et de rassemblement

Hauteur d'eau

	< 1m
	< 2m et vitesse faible
	< 2m
	> 2m



Tours

Quartier Préfendres

Base aérienne 705

BD de la Préf

BD Heuteloup

A10

Itinéraire d'évacuation

mon logement

Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sûreté et de rassemblement

Hauteur d'eau

- < 1m
- < 2m et vitesse faible
- < 2m
- > 2m

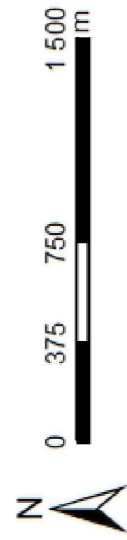
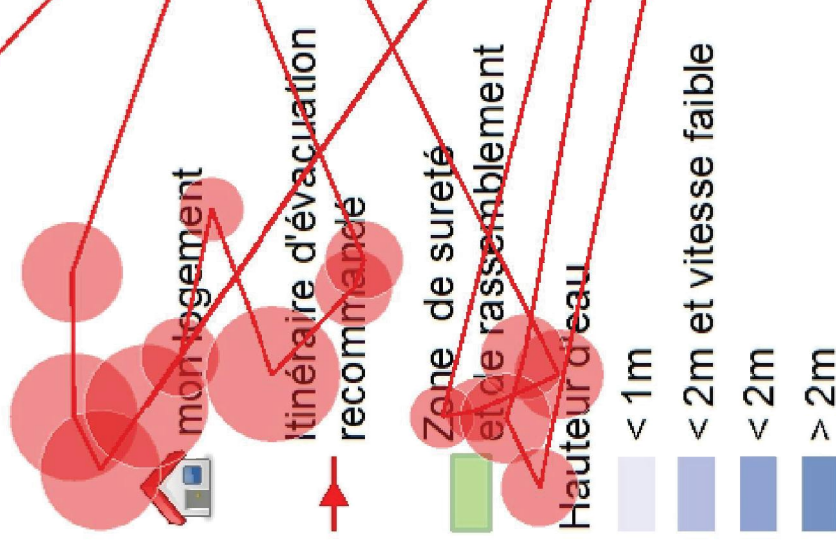
Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

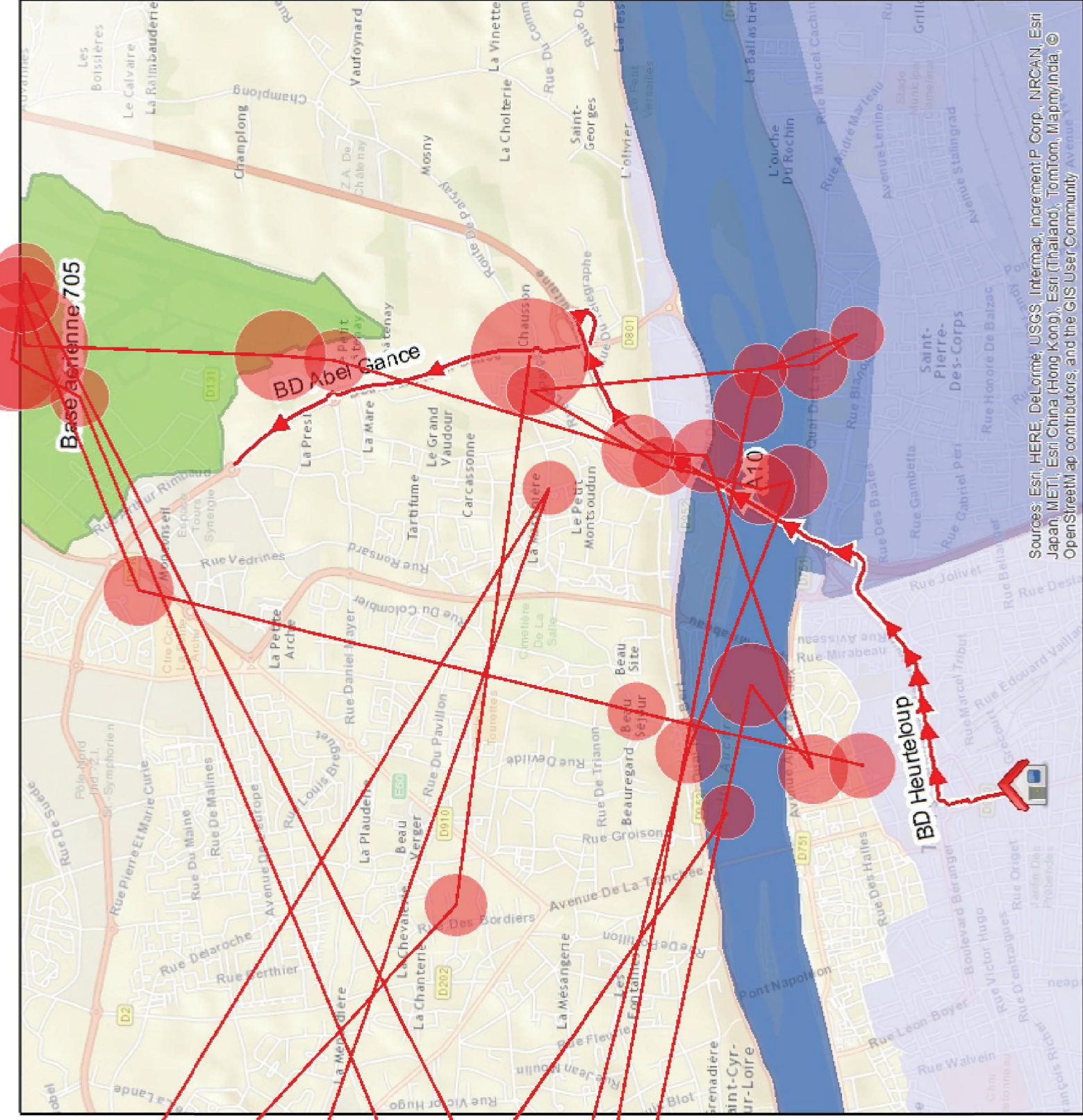
Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Tours Quartier Prébendes

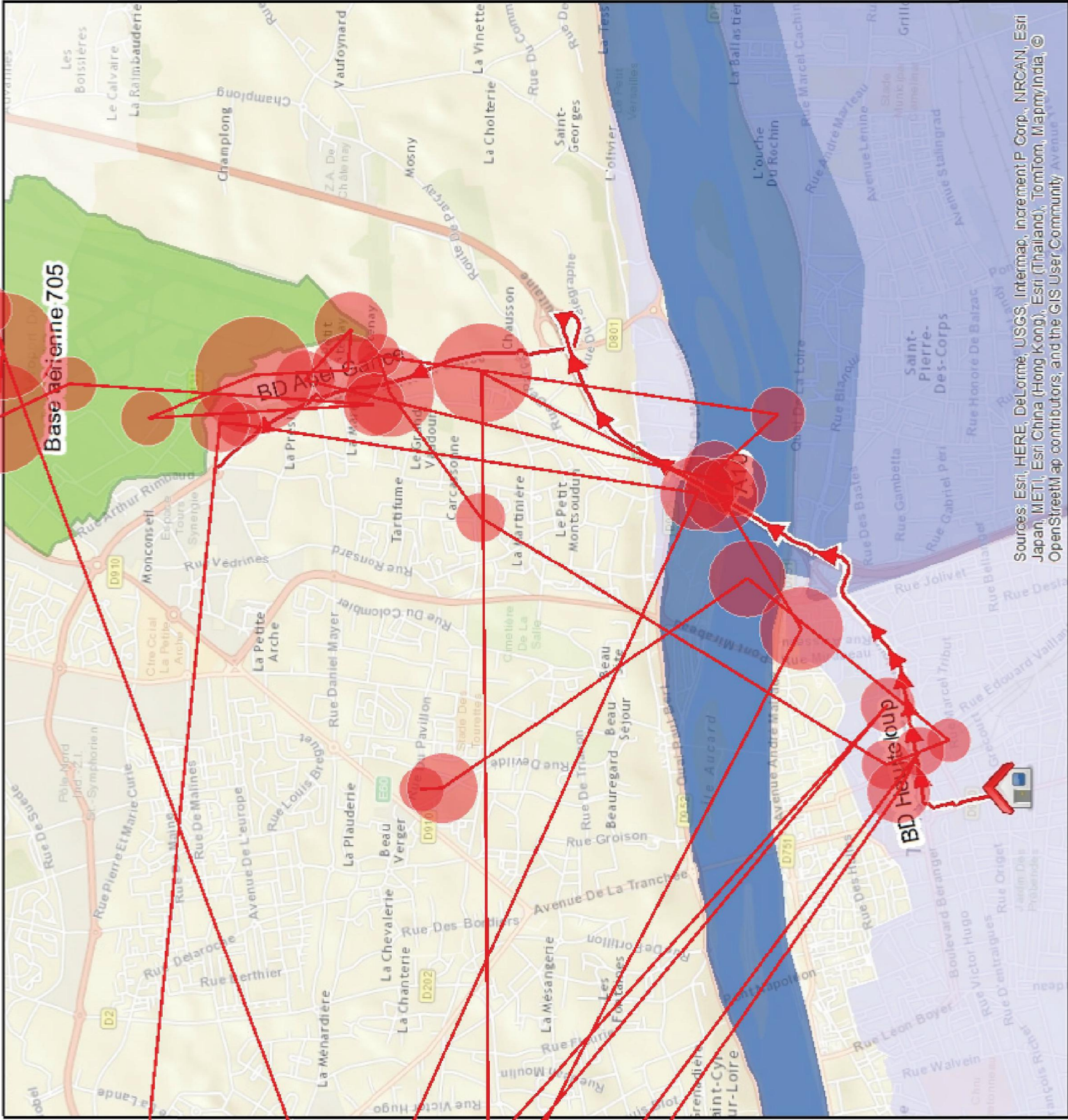
Itinéraire d'évacuation



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

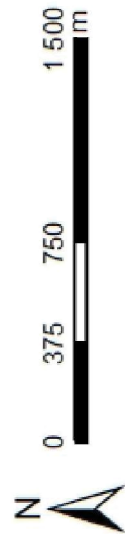


Tours

Quartier Prébendes

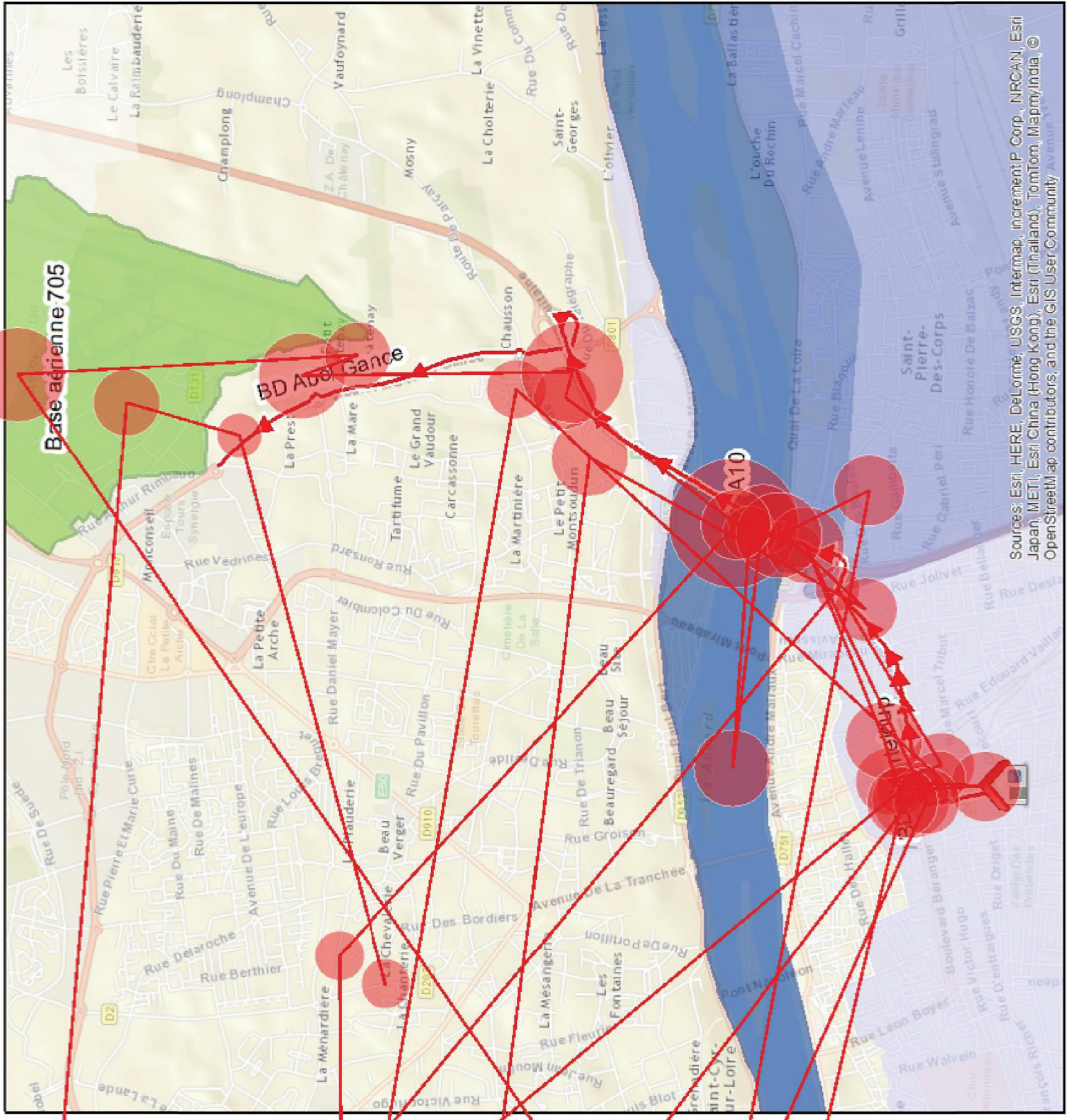
Itinéraire d'évacuation

- mon logement
- Itinéraire d'évacuation recommandé
- Zone de sûreté et de rassemblement
- Hauteur d'eau
 - < 1m
 - < 2m et vitesse faible
 - < 2m
 - > 2m



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

mon logement

Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sûreté et de rassemblement

Hauteur d'eau

	< 1m
	< 2m
	< 2m
	> 2m

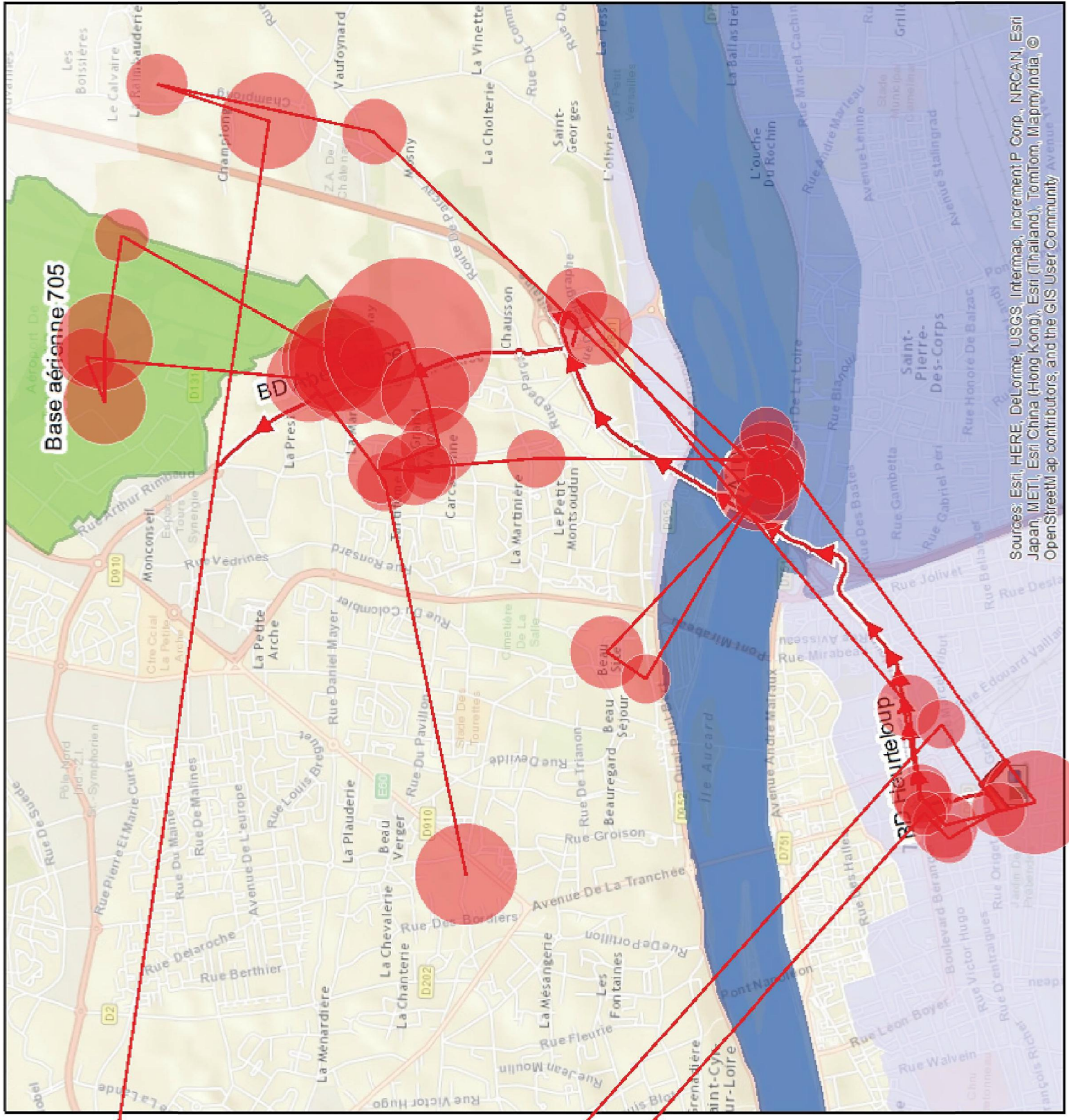
0 375 750 1 500 m

N

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

mon logement

Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sûreté et de rassemblement

Hauteur d'eau

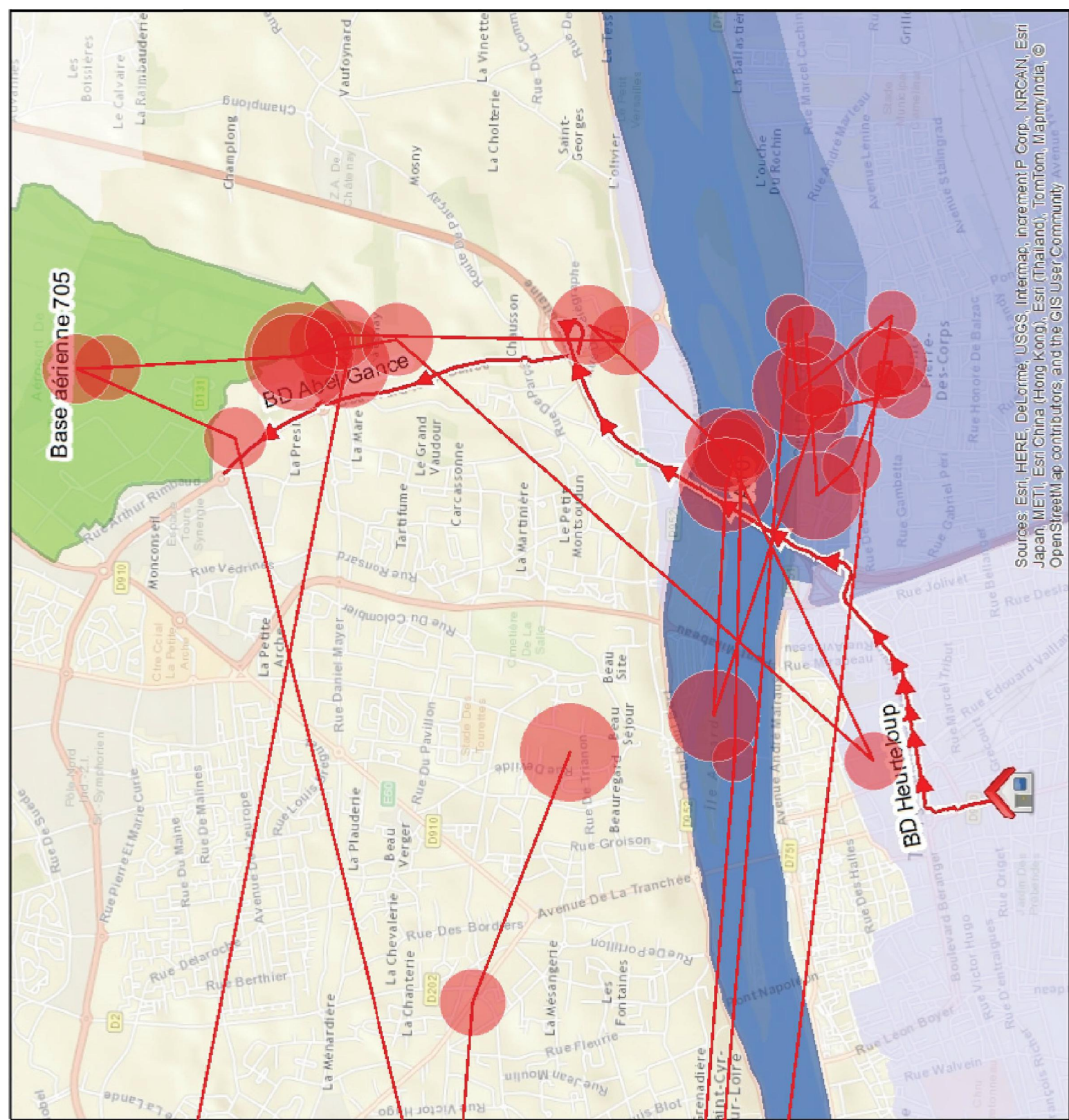
	< 1m
	< 2m et vitesse faible
	< 2m
	> 2m

N

0 375 750 1 500 m

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation



mon logement



Itinéraire d'évacuation
recommandé



Zone de sûreté
et de rassemblement

Hauteur d'eau



< 1m



1-2m



> 2m

et vitesse faible



N

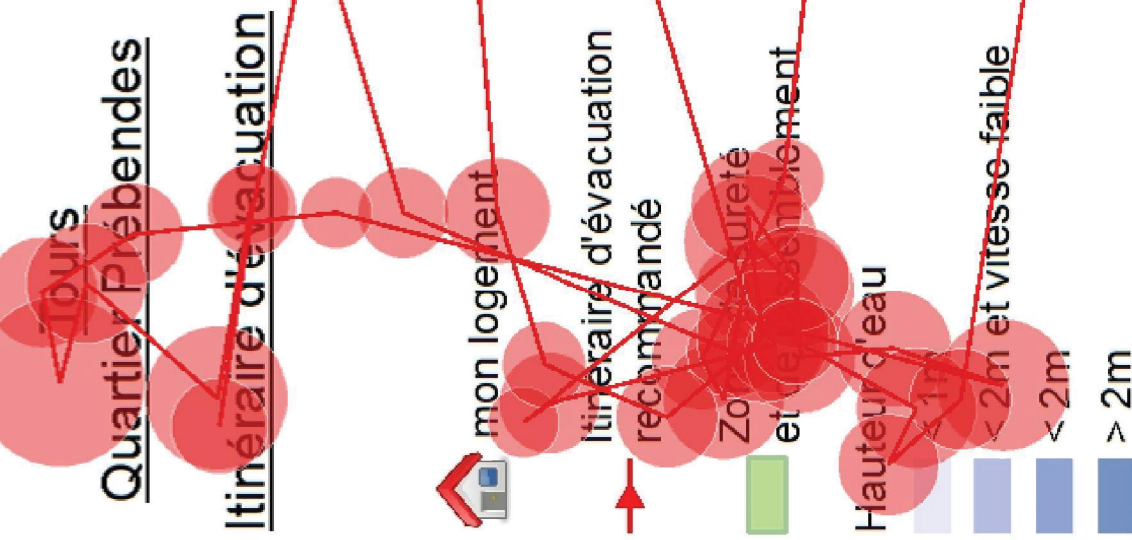


0 375 750 1 500 m

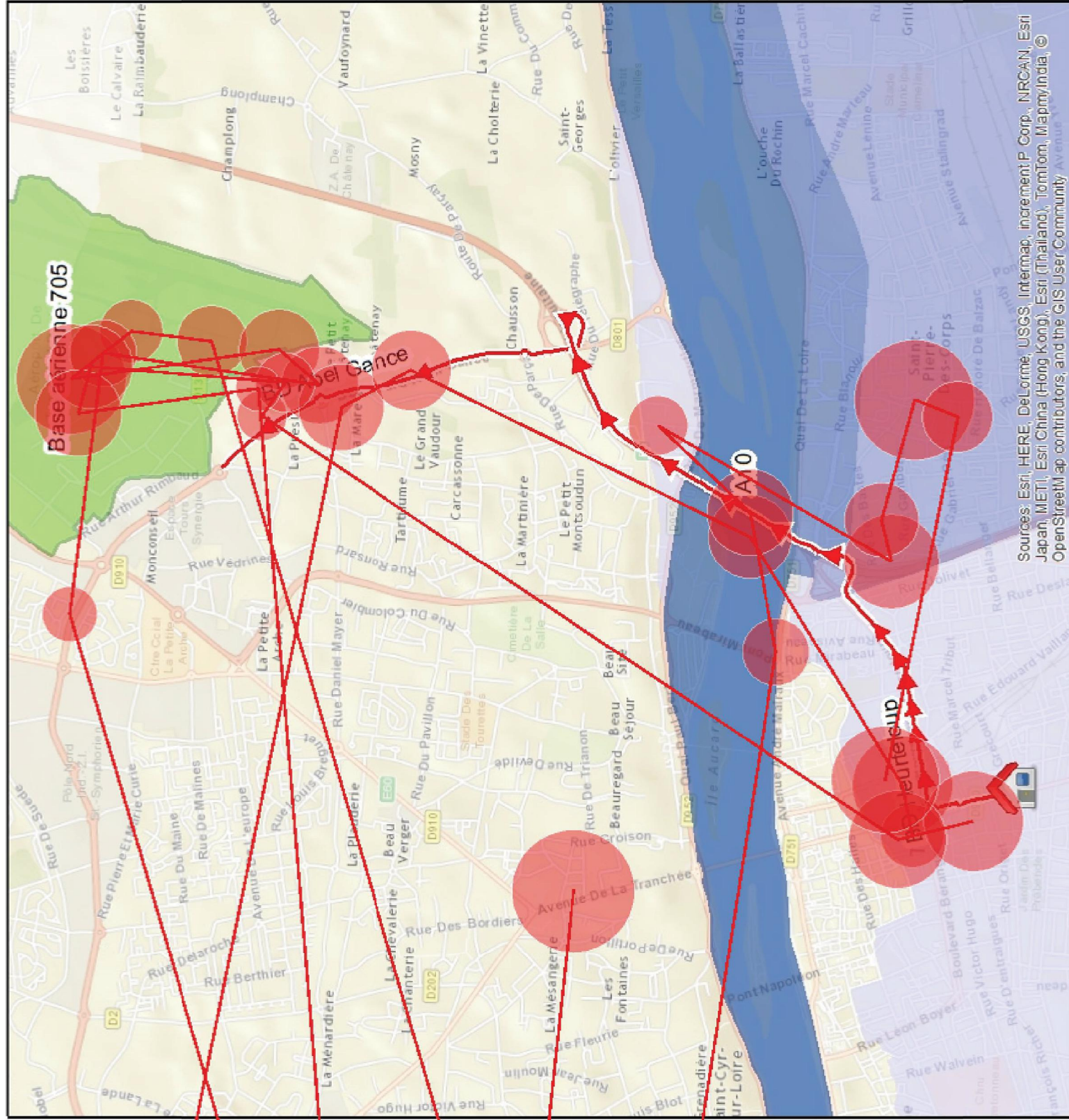
Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, Mapbox, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Tours
Quartier Prébendes
Itinéraire d'évacuation

mon logement

Itinéraire d'évacuation
recommandé

Zone de sûreté
et de rassemblement

Hauteur d'eau

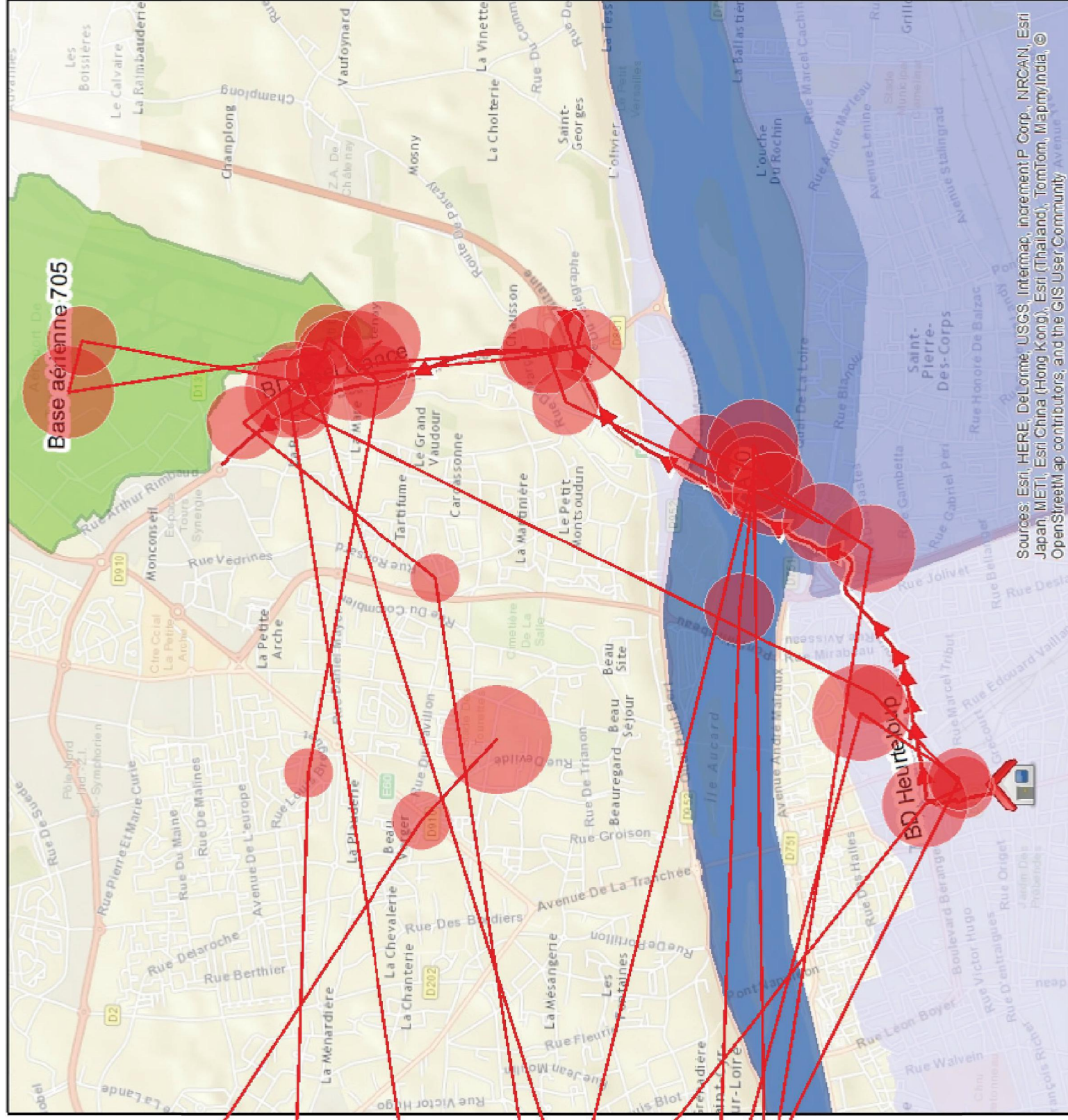
et vitesse faible



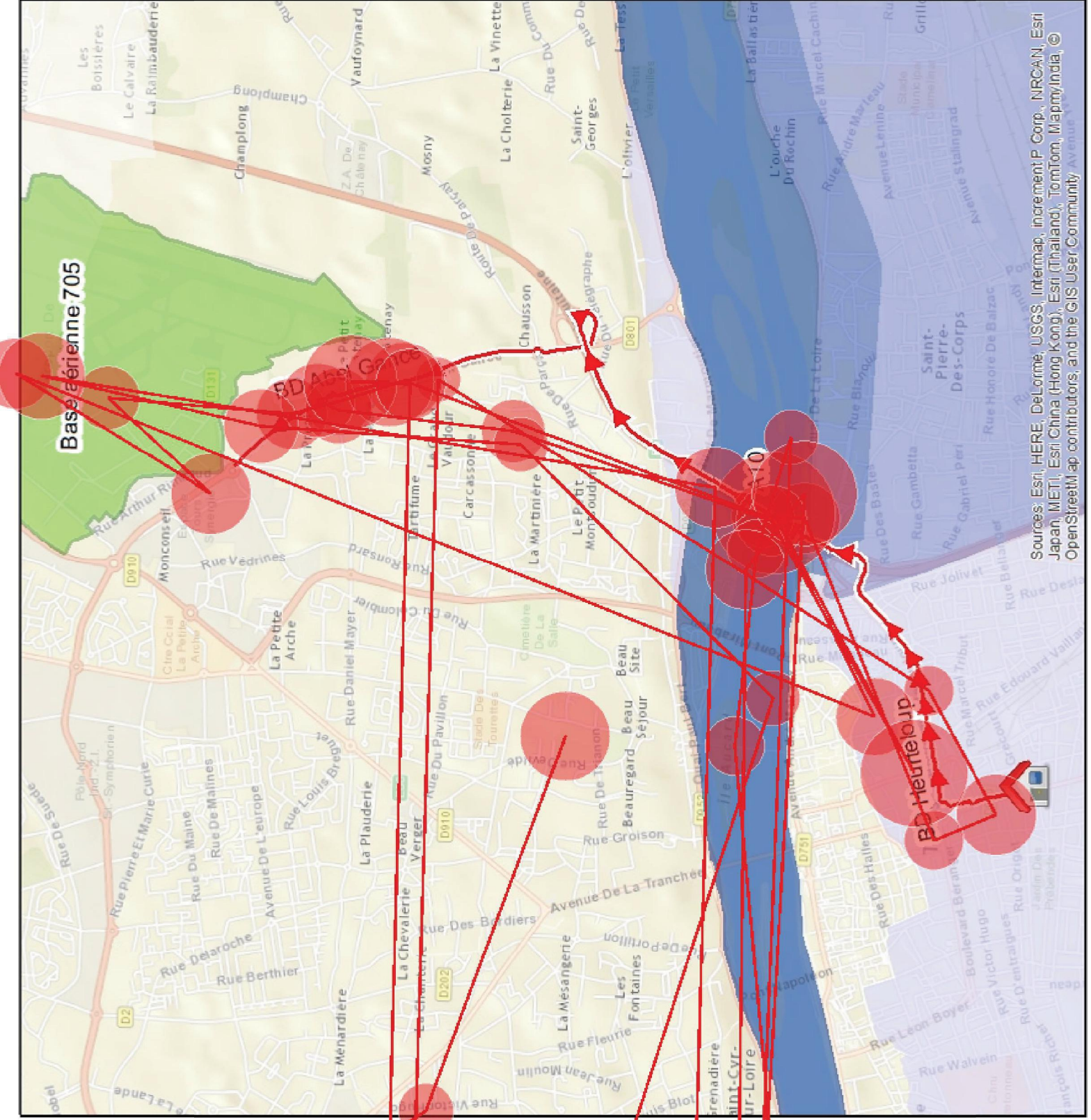
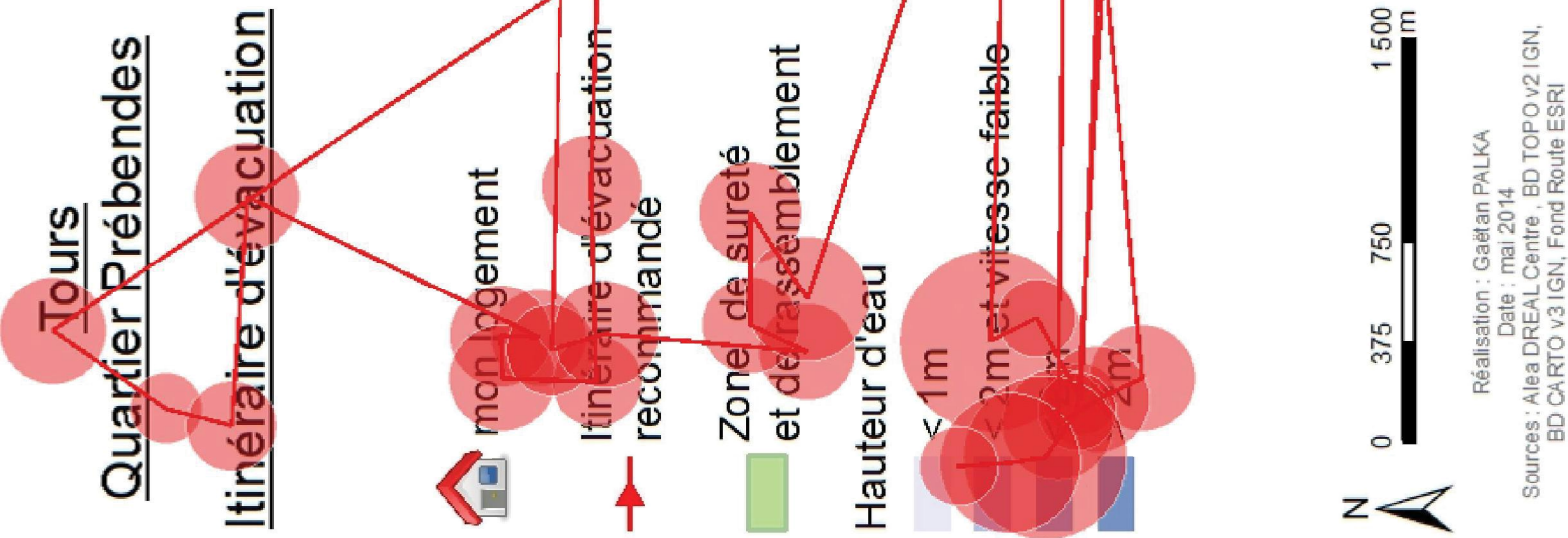
Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zones de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

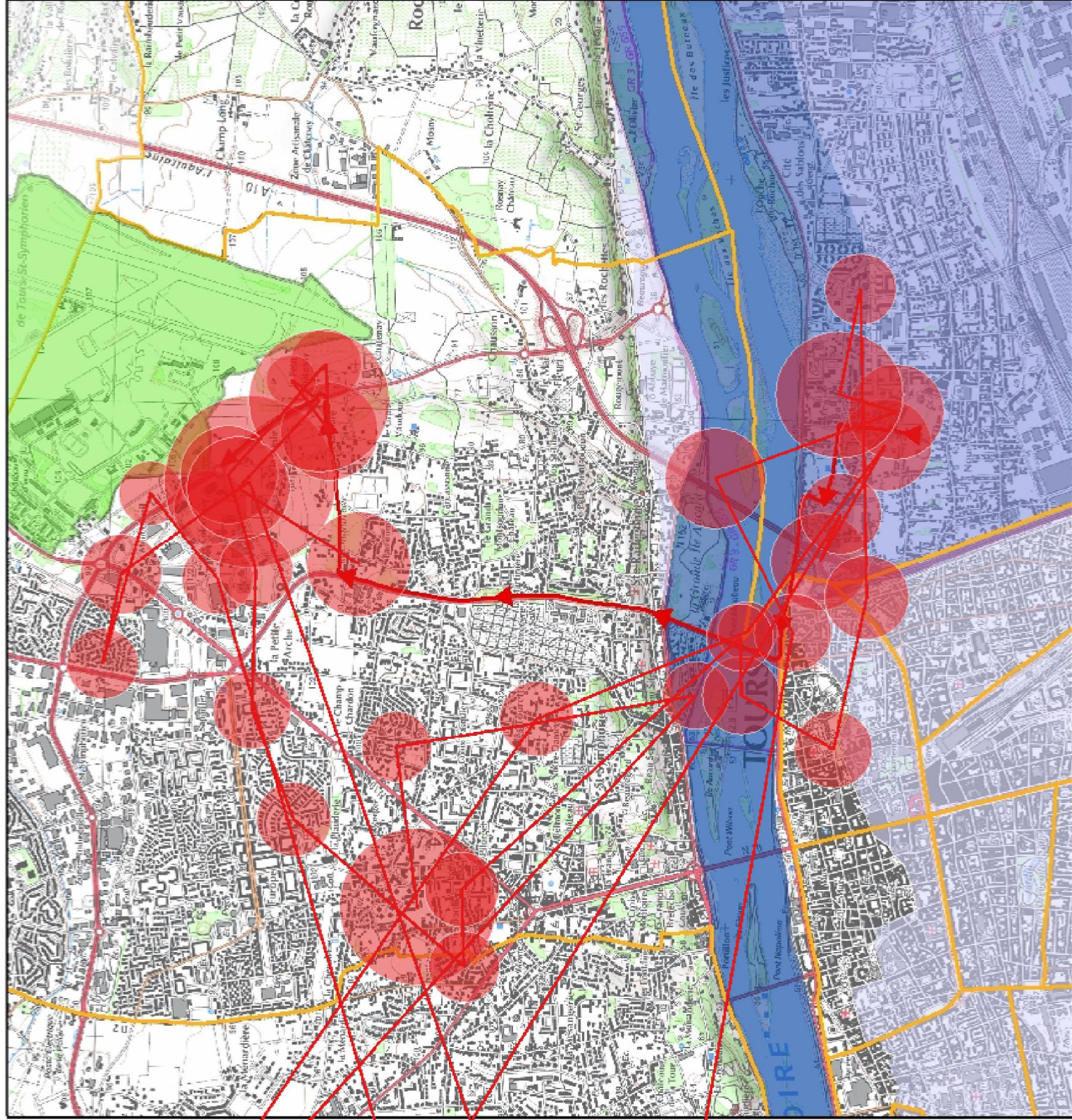
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

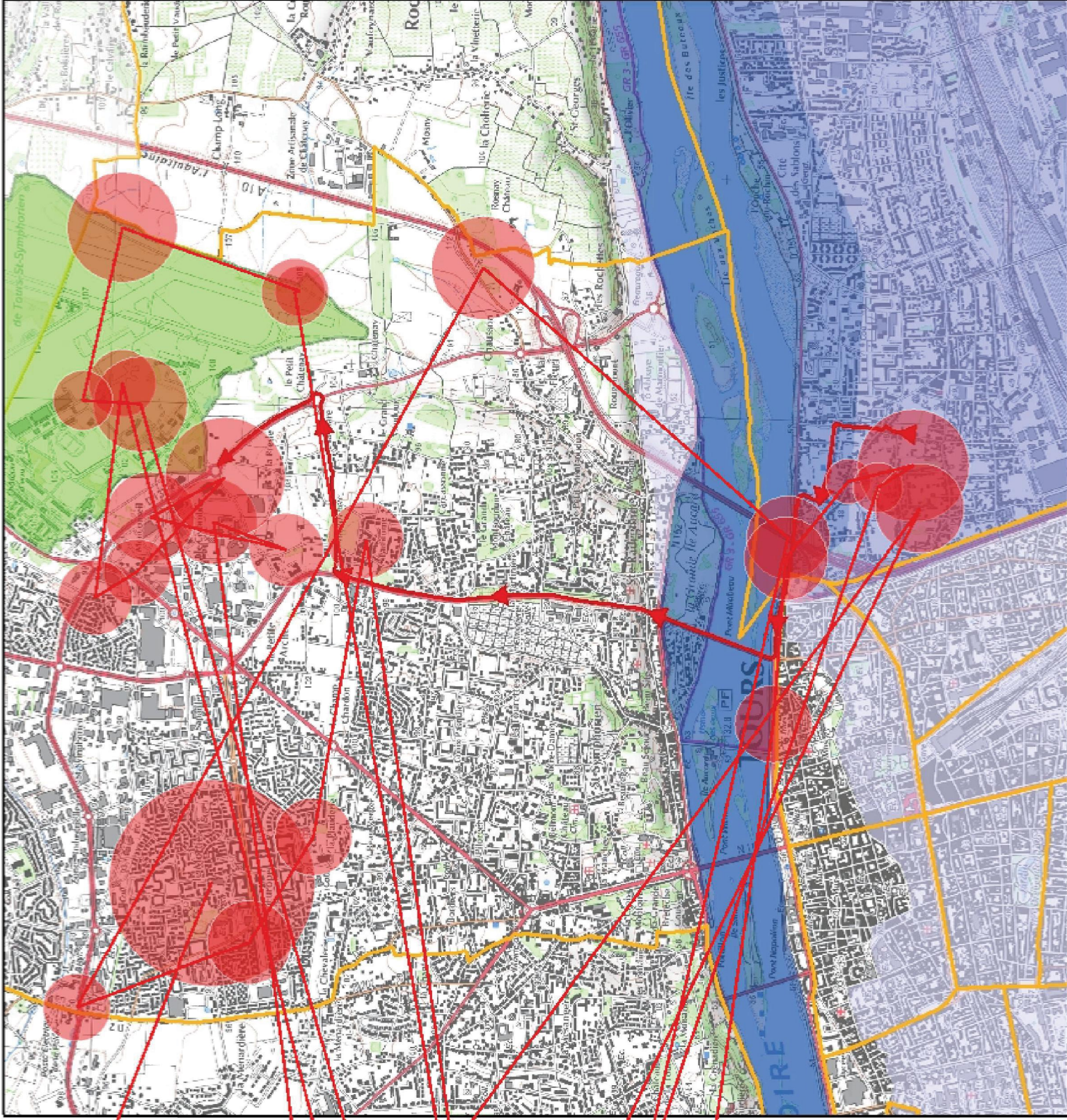
Date : mai 2014

Sources : Alea DRIEM Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO V1 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



→ Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

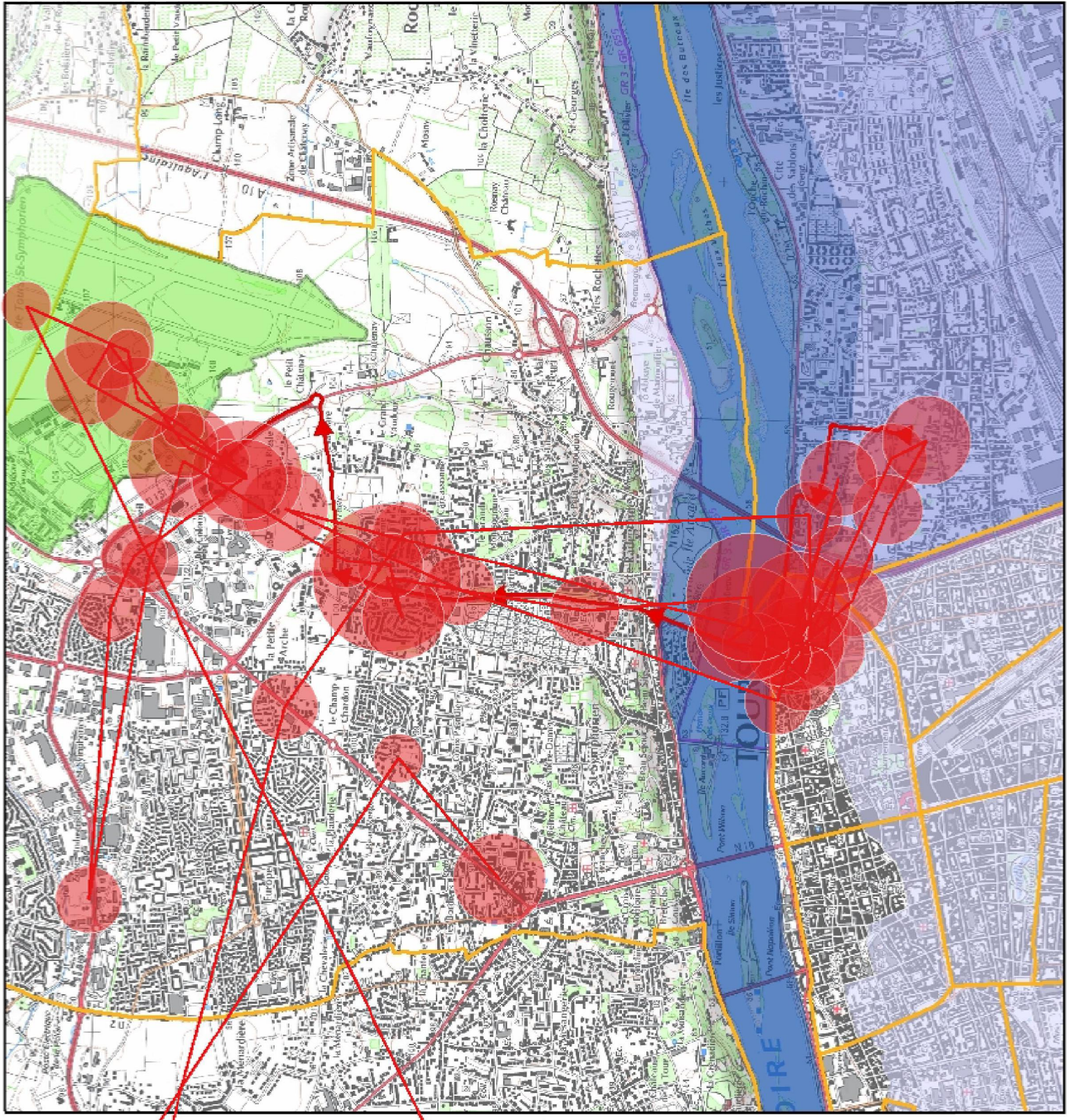
très fort



Réalisation : Gaëtan Palka

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

Itinéraire à suivre

Zones de Regroupement et d'orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

très fort



Saint-Pierre-des-Corps

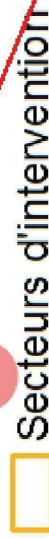
Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre



Zone de Regroupement
et d'Orientation



Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

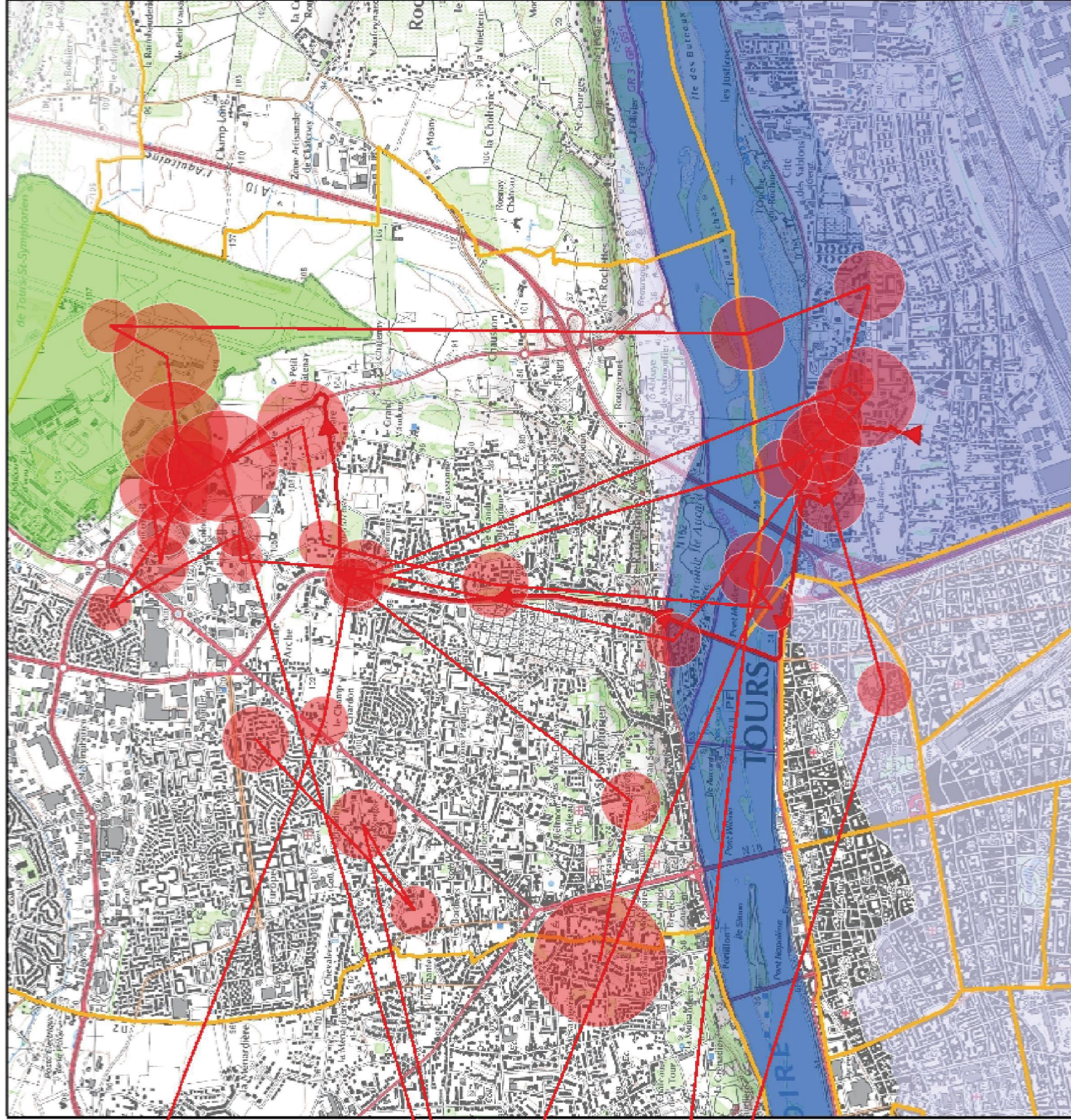
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

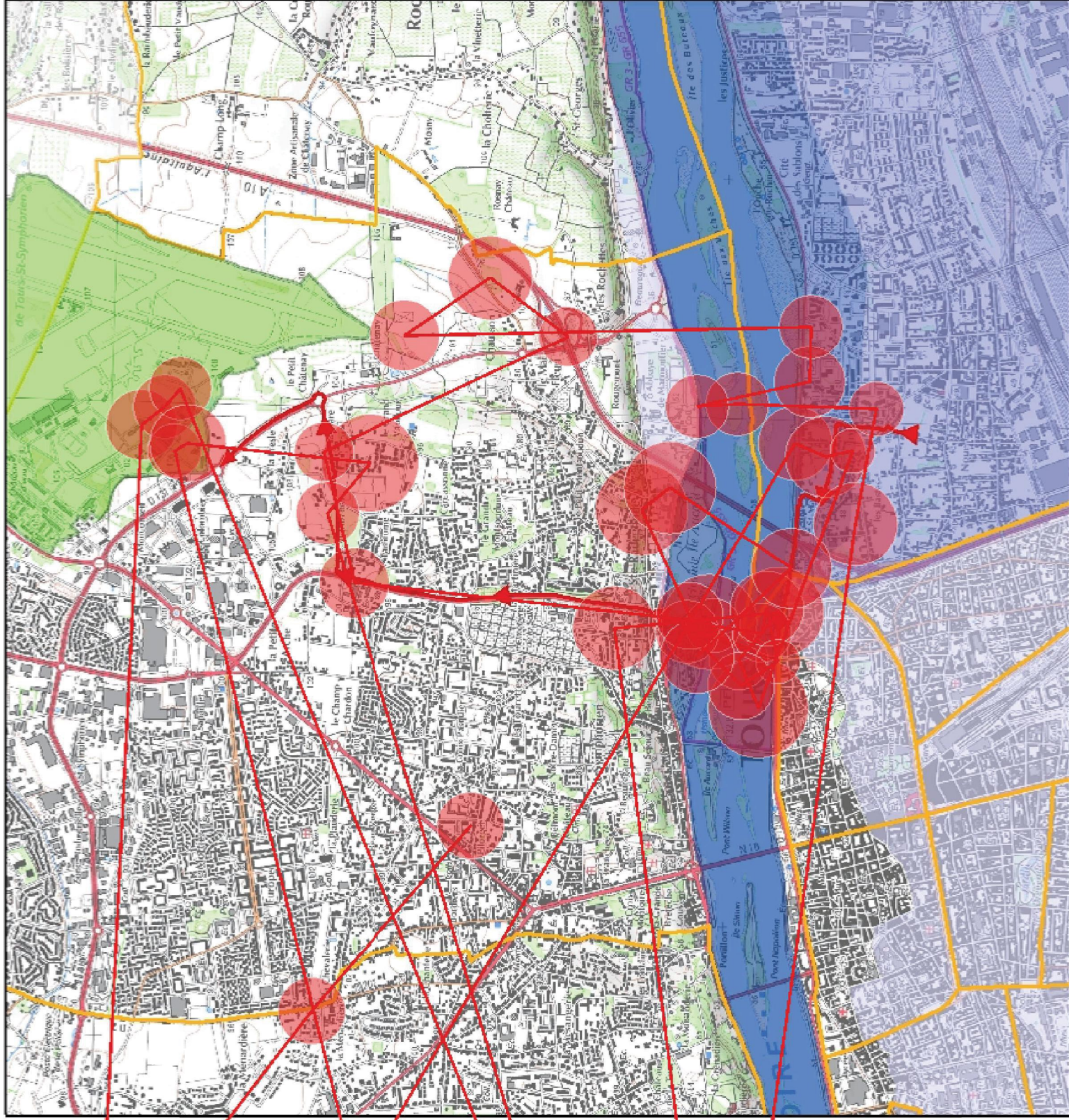
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'orientation

Secteurs d'intervention

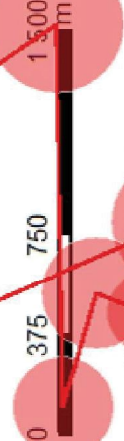
Aléa

faible

moyen

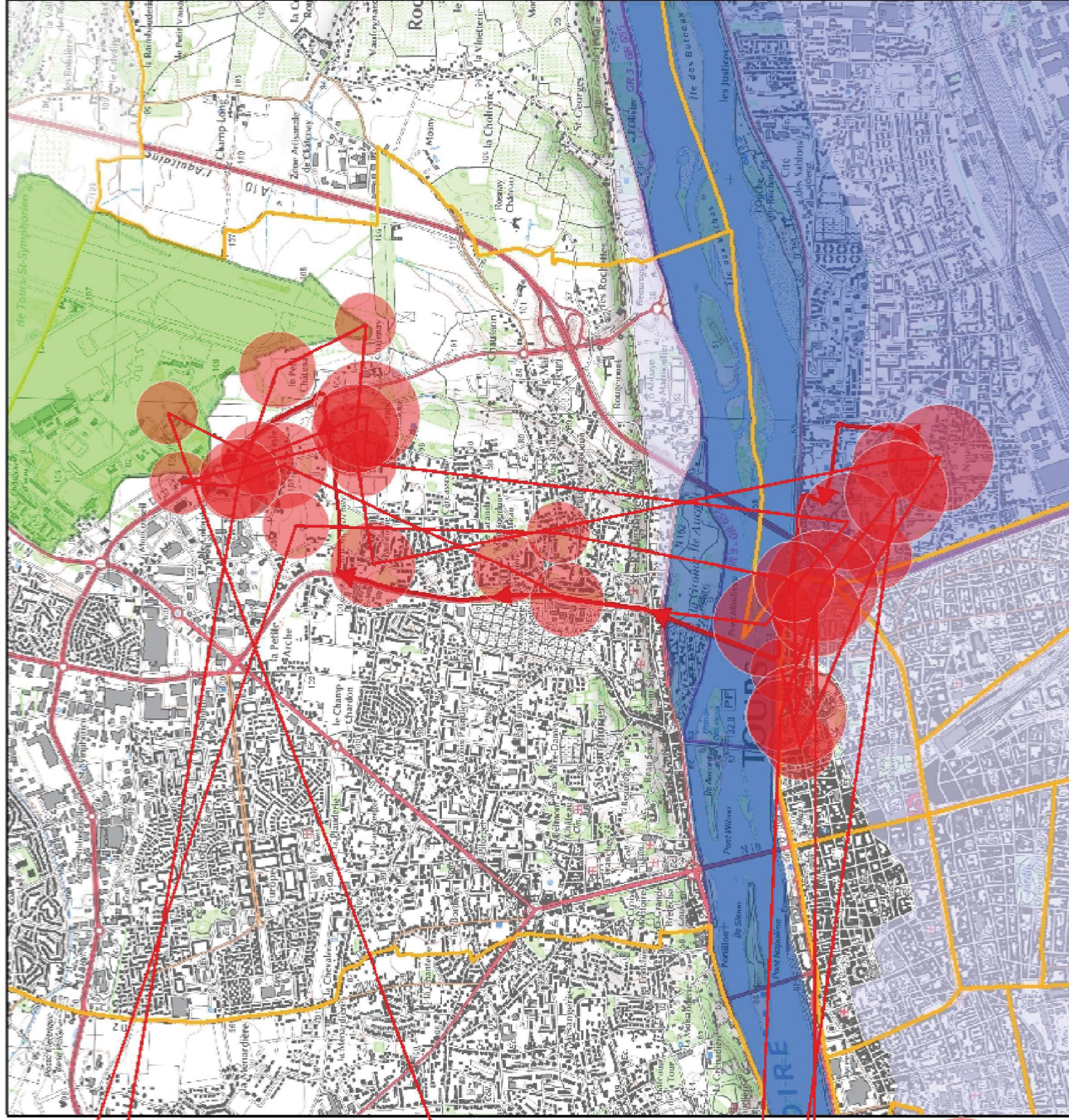
fort

très fort



Réalisation : G. Etan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

— itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
d'orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

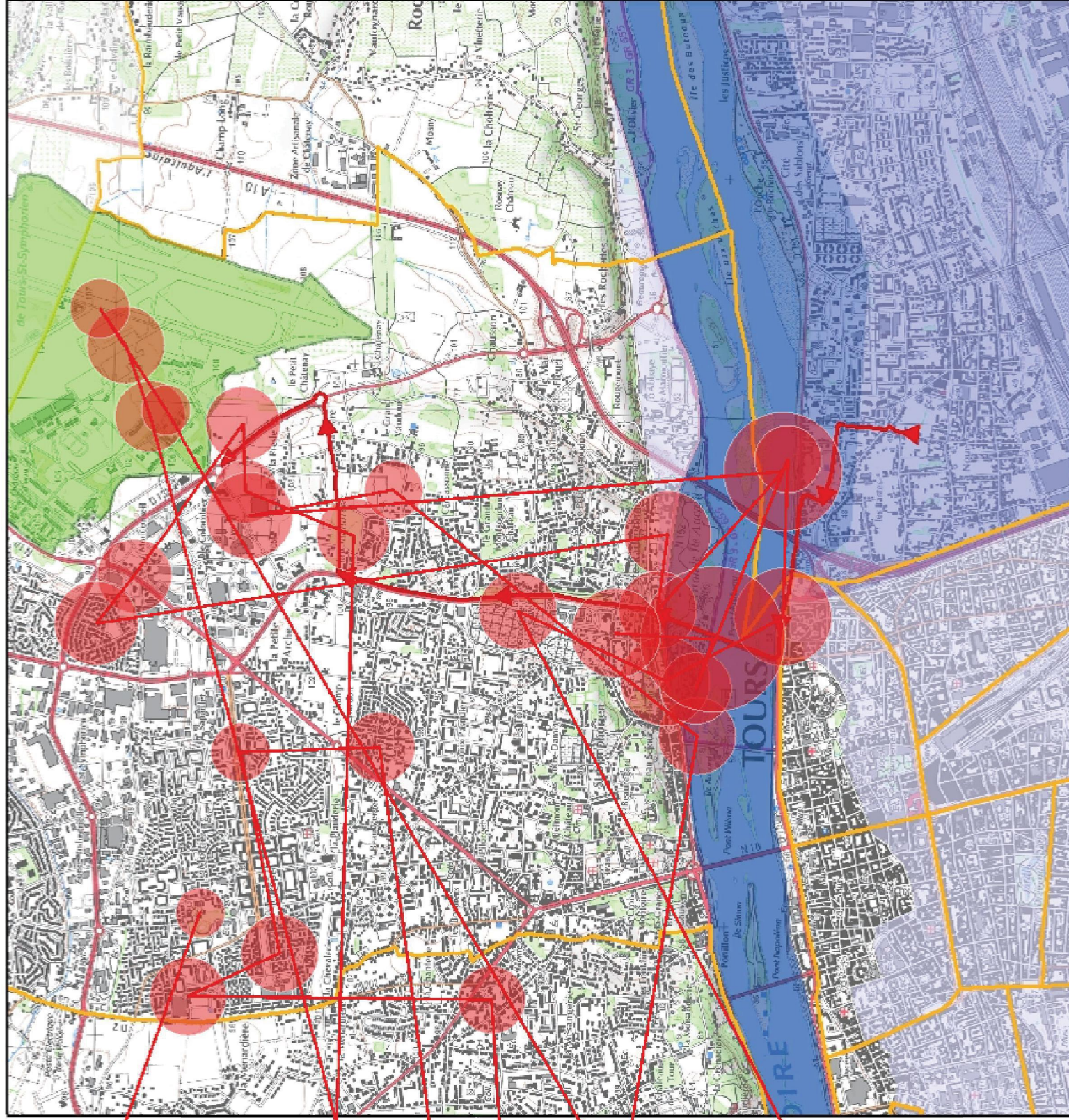
très fort

1 500
750
375
m

Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

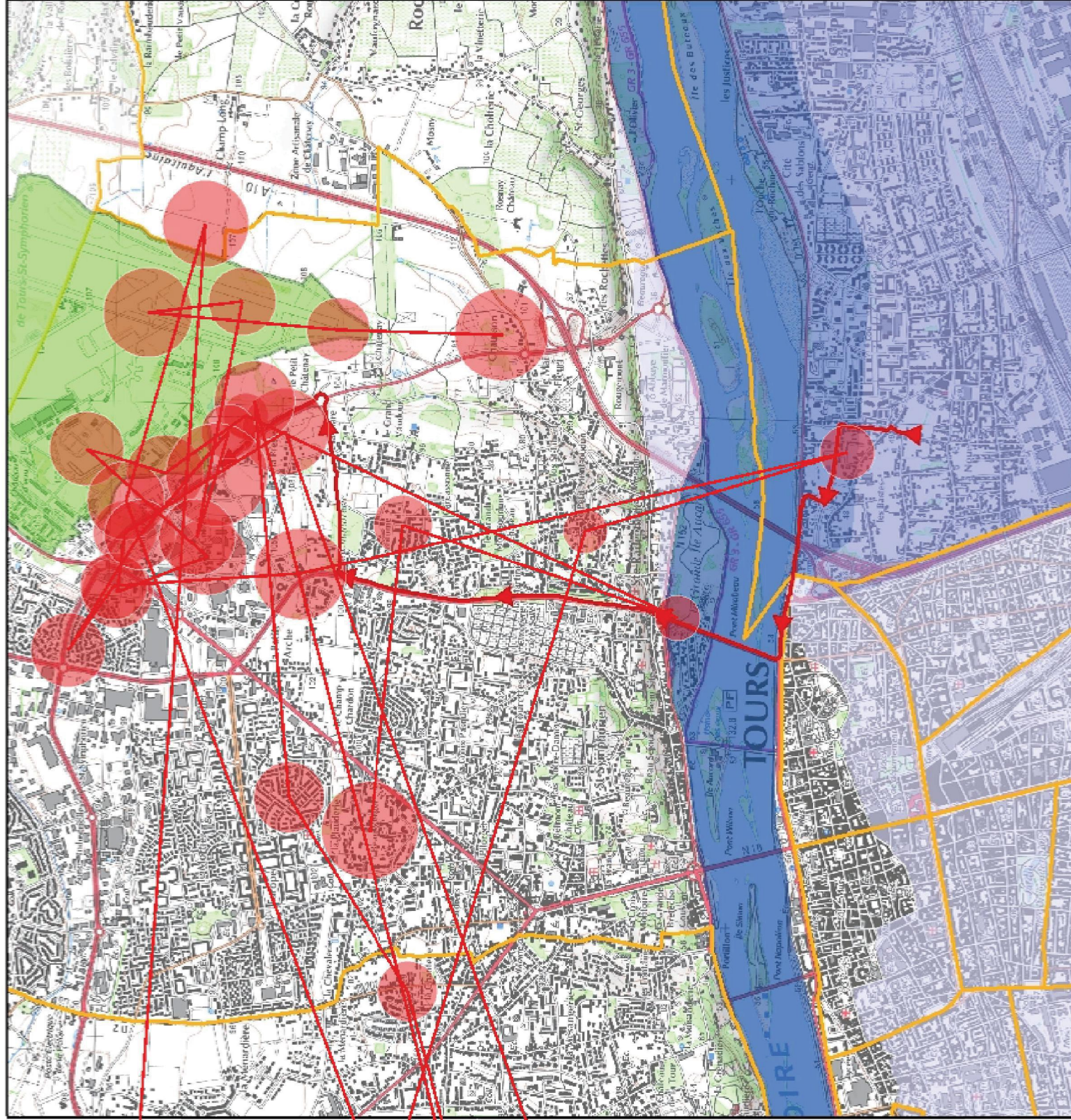
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zones de Regroupement
et d'attente



Secteurs d'intervention



Aléa

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

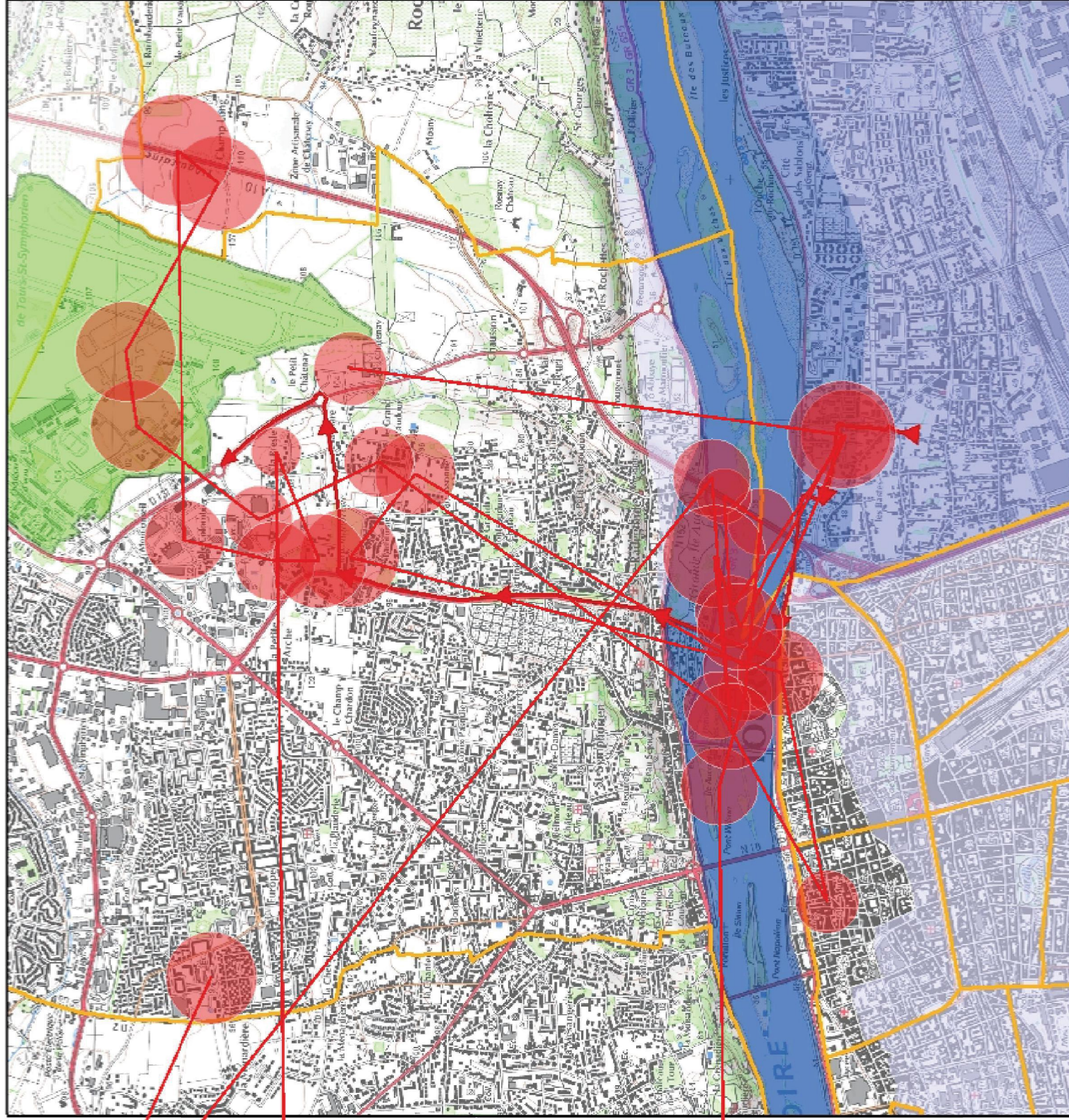
faible



Réalisation : Gaëtan PALKA

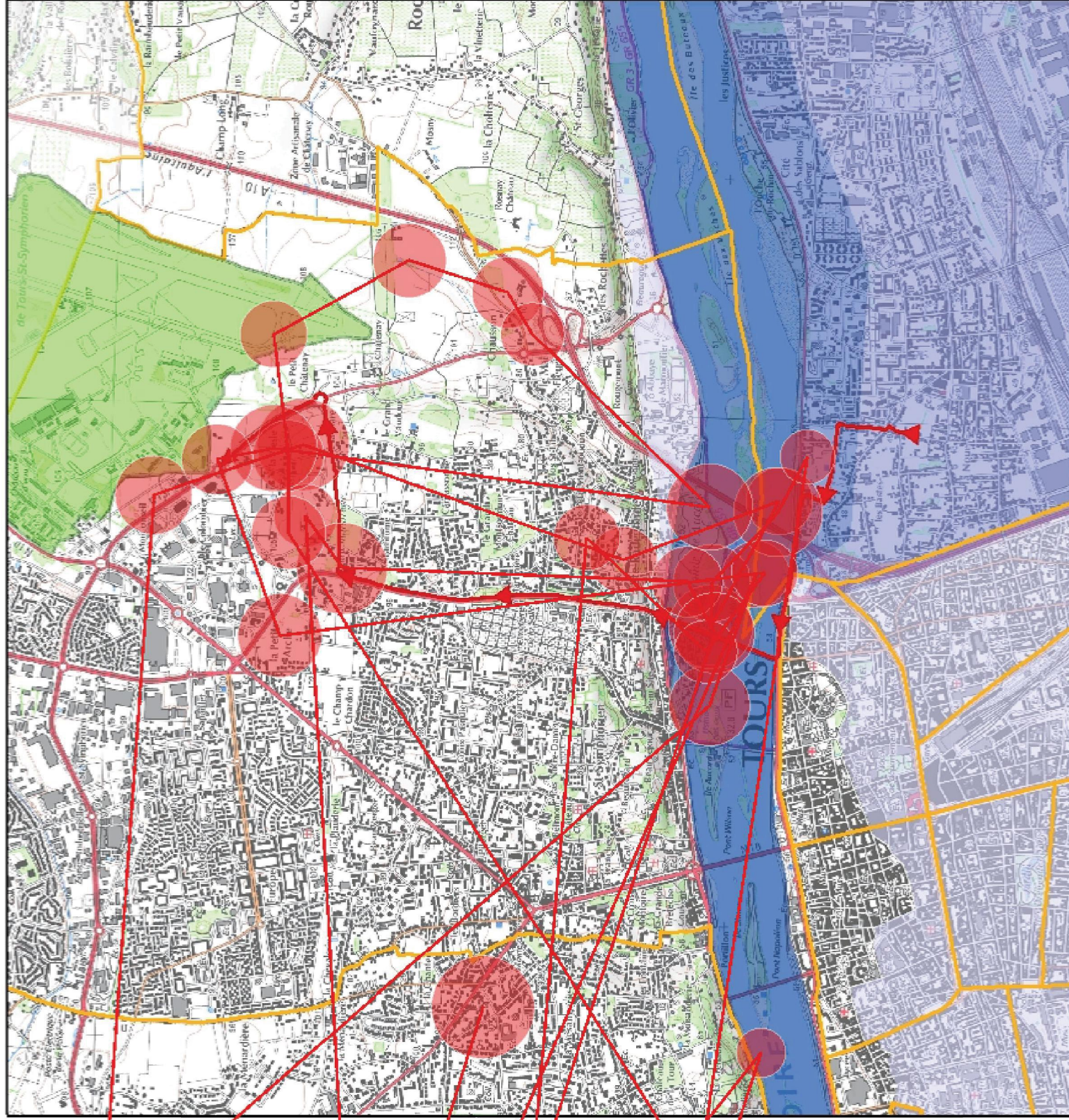
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



➔ Itinéraire à suivre

Zone de regroupement et d'attente

Secteurs d'intervention

Aléa

faibles

moyen

fort

très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Aléa DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

—> Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

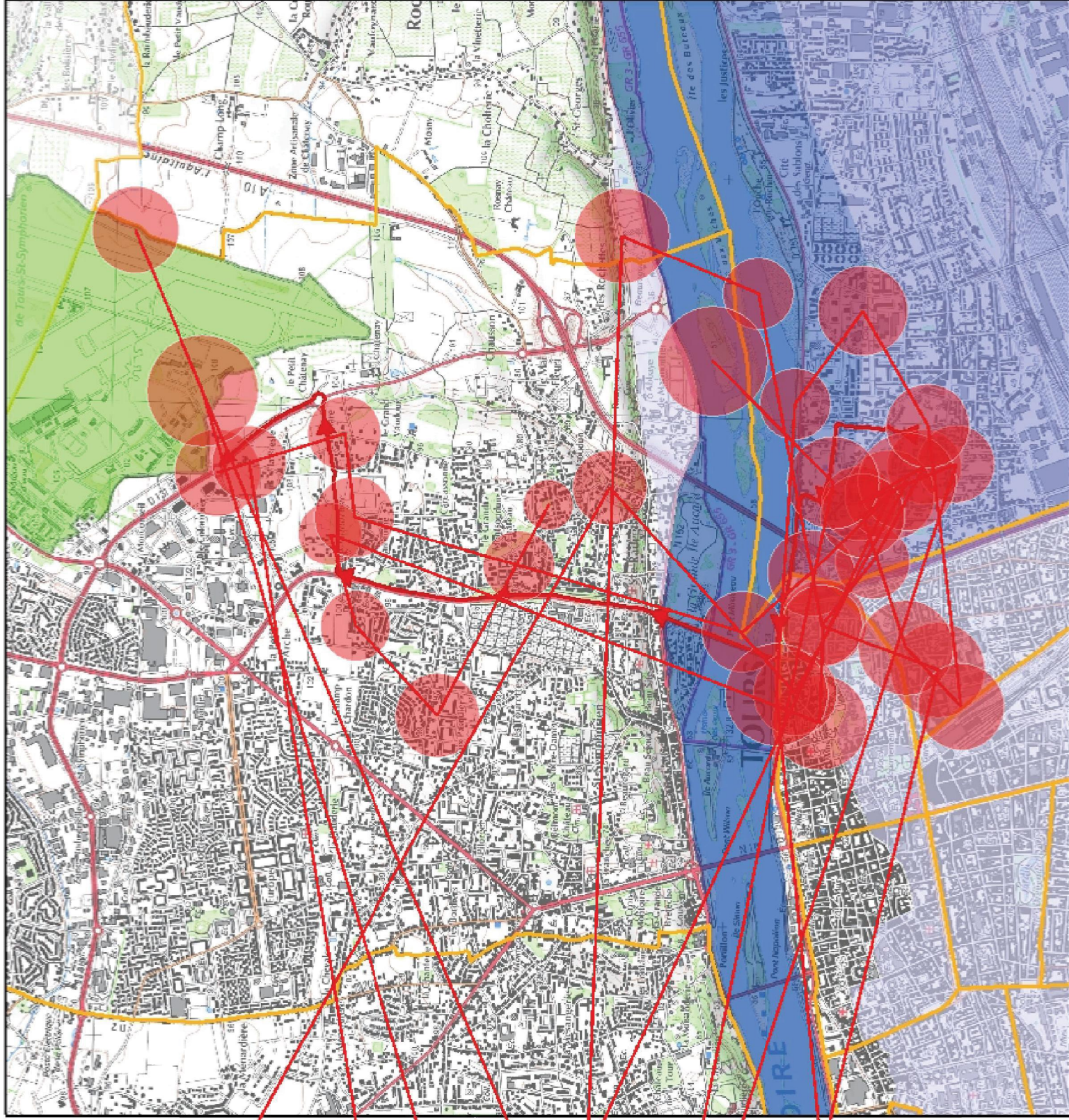
fort

très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation



Secteurs d'intervention



Aléa

faible

moyen

fort

très fort

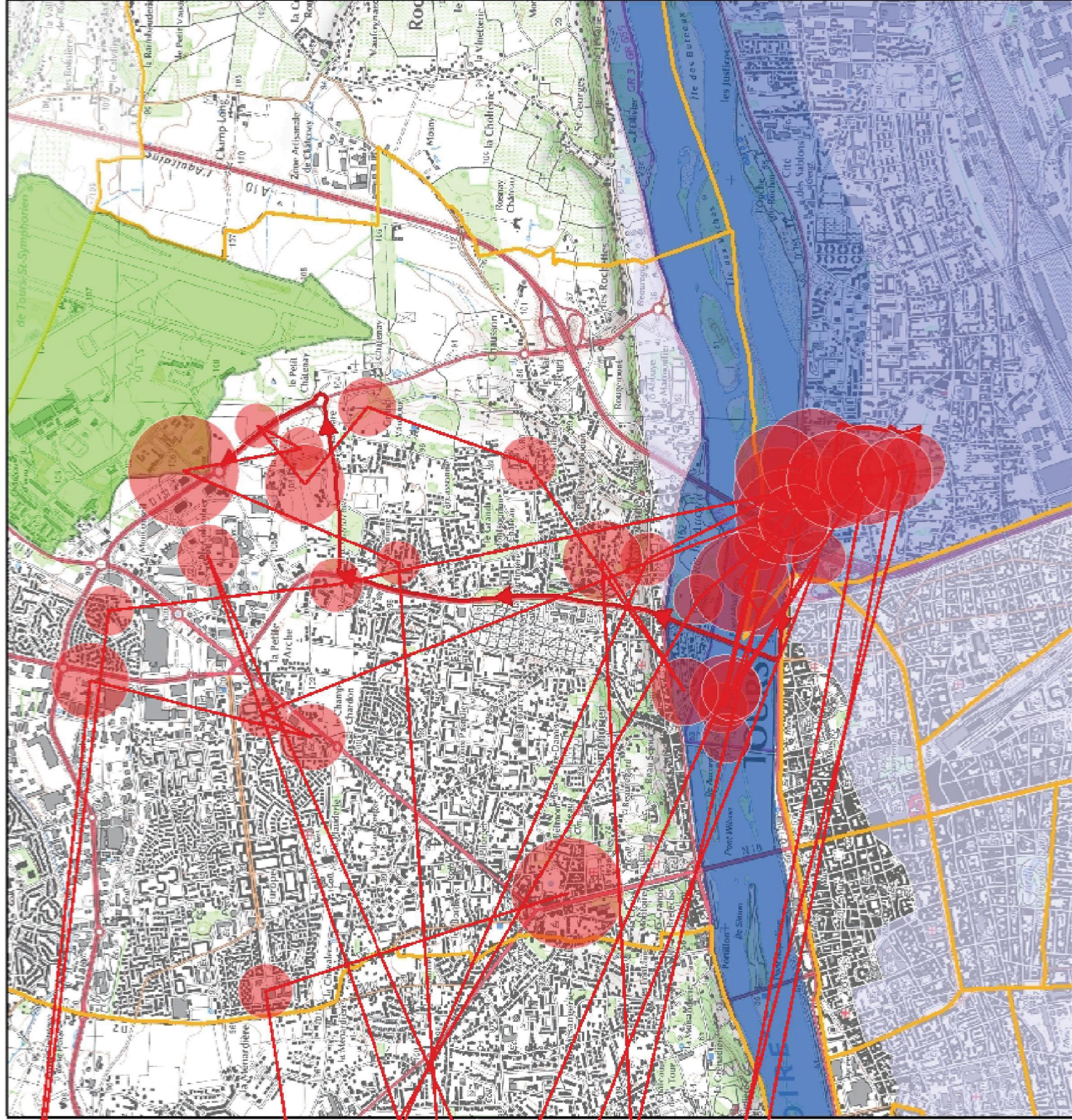


0 375 750 1 500
m

Réalisation : Gaëtan Palka

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre



Zone de Regroupement
et d'orientation



Secteurs d'intervention

Aléa

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

faible

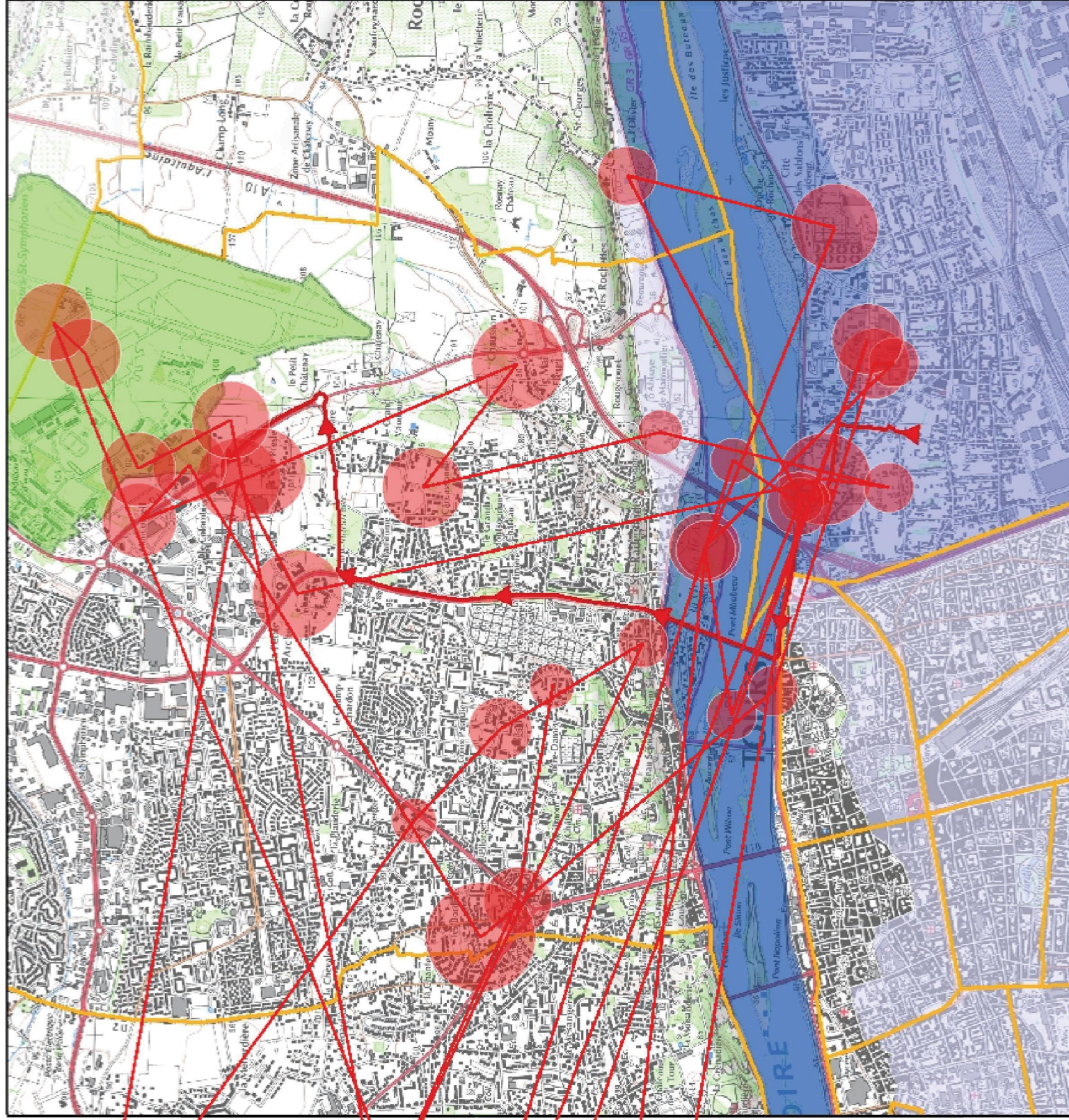
faible



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

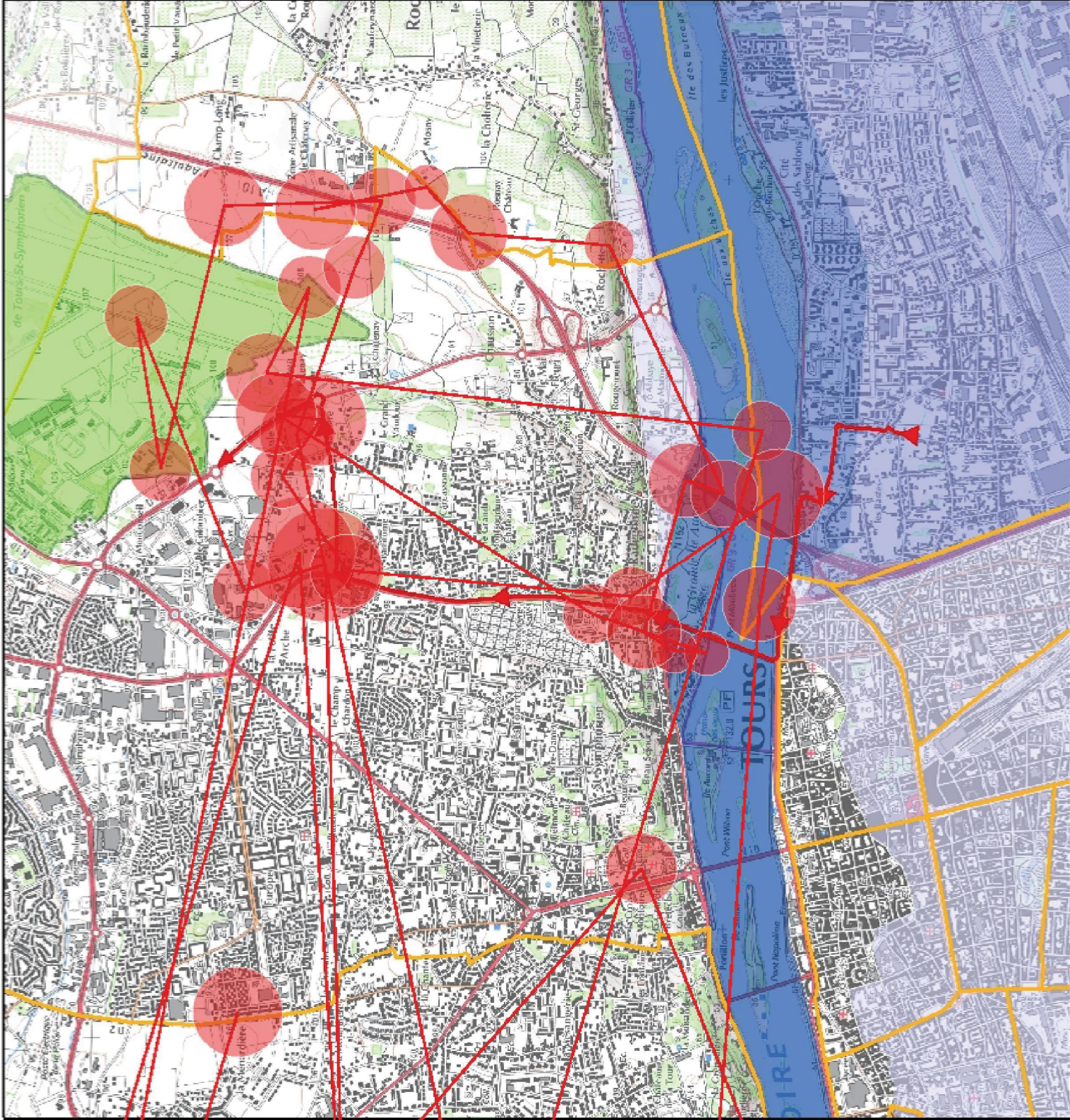
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

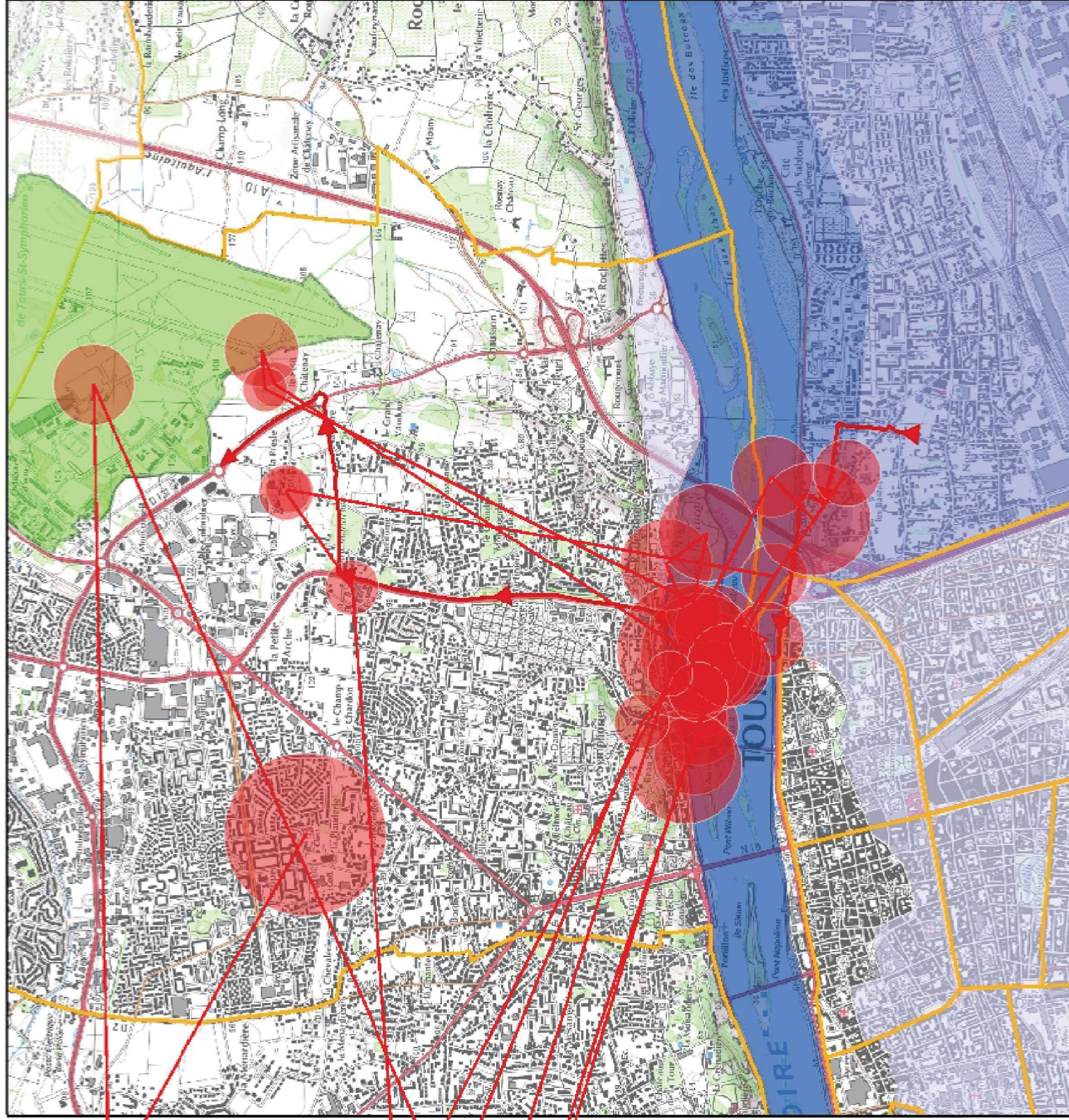
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement

et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

très fort



0 375 750 1 500 m

Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

➔ Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

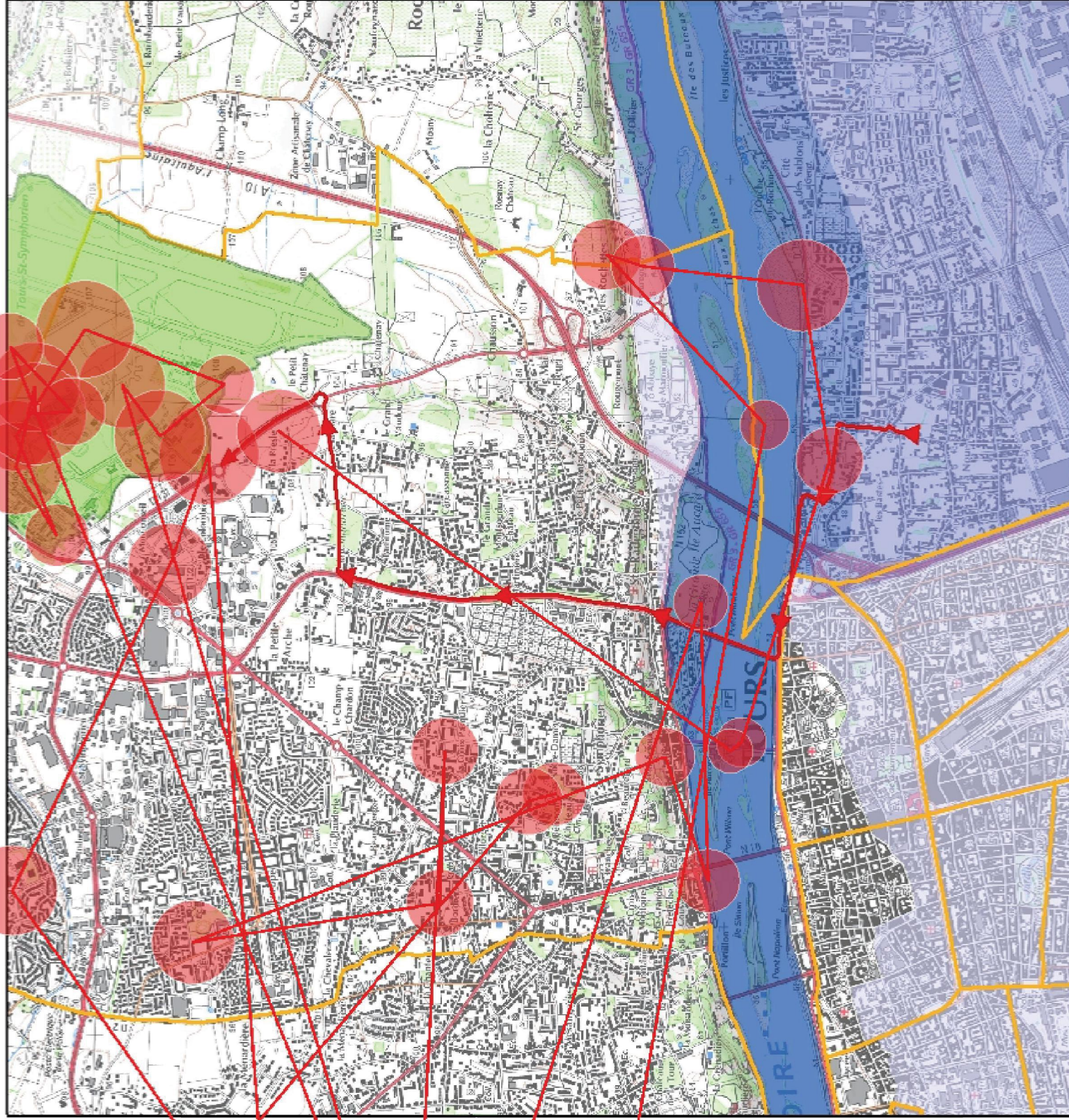
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation



Secteurs d'intervention



Aléa

faible



moyen



fort



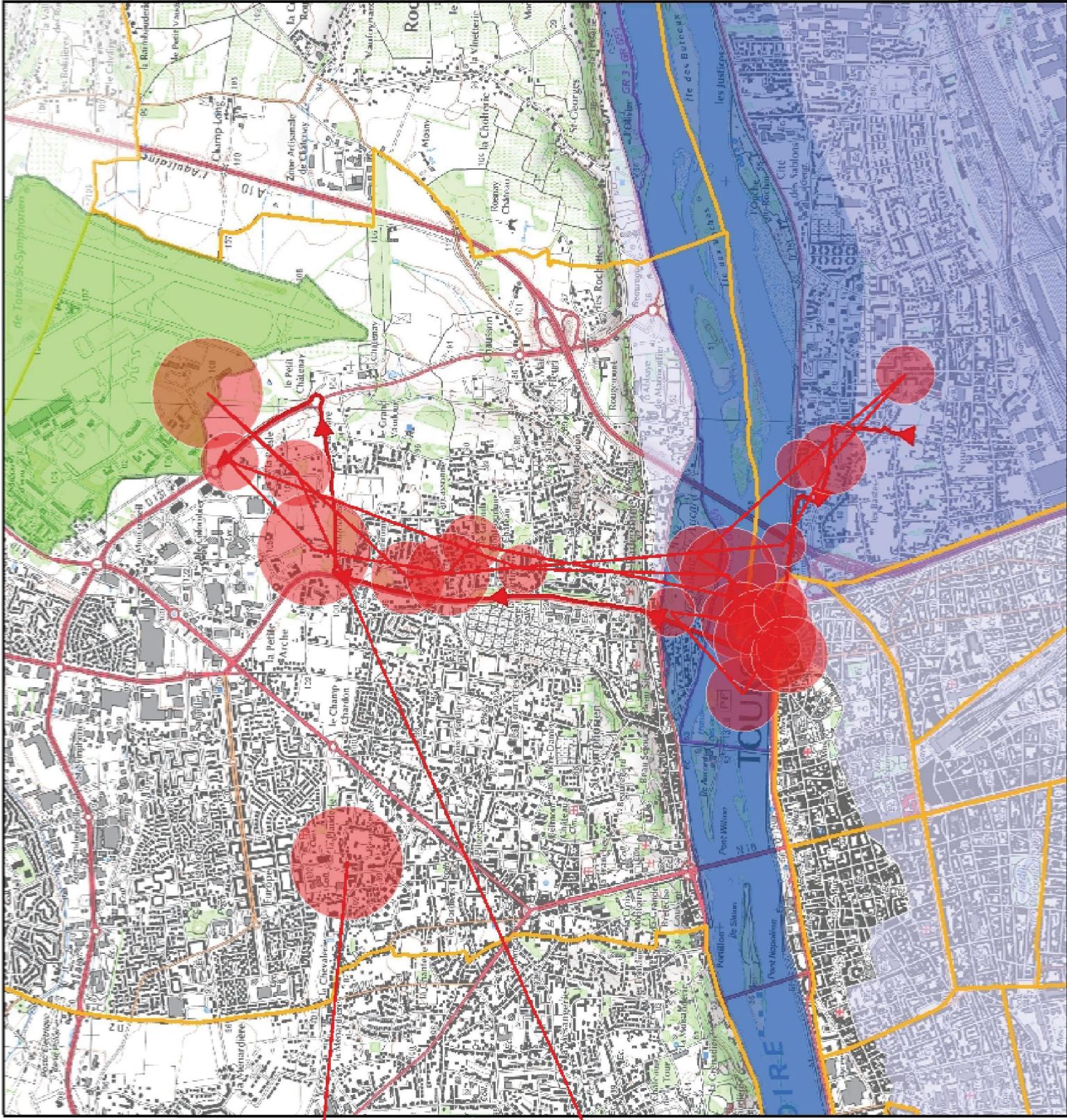
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Aléa

faible

moyen

fort

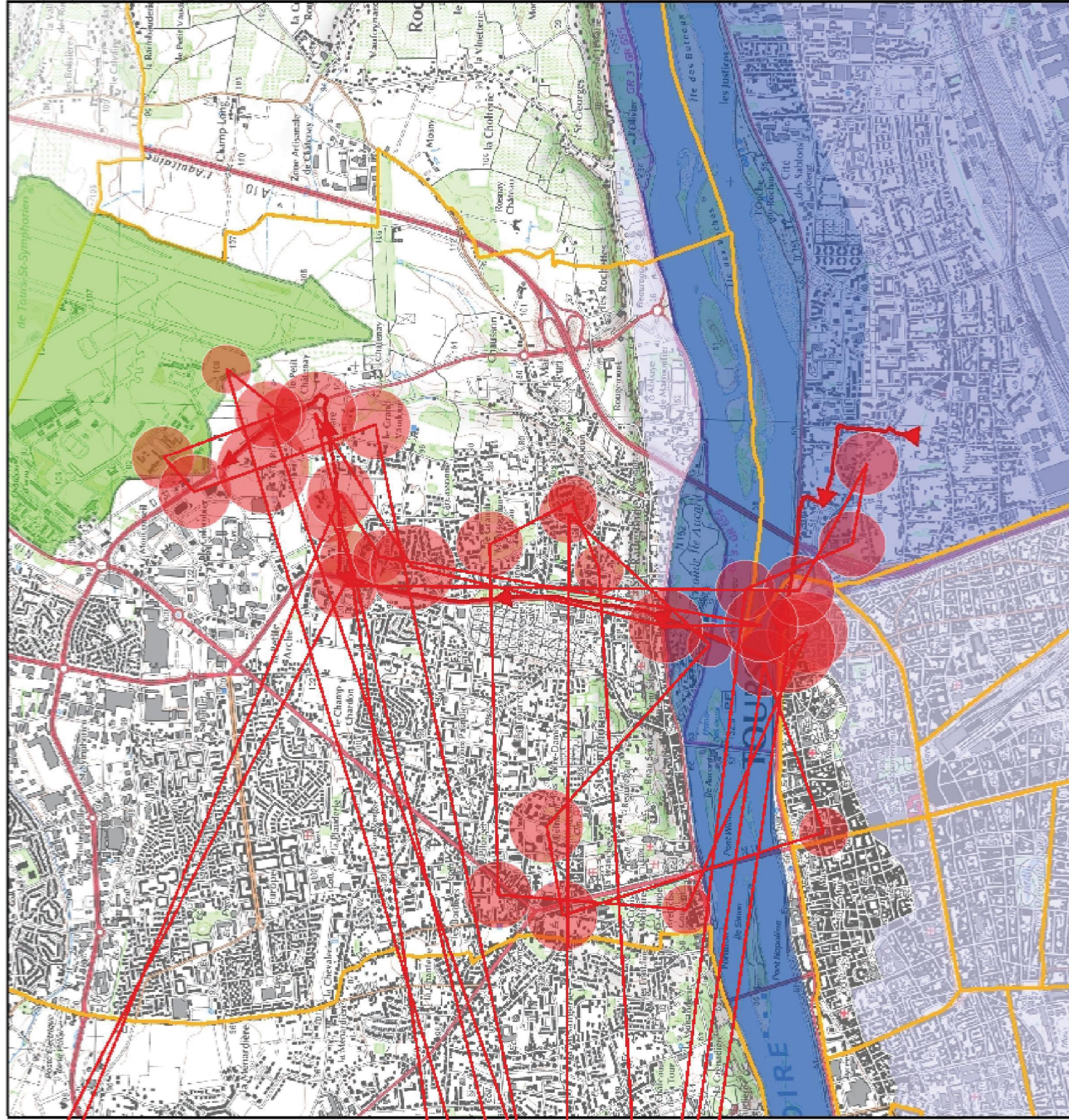
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'orientation



Zone d'intervention



Aléa

faible

moyen

fort

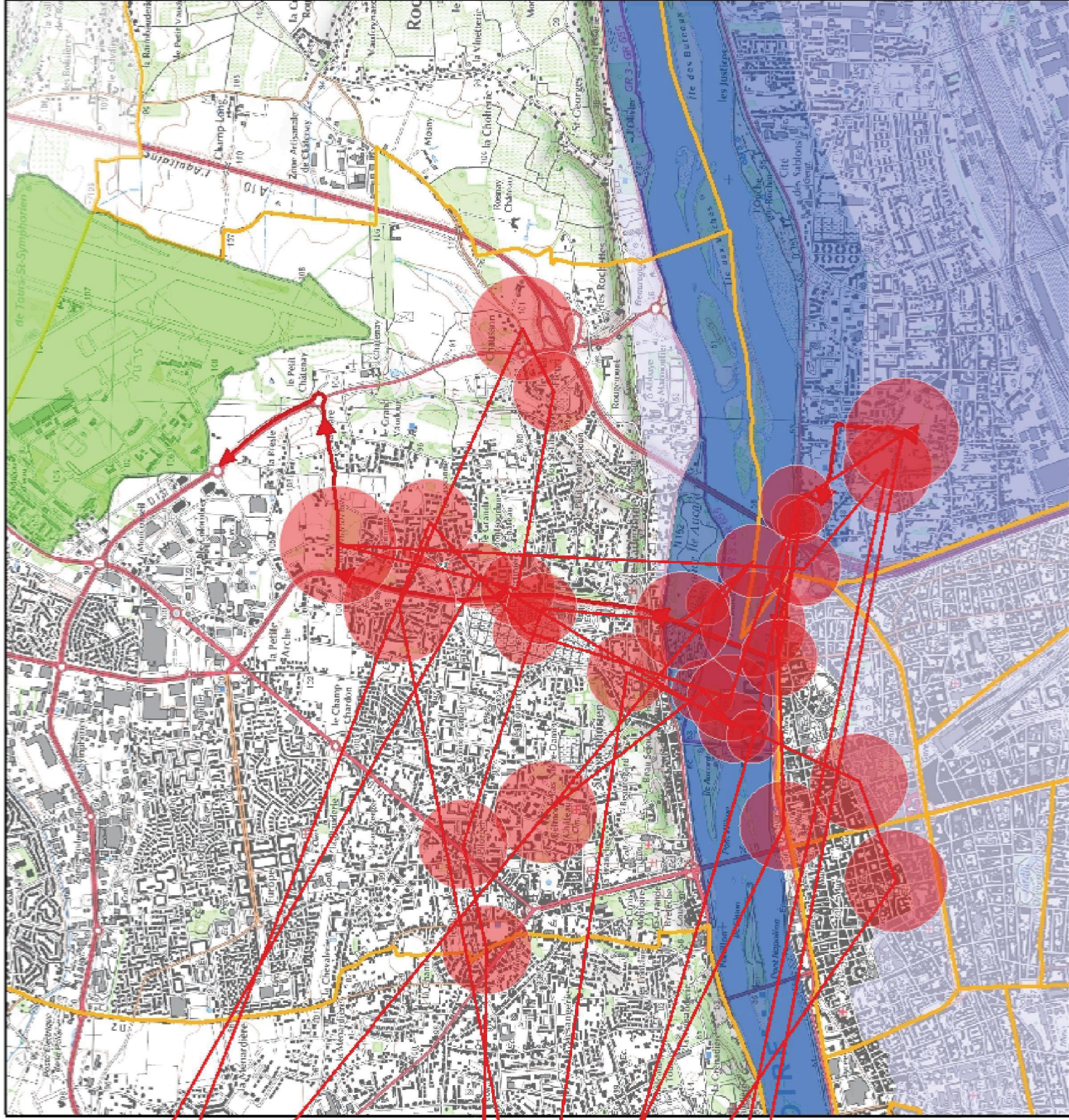
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

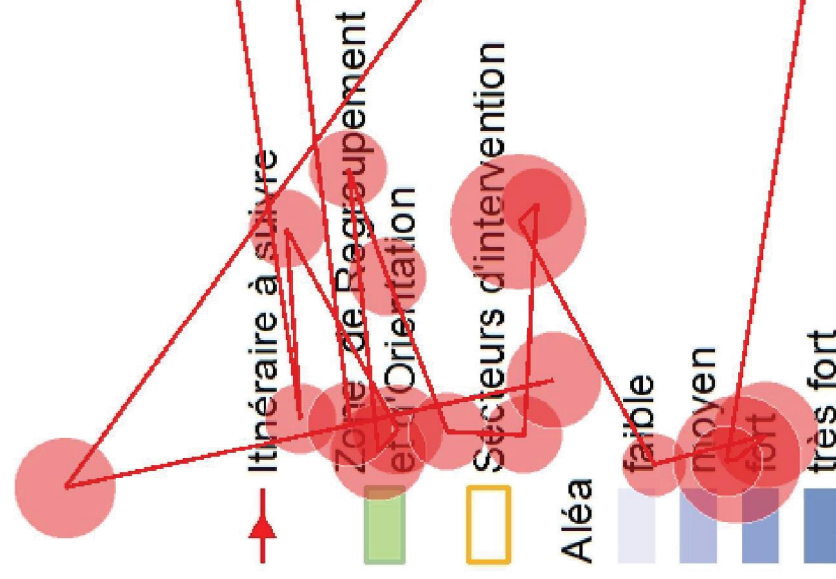
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

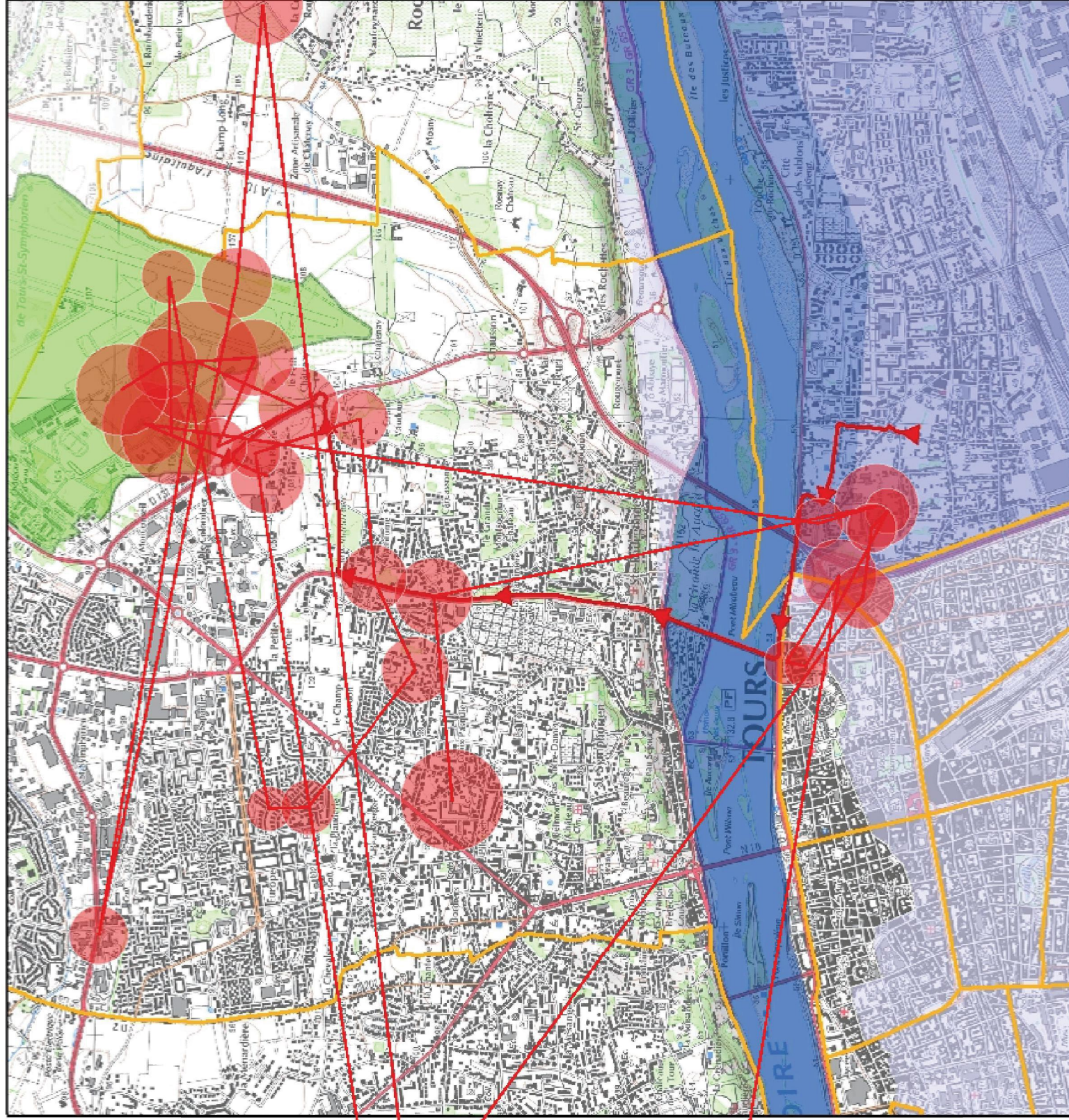
Plan d'évacuation



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre



Zone de Regroupement
et d'Orientation



Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

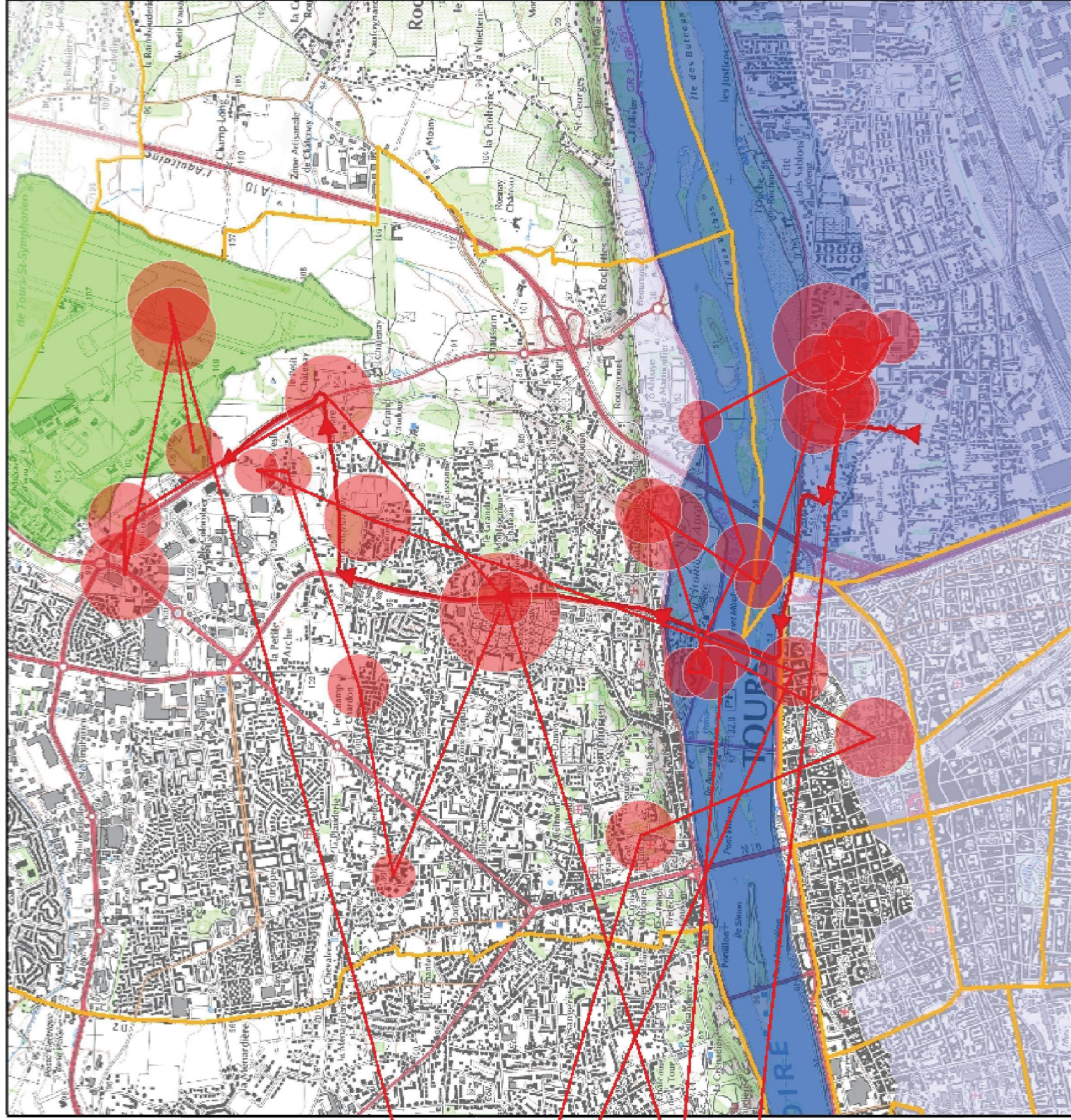
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

➔ Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Evacuation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

très fort

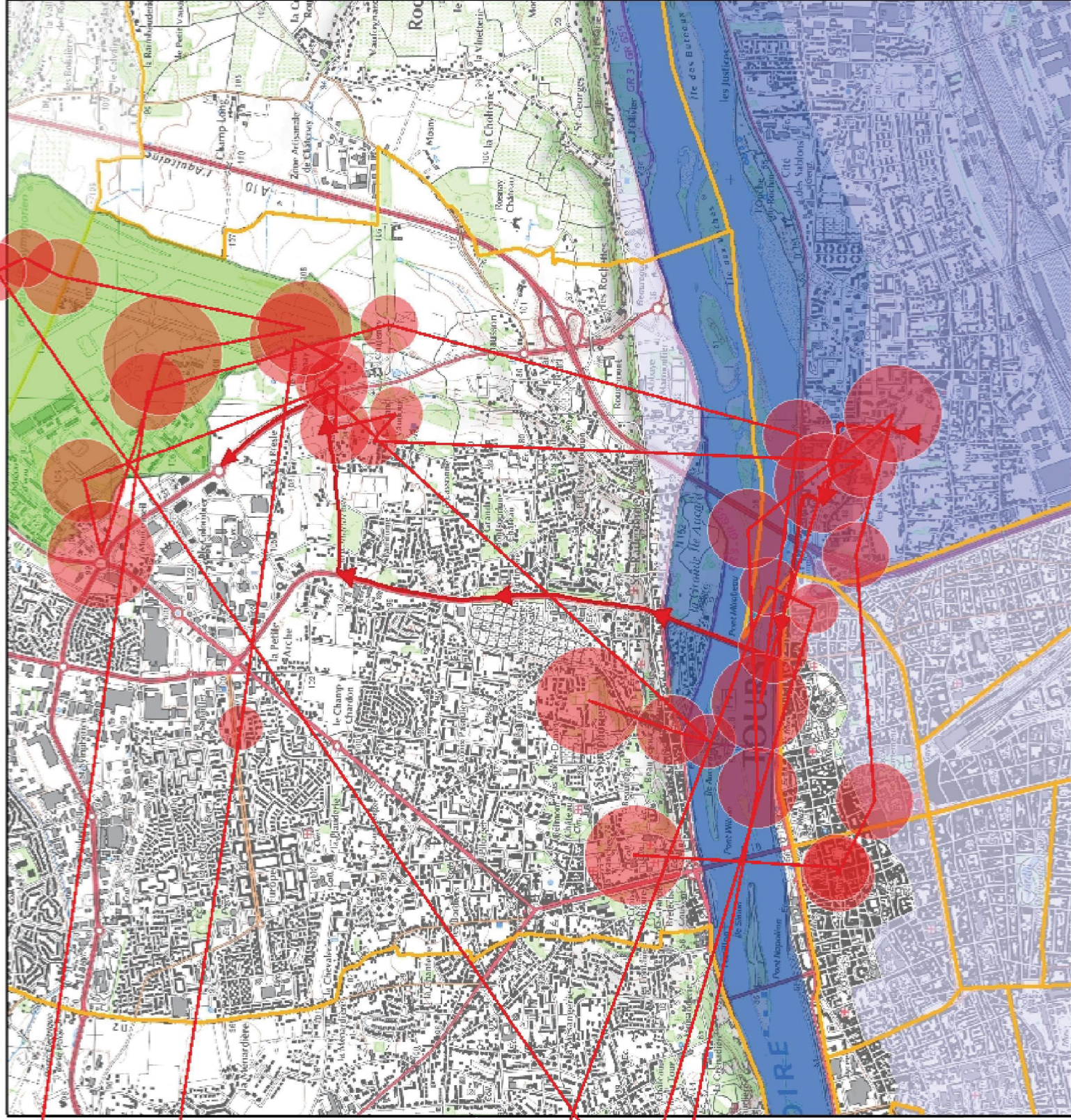


0 375 750 1 500
m

Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

très fort

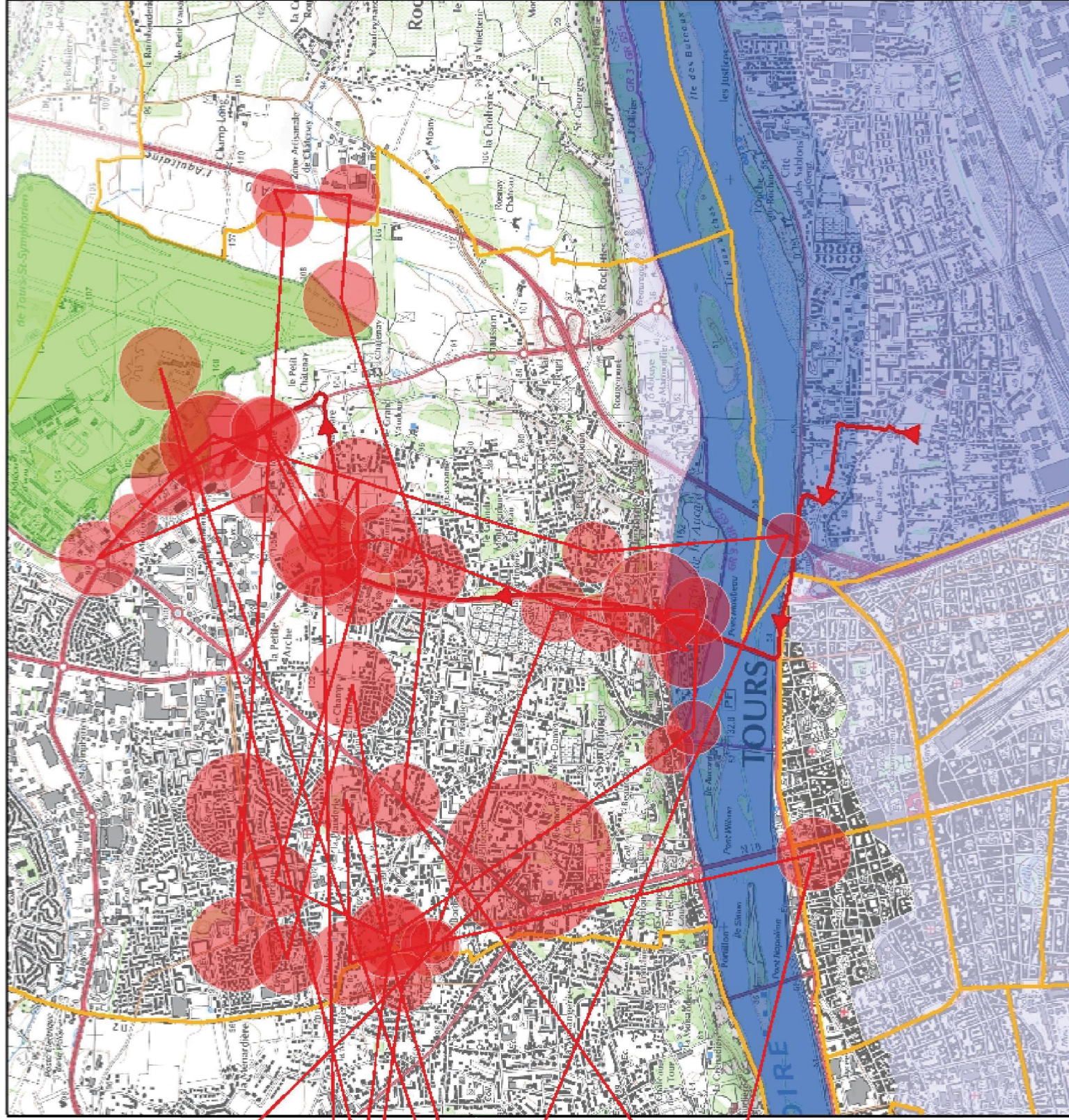


0 375 750 1 500
m

Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Aléa DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation



Secteurs d'intervention



Aléa



faible

moyen

fort

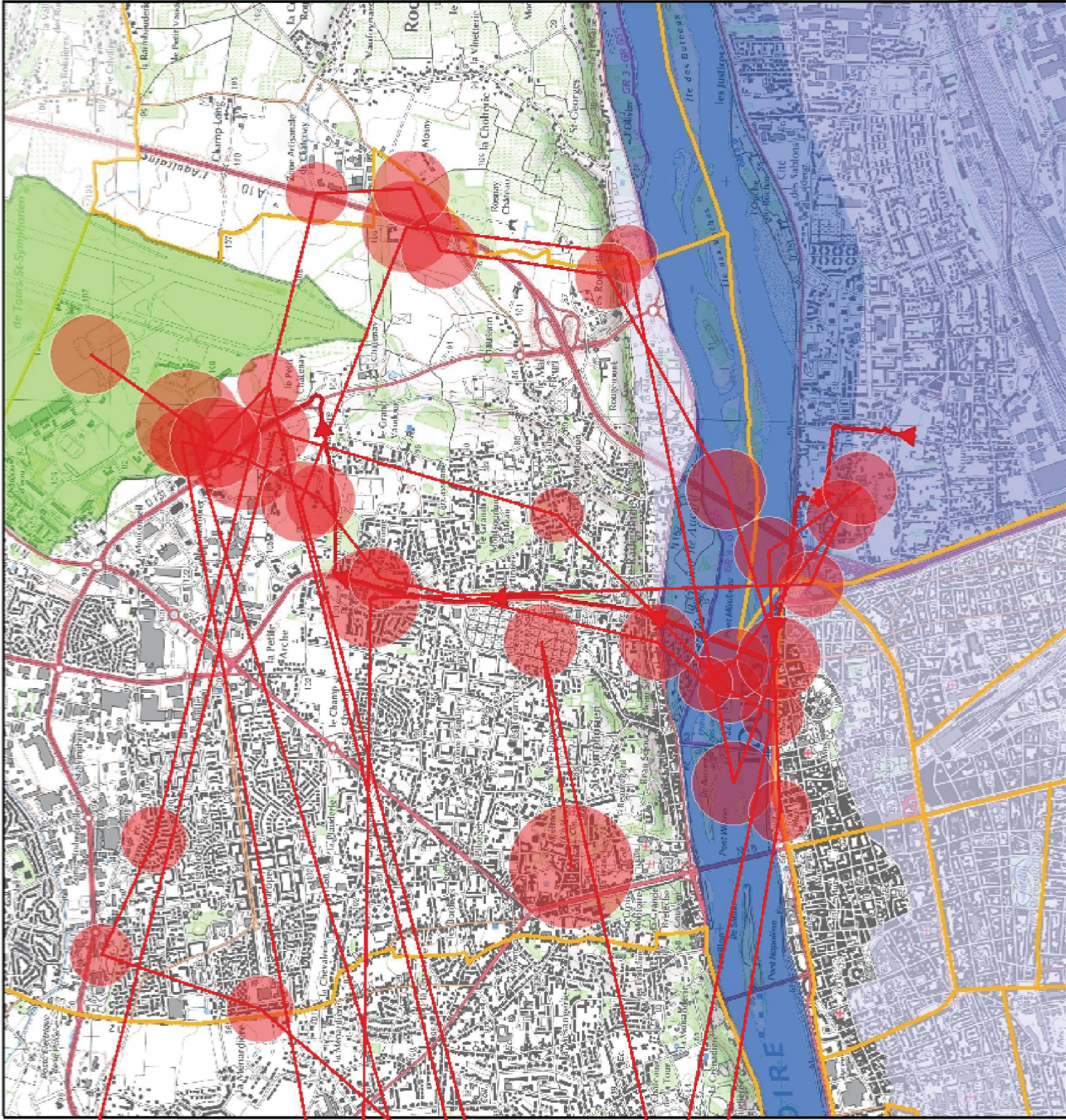
très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Secteur Berthenay

Hauteur d'eau

Moment conseillé pour évacuer :
~~20 heures après l'alerte~~

~~Lieu de recensement :
Pont de Savonnières~~

Hauteur d'eau

~~< 1m
> 2m et vitesse faible~~

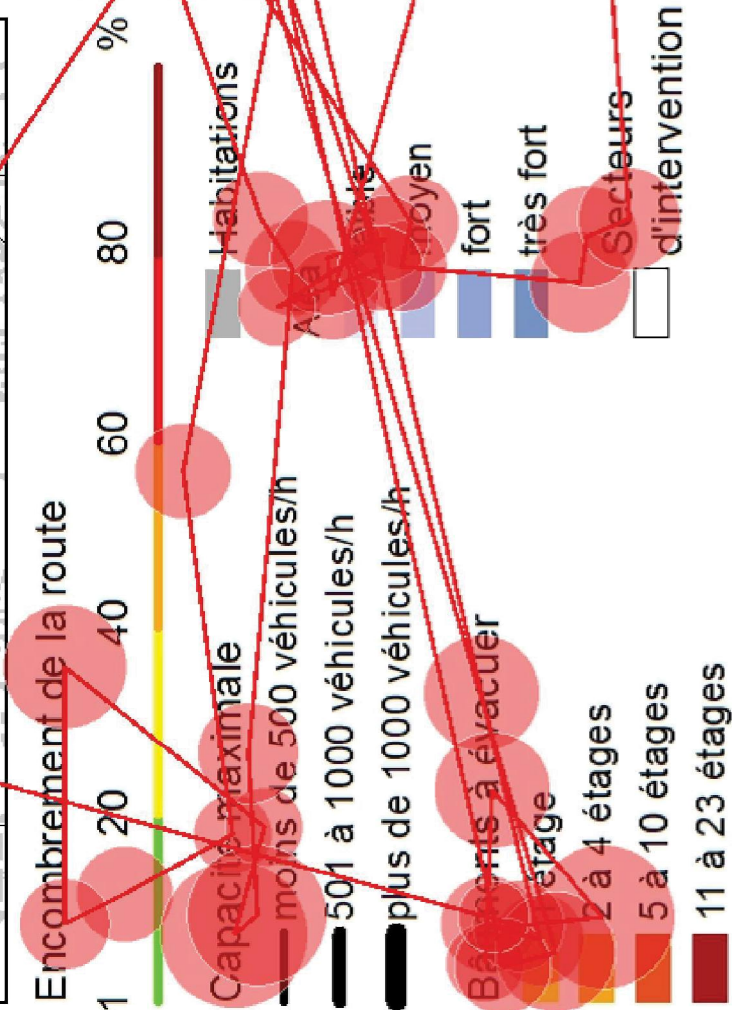
~~< 2m
> 2m~~

~~> 2m~~

Communes



0 250 500 1 000 m



Berthenay

Itinéraire d'évacuation

→ Route à suivre

Point de regroupement



Réalisation : Gaëtan PALKA

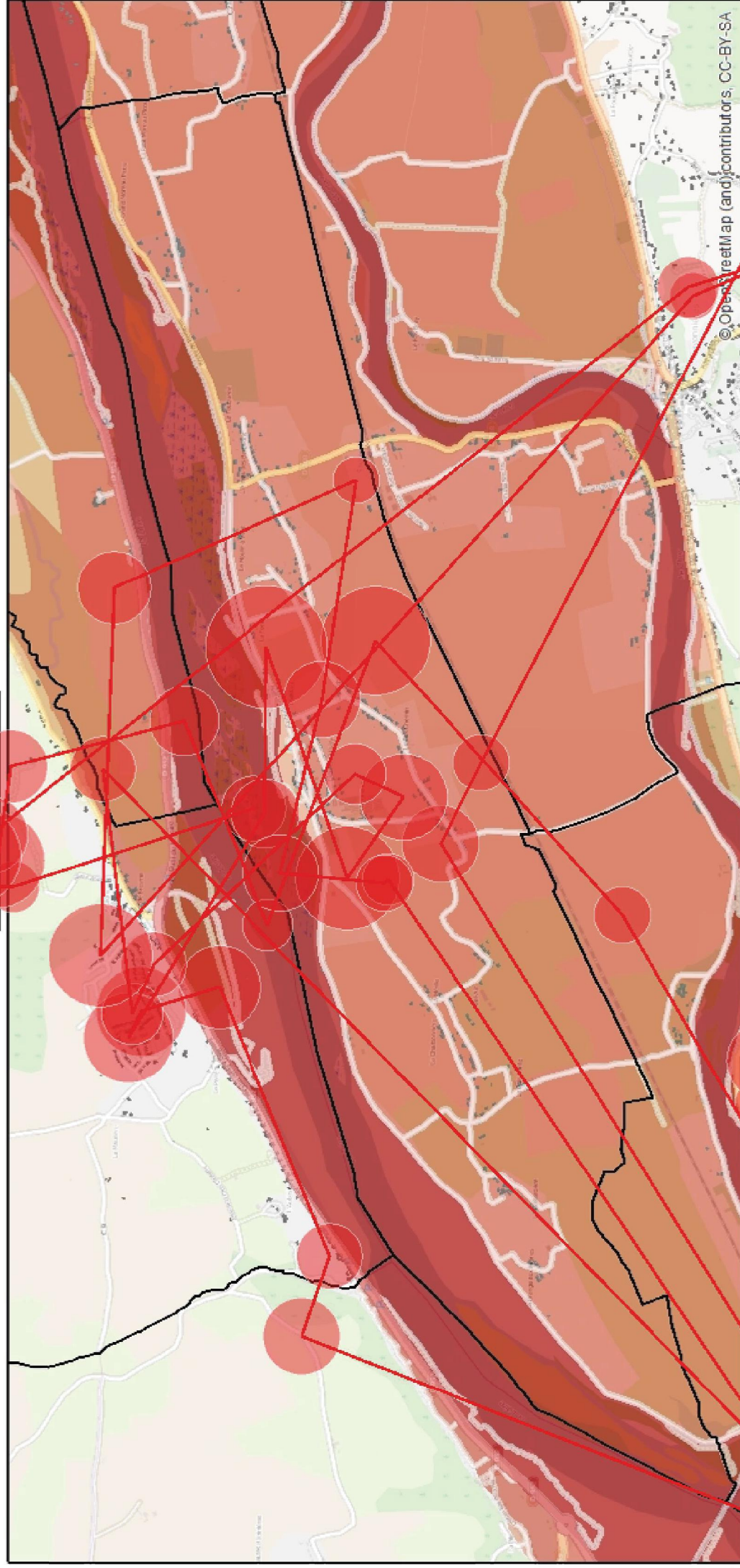
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTE VECTUELLE, Carte Route ESRI

Source : IGN, OpenStreetMap, GeoEye, Airbus, USDA, USGS, AEX, Cartography, ArcGIS, IGN, IGP, swissstopa, IGN, IGP, swissstopa

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau



Hauteur d'eau

Communes

et vitesse faible

<2m
>2m



0 250 500 1 000 m

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Tours
Quartier Prébendes
Itinéraire d'évacuation

mon logement

Itinéraire d'évacuation
recommandé

Zone de sûreté
et de rassemblement

Hauteur d'eau

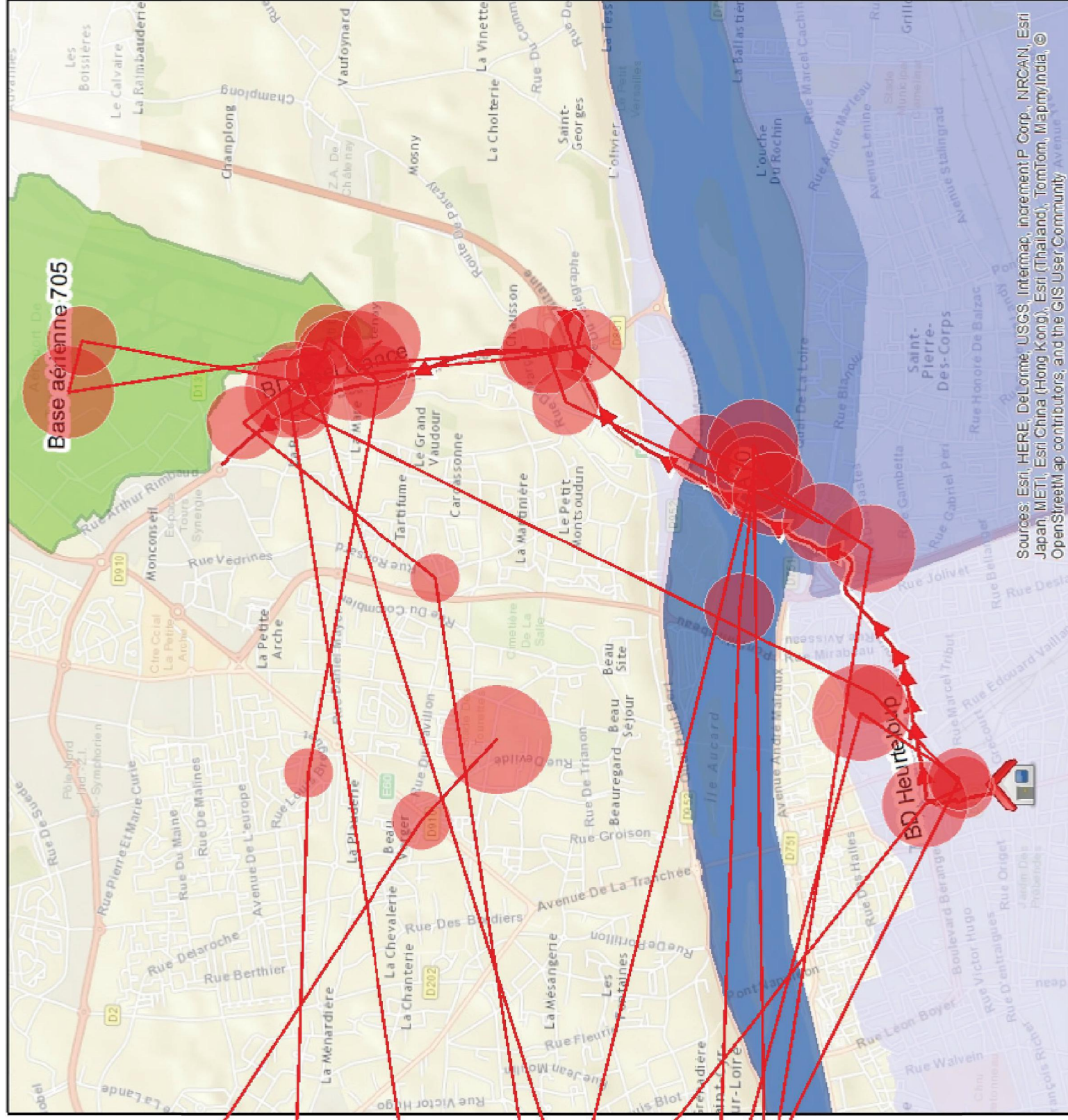
et vitesse faible



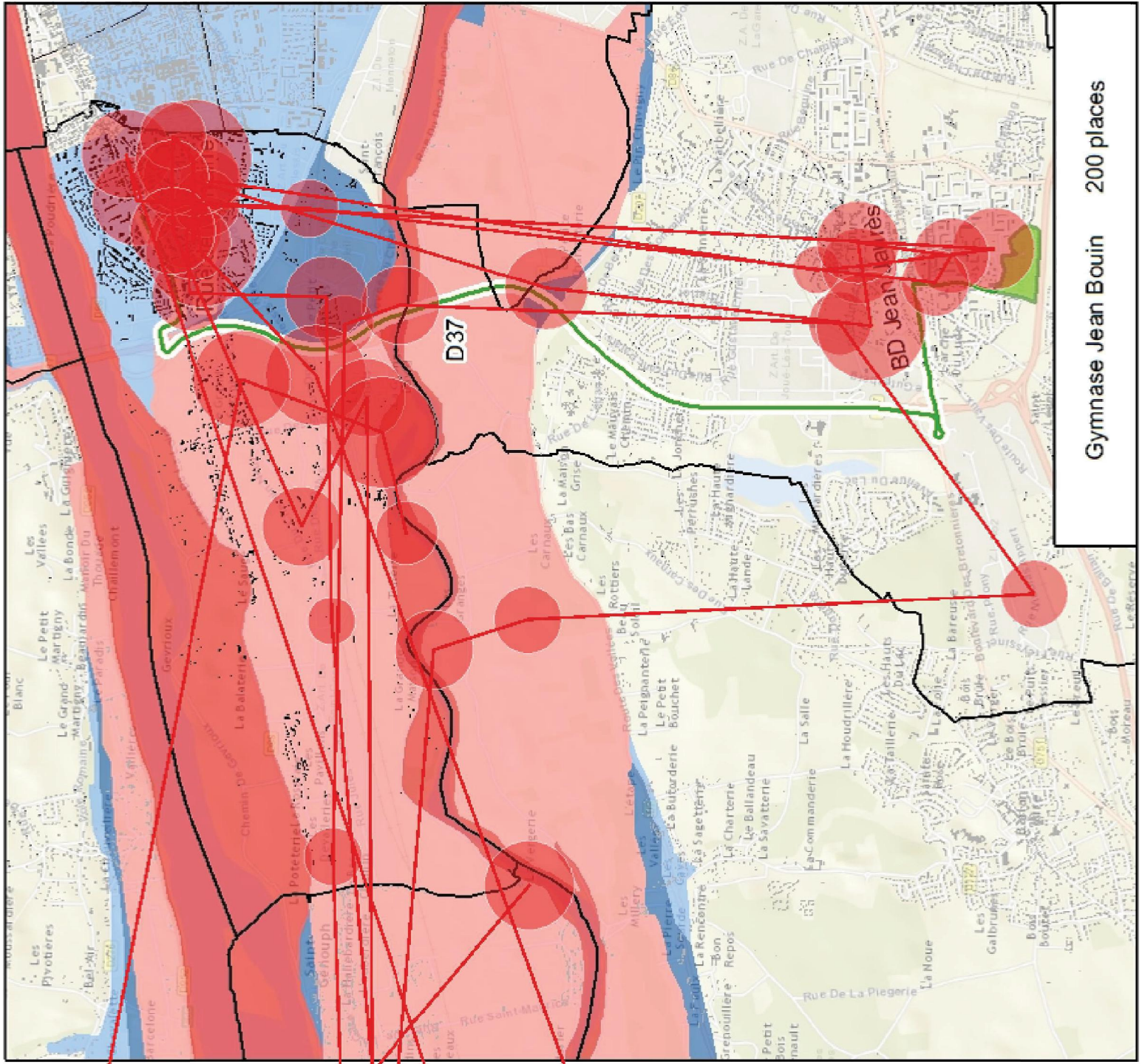
Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



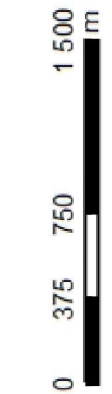
La Riche

Plan d'évacuation

Bâtiments à évacuer
Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sûreté et de rassemblement

Aléa
 faible
 moyen
 fort
 très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
 Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Gymnase Jean Bouin 200 places

Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

→ Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

très fort

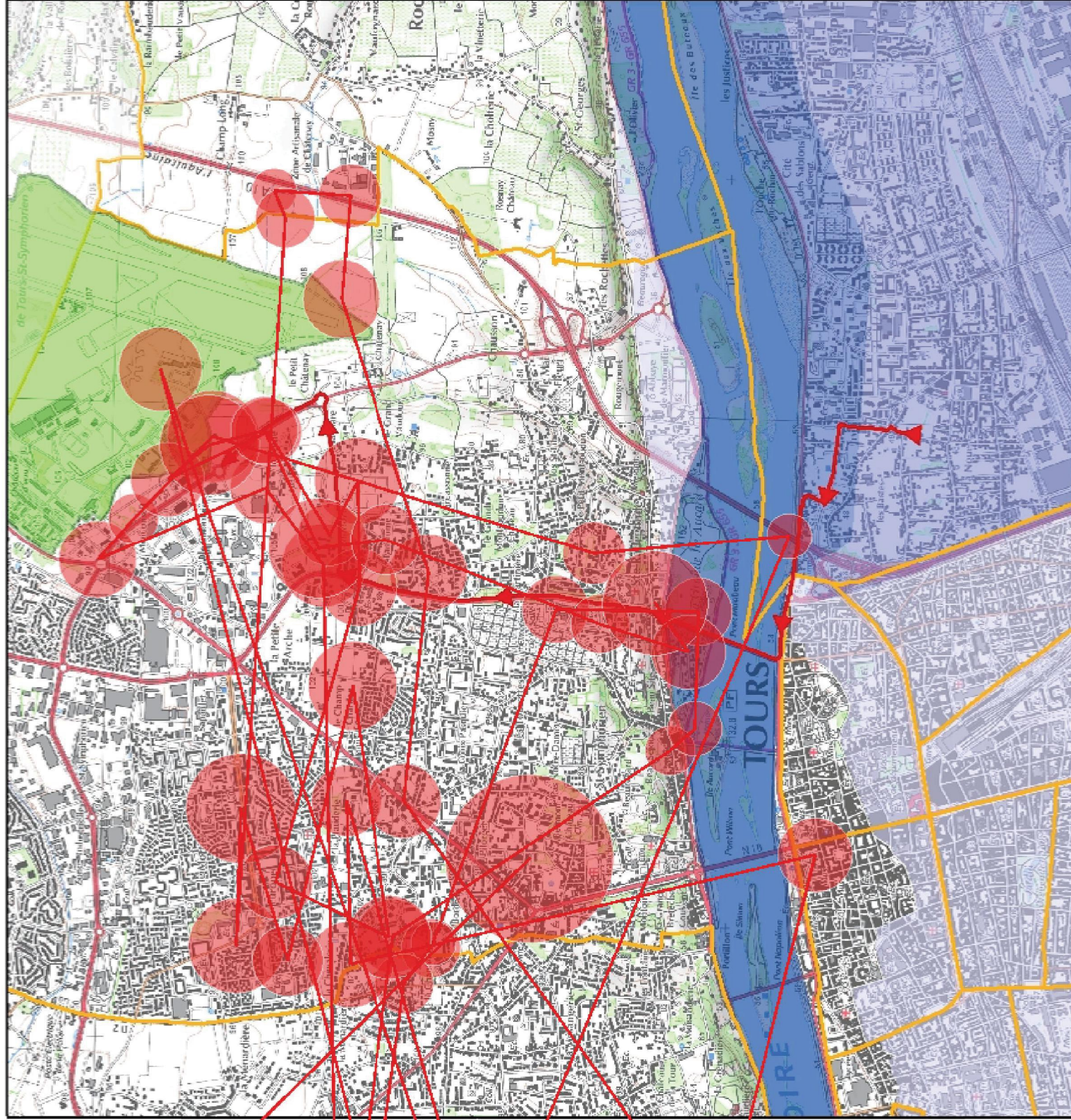


0 375 750 1 500
m

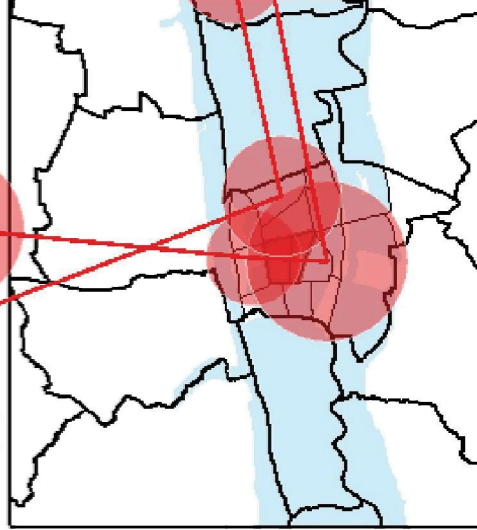
Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



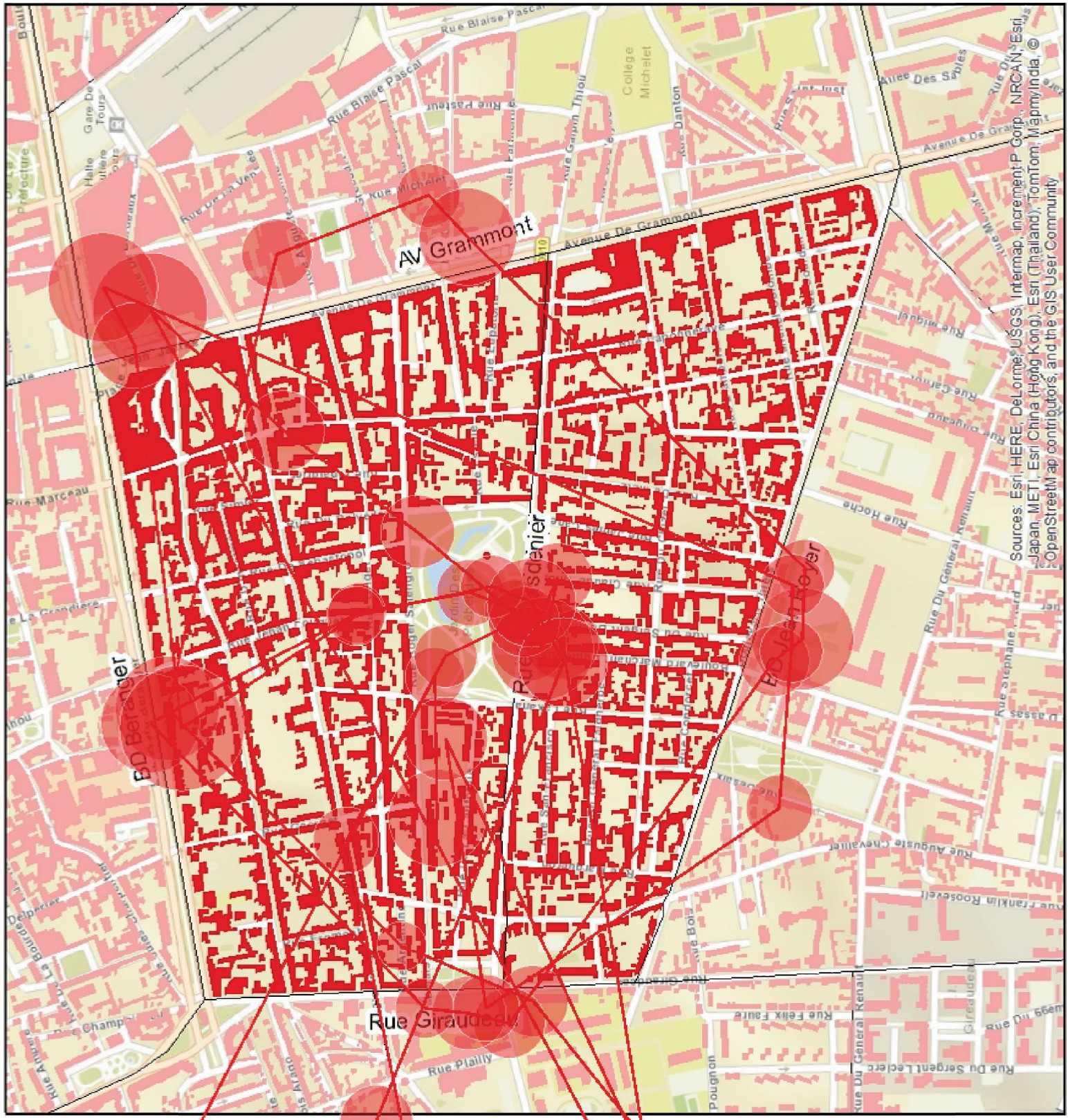
Secteur
Prében des-Lakanal
Bâtiments à évacuer



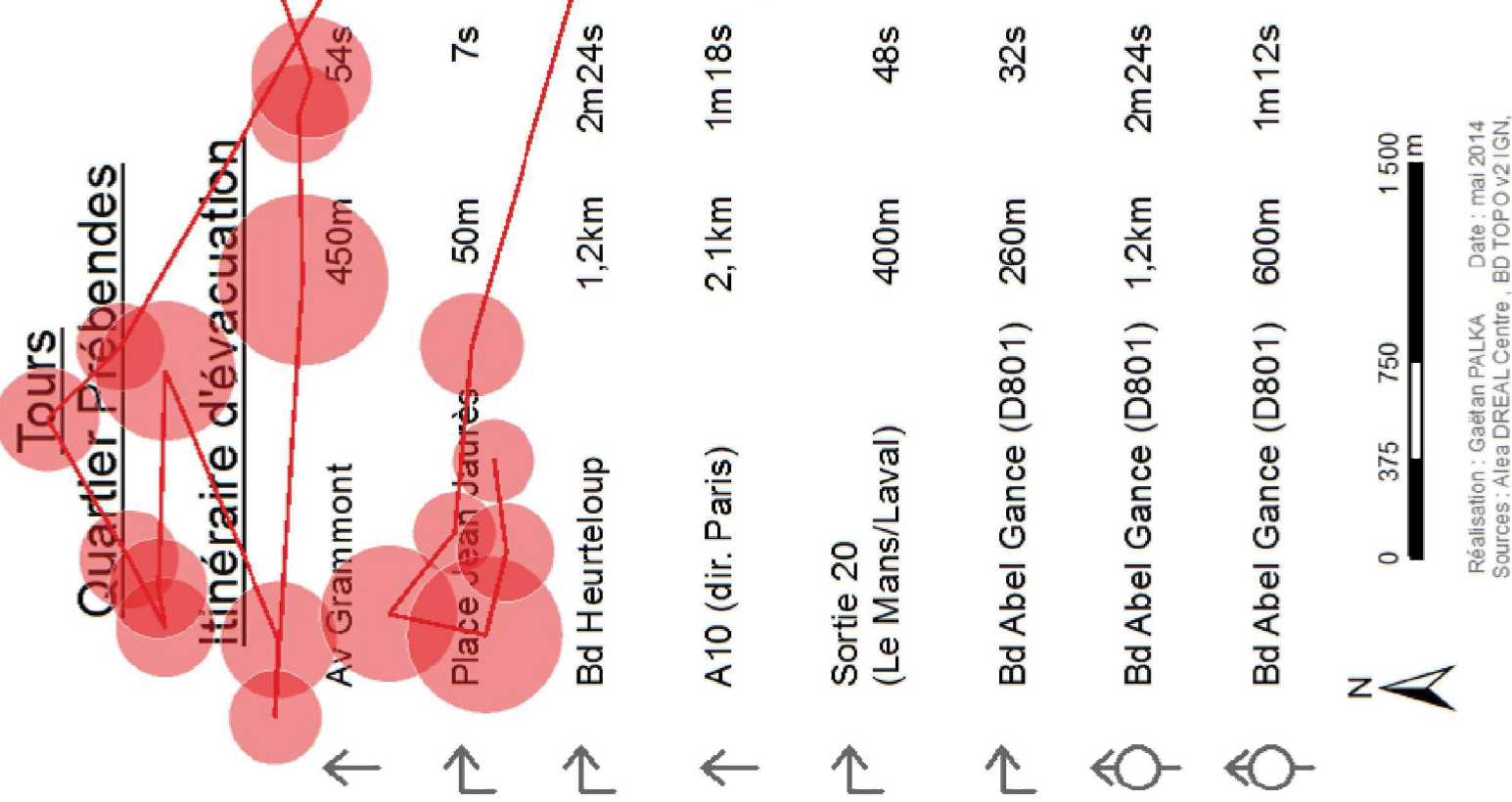
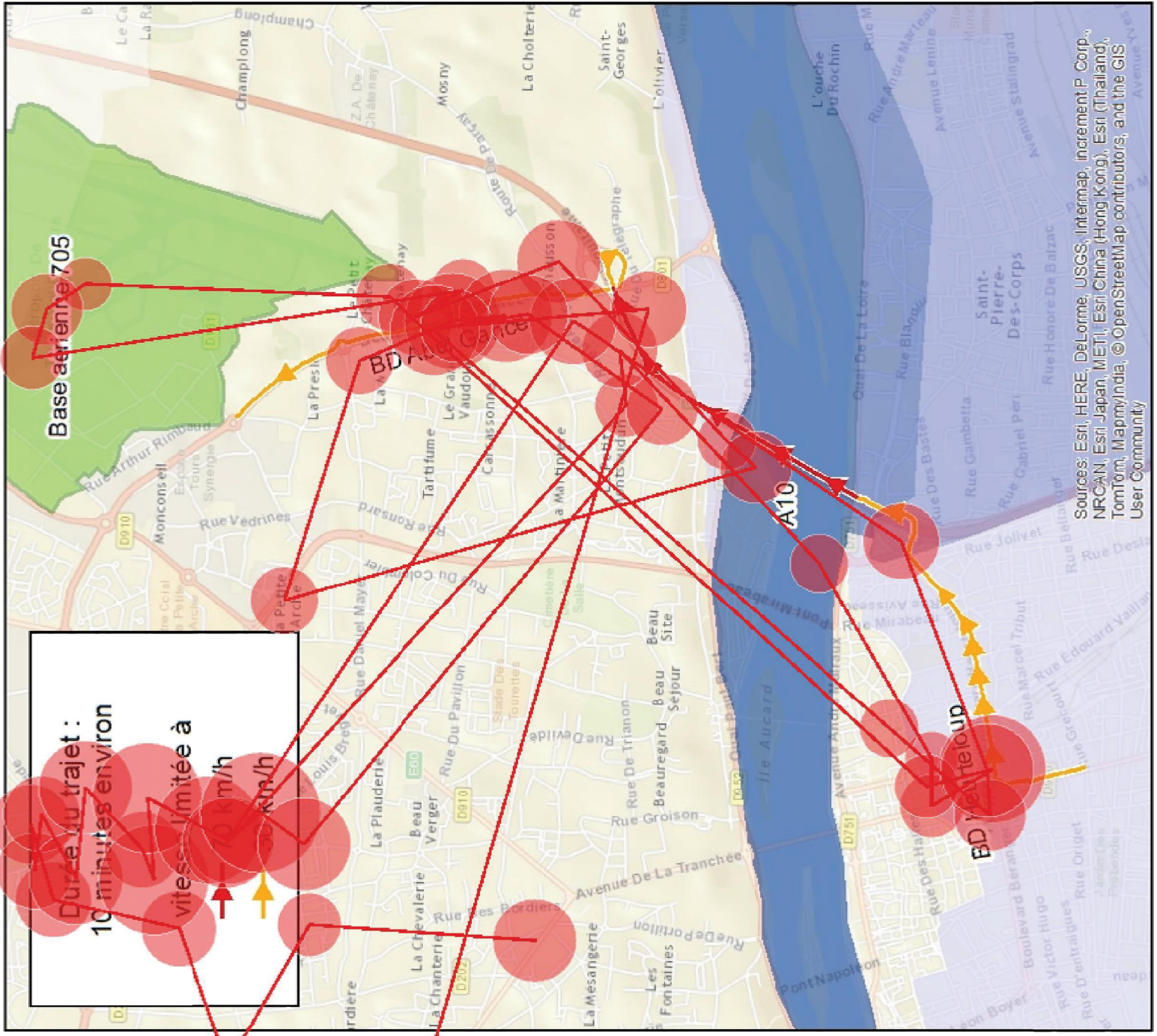
Bâtiments à évacuer
Secteurs d'intervention



Réalisation : Gaëtan PALKA
 Date : mai 2014
 Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
 BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri, Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

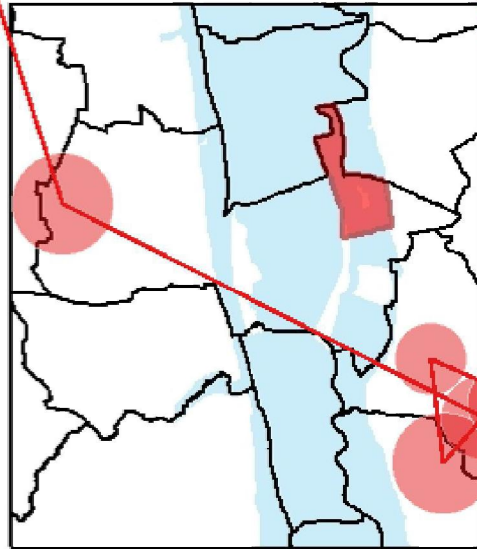


Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

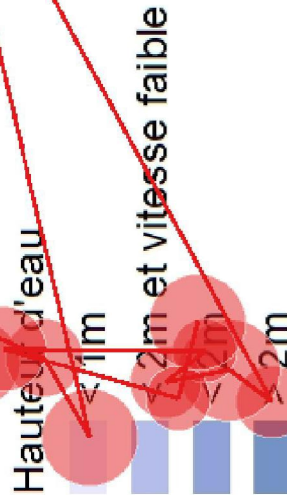
Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Secteur Fontaines-Rochepinard

Hauteur d'eau



Hauteur d'eau

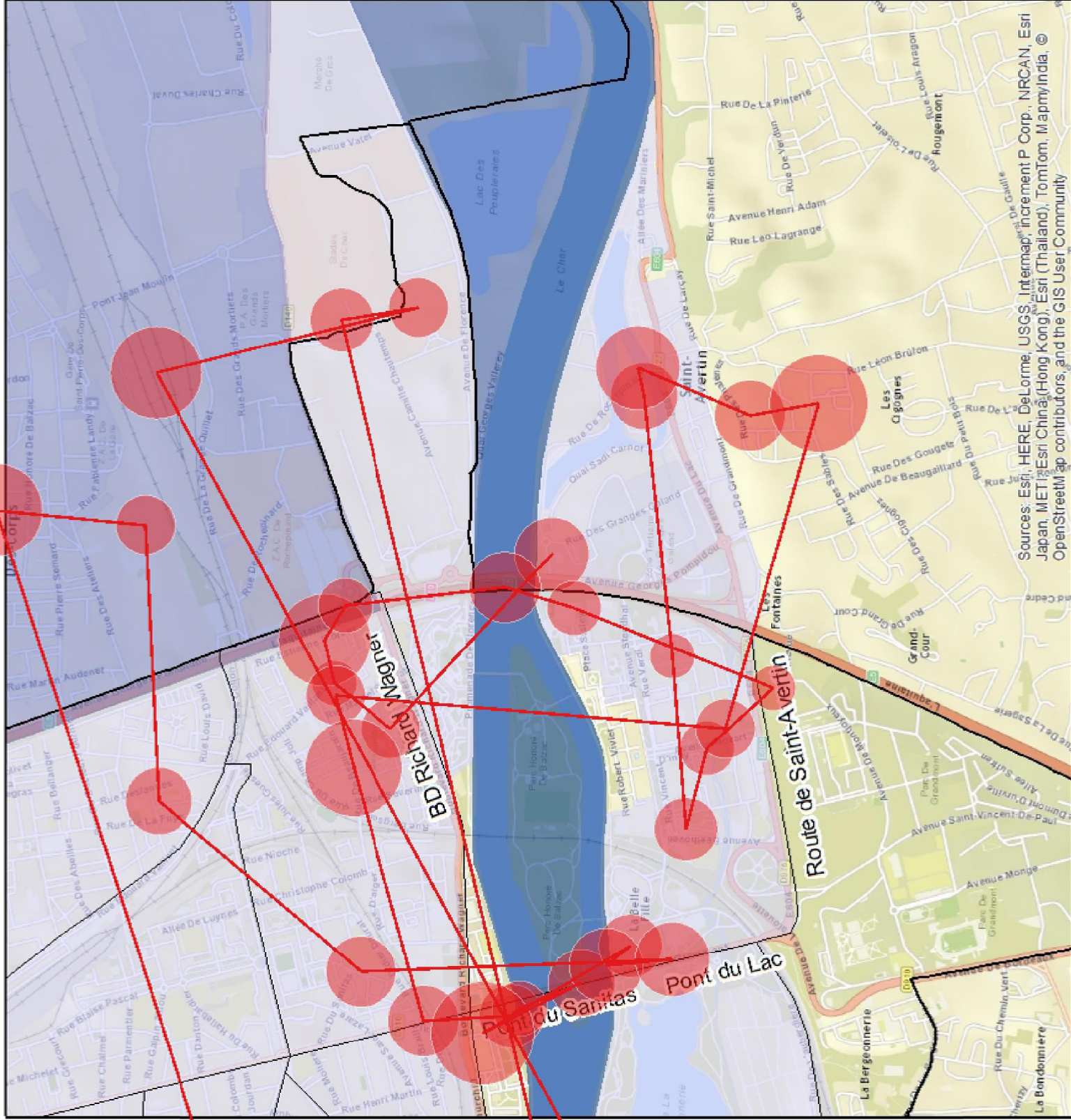


Secteurs d'intervention

Communes



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Swisstopo, TomTom, Mapbox, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau

Moment conseillé pour évacuer :

20 heures après l'alerte

Lieu de recensement :

Pont de Savonnières

Hauteur d'eau

<1m

<2m et vitesse faible

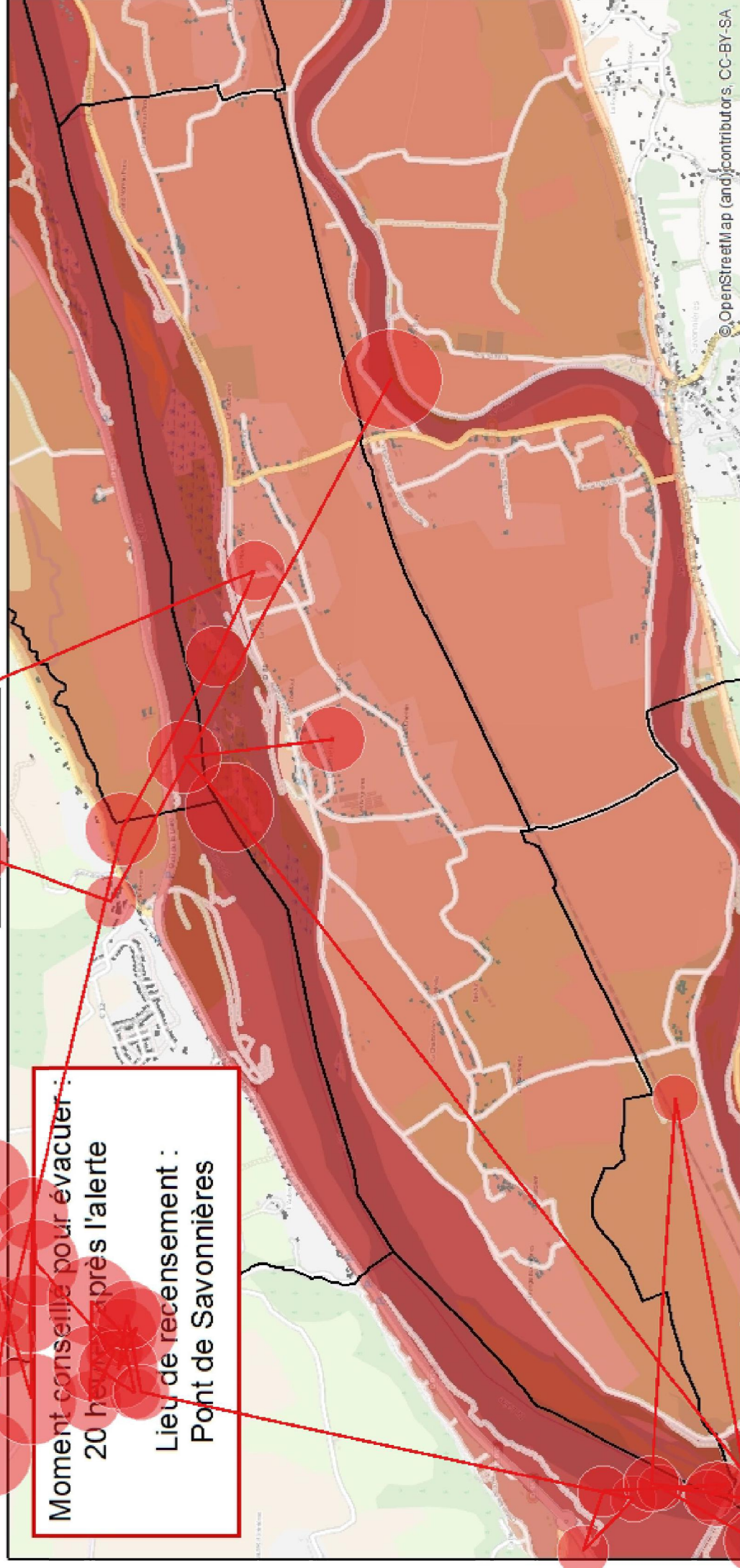
<2m

>2m

Communes



0 250 500 1 000 m



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,

BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Plan d'évacuation : Quartier Prébendes



Encombrement de la route



Capacité maximale

- moins de 500 véhicules/h
- 501 à 1000 véhicules/h
- plus de 1000 véhicules/h

Bâtiments à évacuer

- 1 étage
- 2 à 4 étages
- 5 à 10 étages
- 11 à 23 étages

Habitations

Aléa

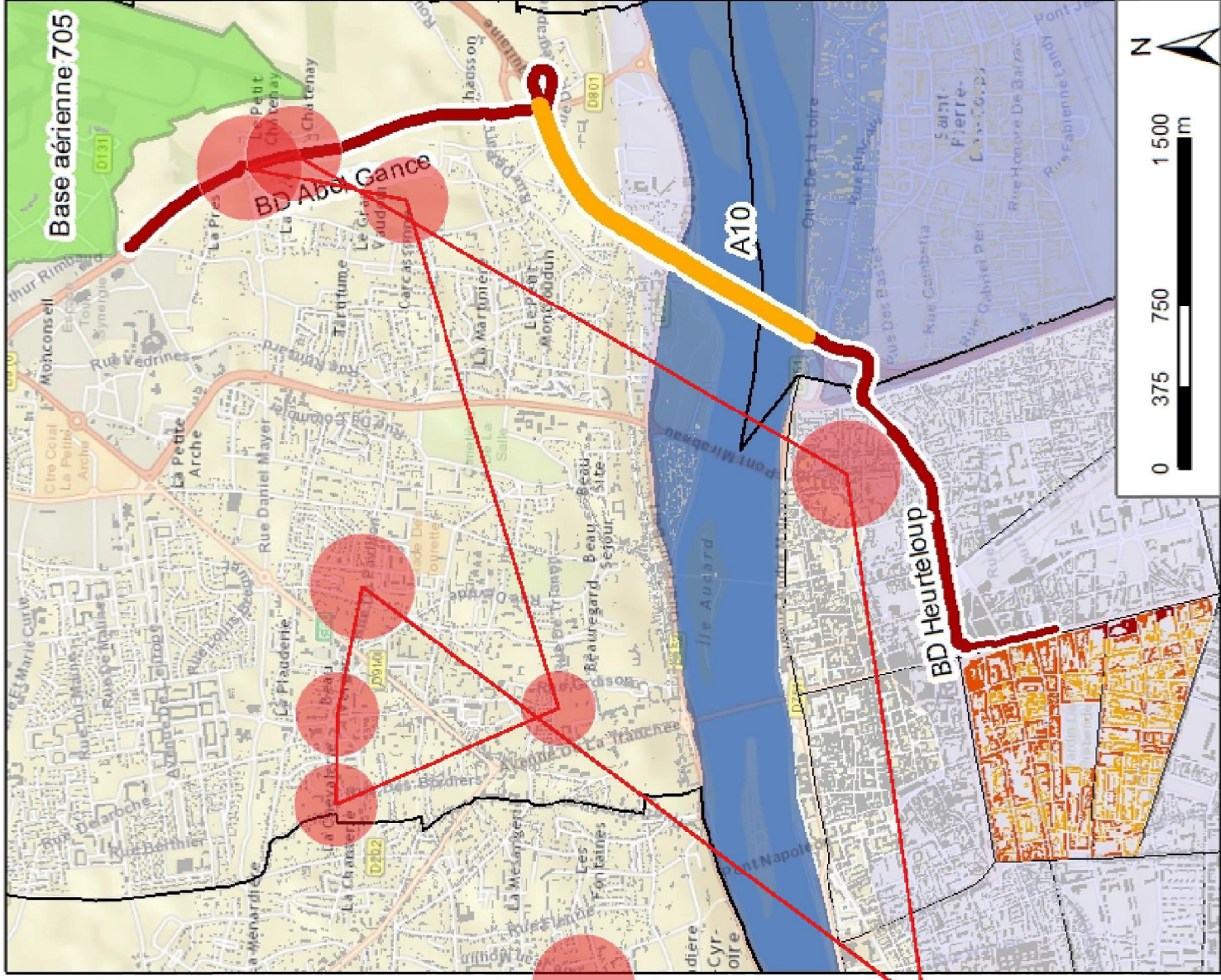
faible

moyen

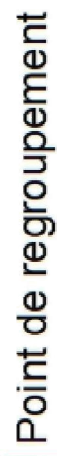
fort

très fort

Secteurs d'intervention



Itinéraire d'évacuation

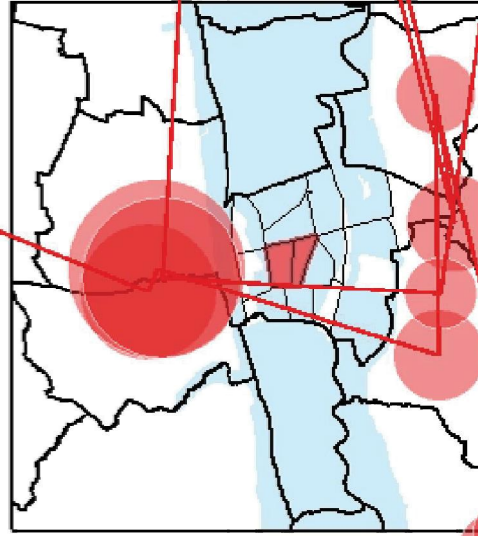


Sources: Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v2 IGN, Food Route ESRI

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerotribe, IGN, iGP, Swisstopo, and the GIS User Community

Secteur
Prébendes-Lakanal

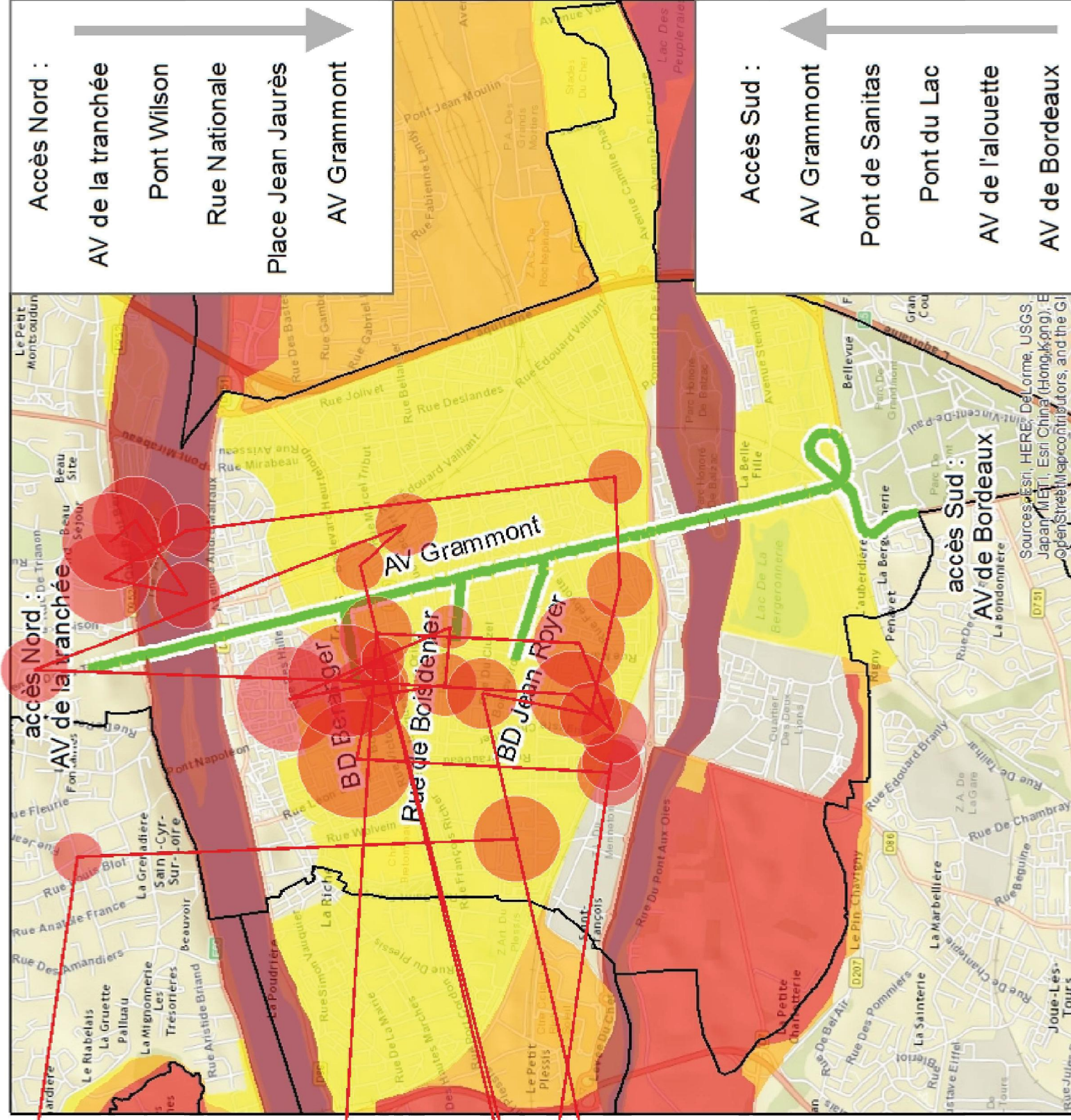
Routes d'accès



Réalisation : Gaëtan PALKA

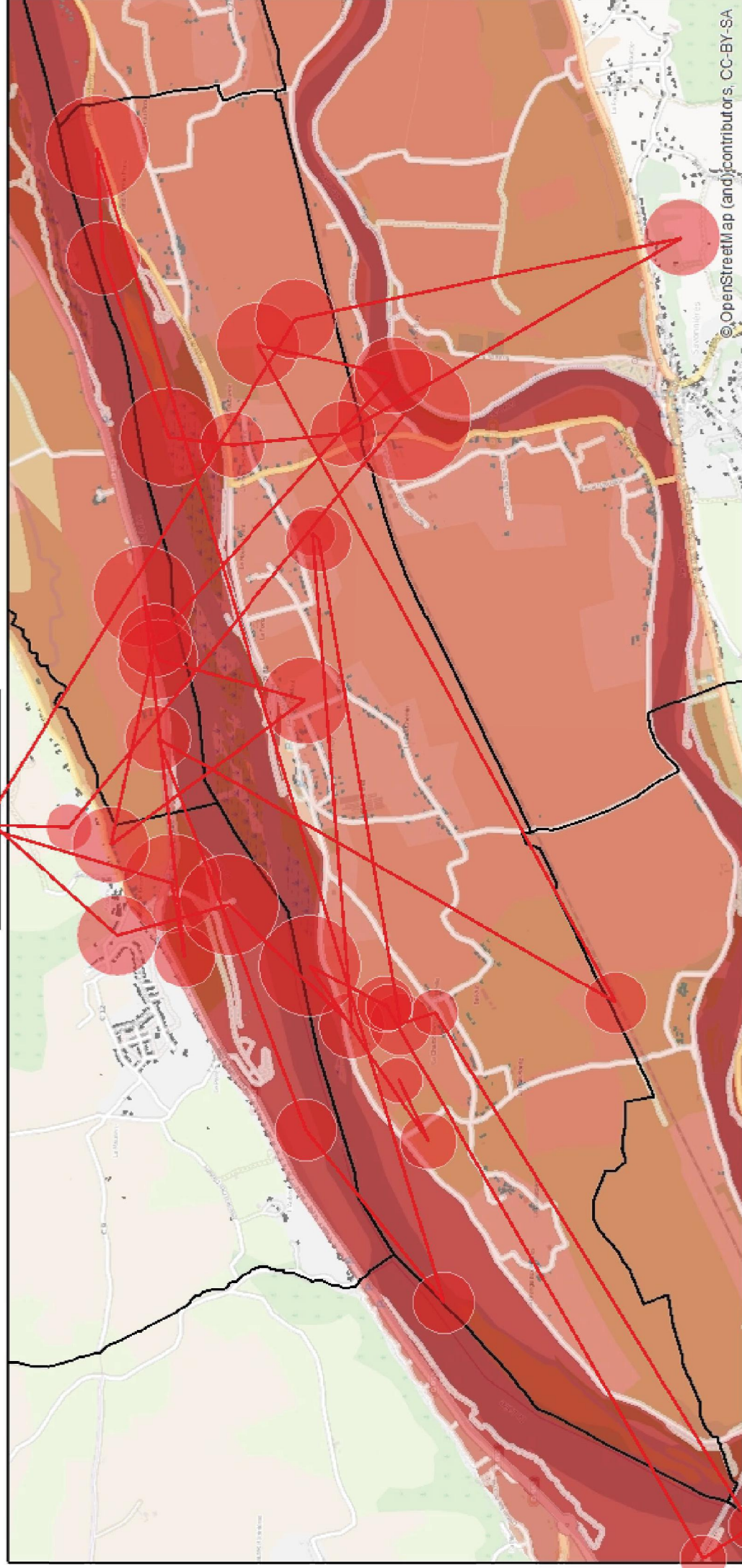
Date: mai 2014

Sources: Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Secteur Berthenay

Hauteur d'eau



Hauteur d'eau

<1m

<2m et vitesse faible

<2m

>2m

Communes

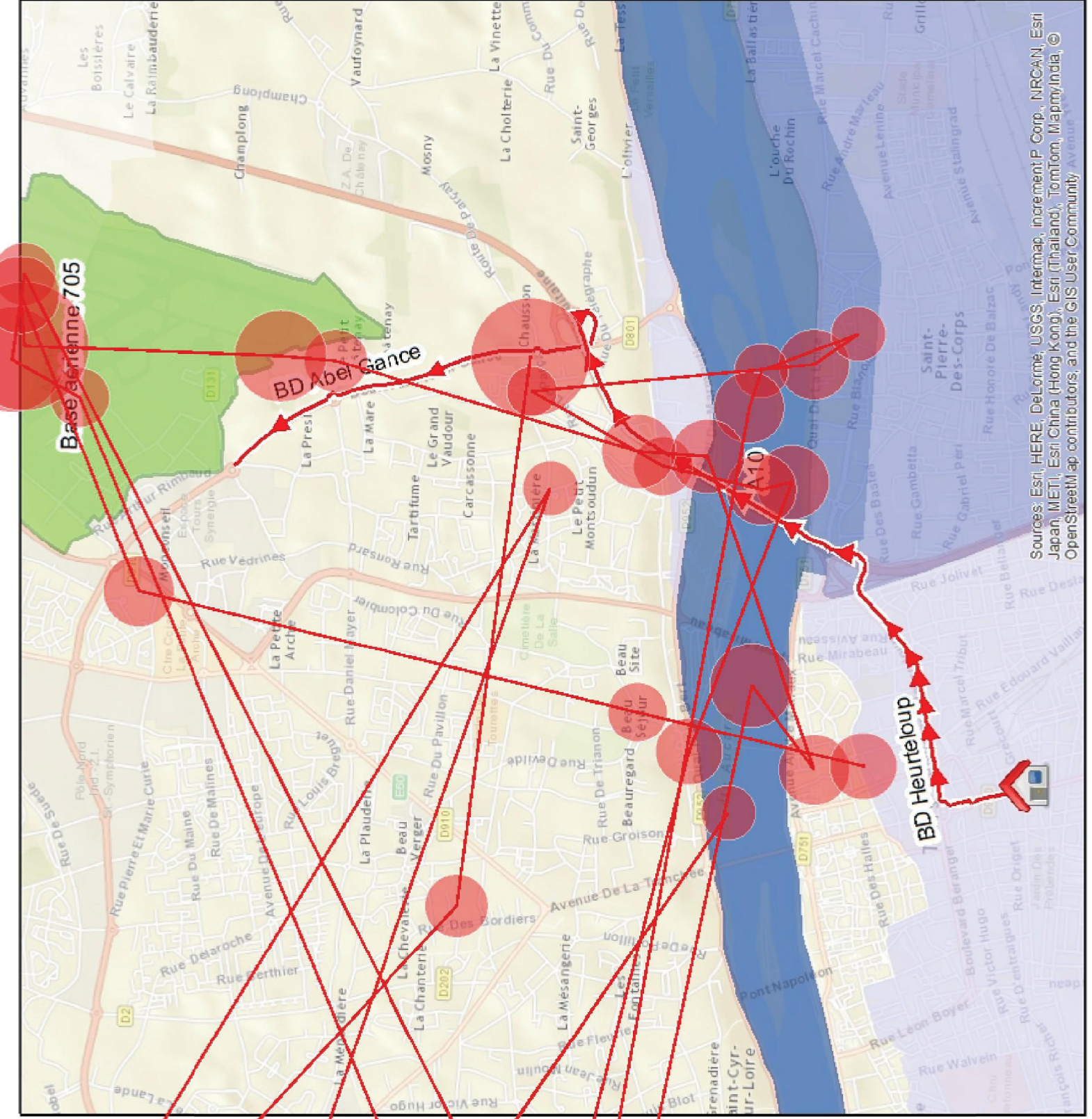
0 250 500 1 000 m

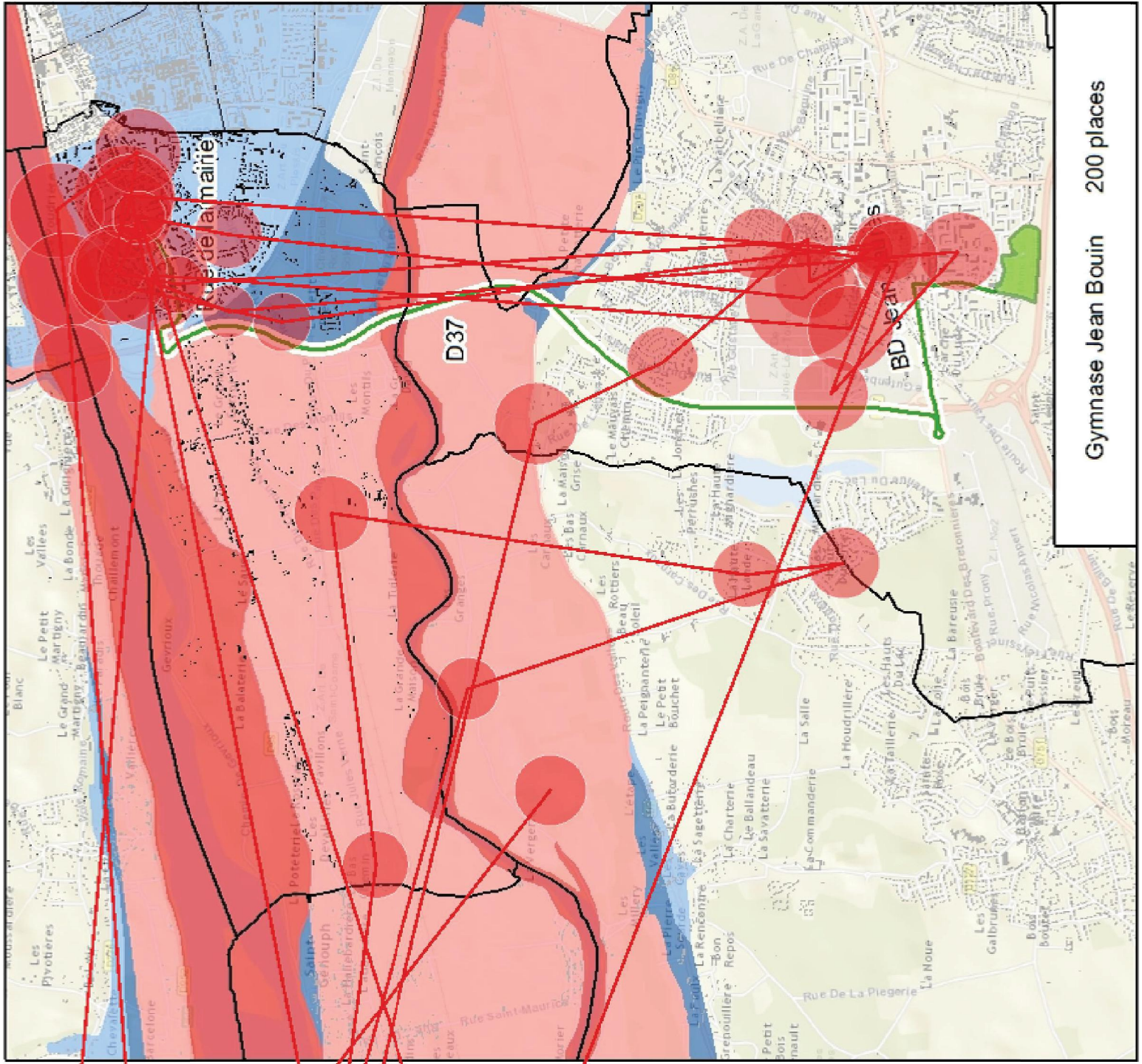


Tours Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

- mon logement
- Itinéraire d'évacuation recommandé
- Zone de sûreté et de rassemblement
- Hauteur d'eau
 - < 1m
 - < 2m et vitesse faible
 - < 2m
 - > 2m





La Riche

Plan d'évacuation

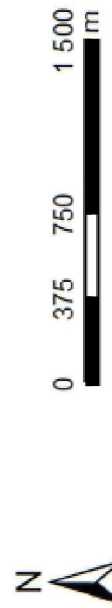
Bâtiments à évacuer

Itinéraire d'évacuation recommandé

Zone de sureté et de rassemblement

Aléa

- faible
- moyen
- fort
- très fort



Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Gymnase Jean Bouin 200 places

Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation



Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

très fort

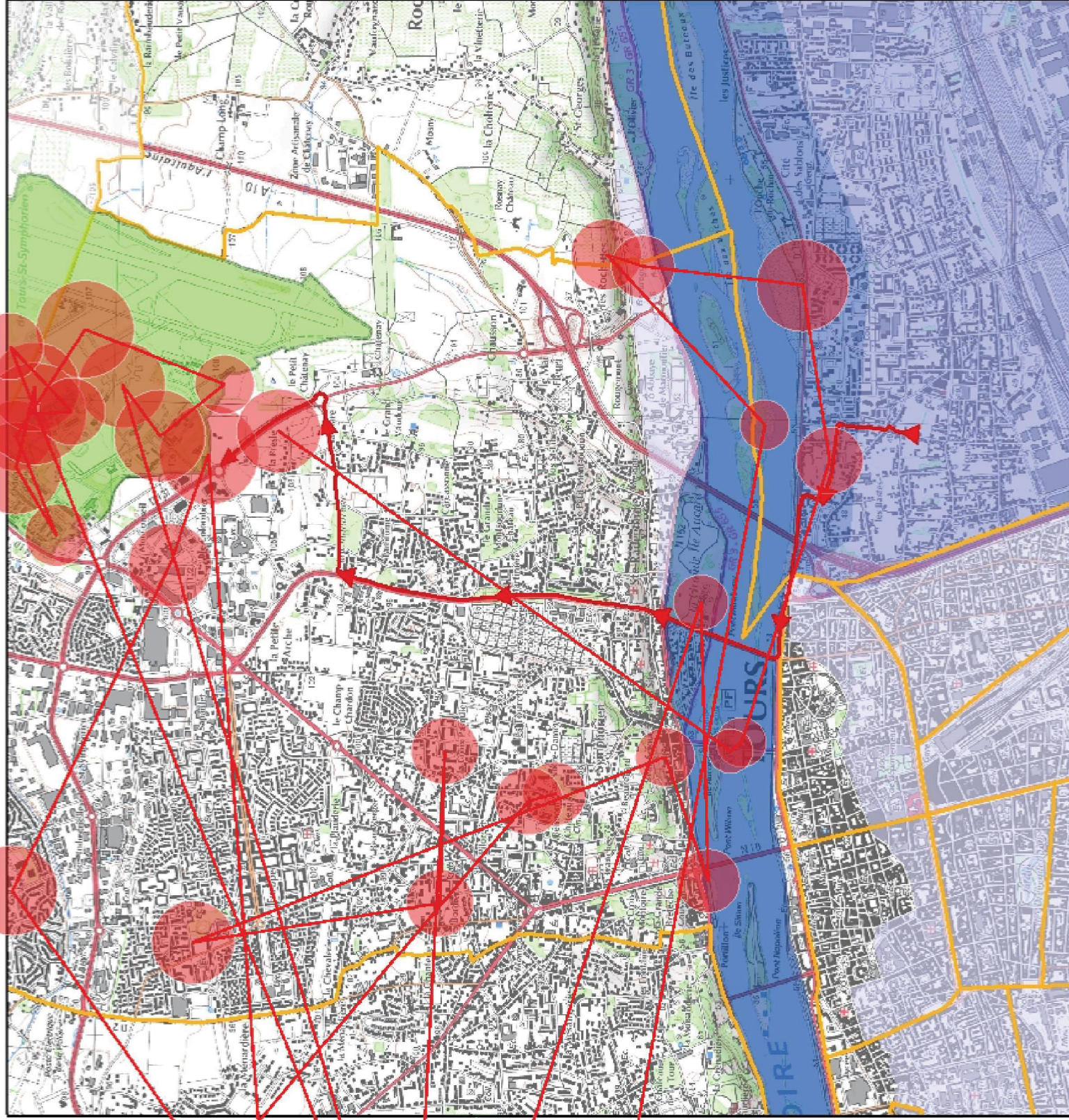


0 375 750 1 500
m

Réalisation : Gaëtan PALKA

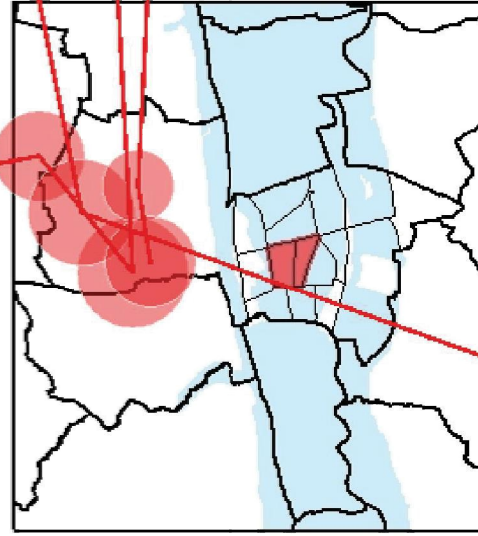
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Secteur
~~Prébendes-Lakanal~~

Bâtiments à évacuer



Bâtiments à évacuer

Secteurs d'intervention



Réalisation : Gaëtan PALKA

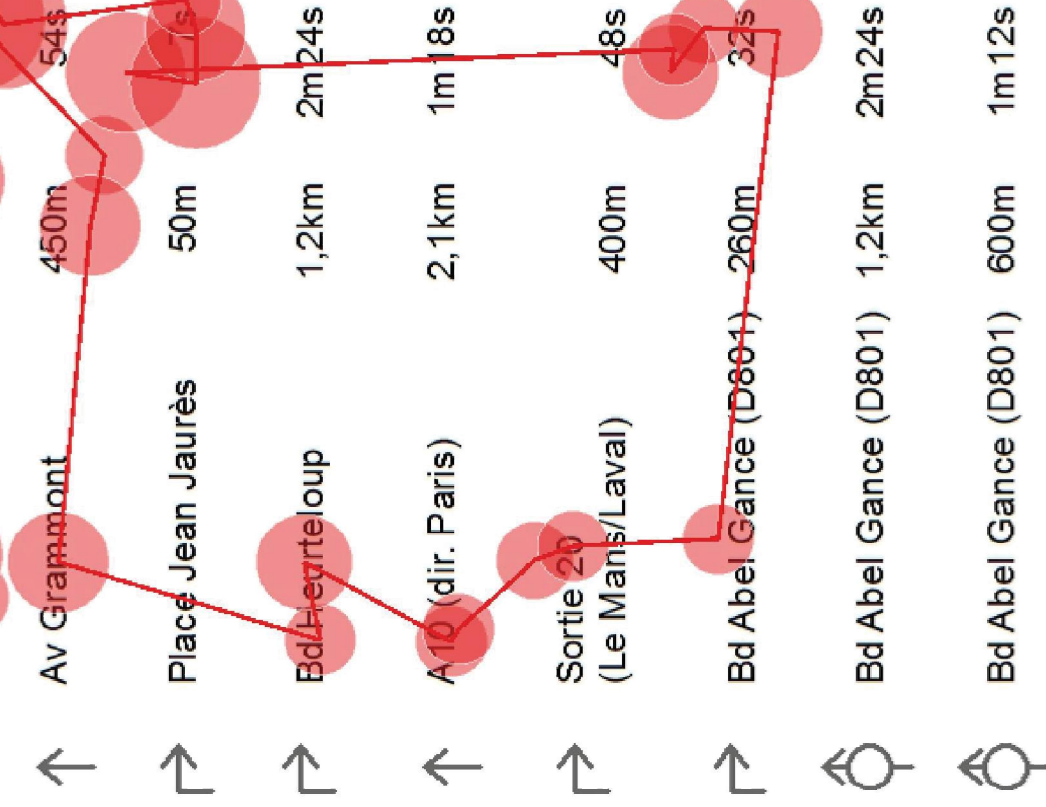
Date : mai 2014

Sources: Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

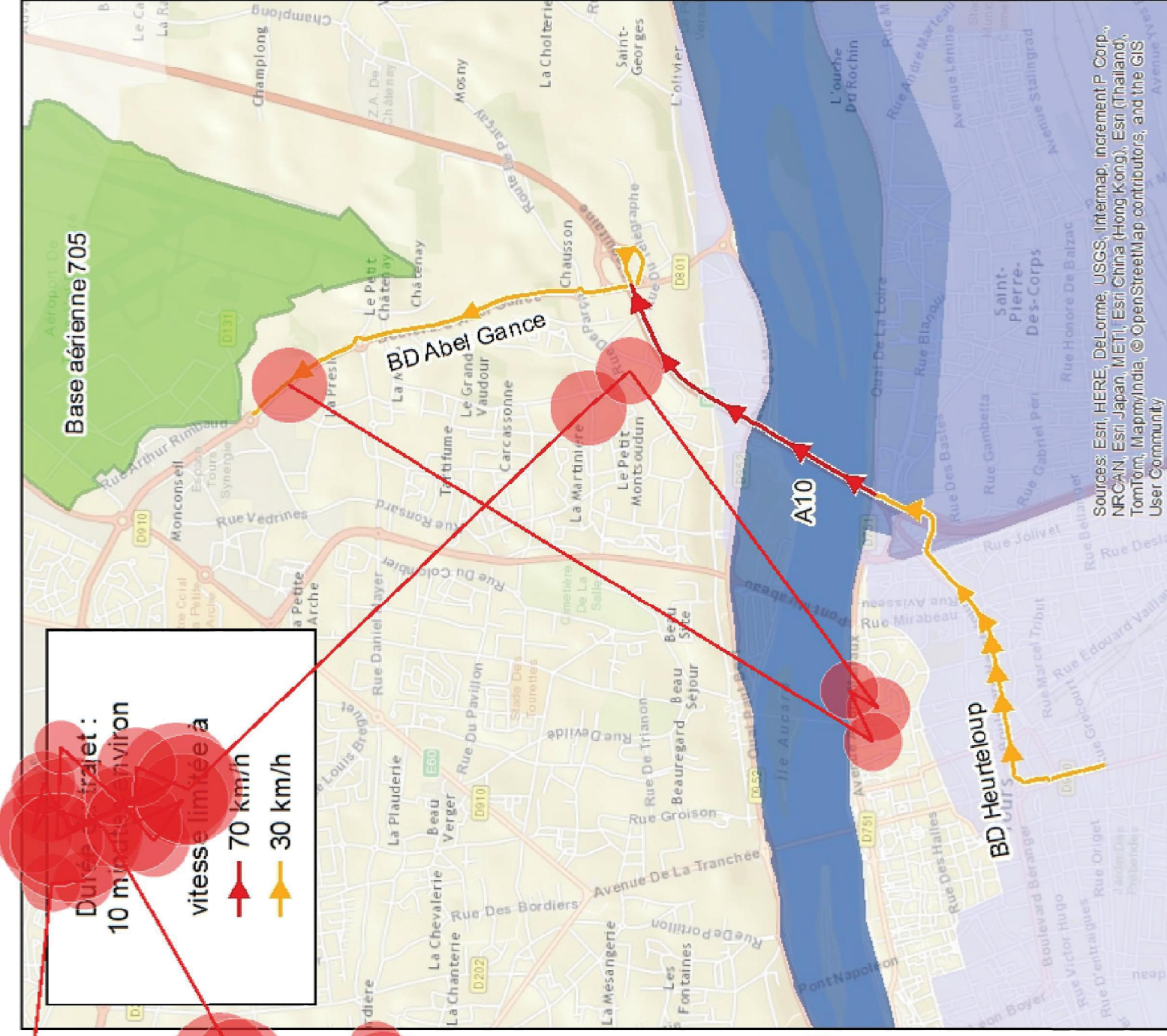
Tours

Quartier Prébendes

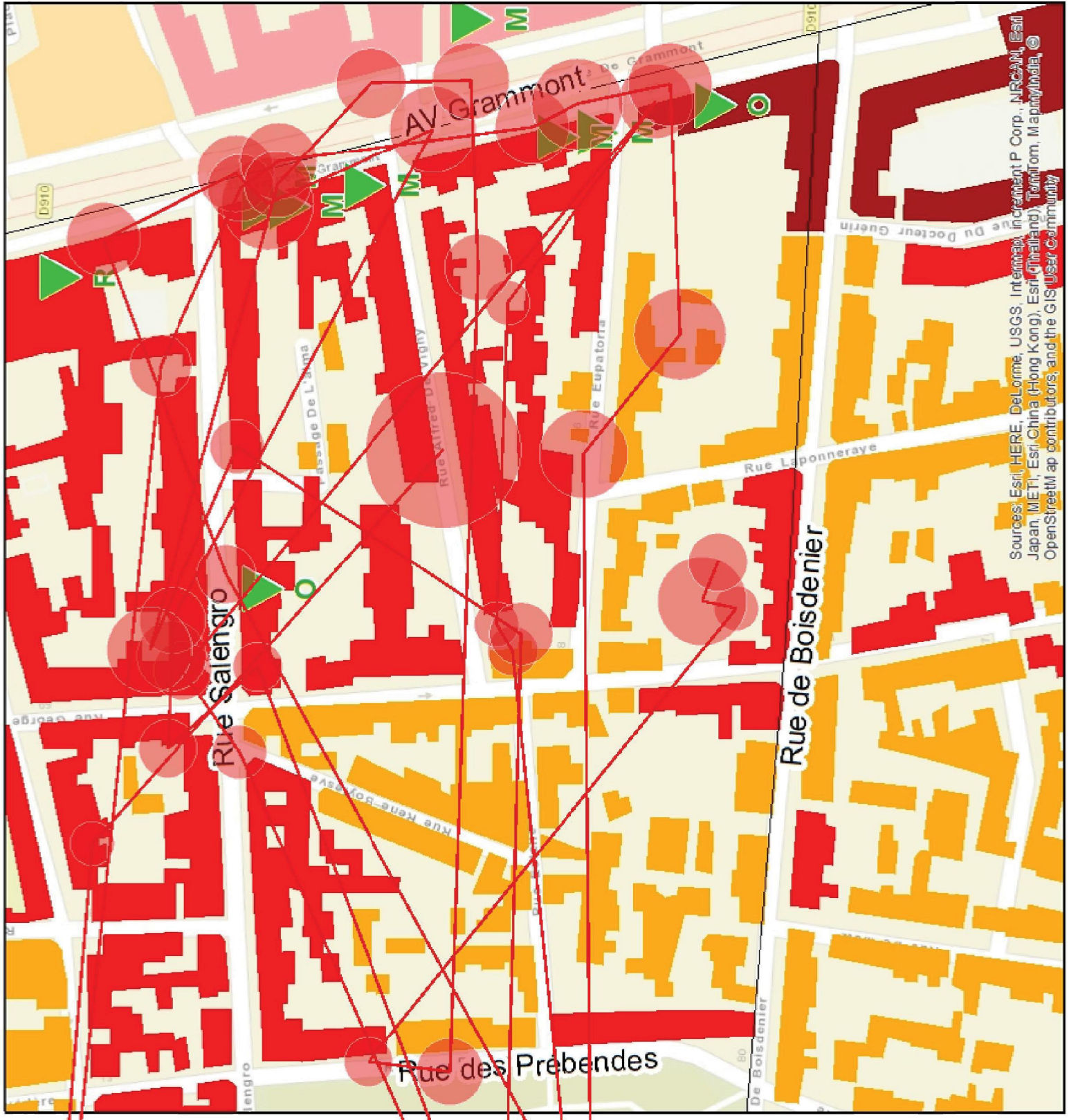
Itinéraire d'évaluation



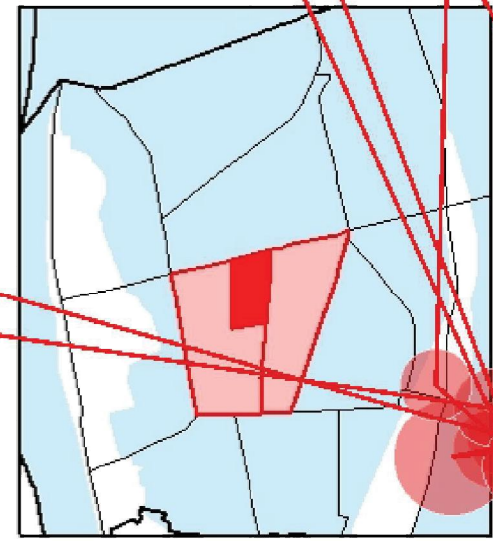
Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route FR1



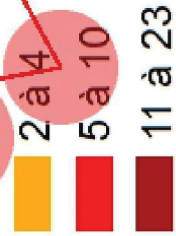
Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Swis (Thailand), TomTom, MapmyIndia, ©OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Secteur
Prébendes-Lakanal
Bâtiments à évacuer



Nombre d'étages



Secteurs d'intervention



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Swisstopo, Mapbox, Mapbox, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Annexe F

Zones d'intérêt

Cette annexe regroupe, pour chaque carte testée, les zones d'intérêt de chaque catégorie d'acteurs (décideurs locaux, habitants, forces de secours).

Les zones d'intérêt sont définies à partir d'une interpolation basée sur la position des points de fixation, le rayon de la zone fovéale, qui est la zone d'acquisition d'informations nette, et la méthode non-paramétrique d'estimation par noyau reposant sur une fonction gaussienne standard (Figure F.1). Le rayon de la zone fovéale est choisi comme paramètre pour mettre en évidence tous les points de la carte vus de manière nette, c'est-à-dire toutes les zones de la carte desquelles l'information est jugée importante par le lecteur. Les zones en rouge sont les plus denses en superposition de zones fovéales et donc les plus vues.

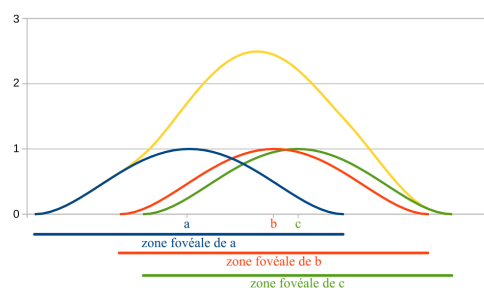
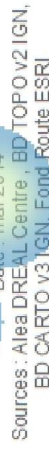
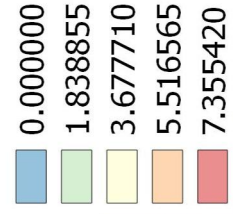


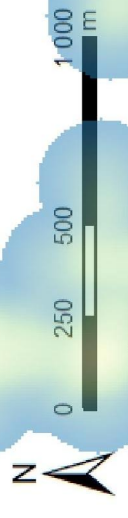
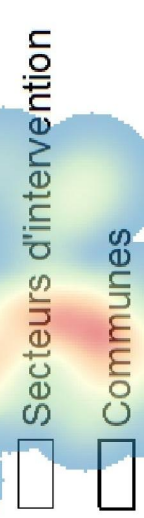
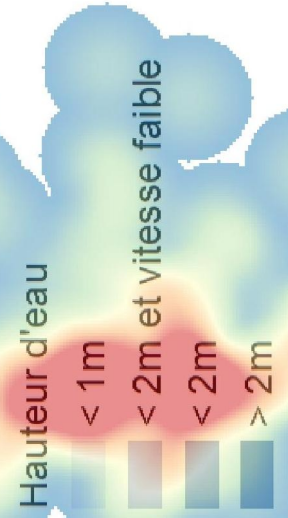
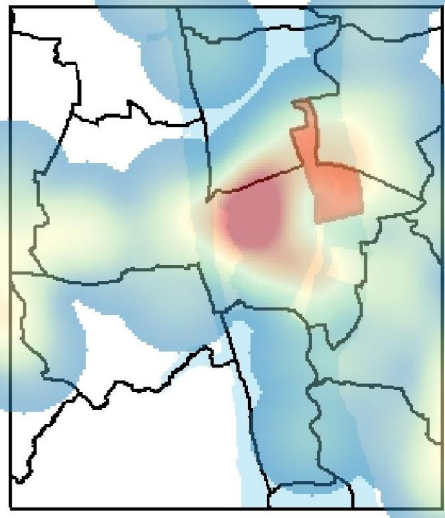
FIGURE F.1 – Estimation par noyau de densité de fixations



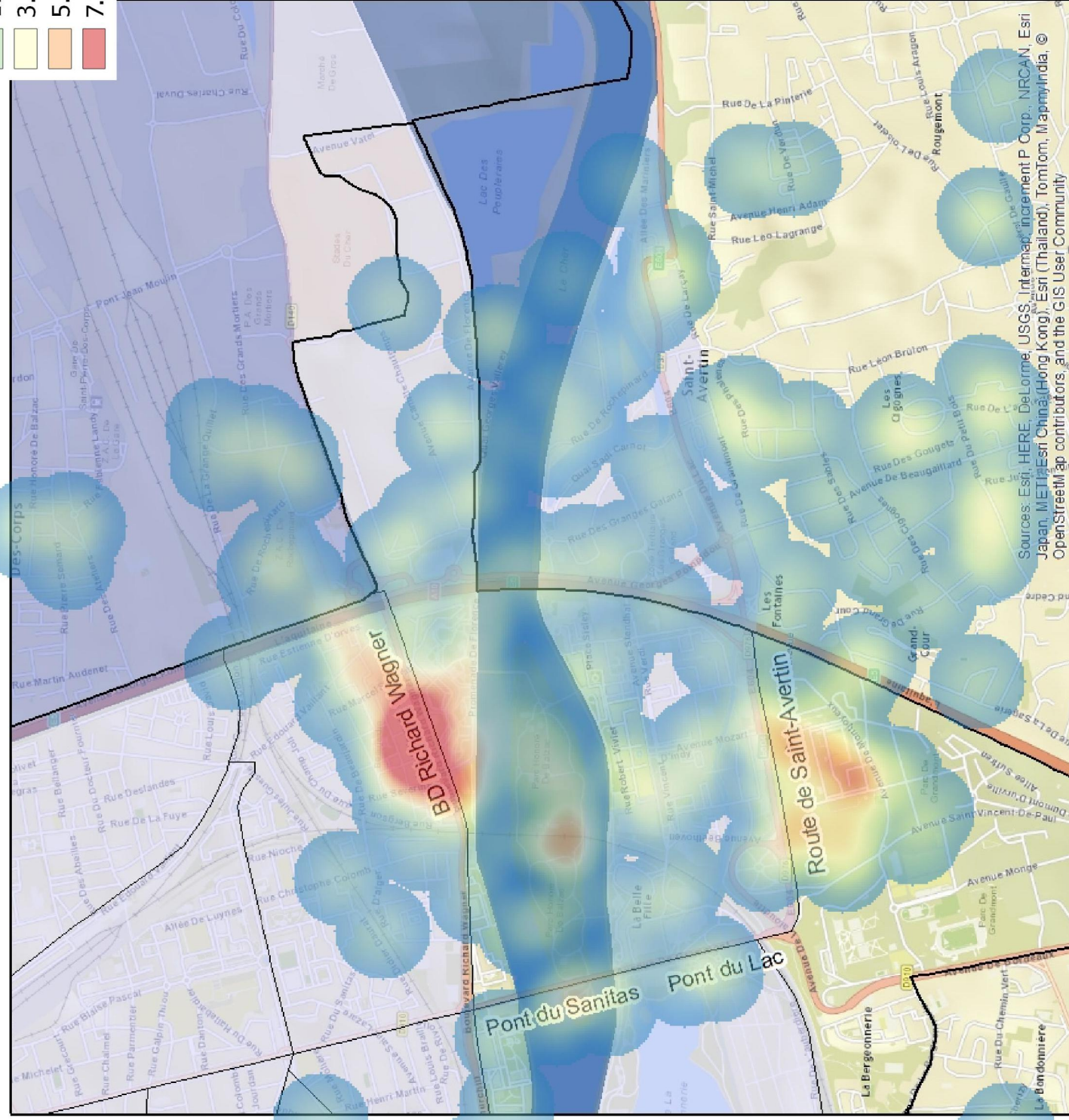


Secteur Fontaines-Rochepinard

Hauteur d'eau

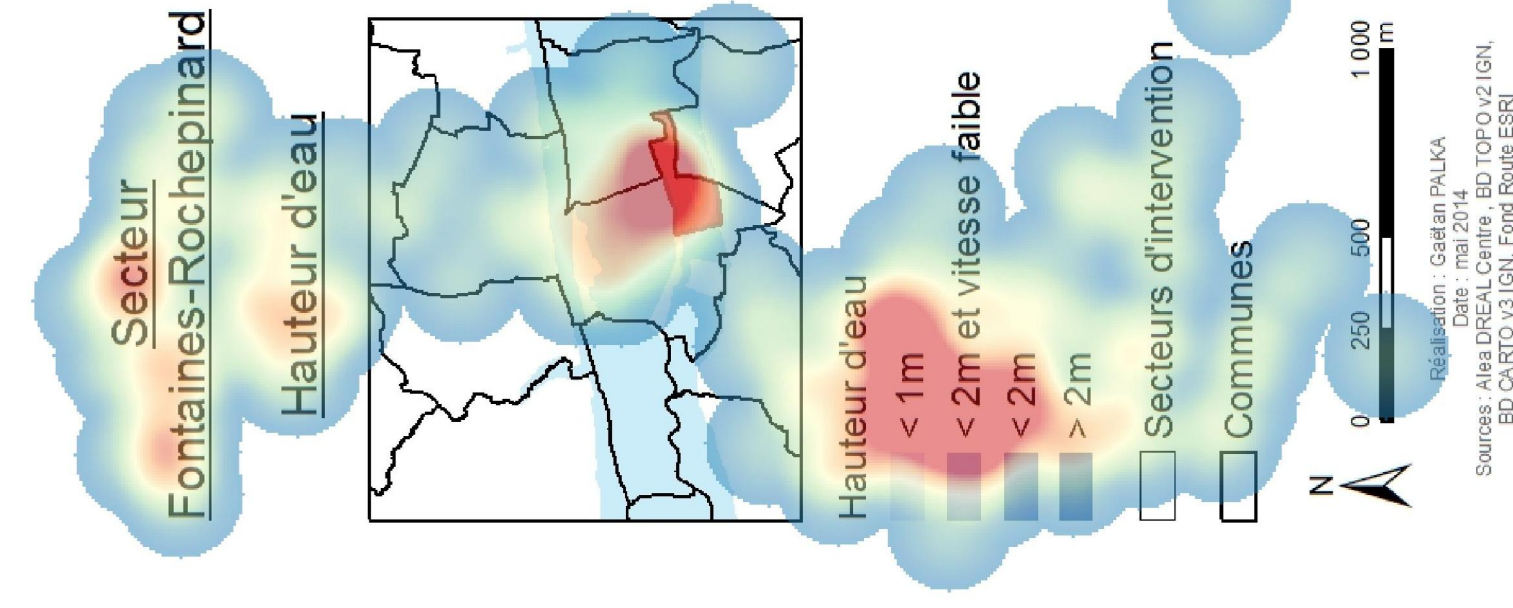
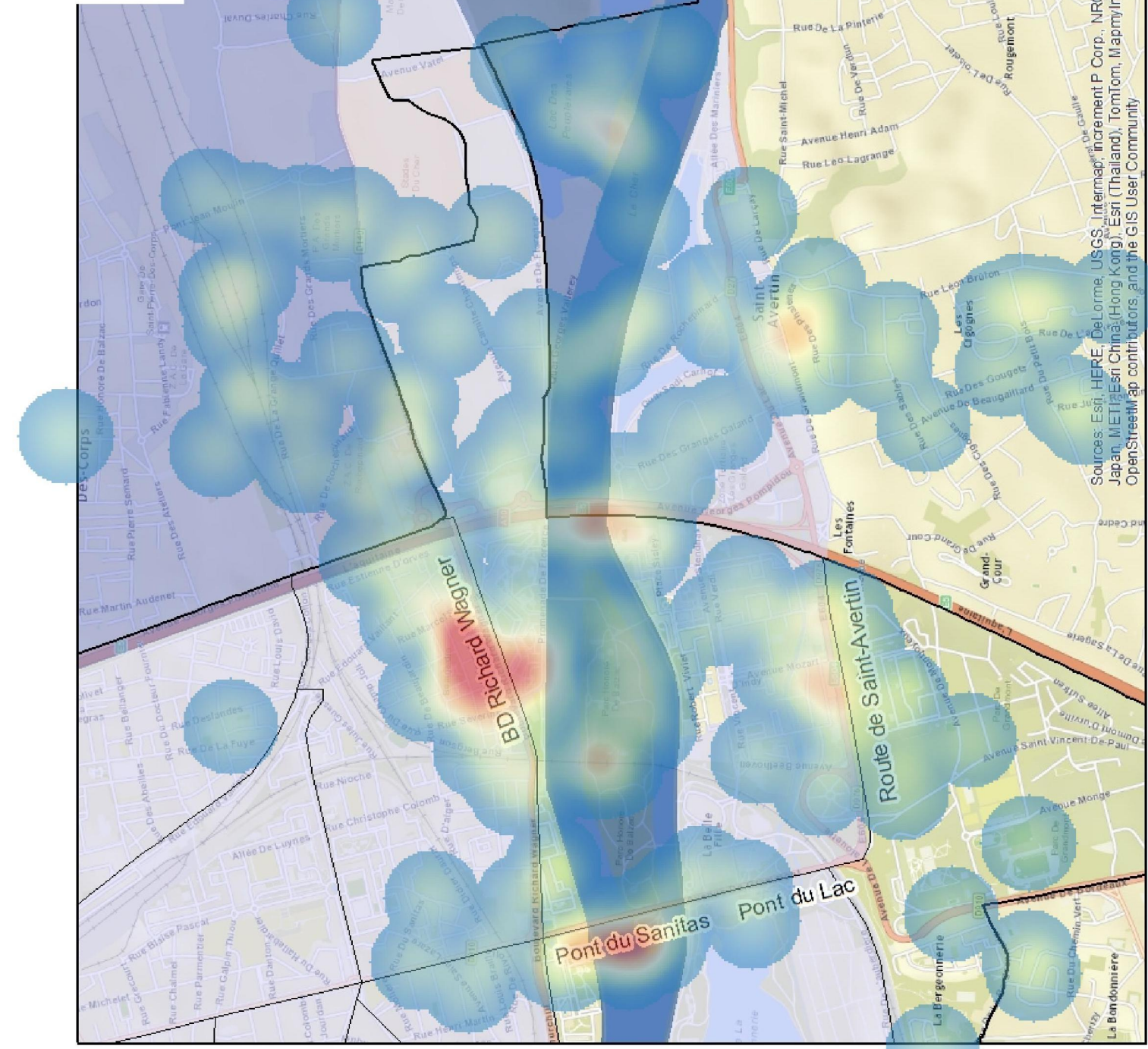


Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Aléa DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

0.000000
1.660785
3.321570
4.982355
6.643140



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

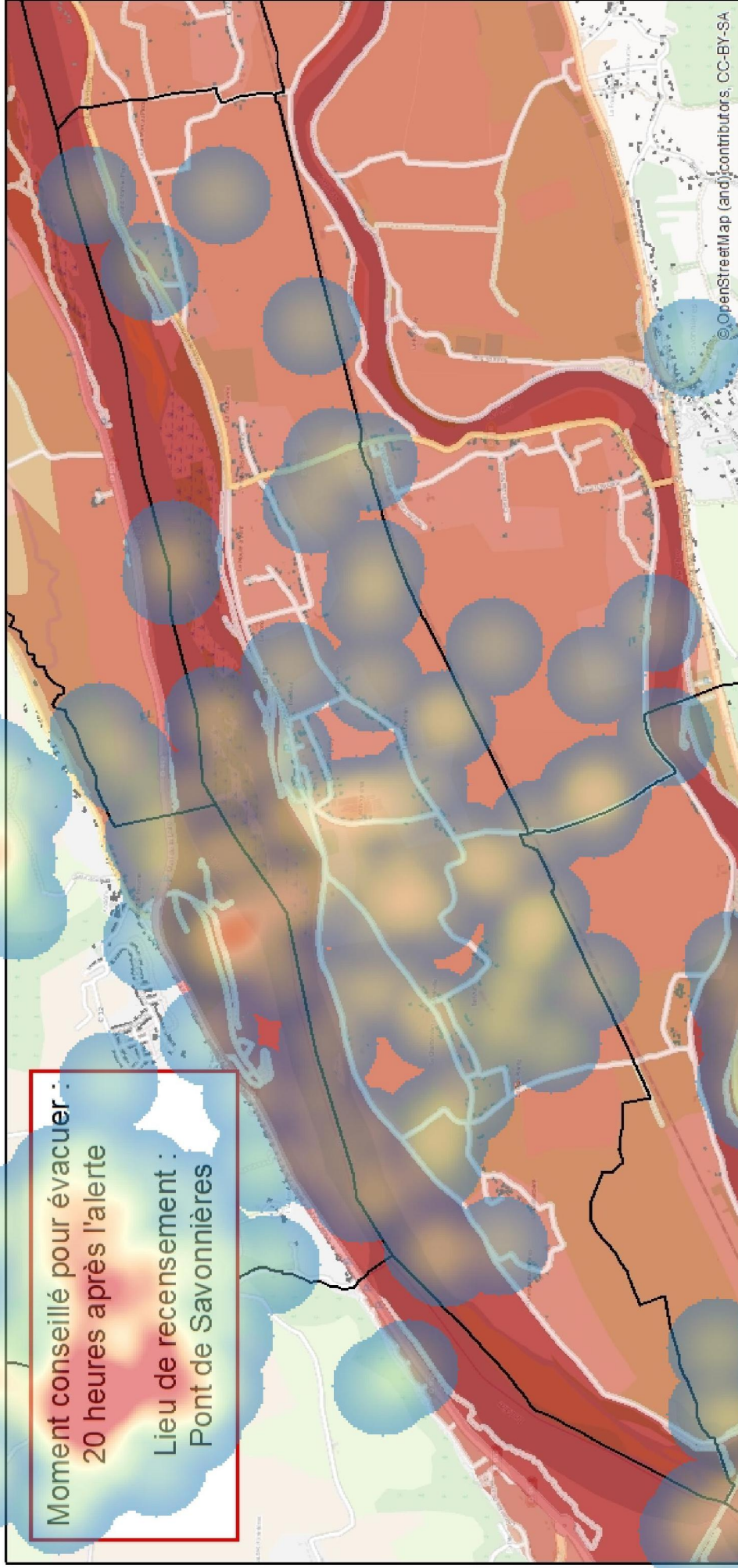
0.000000
1.623652
3.247305
4.870957
6.494610

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau

Moment conseillé pour évacuer :
20 heures après l'alerte

Lieu de recensement :
Pont de Savonnières



Hauteur d'eau

<1m

<2m

<2m

>2m

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

Communes

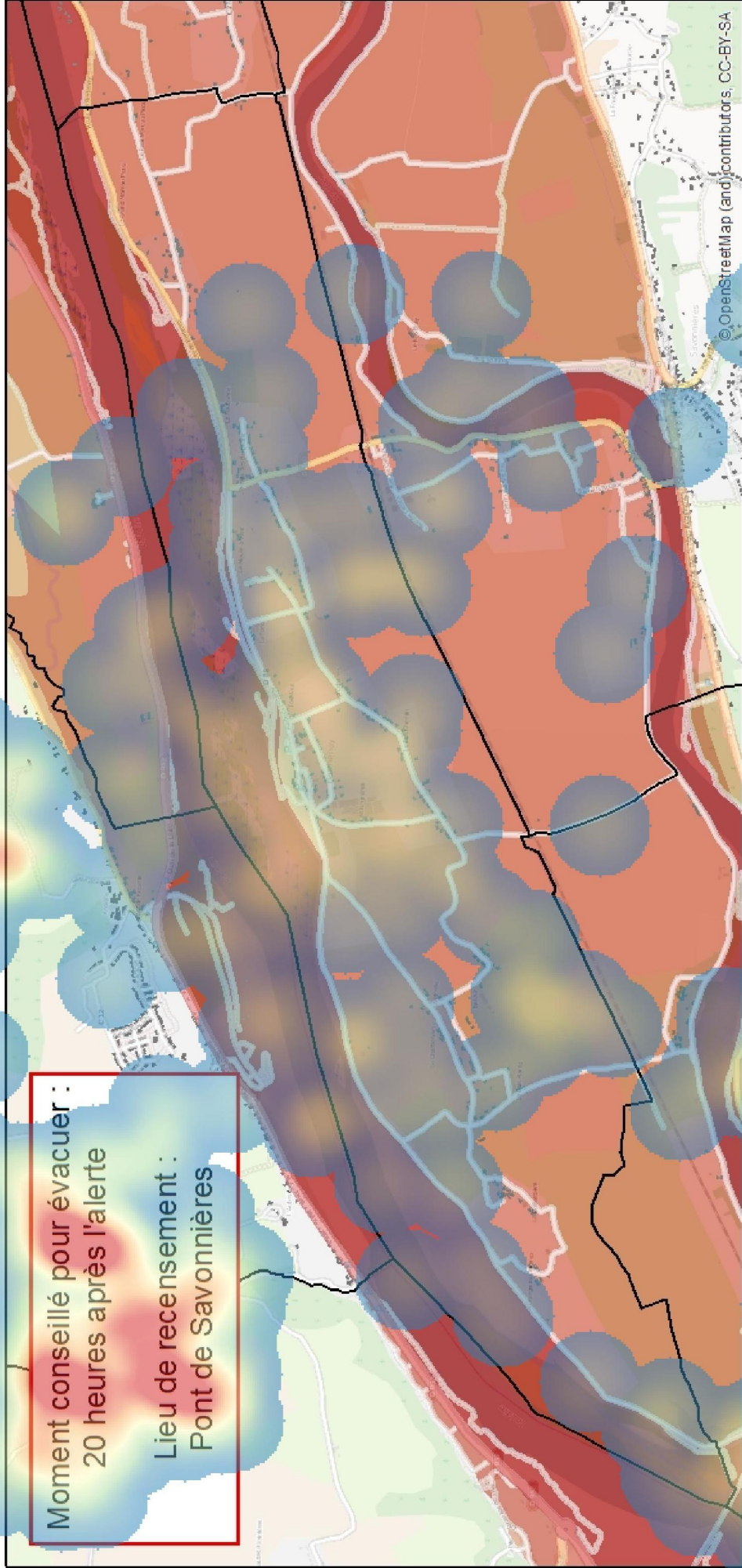
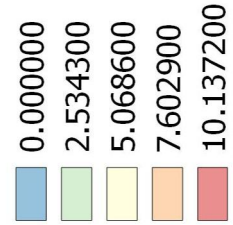
Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTEO v3 IGN, Fond Route ESRI

Secteur Berthenay

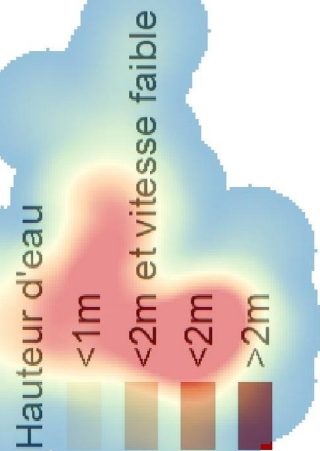
Hauteur d'eau

Moment conseillé pour évacuer :
20 heures après l'alerte

Lieu de recensement :
Pont de Savonnières



Communes



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

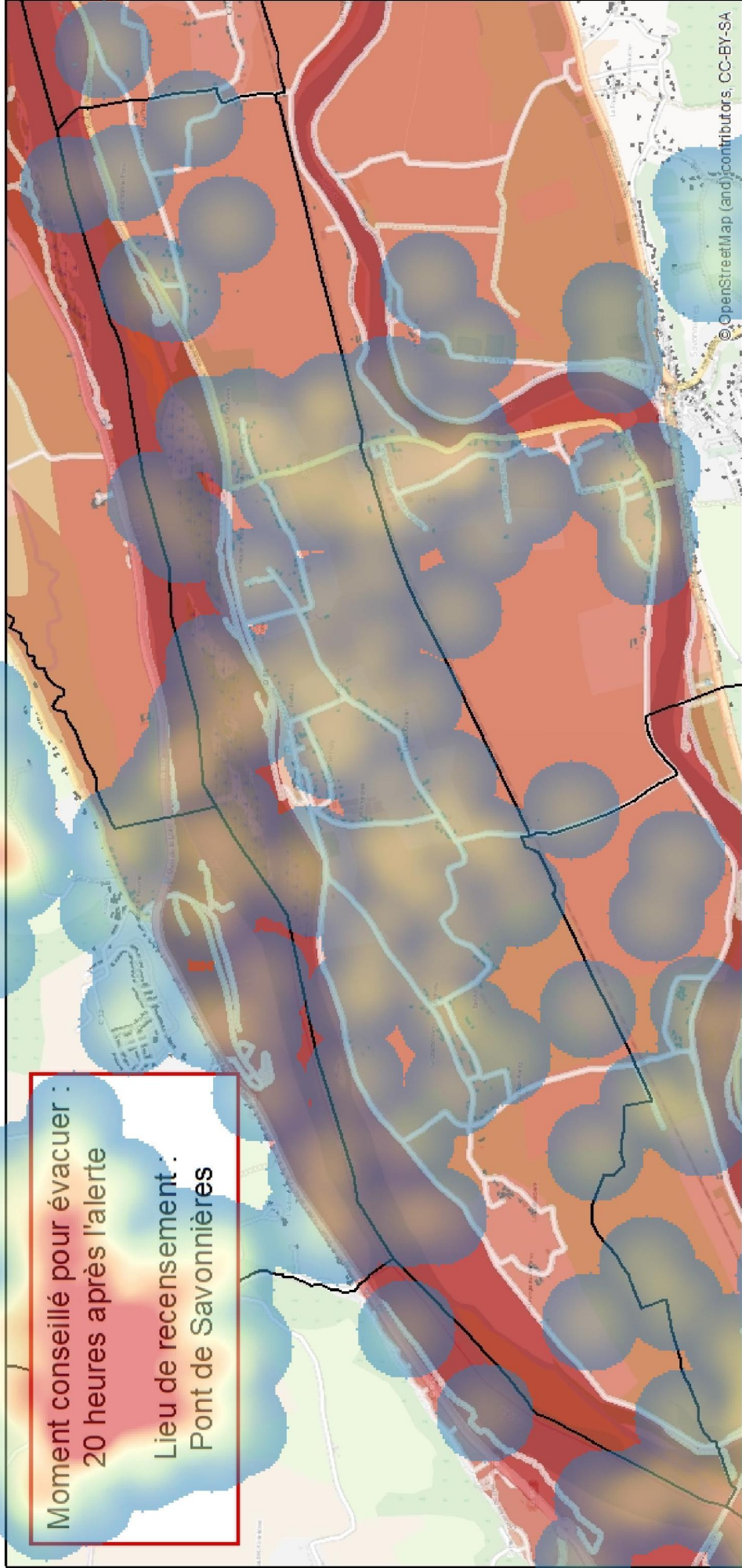
- 0.000000
- 1.832345
- 3.664690
- 5.497035
- 7.329380

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau

Moment conseillé pour évacuer :
20 heures après l'alerte

Lieu de recensement :
Pont de Savonnières



Communes

Hauteur d'eau

- <1m
- <2m
- <2m et vitesse faible
- >2m



0 250 500 1 000 m

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Plan d'évacuation : Quartier Prébendes



Encombrement de la route



Capacité maximale

- moins de 500 véhicules/h
- 501 à 1000 véhicules/h
- plus de 1000 véhicules/h

Bâtiments à évacuer

- 1 étage
- 2 à 4 étages
- 5 à 10 étages
- 11 à 23 étages

Habitations

Aléa

faible

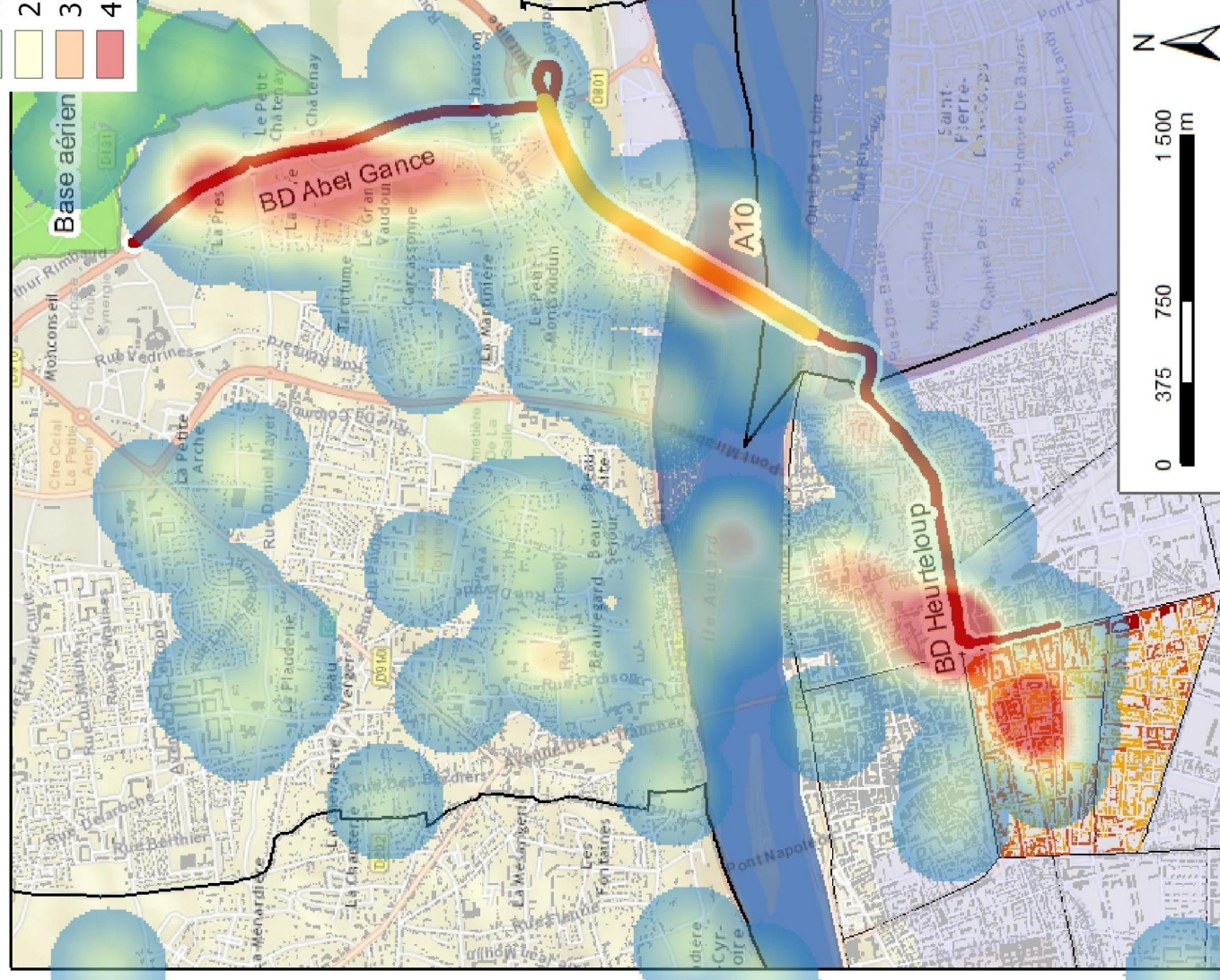
moyen

fort

très fort

Secteurs d'intervention

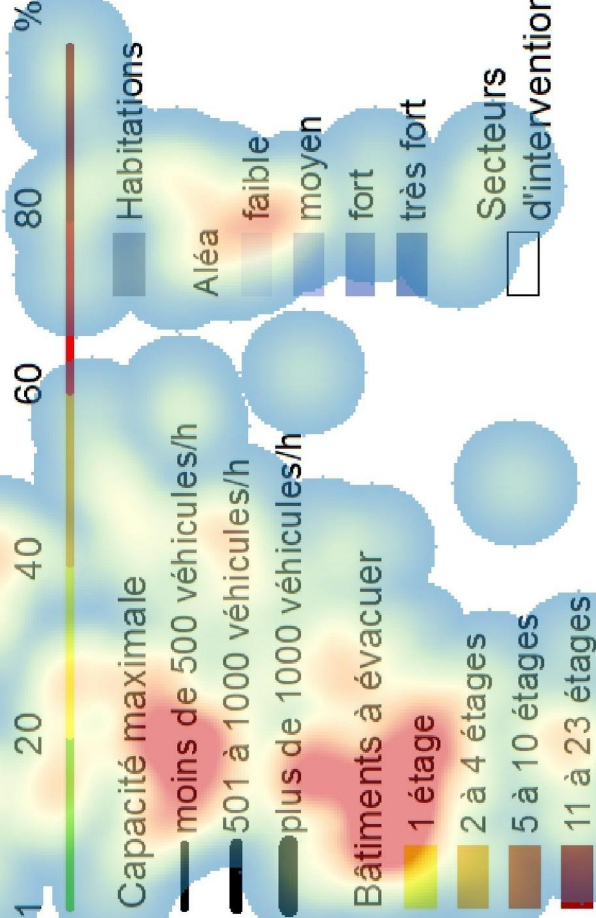
- 0.000000
- 1.110725
- 2.221450
- 3.332175
- 4.442900



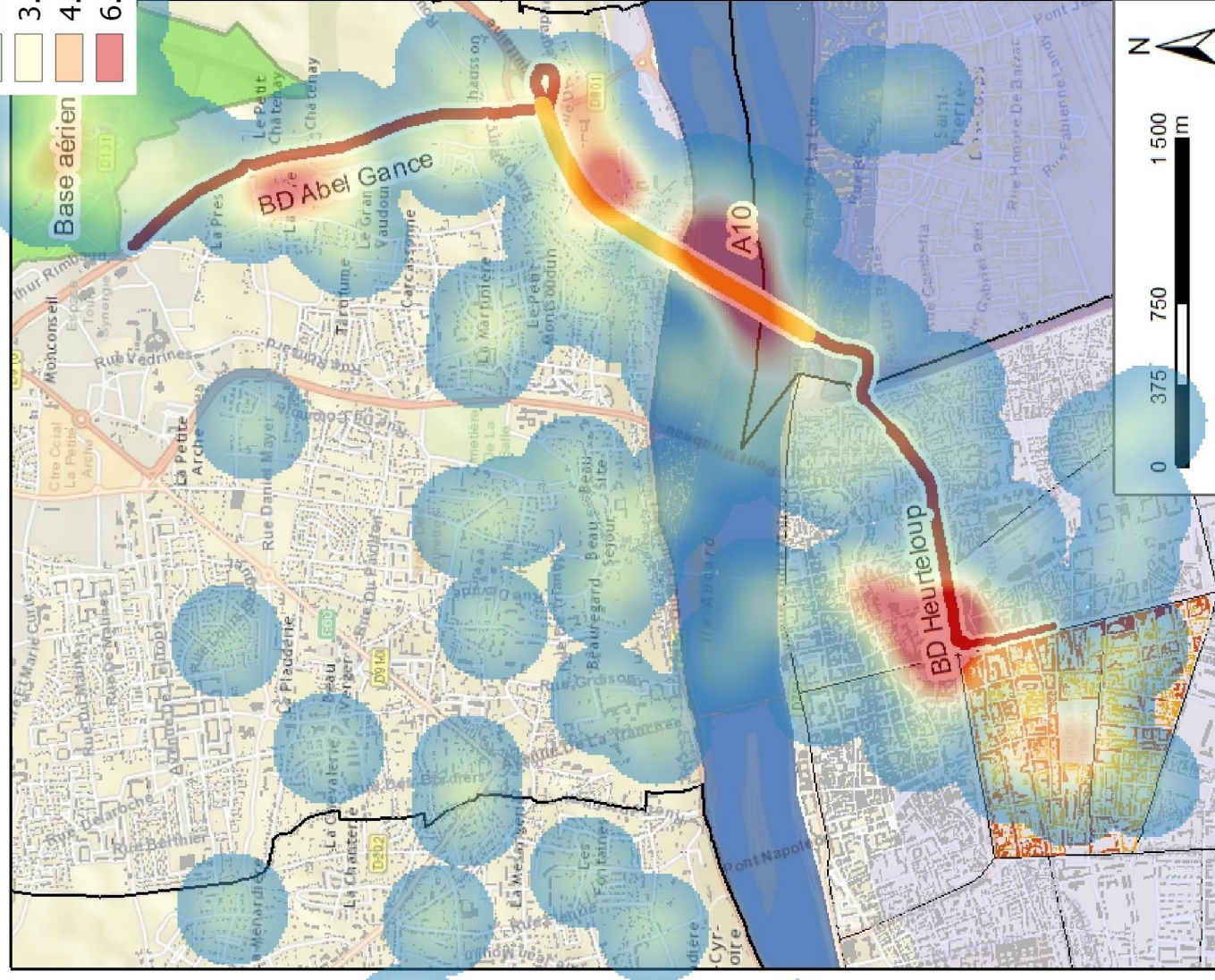
Plan d'évacuation : Quartier Prébendes



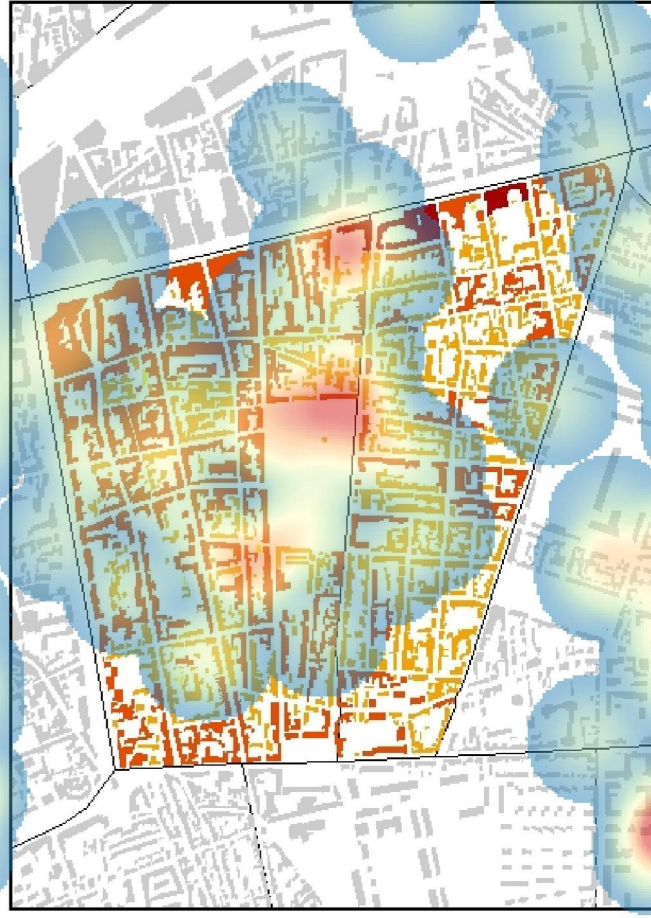
Encombrement de la route



0.000000
1.525525
3.051050
4.576575
6.102100



Plan d'évacuation : Quartier Prébendes



Encombrement de la route



Capacité maximale

- moins de 500 véhicules/h
- 501 à 1000 véhicules/h
- plus de 1000 véhicules/h

Bâtiments à évacuer

- 1 étage
- 2 à 4 étages
- 5 à 10 étages
- 11 à 23 étages

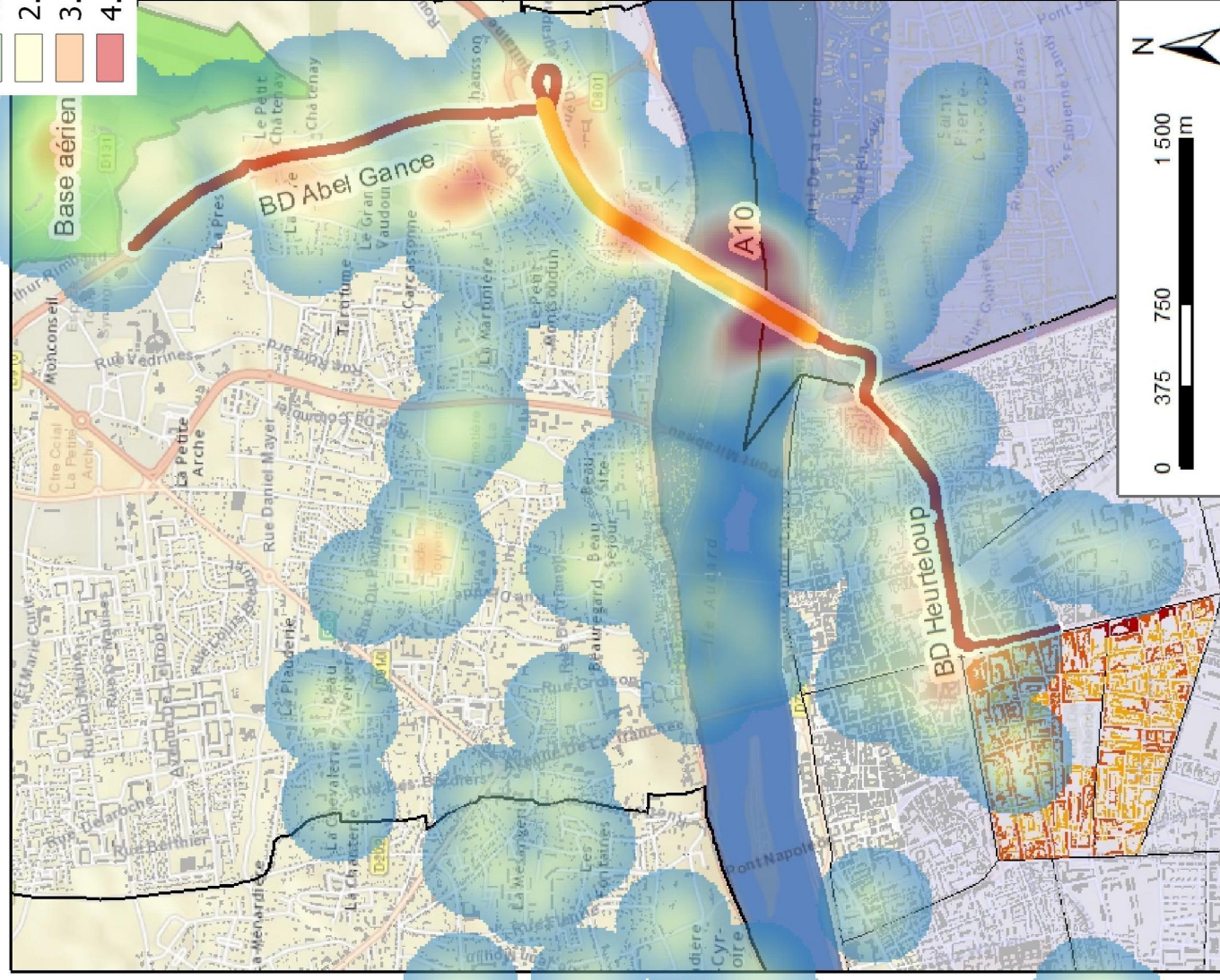
Habitations

- Aléa faible
- moyen
- fort
- très fort

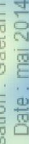
Secteurs d'intervention



- 0.000000
- 1.153182
- 2.306365
- 3.459548
- 4.612730



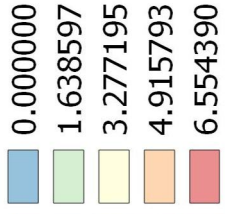
Itinéraire d'évacuation



Sources: Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Land Route ESRI



0.000000
1.033343
2.066685
3.100028
4.133370



Berthenay

Itinéraire d'évacuation

Route à suivre

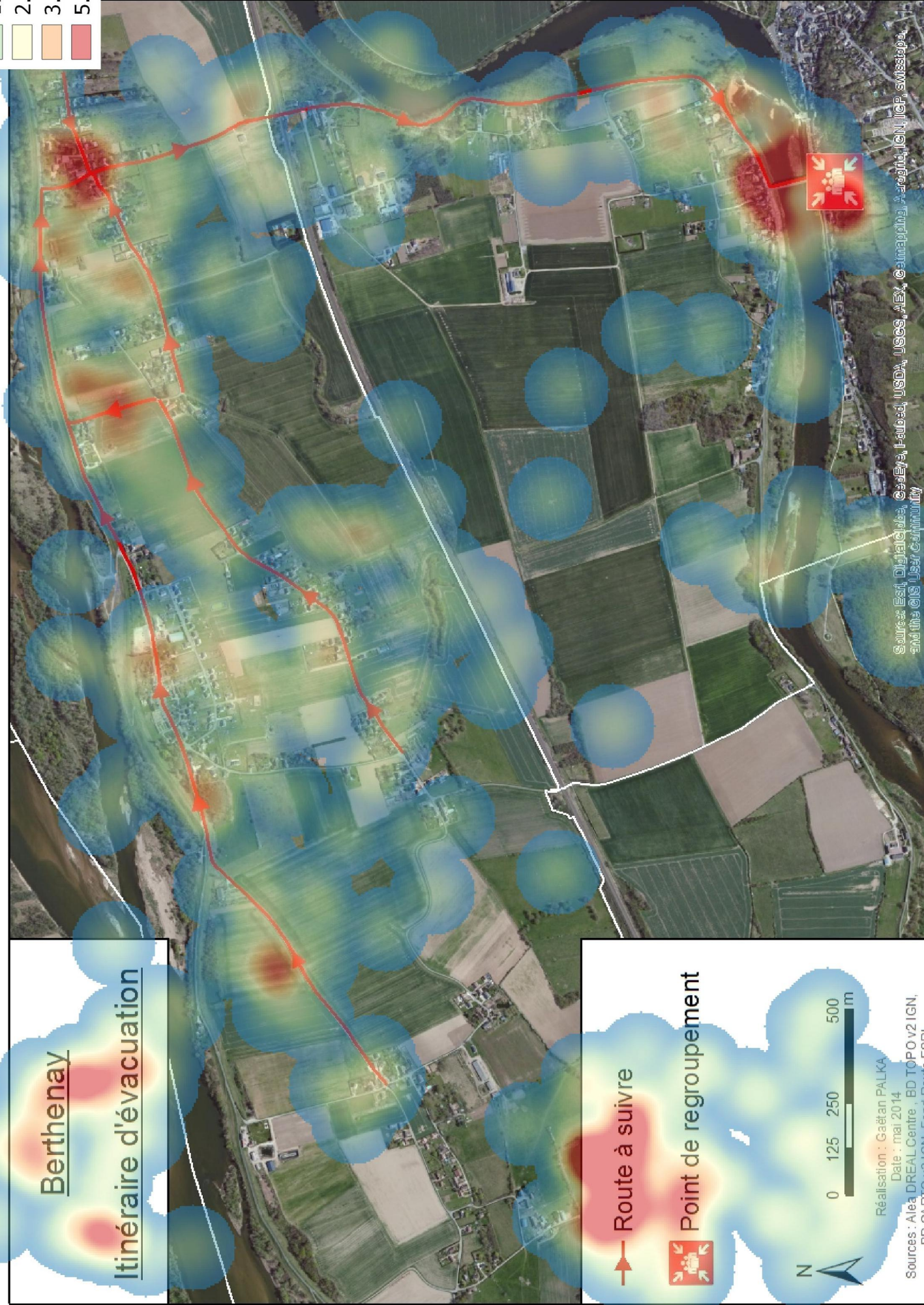
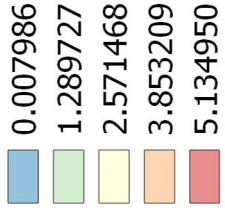
Point de regroupement



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTE VOIE, Fond-Route ESRI

Sources: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, IGN, USDA, USGS, AEX, Comptech, AeroGRID, IGN, IGP, Swisstopo, and the GIS User Community



Berthenay

Itinéraire d'évacuation

—> Route à suivre



Point de regroupement

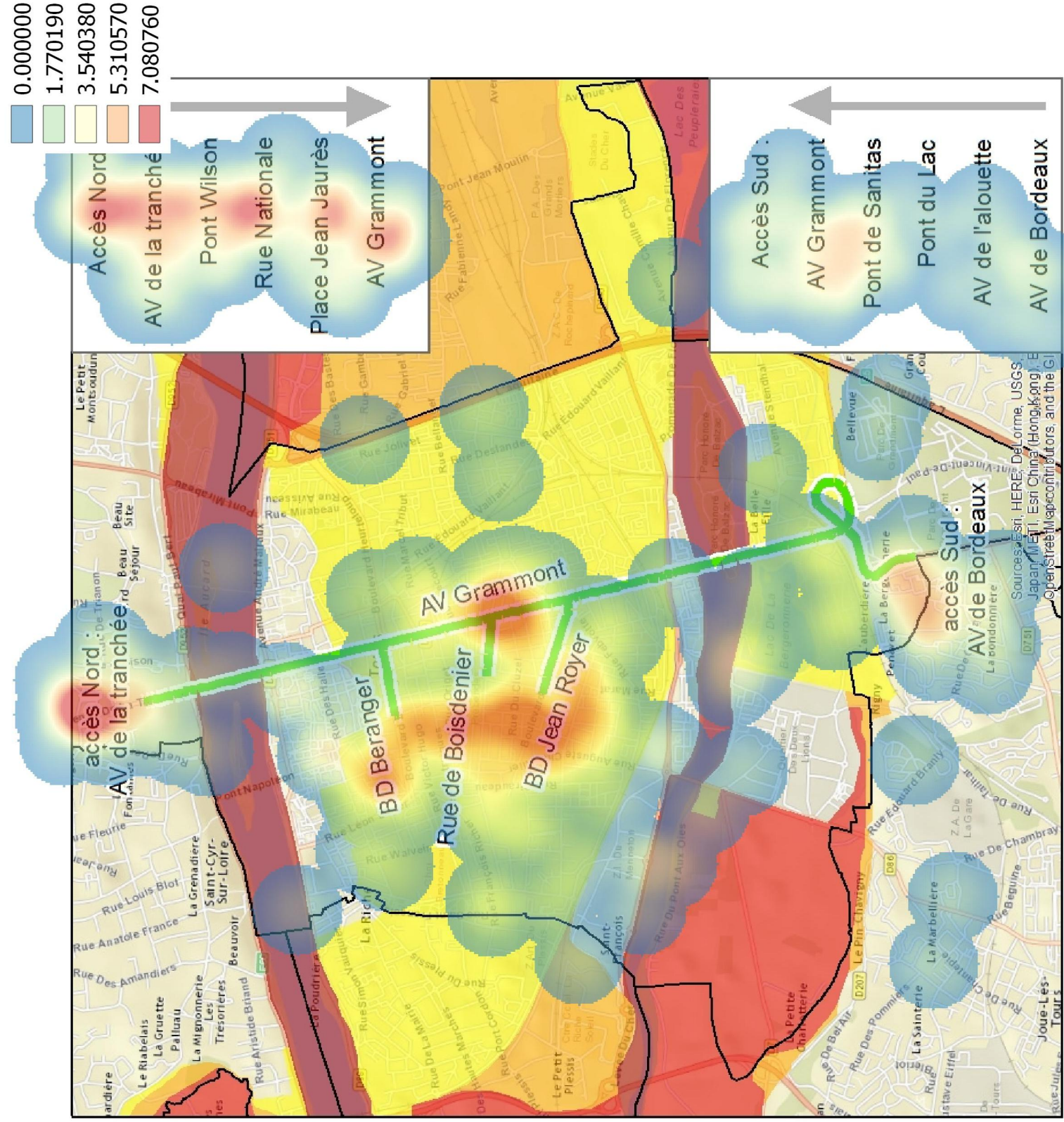
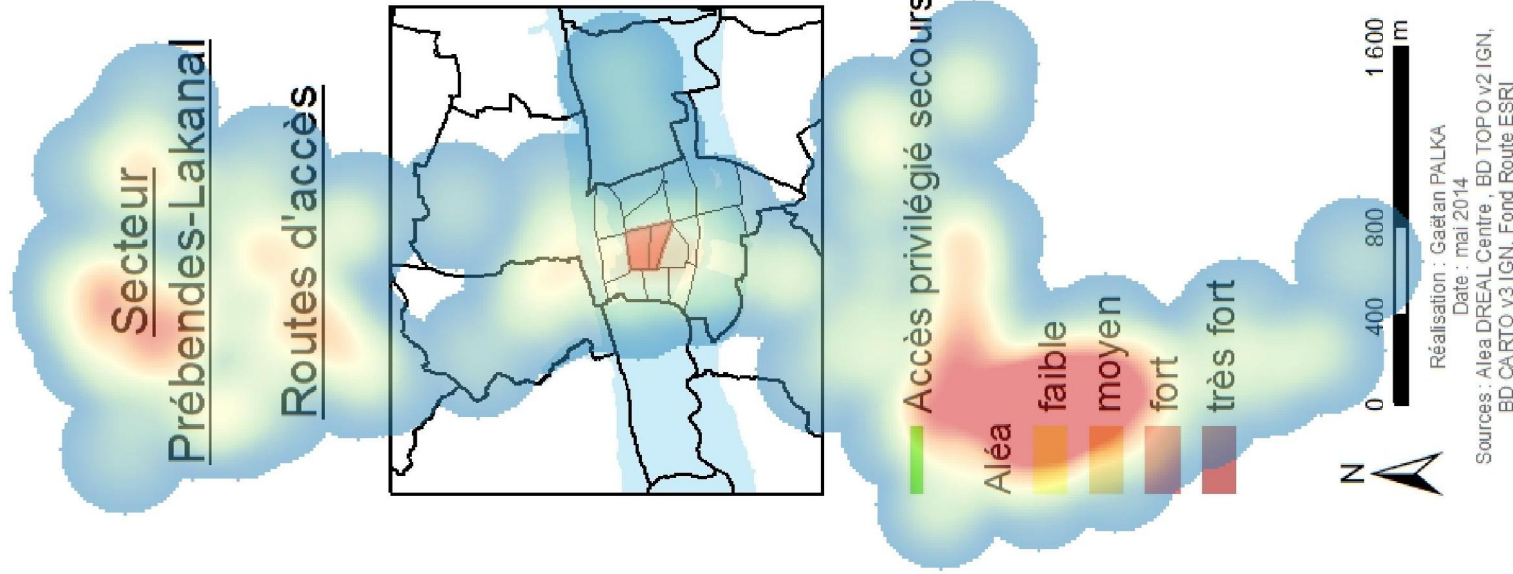


Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

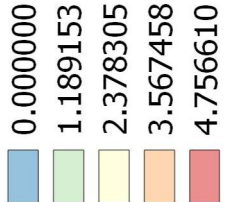
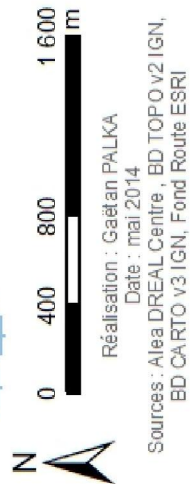
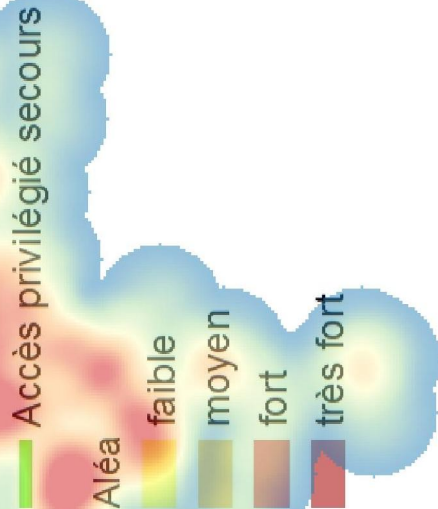
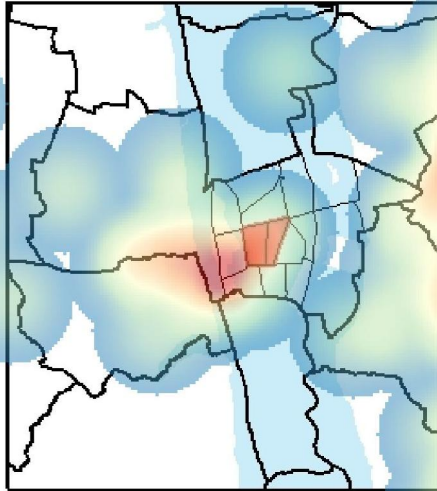
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTE IGN, Fond-Blanc IGN

Sources: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, IGN, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, IGP, Swisstopo, and the GIS User Community



Secteur Prébendes-Lakanal

Routes d'accès

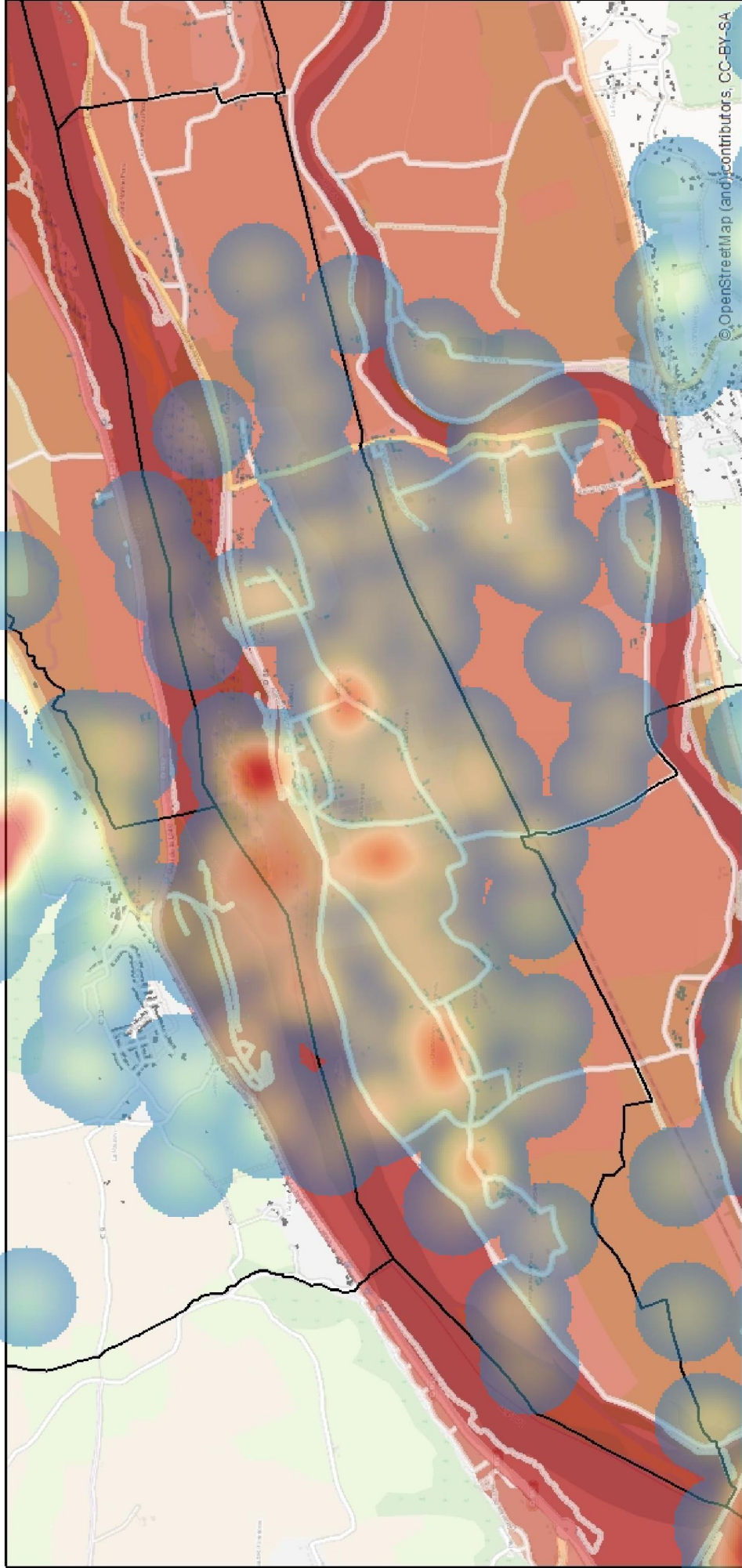


Sources: ESRI, HERE, DeLorme, USGS, Japan (Meti), Esri China (Hong Kong), Swisstopo, SIBRI, Mapbox contributors, and the GIS User Community

- 0.000000
- 1.652743
- 3.305485
- 4.958227
- 6.610970

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau



Communes

Hauteur d'eau

- <1m
- <2m
- <2m
- >2m

<2m et vitesse faible

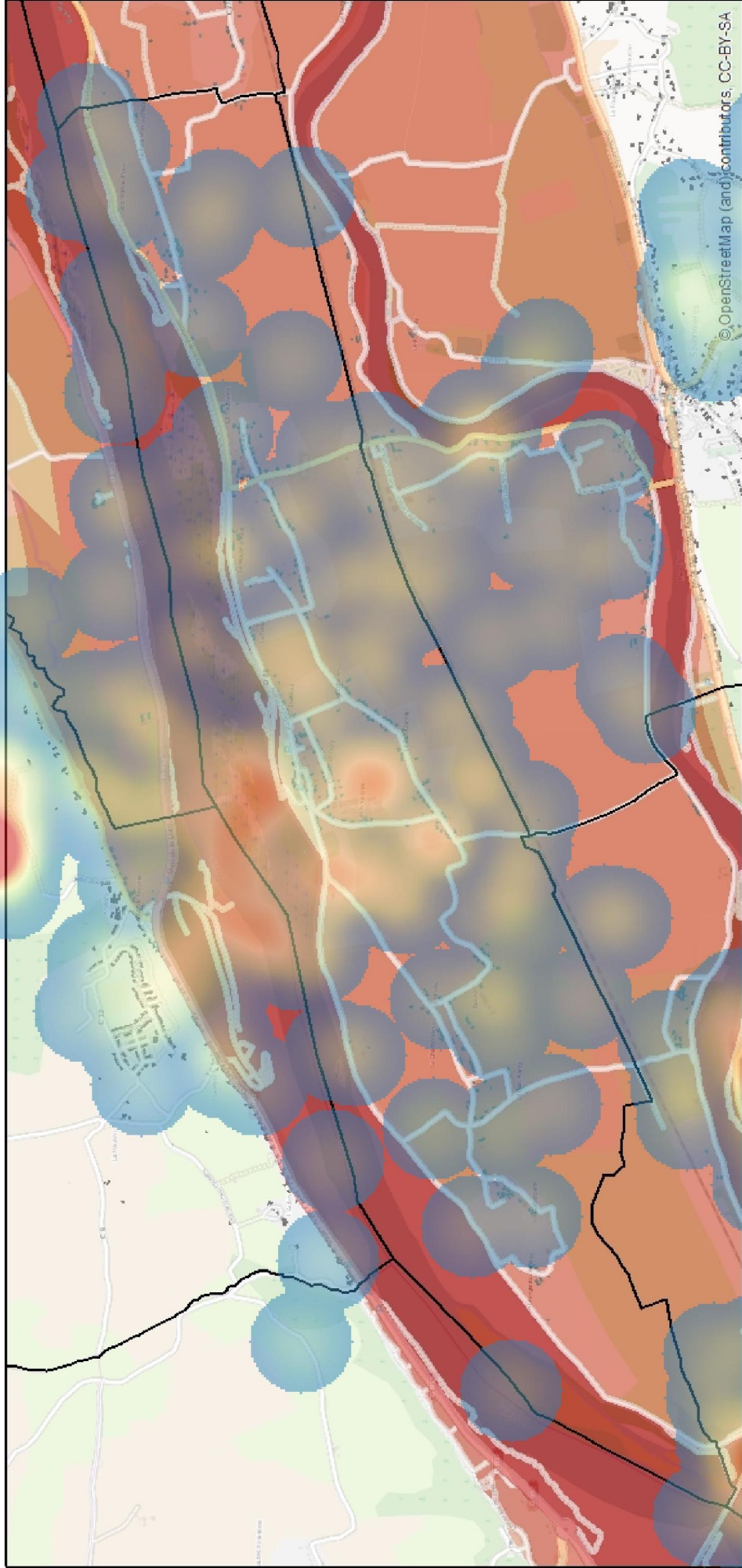


Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

- 0.000000
- 2.492780
- 4.985560
- 7.478340
- 9.971120

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau



Communes

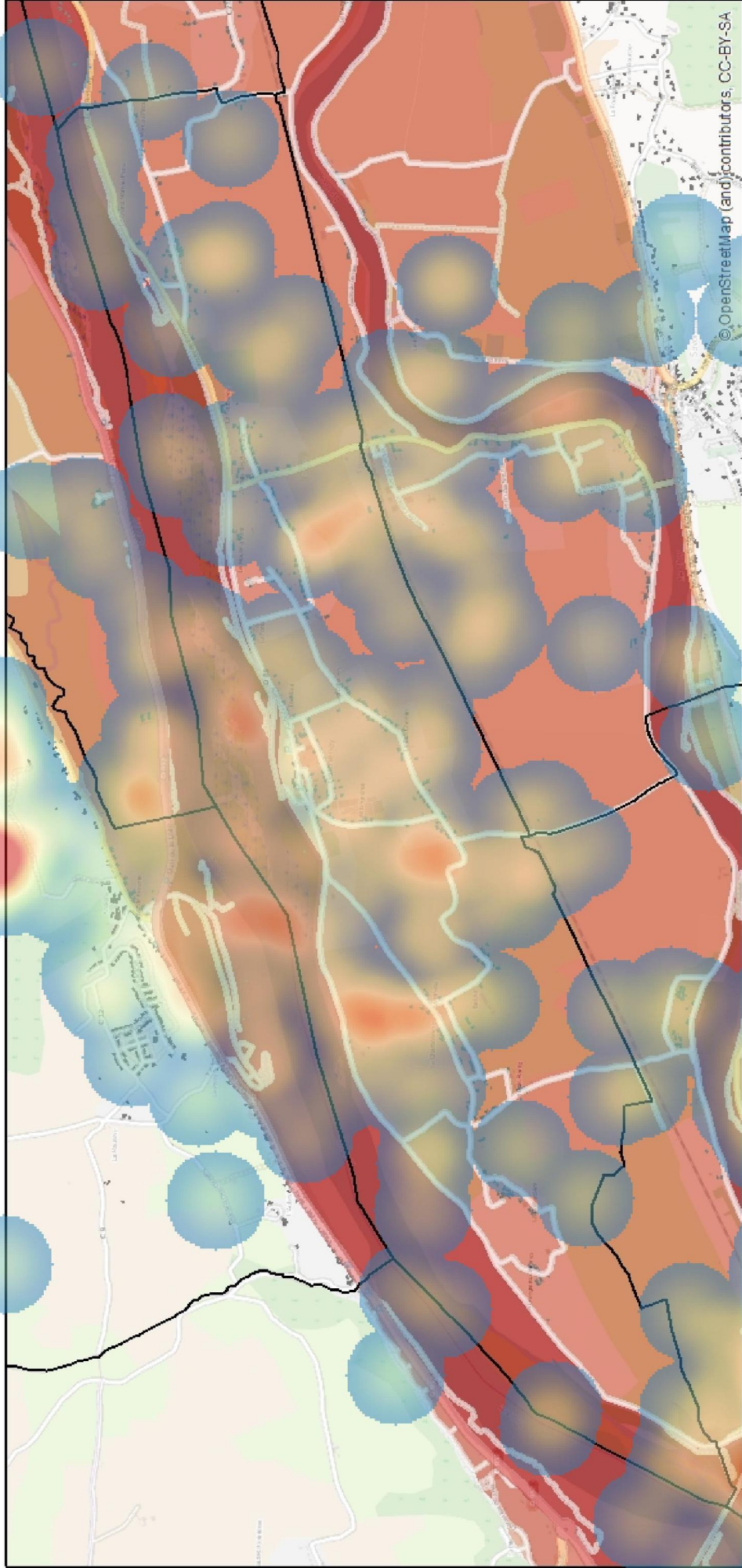
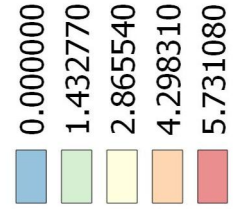
- Hauteur d'eau
- <1m
- <2m et vitesse faible
- <2m
- >2m



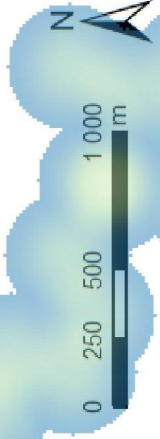
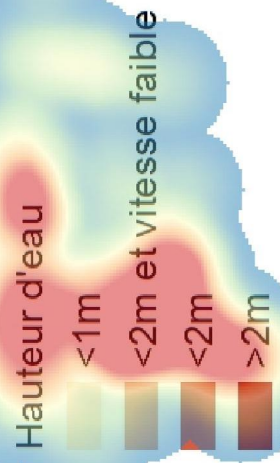
Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

Secteur Berthenay

Hauteur d'eau

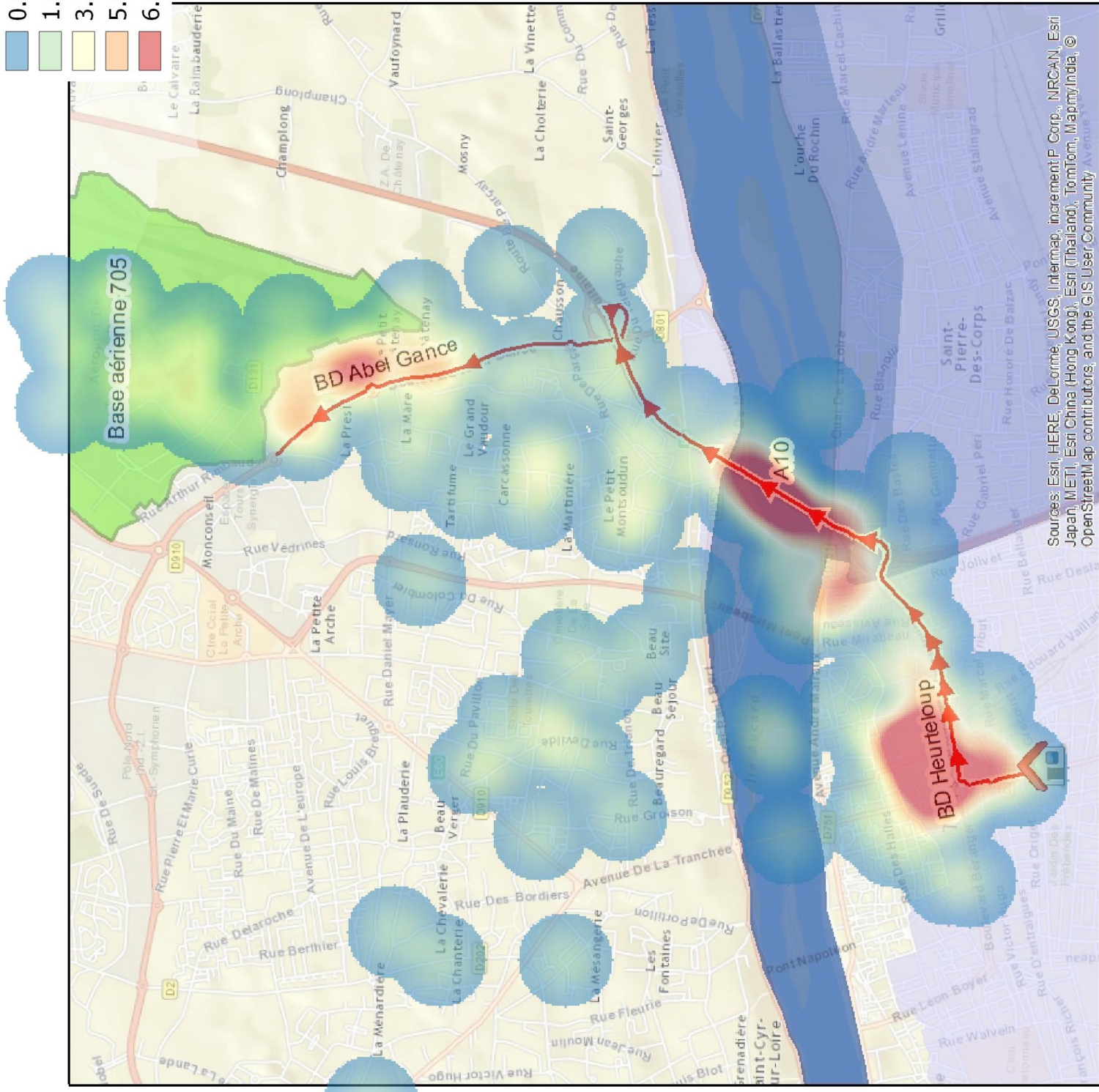


Communes



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

0.000000
1.670538
3.341075
5.011613
6.682150



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, Mapbox, India, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation



Itinéraire d'évacuation
recommandé

Zone de sûreté
et de rassemblement

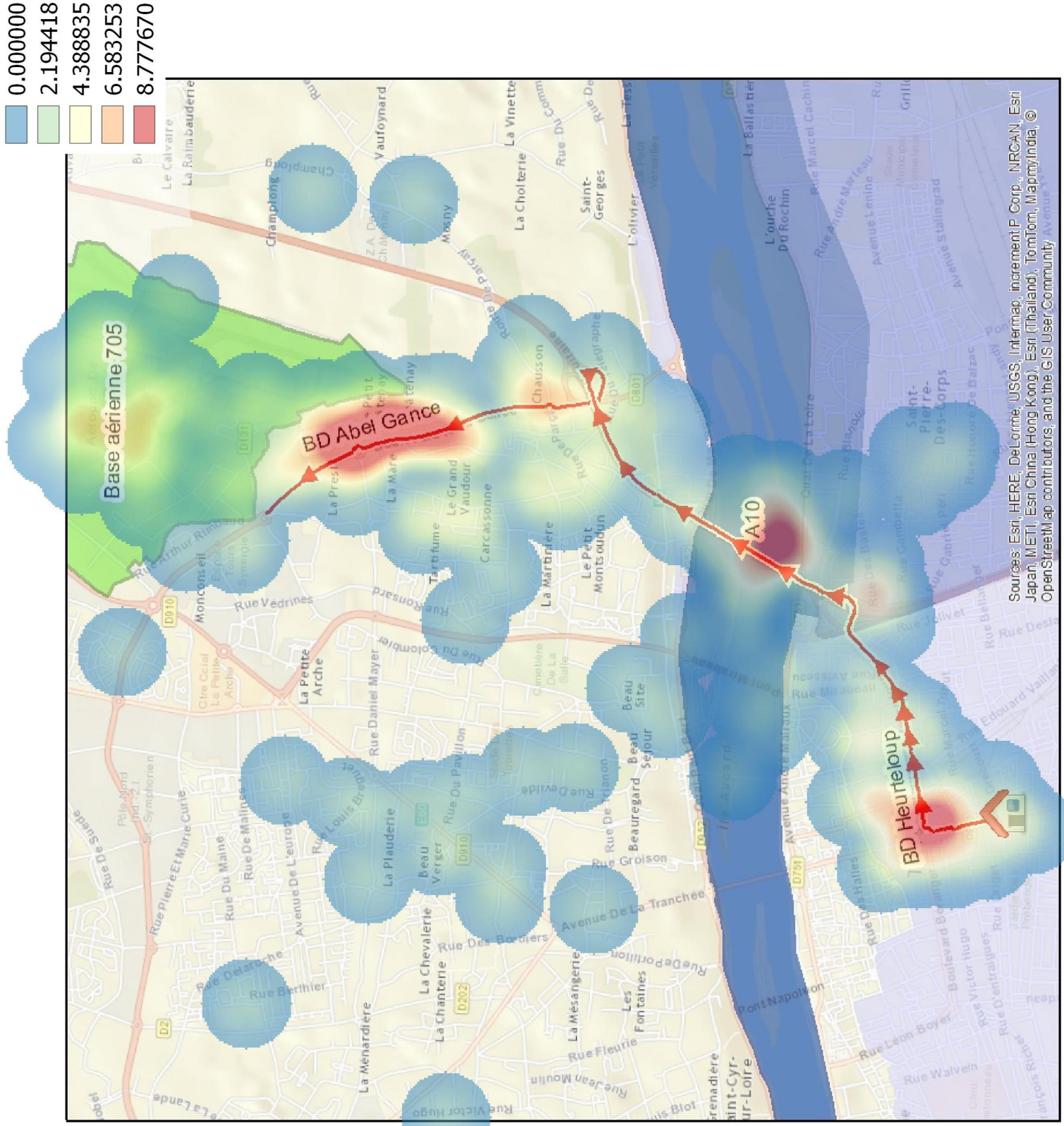
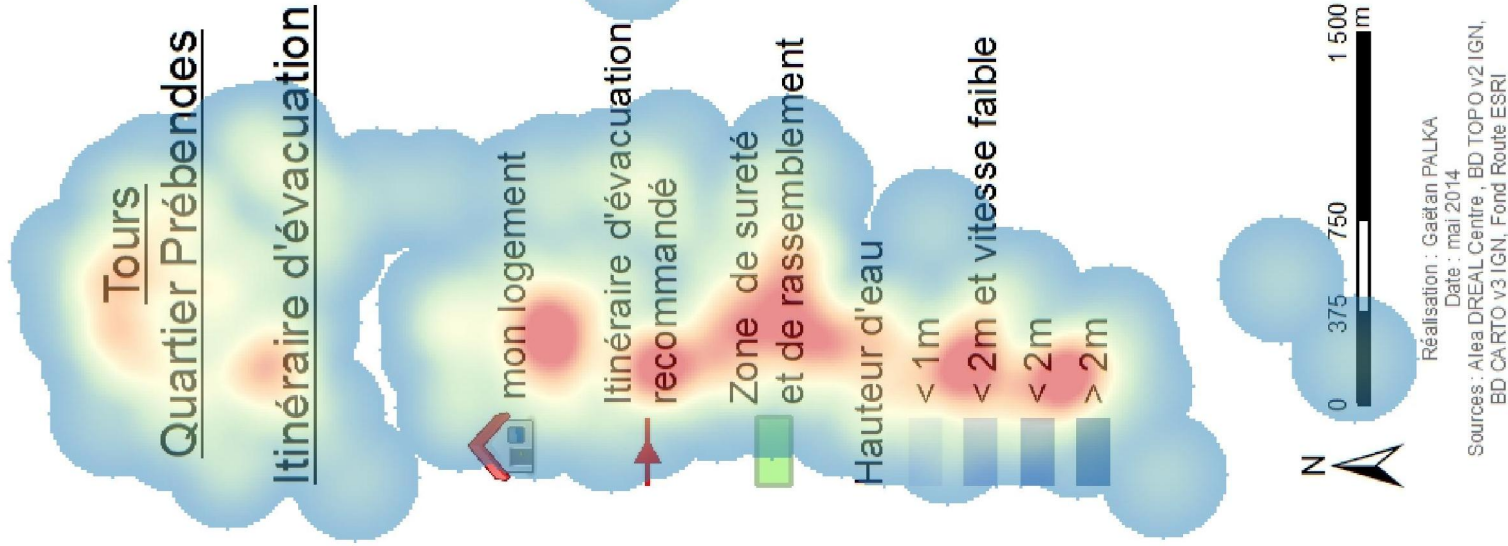
Hauteur d'eau

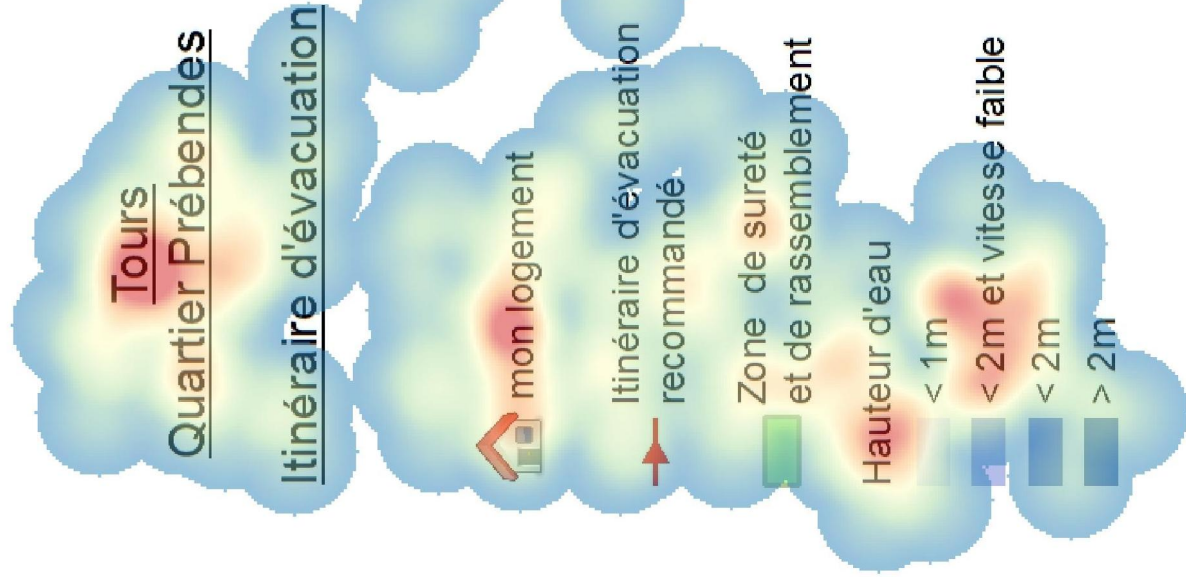
< 1m
< 2m
< 2m
> 2m

< 2m et vitesse faible

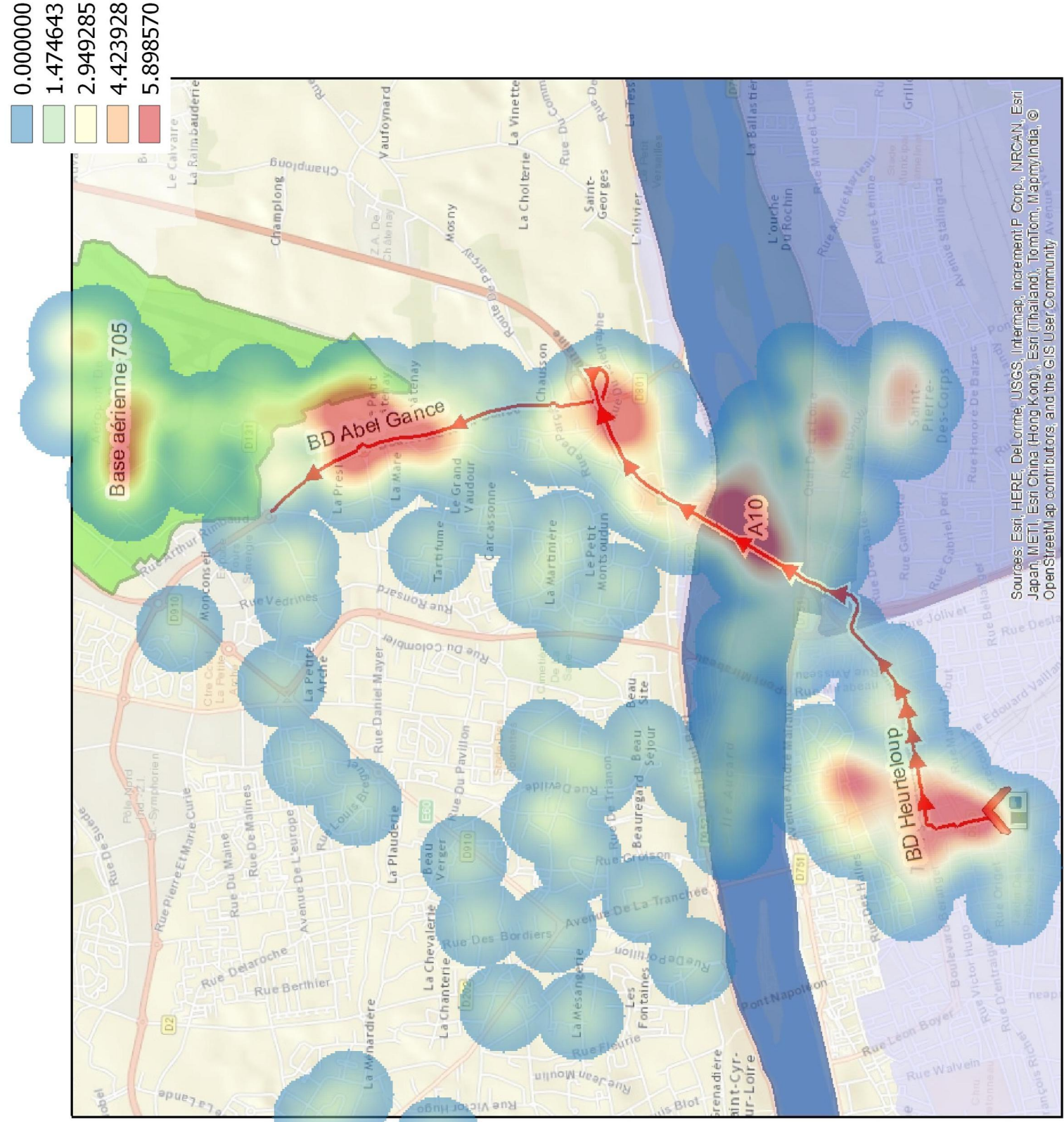


Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI





Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

La Riche

Plan d'évacuation

■ Bâtiments à évacuer

— Itinéraire d'évacuation recommandé

■ Zone de sûreté et de rassemblement

Aléa

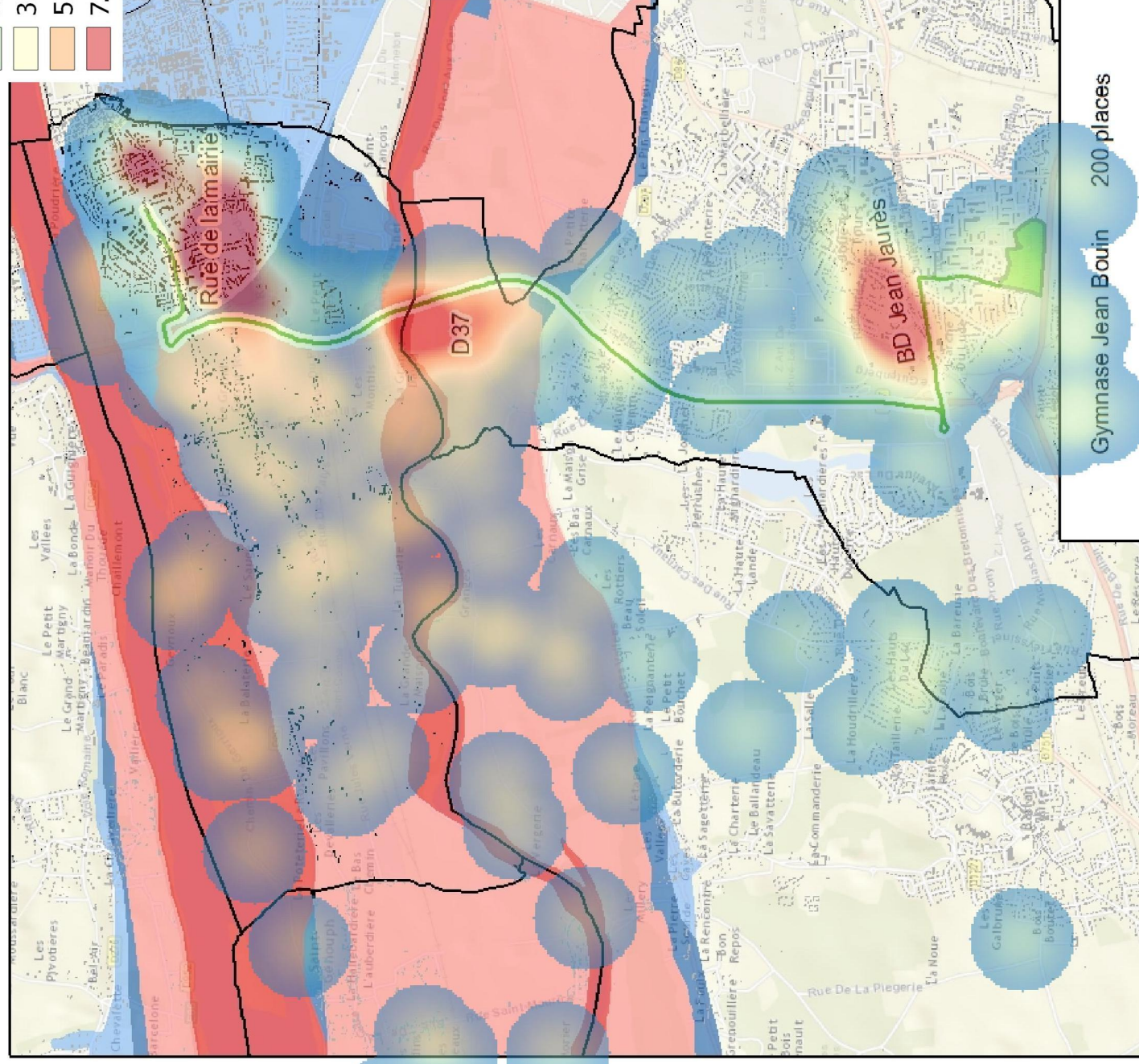
faible
moyen
fort
très fort



0 375 750 1 500 m

Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

0.000000
1.759257
3.518515
5.277772
7.037030



Gymnase Jean Bouin 200 places

La Riche

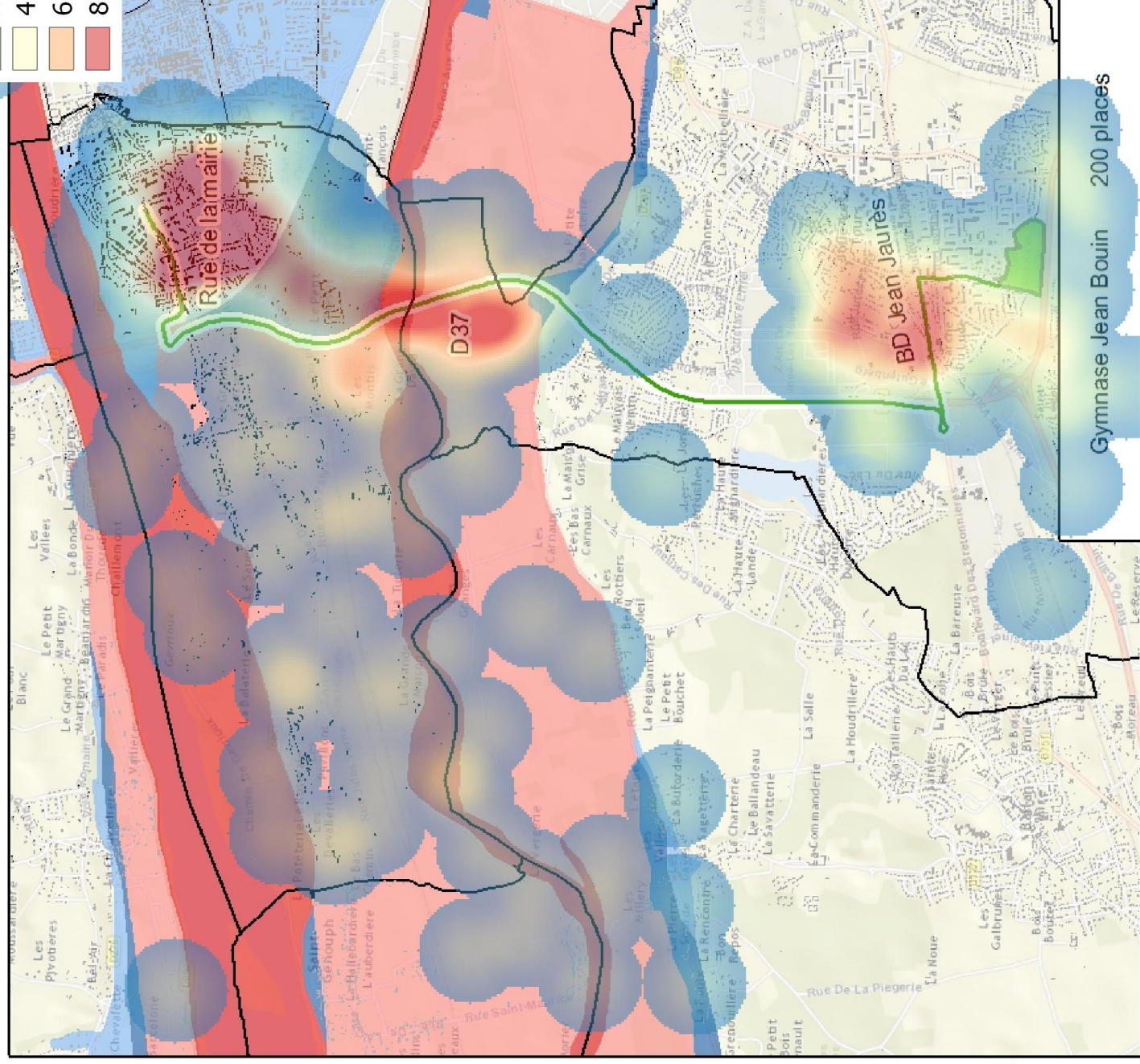
Plan d'évacuation

- Bâtiments à évacuer
 - Itinéraire d'évacuation recommandé
 - Zone de sûreté et de rassemblement
- Aléa
- faible
 - moyen
 - fort
 - très fort



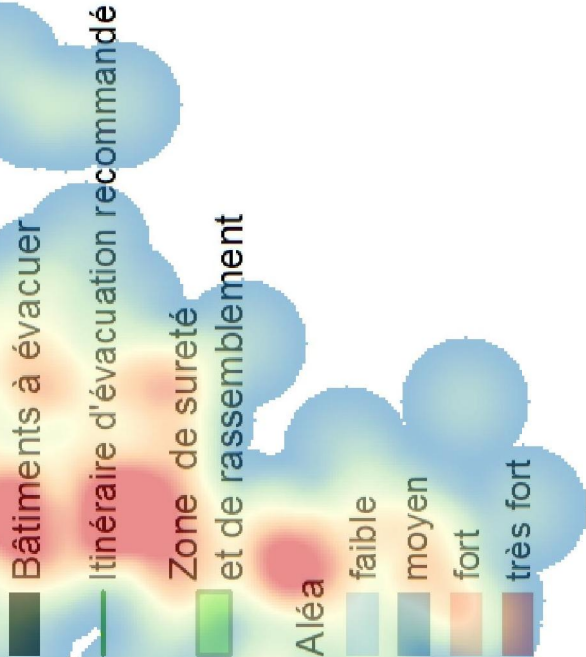
Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

0.000000
2.103207
4.206415
6.309622
8.412830

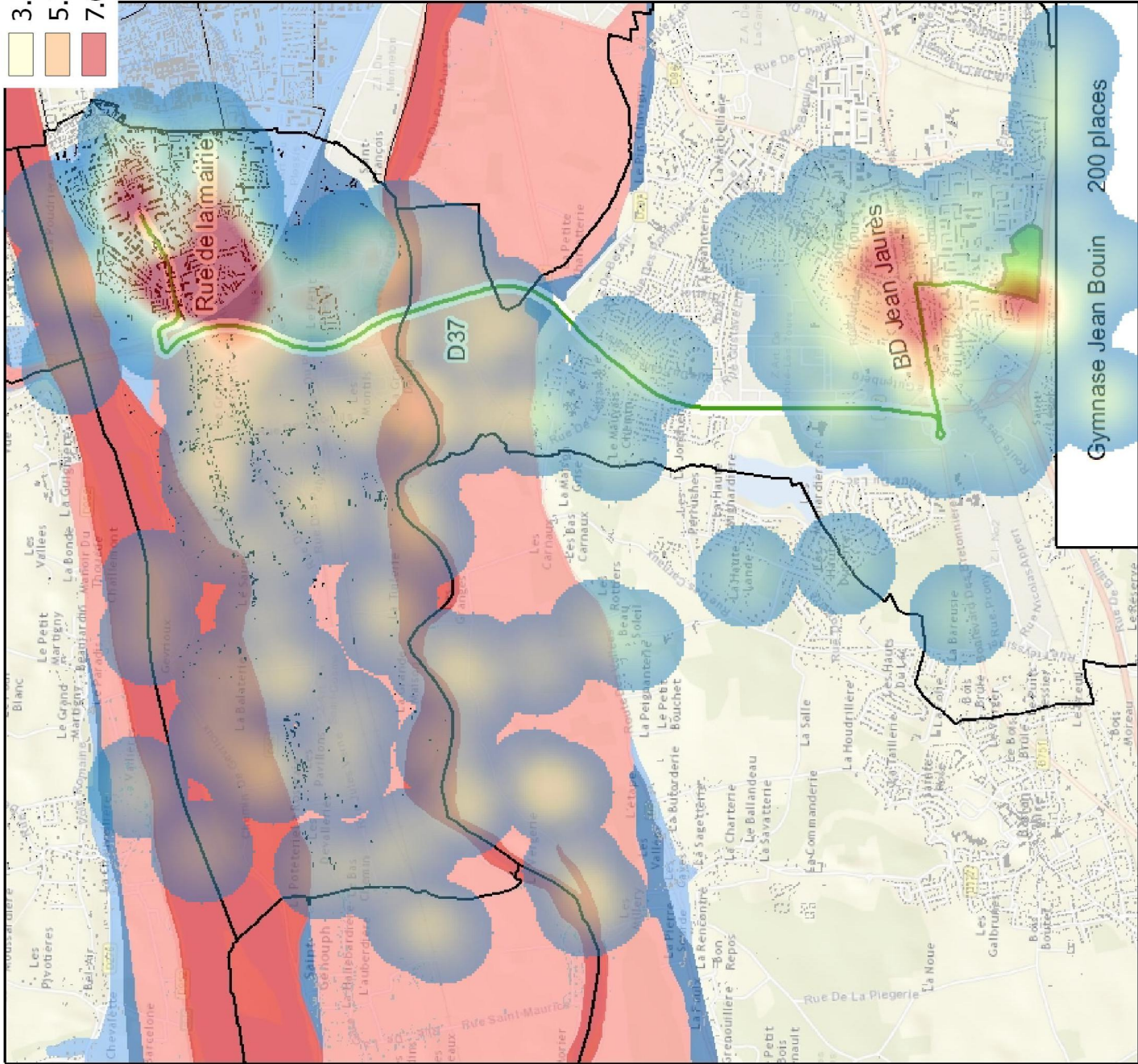
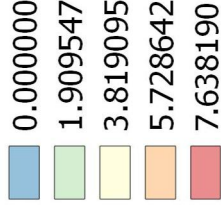


La Riche

Plan d'évacuation



Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
 Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
 BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Gymnase Jean Bouin 200 places

Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

➔ Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

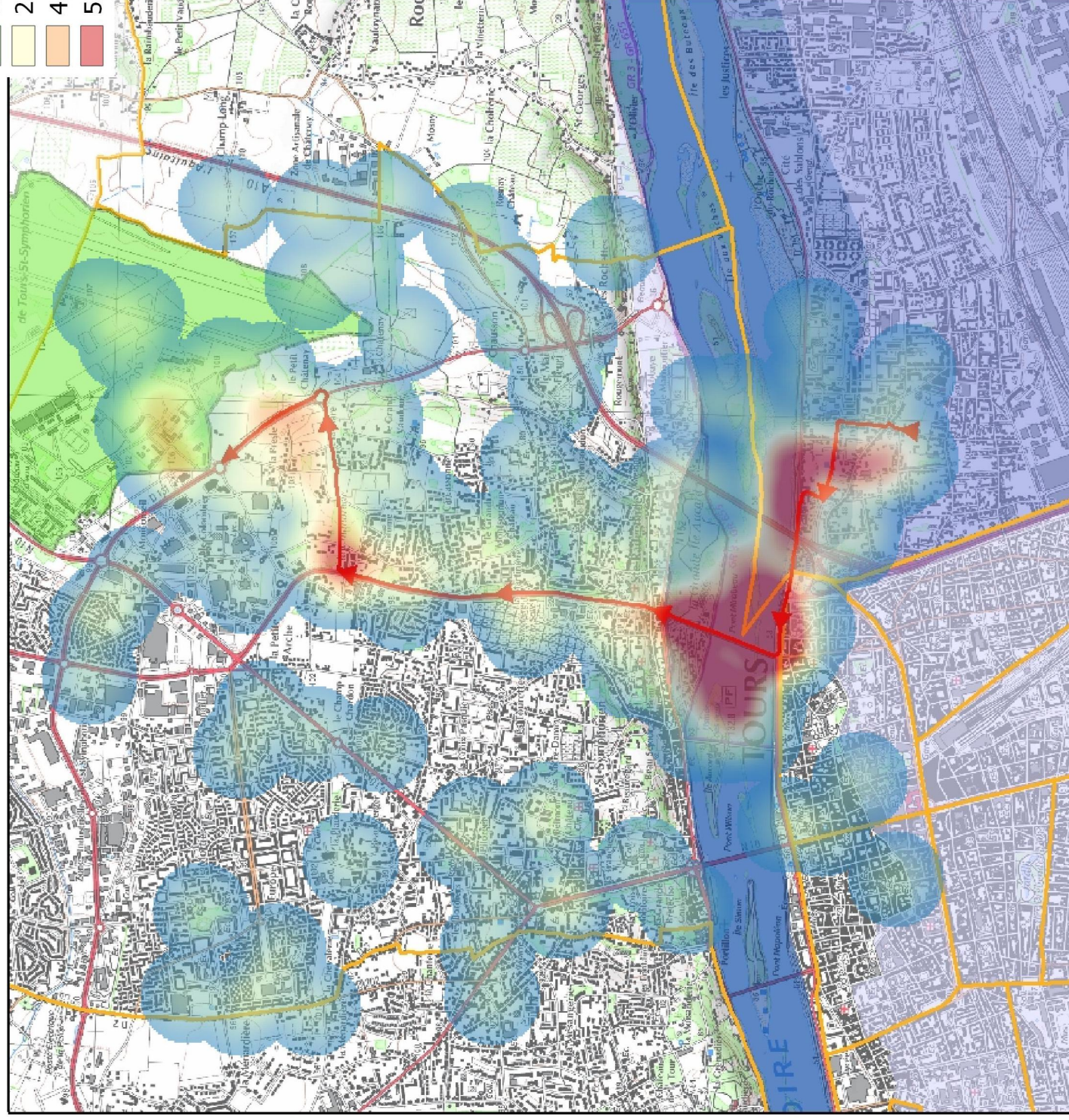
très fort

N

0 375 750 1 500 m

Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Aléa DREAL Centre , BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

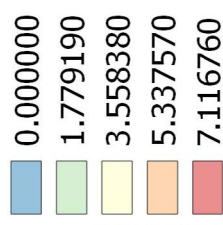
0.000000
1.422198
2.844395
4.266592
5.688790



Plan d'évacuation



Sources: Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Saint-Pierre-des-Corps

Plan d'évacuation

Itinéraire à suivre

Zone de Regroupement
et d'Orientation

Secteurs d'intervention

Aléa

faible

moyen

fort

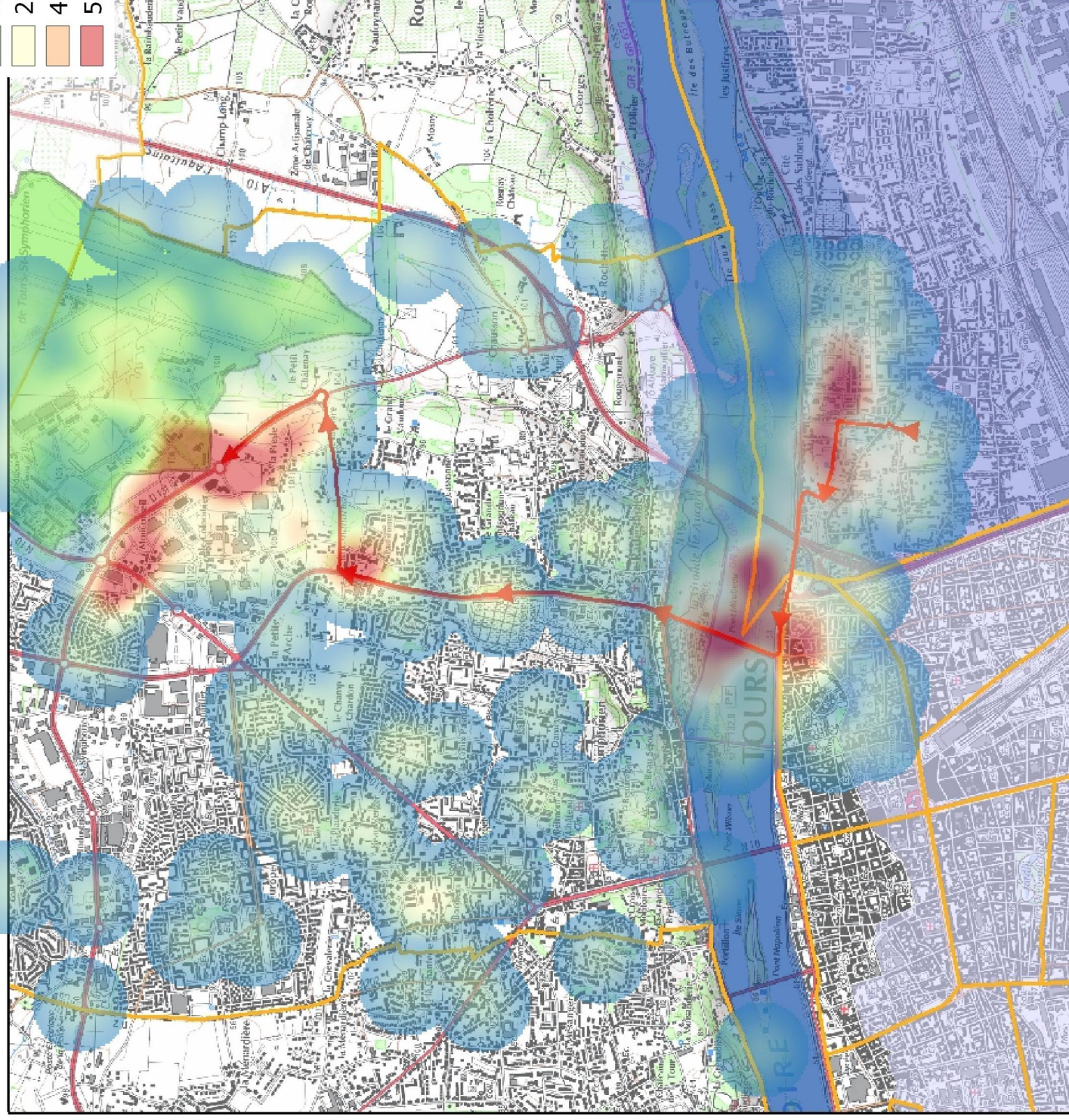
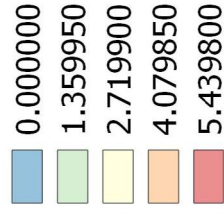
très fort

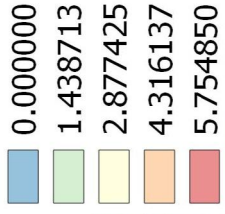


Réalisation : Gaëtan PALKA

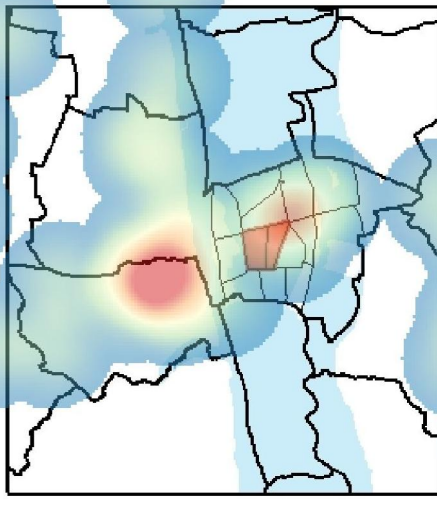
Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

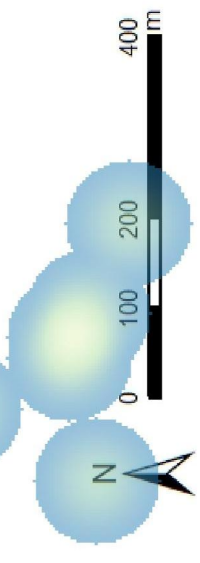




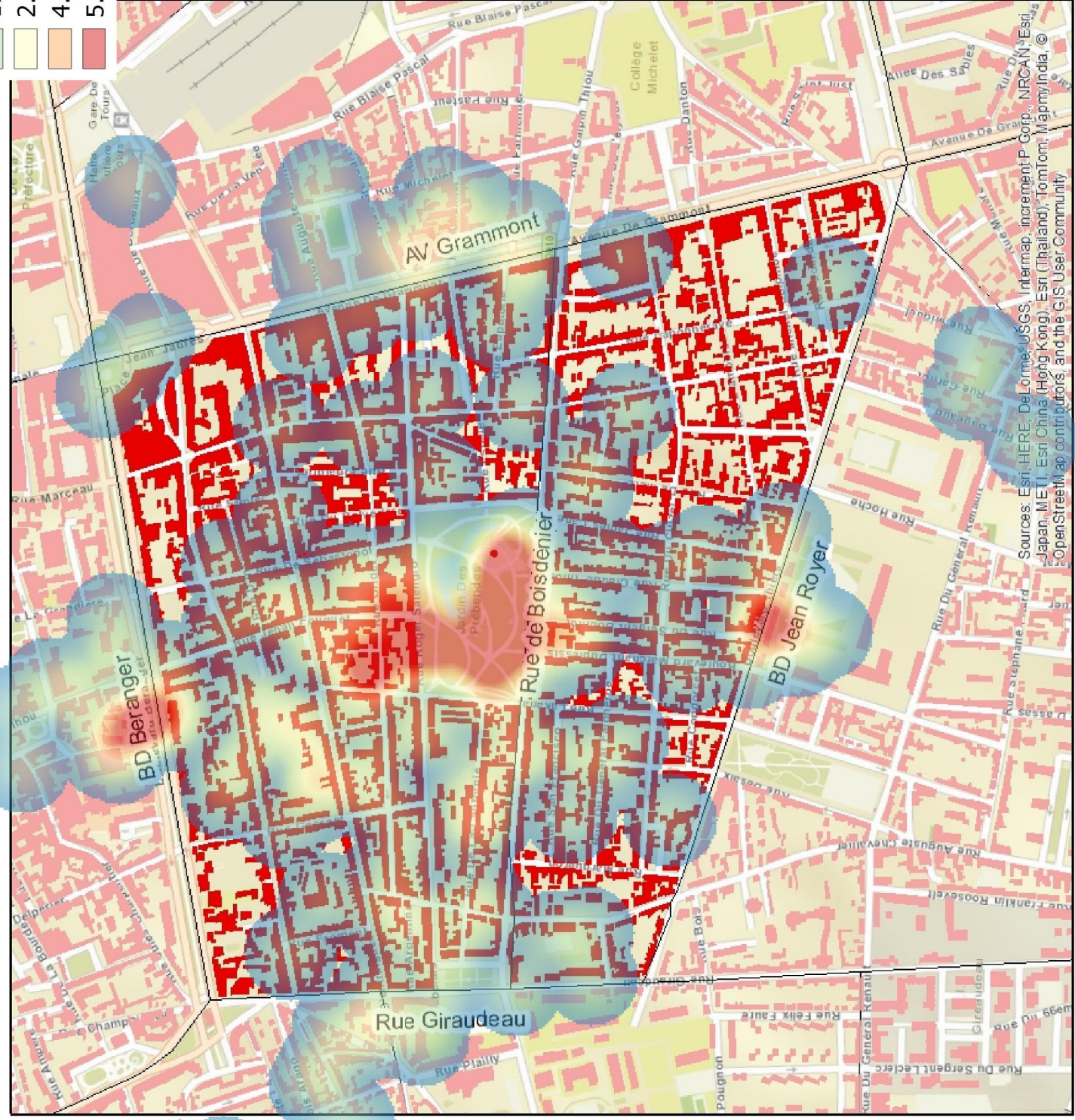
Secteur
Prébendes-Lakanal
Bâtiments à évacuer



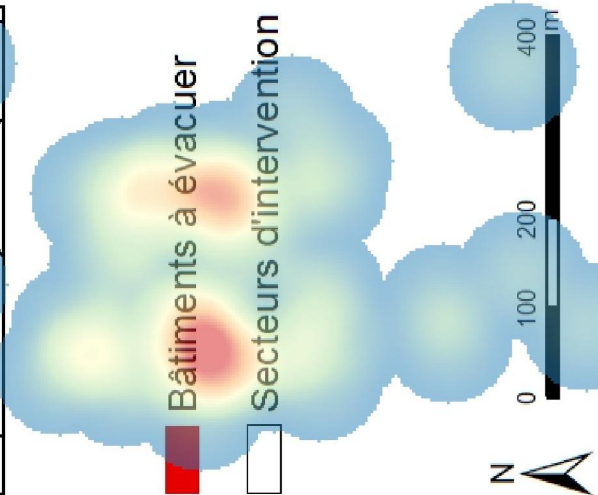
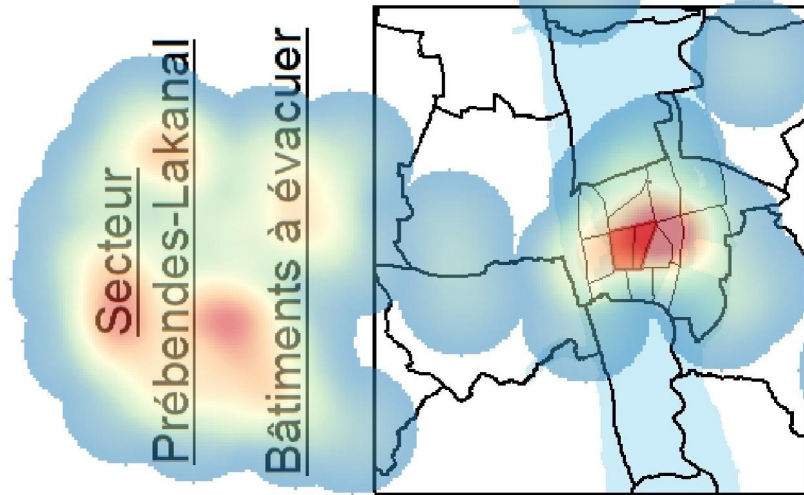
Bâtiments à évacuer
 Secteurs d'intervention



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre, BD TOP O v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri, Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Réalisation: Gaëtan PALKA
Date: mai 2014
Sources: Altea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

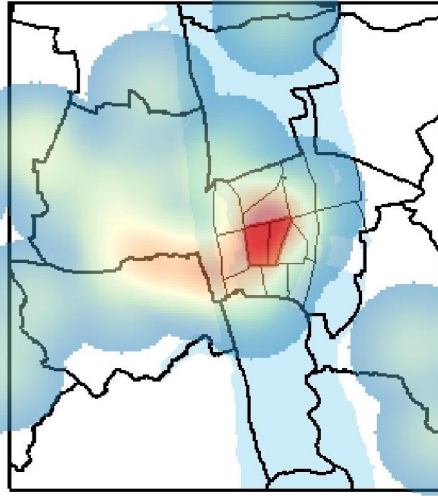


Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri, Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Secteur

Prébendes-Lakanal

Bâtiments à évacuer



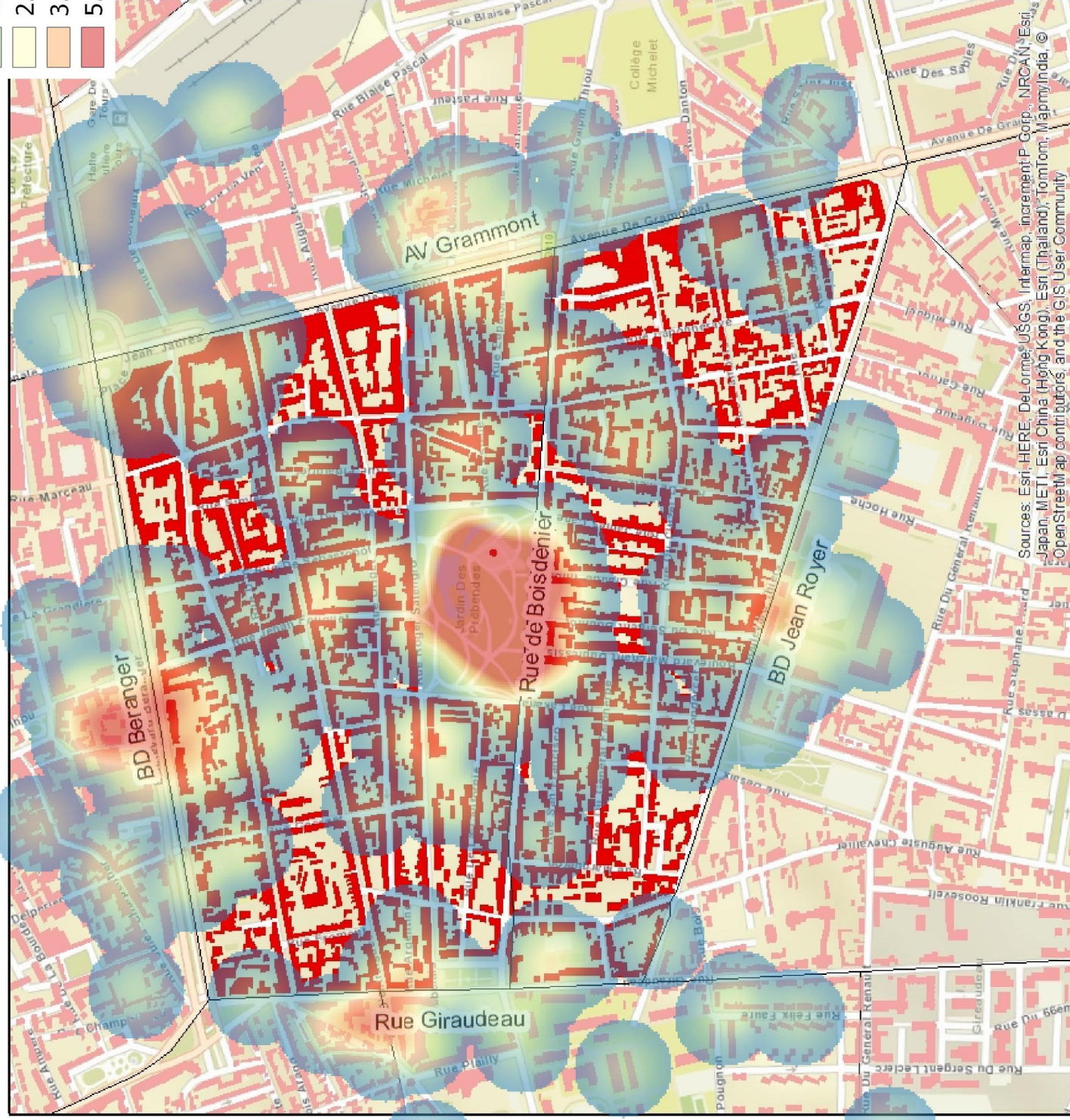
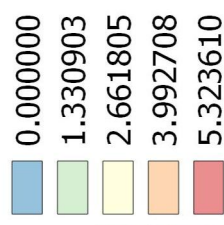
■ Bâtiments à évacuer

■ Secteurs d'intervention

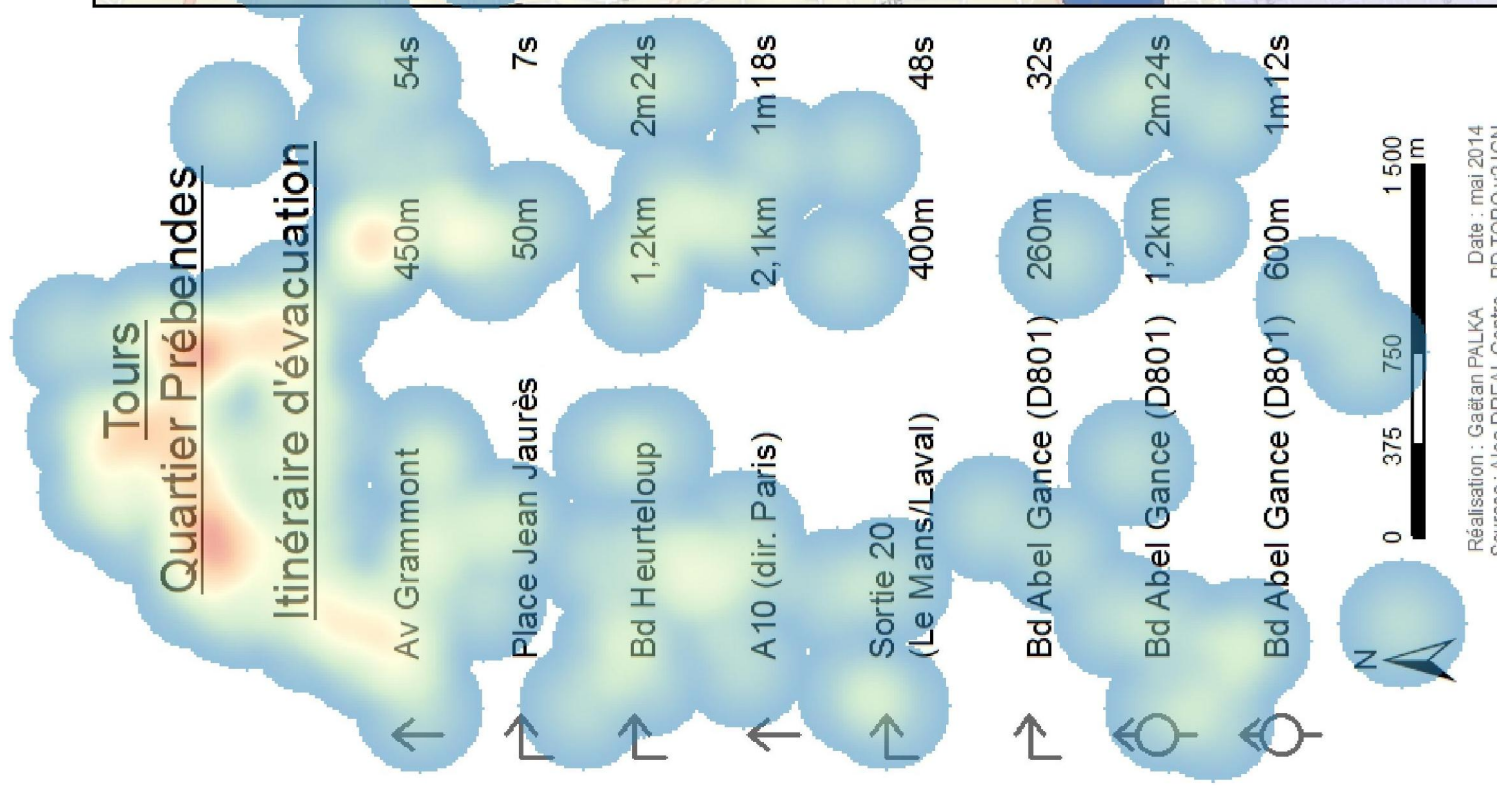
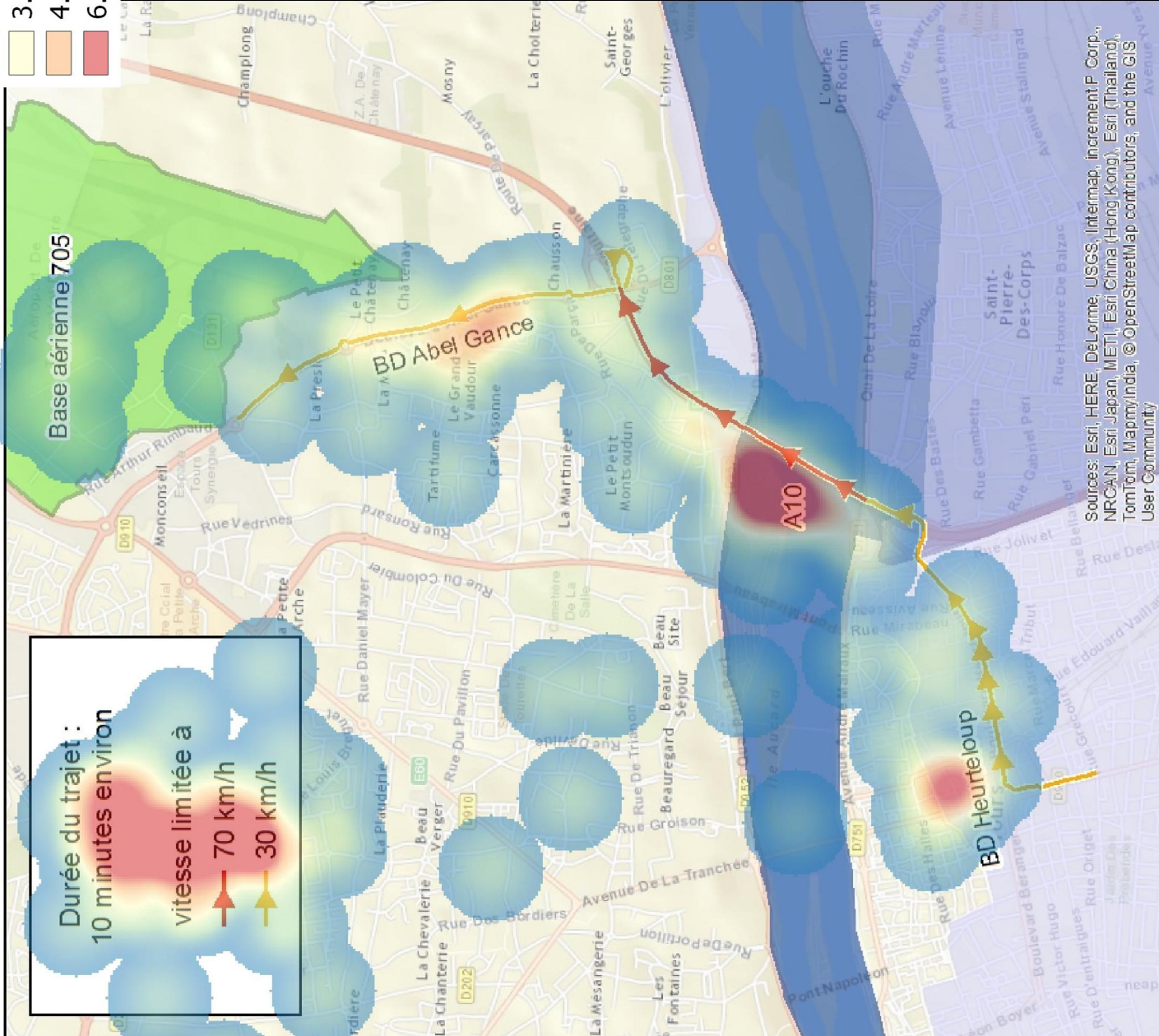
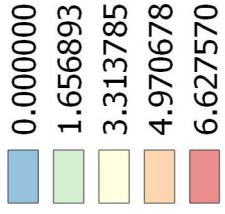


Réalisation : Gaëtan PALLUA
Date : mai 2014

Sources : Aléa DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

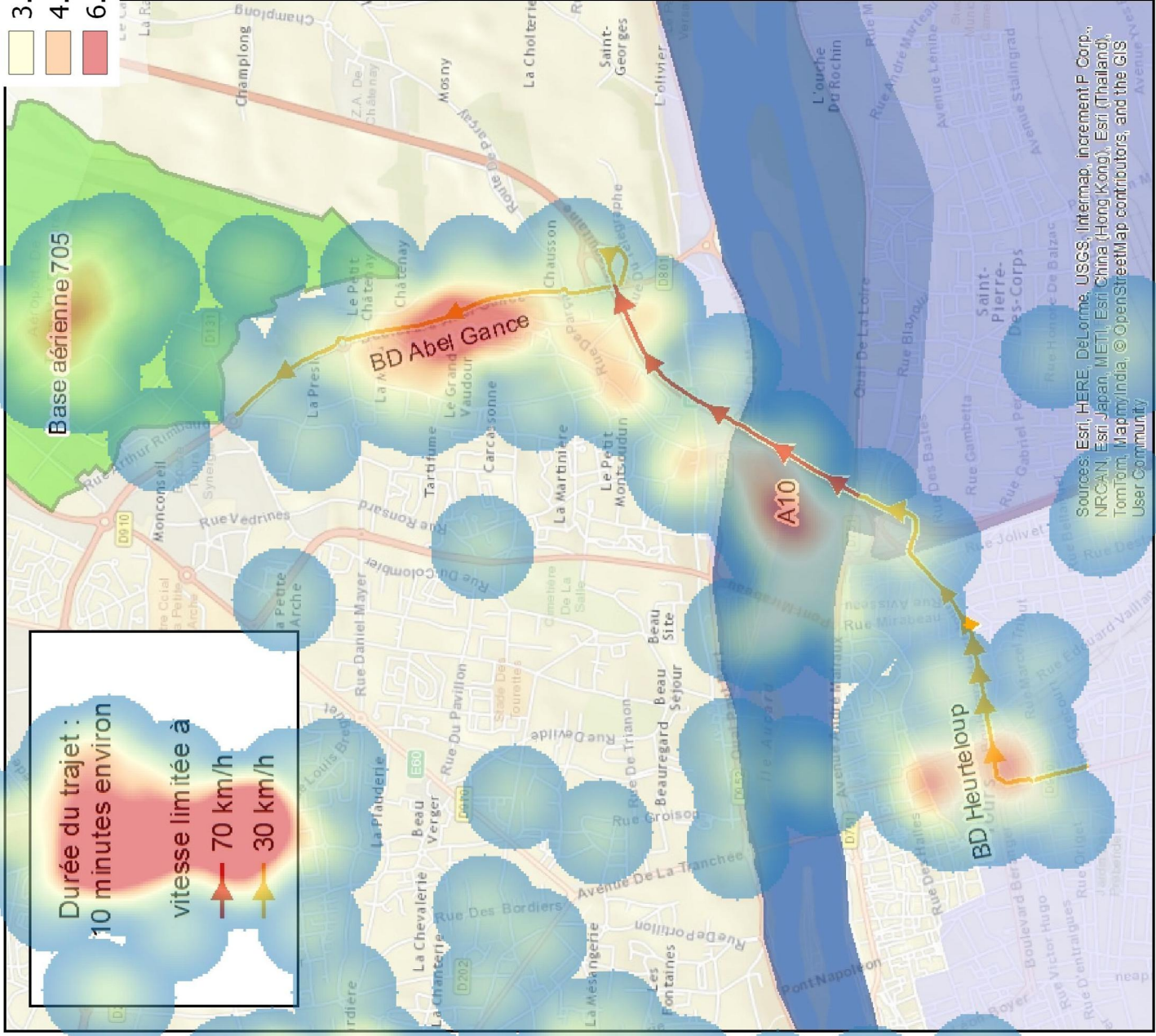
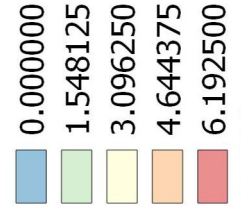


Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri, Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, Mapbox, Esri, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Réalisation : Gaëtan PALKA Date : mai 2014
Sources : Alea DREAL Centre BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

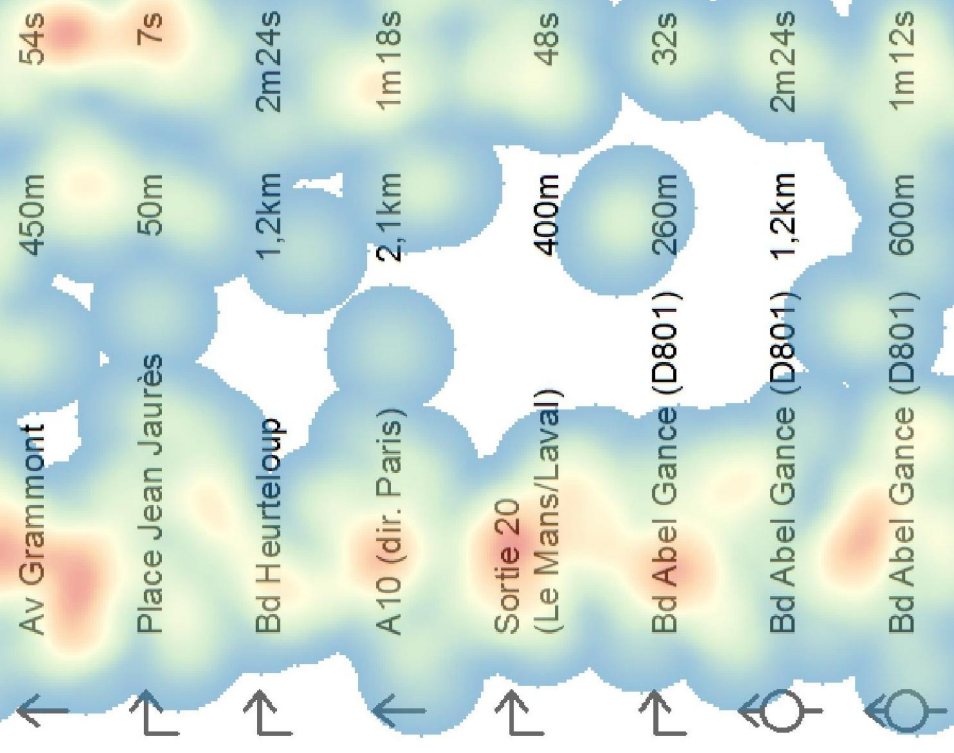
Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P. Corp.,
NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand),
TomTom, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS
User Community



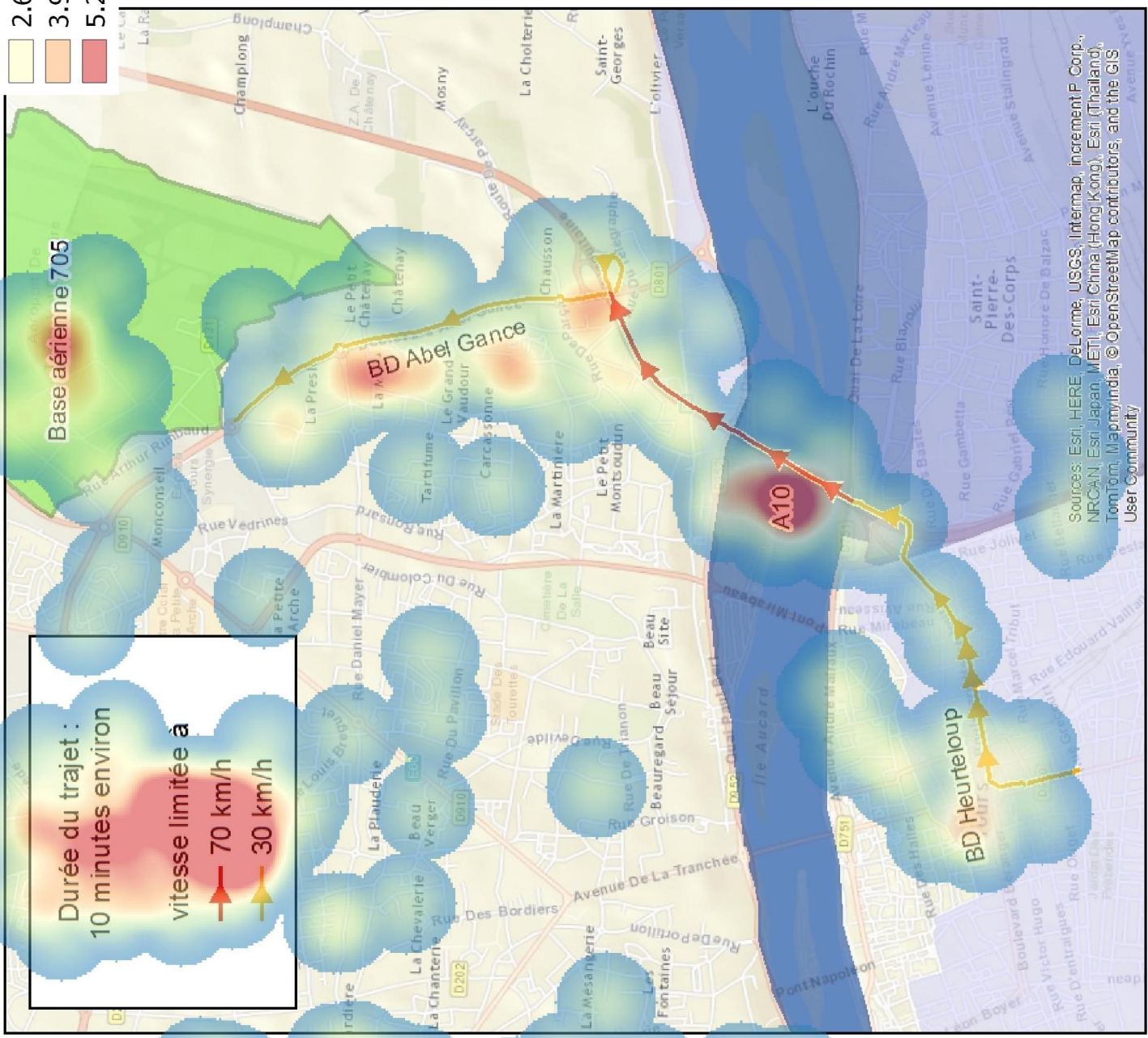
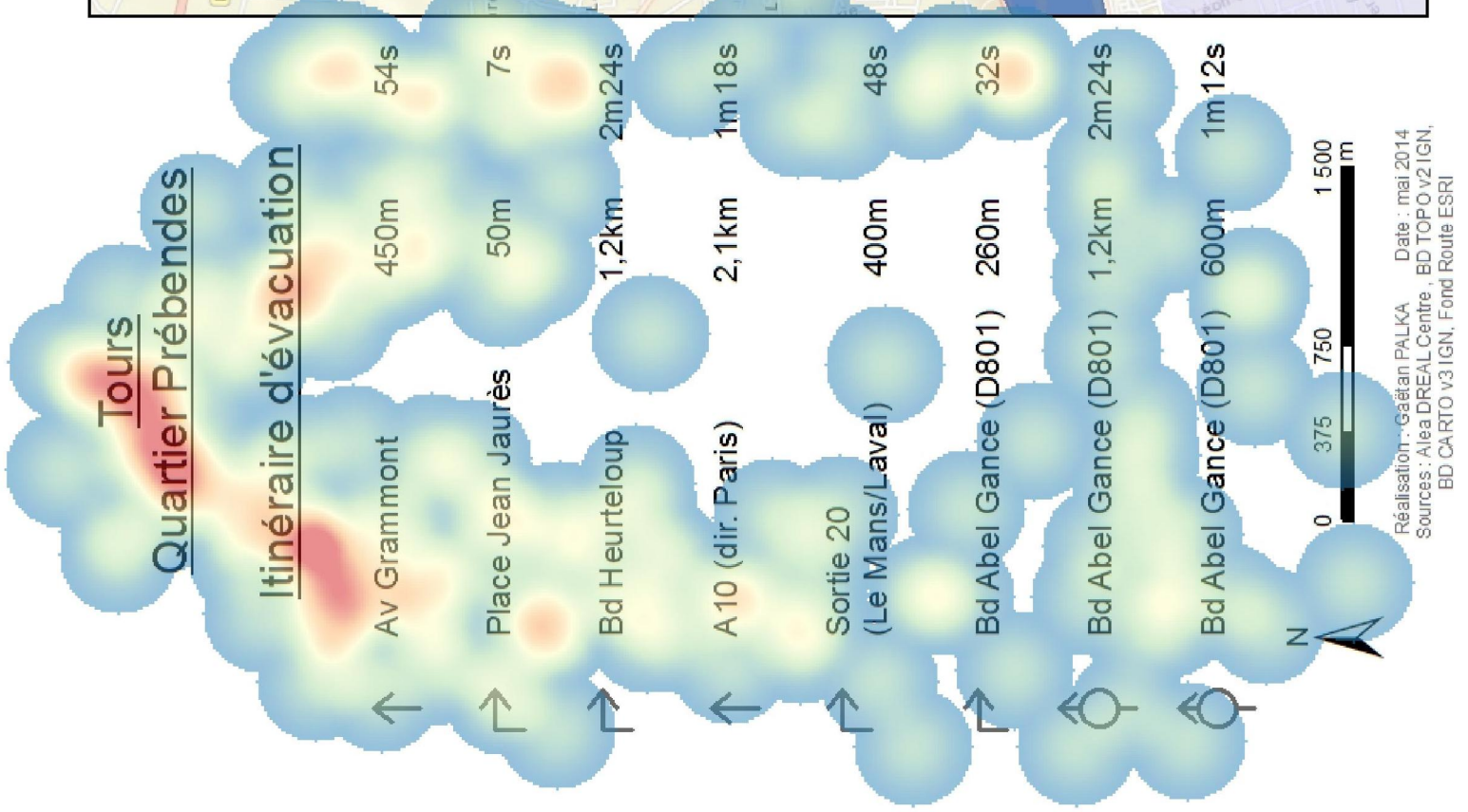
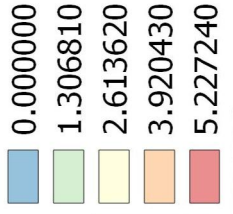
Tours

Quartier Prébendes

Itinéraire d'évacuation

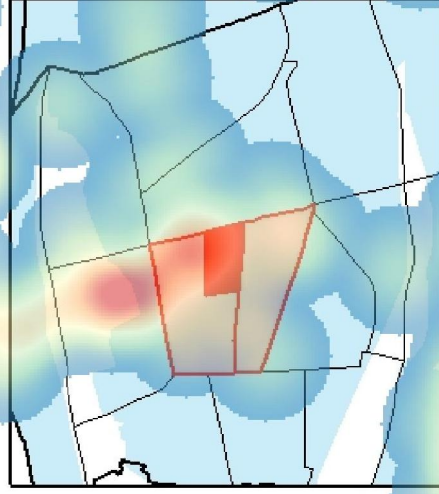


Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P. Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, Mapbox, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Secteur Prébendes-Lakanal

Bâtiments à évacuer



Nombre d'étages



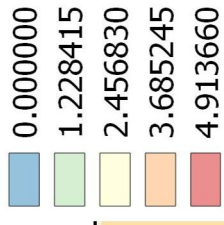
Secteurs d'intervention



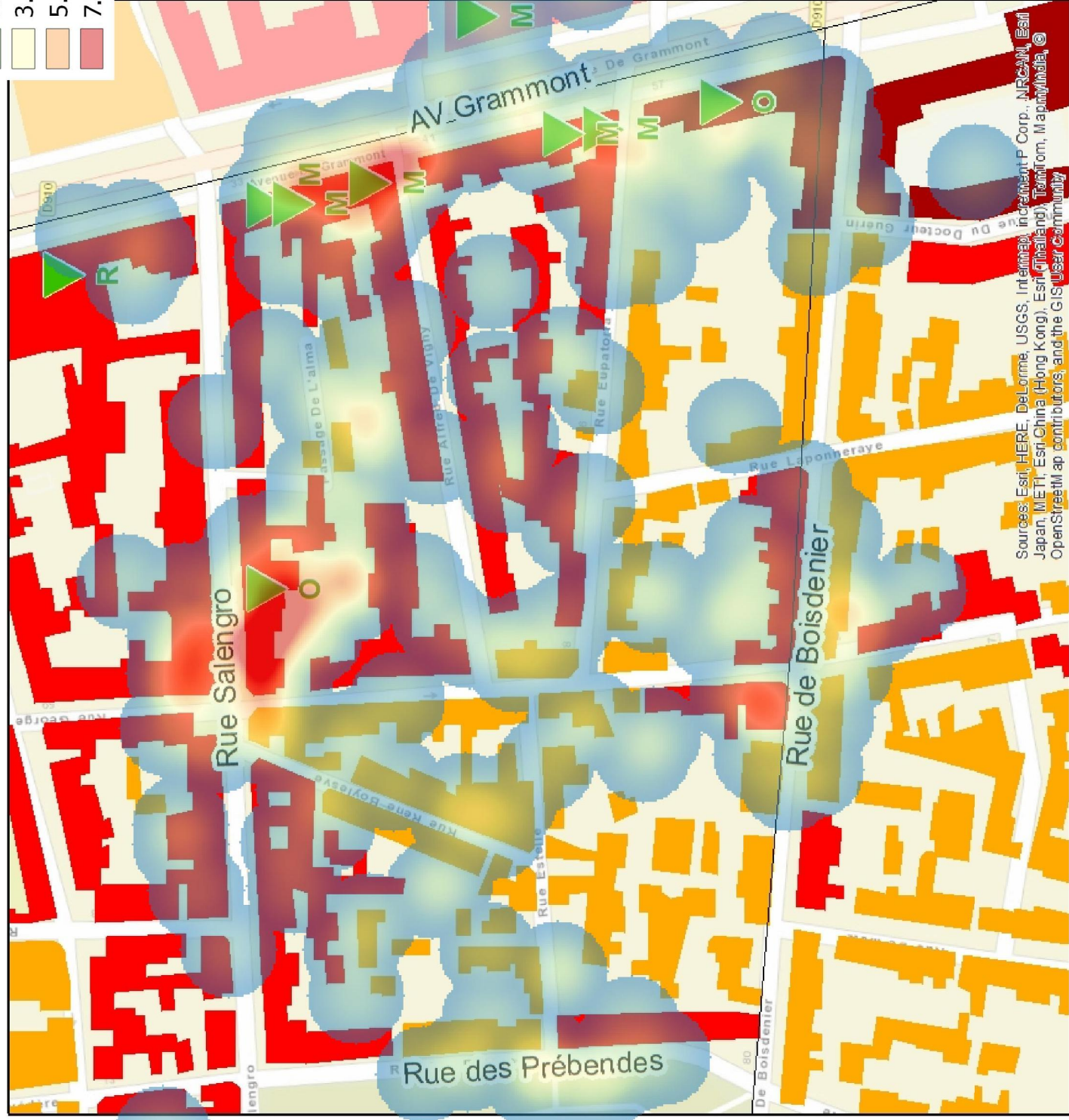
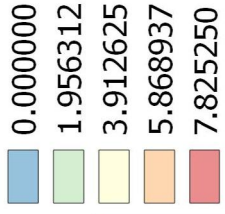
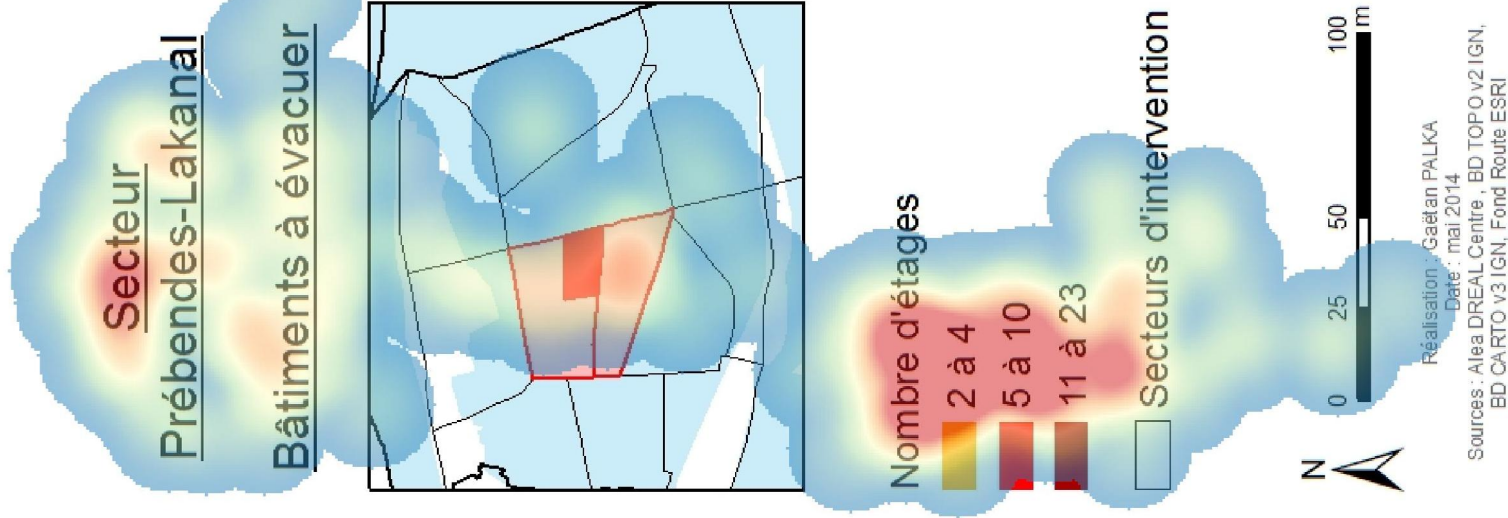
Réalisation : Gaëtan PALKA

Date : mai 2014

Sources : Alea DREAL Centre, BD TOPO v2 IGN, BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI

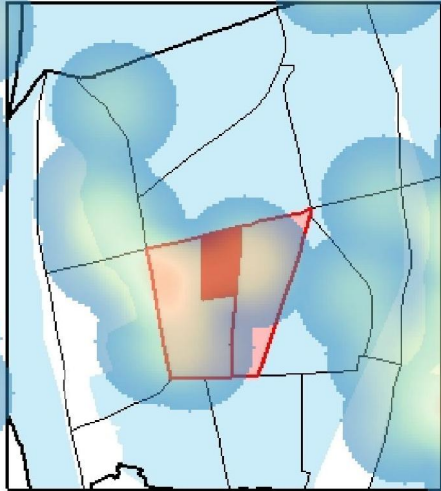


Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), Swire, Mapbox, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), Swire, Mapbox, Mapbox (India), © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

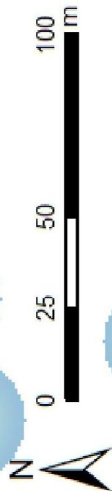
Secteur **Prébendes-Lakanal** **Bâtiments à évacuer**



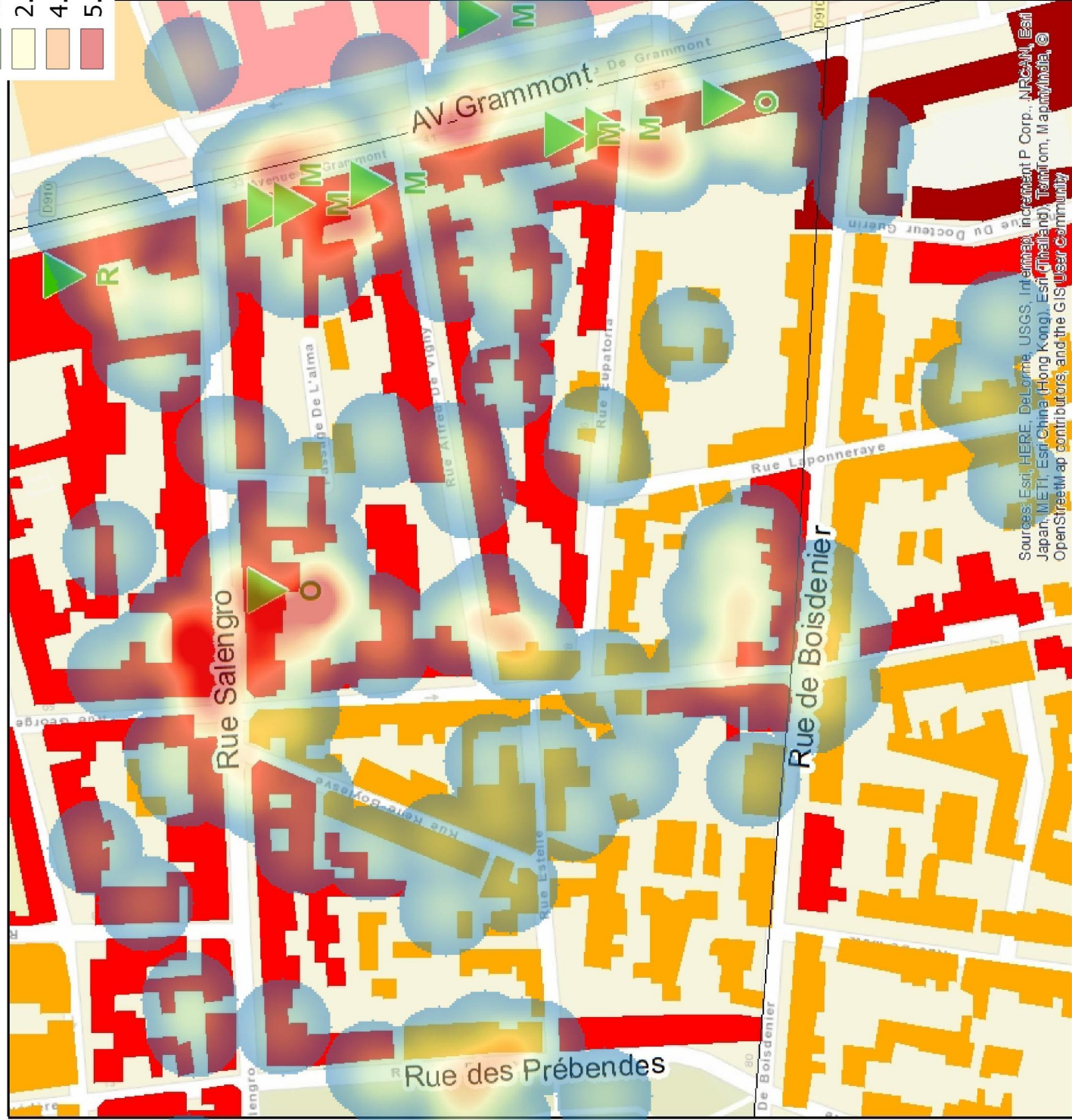
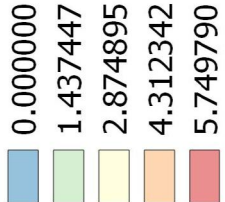
Nombre d'étages



Secteurs d'intervention



Réalisation : Gaëtan PALKA
Date : mai 2014
Sources : Aléa DREAL Centre , BD TOPO v2 IGN,
BD CARTO v3 IGN, Fond Route ESRI



Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), Swire, Mapbox, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Amélioration de la cartographie du risque d'inondation par l'intégration des besoins et préférences des destinataires

Résumé

La gestion du risque d'inondation a évolué d'une approche structurale à une politique non-structurale supportée par des outils graphiques, dont les cartes, présents à toutes les étapes de la gestion du risque d'inondation. Cependant, si elles sont parmi les meilleurs outils pour la représentation, la communication et l'aide à la décision, ces cartes se caractérisent par des lacunes dans leur figuration, notamment en raison d'une faible prise en compte de la maîtrise d'usage lors de leur conception.

L'objectif principal de cette recherche est de définir les règles cartographiques spécifiques à différentes catégories d'acteurs directement usagers des cartes lors d'une phase d'évacuation (habitants, décideurs locaux et force de secours) en tenant de leurs caractéristiques et des leurs questions afin de produire des cartes plus efficaces pour la gestion de cette étape. Dans cette logique, l'application IMaDeS (Interactive Map Design System) a été développée pour permettre aux destinataires de co-concevoir leurs cartes dont les parangons sont évalués par oculométrie couplée à un questionnaire.

Mots clés : cartographie d'évacuation, usagers, communication cartographique, sémiologie graphique expérimentale, oculométrie

Abstract

Flood risk management has evolved from a structural approach to a non-structural policy supported by graphical tools (including maps), present at all stages of the flood risk management. However, although they are among the best tools for representation, communication and decision-making, these maps are characterized by gaps in their figuration, particularly because of a weak integration of their use in the design.

The main objective of this research is to define the specific mapping rules for different categories of stakeholders who are the end-users of maps during an evacuation (inhabitants, local decision-makers and rescue forces) by using their characteristics and their issues to produce more efficient maps in order to manage evacuation. Toward this goal, the IMaDeS application (Interactive Map Design System) was developed to allow stakeholders to co-build their maps and the most representative templates are evaluated by eye-tracking paired with a questionnaire.

Keywords : evacuation maps, end-users, cartographic communication, experimental graphic semiology, eye-tracking