OPTIMISATIONS CARTOGRAPHIQUES POUR LA GESTION DES CRISES ET DES RISQUES MAJEURS[1]

Le cas de la cartographie rapide des dommages post-catastrophes

par Thomas Candela

Mots-clés : *Cartographie rapide post-catastrophe, risques, crises, sémiologie graphique, multi-échelle, SIG, cartographie web, incertitude.*

L'augmentation de l'impact des catastrophes s'accompagne d'une nécessité croissante d'intégrer des supports de gestion de risques et de crises efficaces. Parmi ces supports, les cartes dites opérationnelles y servent à la planification des actions lors des phases de gestion de crise et de post-crise. Plus particulièrement, les cartographies de dommages post-catastrophes y jouent depuis quelques années un rôle de plus en plus important dans les processus décisionnels. Ces cartes sont le produit des services de cartographie rapide (UNOSAT, SERTIT, ITHACA, etc.) réalisées dans le cadre de programmes internationaux et régionaux tels que la Charte internationale Espace et catastrophes majeures et Copernicus EMS. Elles dressent un premier inventaire des dommages à partir de l'imagerie satellitaire, très peu de temps après la survenue de l'événement. Leur capacité de couverture, de réactualisation et les délais d'intervention très courts font de ces produits une aide précieuse pour les gestionnaires de crises.

Malgré leur grande utilité opérationnelle, ces productions cartographiques posent certains problèmes. Cela concerne d'une part les techniques d'évaluation des dommages, mais aussi le manque d'harmonisation internationale qui est à l'origine d'une diversité des cartes d'un point de vue graphique et informationnel. Des cas concrets appliqués au séisme de Haïti en 2010 (fig. 1), ou plus récemment au cyclone Irma en 2017, interrogent les effets d'une telle diversité cartographique sur la transmission et l'interprétation des informations par différents utilisateurs.

Cette diversité a été le point d'entrée de notre recherche. Cette dernière s'organise autour de grandes questions sur les paramètres qui caractérisent cette diversité et sur les conséquences que cette dernière peut avoir sur l'interprétation individuelle et collective de plusieurs utilisateurs. Pour répondre à ces questions, une première démarche a consisté à identifier les caractères cartographiques prédominants et distinctifs qui définissent ces cartes de dommages post-catastrophes. Un échantillon de 204 cartes internationales a été évalué par l'intermédiaire d'une grille d'analyse cartographique multicritère. Cette évaluation a montré l'influence de l'échelle de visualisation sur la diversité des méthodes de représentation des dommages (carroyage, interpolation, blocs urbains, points, etc.). Elle s'est poursuivie par une première expérimentation (expérimentation #1) visant à comprendre l'impact de cette diversité sur la lecture et la transmission d'un message et à en identifier les paramètres d'efficacité et de limitation des biais d'interprétation en condition de stress simulé.

Les premiers éléments apportés par cette phase ont conduit à l'élaboration d'une nouvelle représentation cartographique fondée sur les préceptes de sémiologie graphique et de cartographie, adaptées à une large gamme d'utilisations, à plusieurs échelles et pour plusieurs acteurs de la gestion des risques et des crises. Cette représentation, appelée ici « semis-régulier de points proportionnels » (fig. 2), est basée sur la méthode de carroyage et des « points de Bertin ». Réalisée sous SIG, cette méthode mobilise les avantages du carroyage et de l'implantation

1 Optimisations cartographiques pour la gestion des crises et des risques majeurs : le cas de la cartographie des dommages post-catastrophes. Thèse de doctorat en géographie et aménagement de l'espace sous la direction de Frédéric Léone et Mathieu Péroche. Soutenue à l'Université de Montpellier 3 le 6 décembre 2021.

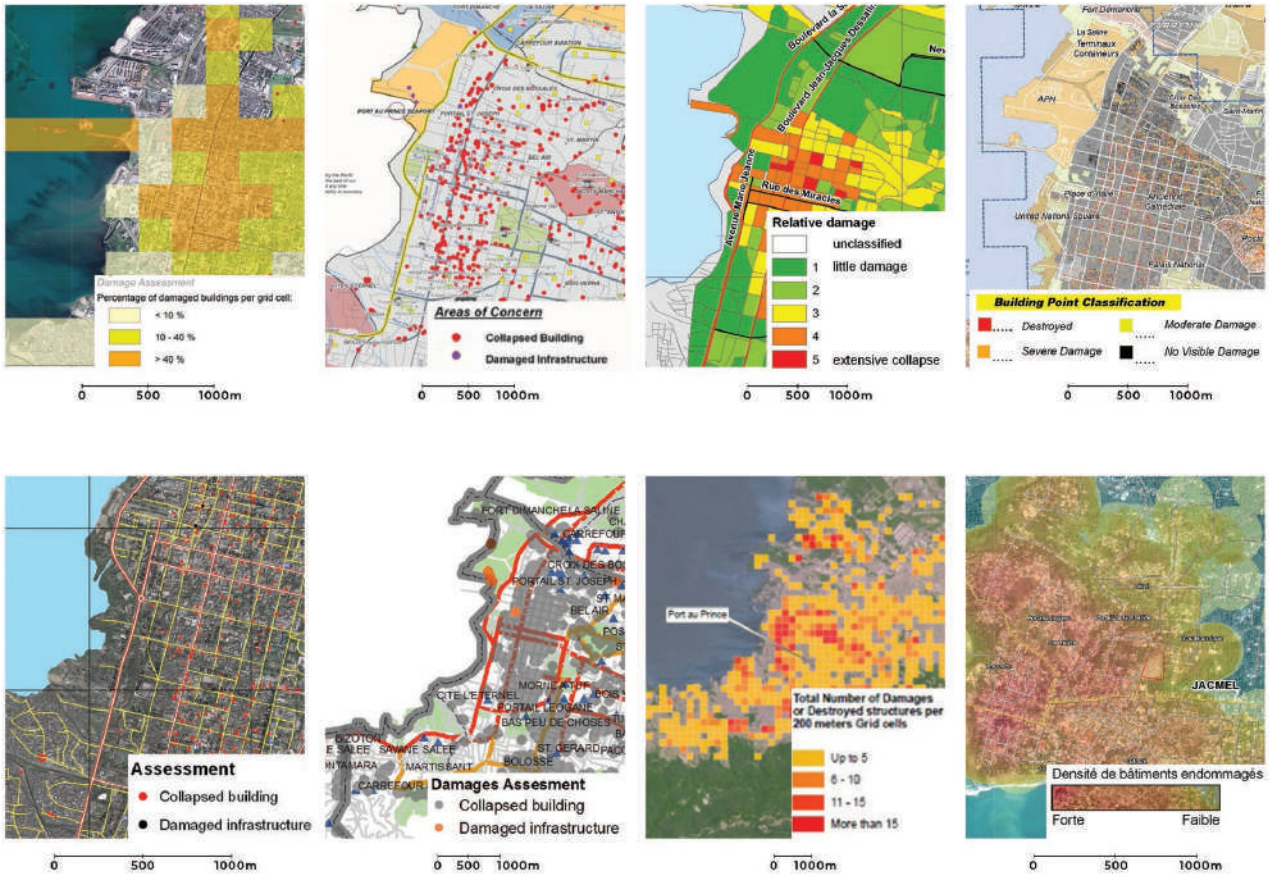

Figure 1 : Diversité des représentations du dommage à la suite du séisme de Haïti, 2010 (Kerle & Hoffman, 2013)

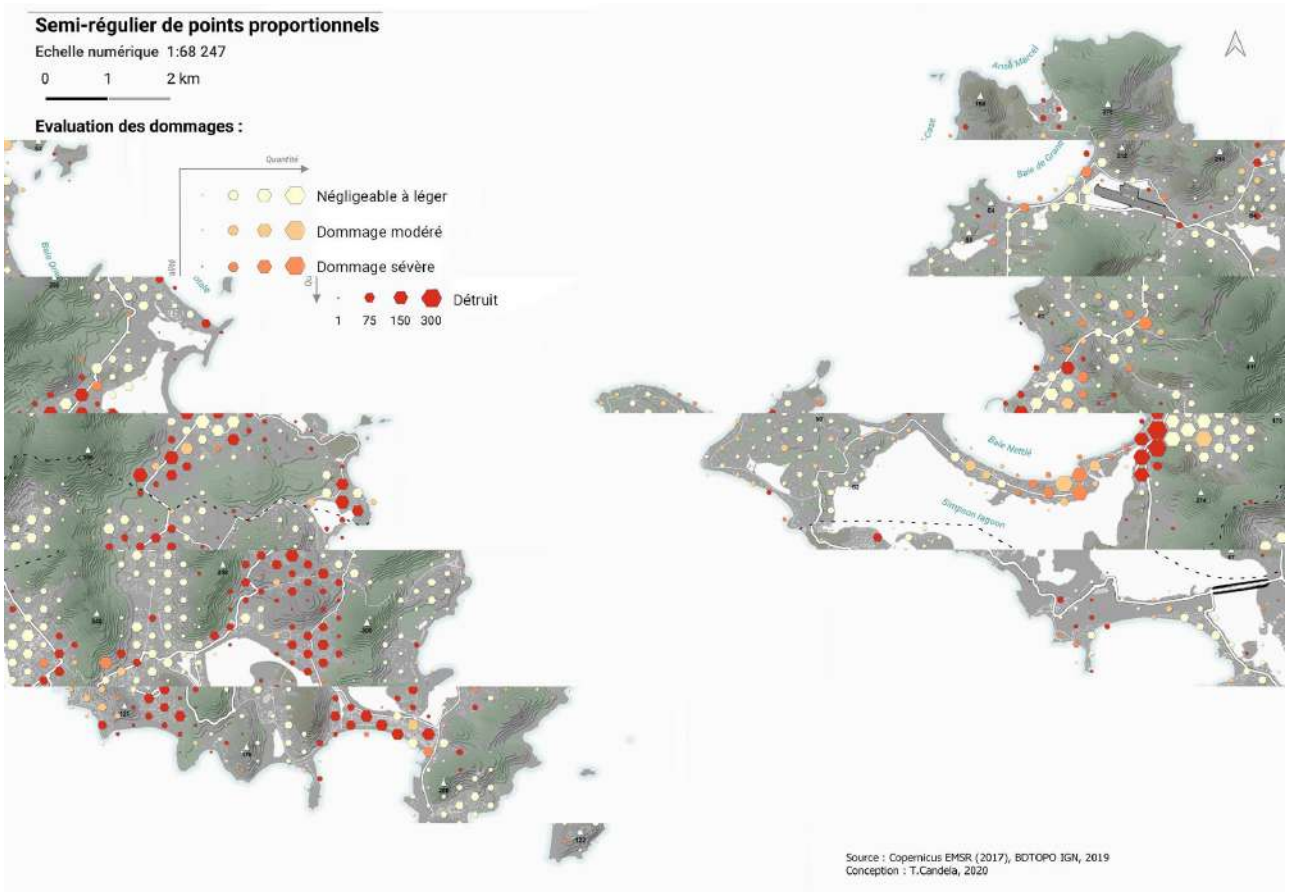

Figure 2 : Représentation des dommages par semi-régulier de points proportionnels

ponctuelle pour fournir une information quantitative (quantité de bâtiments concernés) et qualitative (niveaux de dommages observés) au moyen de la significativité des variables de taille et de couleur. Par sa distribution carroyée, l'implantation ponctuelle bénéficie également d'une combinaison redondante entre la proportionnalité des surfaces et la densité grâce à leur position.

Les capacités visuelles et cognitives de cette nouvelle représentation ont été analysées et comparées au moyen de deux protocoles d'expérimentation. L'objectif a été de tester les capacités cognitives et sensorielles de la représentation cartographique par semis-régulier de points proportionnels vis-à-vis d'un échantillon représentatif de méthodes d'agrégation employées dans la cartographie post-catastrophe. Ainsi, la seconde expérimentation de cette thèse (expérimentation #2) a permis d'évaluer plus particulièrement les capacités de mémorisation de notre représentation auprès des participants exerçant une activité professionnelle et possédant un niveau de connaissances cartographiques différents. Tandis que la troisième a comparé les capacités de saillance visuelle au moyen de la technologie de *l'Eye-tracking* pour des participants à la formation et au niveau de connaissances cartographiques proches.

Les résultats de cette recherche fournissent ainsi aux services de cartographie rapide un retour d'expérience inédit sur leurs productions à l'échelle internationale et des leviers de conception cartographique. Ils montrent l'intérêt de l'approche cartographique fondée sur la prise en compte des règles de sémiologie graphique et des expérimentations utilisateur. La représentation par semis-régulier de points proportionnels a été employée pour deux cartographies web valorisées dans plusieurs projets du laboratoire LAGAM (ANR TIREX2) et du bureau d'études RisCrises. Environnements dans lesquels les capacités de la représentation proposée ont pu être exploitées pleinement en offrant une méthode d'analyse multi-échelle (fig. 3) basée sur l'emboîtement successif de mailles dont les dimensions et les positions sont définies à partir des référentiels standardisés Web Mercator (ESPG : 3857). Cette dernière offre de nombreuses possibilités de développement cartographique au service de la planification des risques et des crises, mais aussi de l'information préventive des populations et plus largement le transfert des connaissances (fig. 4). Cette thèse a également permis d'identifier les paramètres à l'origine des incertitudes (attributaires et interprétatives) des données diffusées par ces cartes, et d'en proposer une représentation visuelle.

2 https://riscrises-maps.com/maps/dommage-irma-tirex/

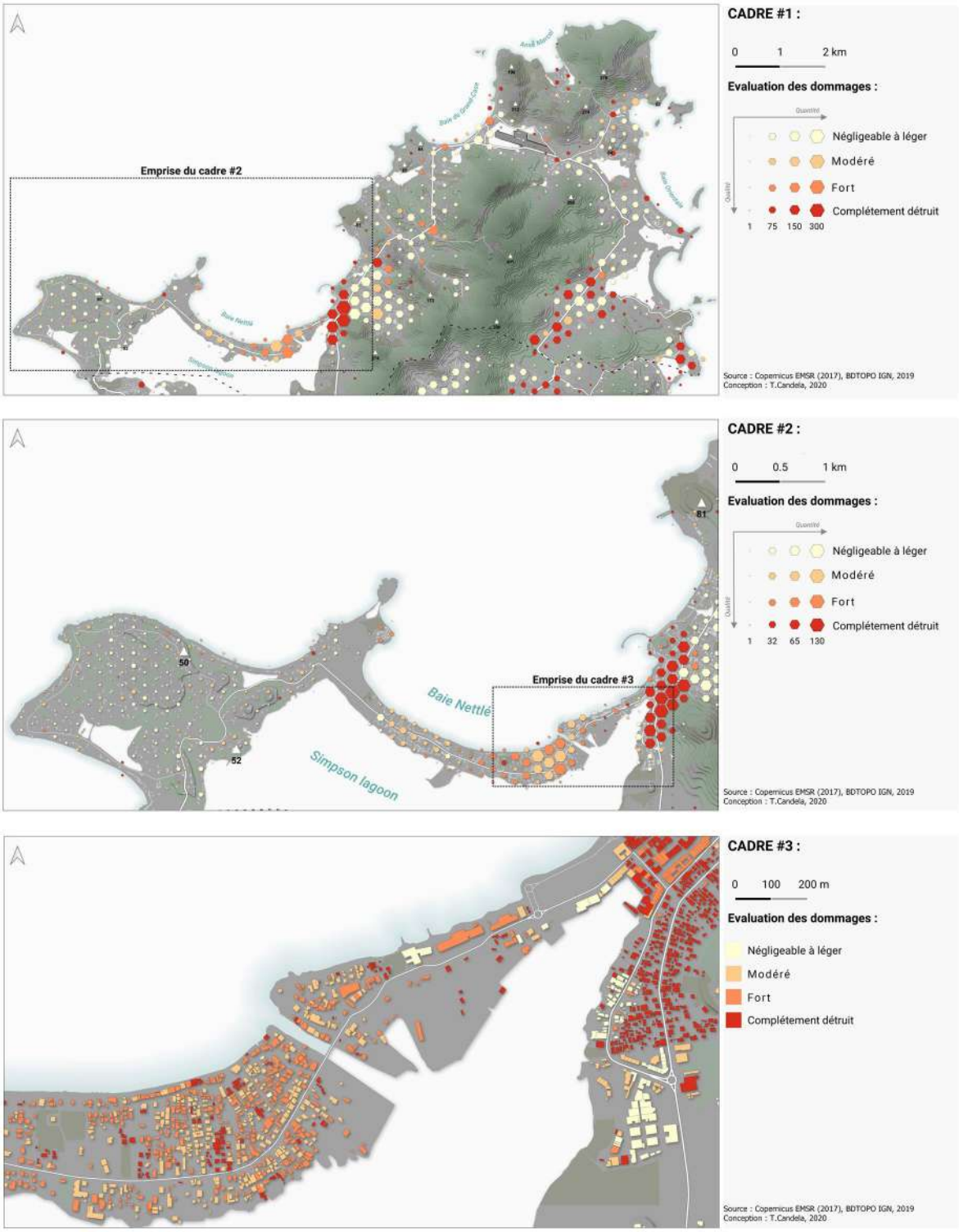

Figure 3 : Exemple d'agrégation à travers 3 échelles cartographiques, de l'échelle synoptique à celle du quartier

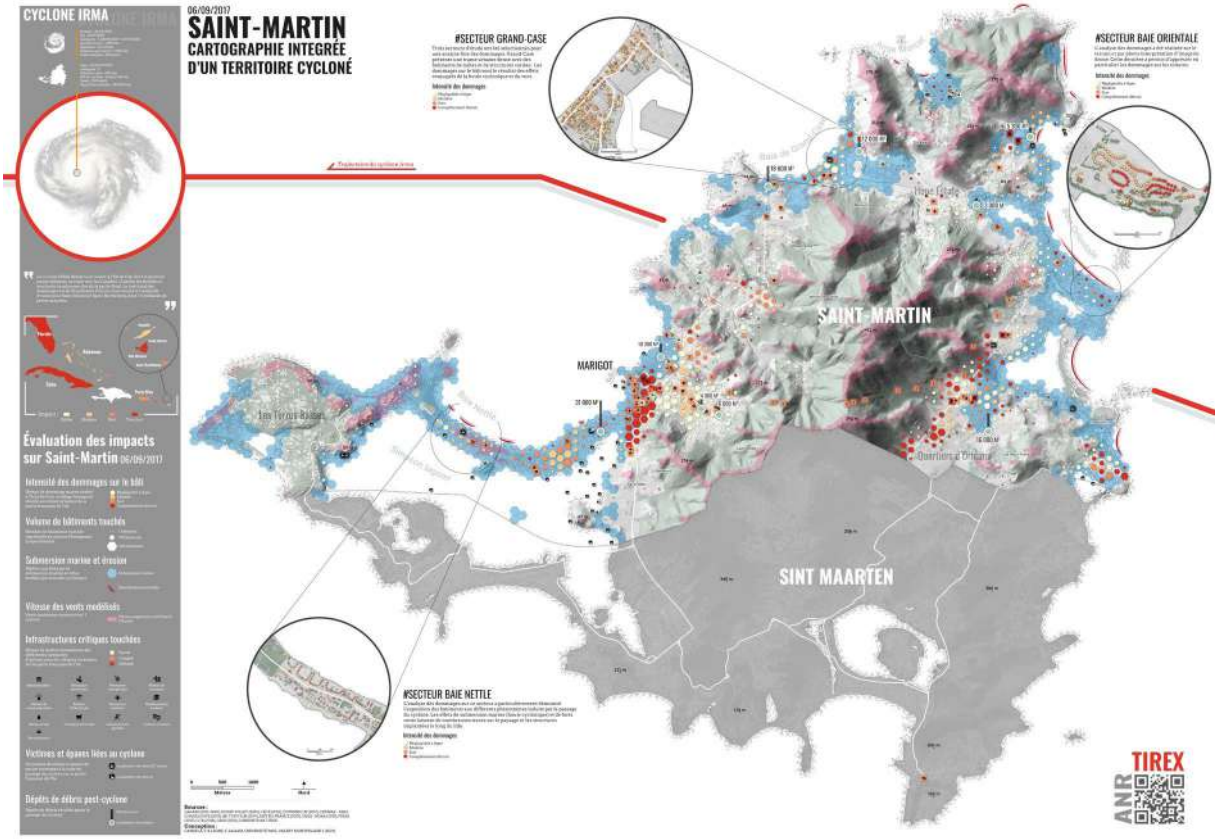

Figure 4 : Cartographie intégrée d'un territoire cycloné